



OPL

FESTO

OLMA
LUBRICANTS

Merimo
LOTRIČ
za prihodnost

HYDAC

Parker

NORGREN

SICK
Sensor Intelligence.

MIEL **OMRON**
www.miel.si
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

Atlas Copco

- Intervju
- Predstavitev
- Magnetno pulzno varjenje
- Merilnik pretoka zraka
- Mešanje v nevtralizacijskem reaktorju
- Napovedovanje časa dobave naročila
- Super glikol
- Preobrazba proizvodnega procesa

DAX

www.dax.si

DAX Electronic Systems d.o.o.
Uradni distributer
EPSON Factory Automation



EPSON
EXCEED YOUR VISION

RAZVOJ, PROIZVODNJA IN TRŽENJE SESTAVIN, SISTEMOV IN STORITEV S PODROČJA FLUIDNE TEHNIKE



HIDRAVLIČNE SESTAVINE HIDRAVLIČNI SISTEMI STORITVE



PROGRAM
ZASTOPSTEV



www.kladivar.com

KLADIVAR, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, d.o.o.
Industrijska ulica 2, SI - 4226 Žiri, Slovenija
T: 04 51 59 100 / F: 04 51 59 122 / E: info@kladivar.com

Impresum	391	■ JUBILEJ - INTERVJU	
Beseda uredništva	391	Prof. Wolfgang Backé - 80 let	392
■ DOGODKI - POROČILA - VESTI	398	■ PREDSTAVITEV	
■ NOVICE - ZANIMIVOSTI	406	Laboratorij za mehatroniko Višje strokovne šole Tehniškega šolskega centra Kranj	414
■ ALI STE VEDELI	458	■ VARJENJE	
Seznam oglaševalcev	476	Janez TUŠEK: Magnetno pulzno varjenje - uporaben postopek za spajanje elementov v mehatroniki ali le za teoretične in laboratorijske raziskave?	418
Znanstvene in strokovne prireditve	397	■ MERJENJE PRETOKA ZRAKA	

Naslovna stran:

DAX, d. o. o. Uradni distributer Epson Factory Automation Vreskovo 68 1420 Trbovlje Tel.: 03 5630 500 Fax.: 03 5630 501 http://www.dax.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
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 http://www.sick.si
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	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
LOTRIČ, d. o. o. Selca 163, 4227 Selca Tel.: + (0)4 517 07 00 Fax: + (0)4 517 07 07 internet: www.lotric.si	ATLAS COPCO, d. o. o. Dunajska 159 SI-1000 Ljubljana Tel.: +386 1 2342 713 Fax: +386 1 2342 722 internet: www.atlascopco.com
HYDAC, d. o. o. Zagrebska c. 20 2000 Maribor Tel.: + (0)2 460 15 20 Fax: + (0)2 460 15 22	

Patricija KOŠUTA ROBBIA, Jože KUTIN, Ivan BAJSIČ: Krožni cevni lok kot merilnik pretoka zraka 424

■ OKOLJSKO INŽENIRSTVO - MEŠANJE

Andrej BOMBAČ, Jože LENARČIČ: Presoja izvedbe mešanja v nevtralizacijskem reaktorju z vodilno cevjo 432

■ MANAGEMENT PROIZVODNJE

Tomaž BERLEC, Edvard GOVEKAR, Primož POTOČNIK, Marko STARBEK: Napovedovanje časa dobave naročila 440

■ HIDRAVLIČNE TEKOČINE

Ronald KNECHT: HFC-E: Super glikol - 1. del 450

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Peter METLIKOVIČ, Tatjana IVANOVIČ: Primer vitke preobrazbe proizvodnega procesa 454

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Brezkontaktni merilnik pomika za vgradnjo v hidravlične in pnevmatične cilindre (ADEPT PLUS) 462
Nova izvedba digitalnega zasučnega krmilnega ventila (DUPONT) 464
Popravilo poškodovanih navojev (NRG) 465

■ NOVOSTI NA TRGU

Kompresorji z »nično skupno porabo energije« (ATLAS COPCO) 466
Visokotlačne hidravlične cevi Shieldmaster/6000 466
za nizkotemperaturna abrazivna okolja (HIDEX) 467
Obsežen HYDAC-ov program hidravličnih črpalk (HYDAC) 467
Enkoderji na potezno vrstico Ecoline so nekaj posebnega (SICK) 468
Miniaturni senzori (VIAL) 468

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Nova kinematika robotov EPSON (DAX) 470
Problematika izdelave hidravlike, vgrajene v plovila (HYPEX) 472

■ LITERATURA - STANDARDI - PRIPOROČILA

Nove knjige 476

VENTIL
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
ISSN 1518-9129 | GAJDEK, 107 2009/5

- Intervju
- Predstavitve
- Magnetno pulzno varjenje
- Merilnik pretoka zraka
- Mešanje v nevtralizacijskem reaktorju
- Napovedovanje časa dobave naročila
- Super glikol
- Preobrazba proizvodnega procesa

Logos: OPL, FESTO, OLMA LUBRICANTS, LOTRIČ, HYDAC, Parker, NORGREN, SICK Sensor Intelligence, MIEL omron, Atlas Copco, EPSON EXCEED YOUR VISION



Très chic: Designerski agregat.

Je lahko hidravlični agregat sploh lep? Mi mislimo, da celo mora biti. Zato smo naš novi kompaktni agregat KA oblikovali tako, da ugaja očem. Ampak to še ni vse. K popolnem agregatu spadajo tudi številne možnosti uporabe. V aplikacijah kot so obdelovalni stroji, dvizne platforme in hidravlična orodja razvije KA svojo polno moč in 700 bar delovnega tlaka. Mobilna ali stacionarna enota je lahko vgrajena stoje ali leže, z eno ali tri faznim napajanjem – odločitev je vaša! Usklajeni motorji, ventili in dodatna oprema iz obsežnega modularnega sistema omogočajo, da agregat KA izpolni vsa vaša pričakovanja. Za več informacij HAWE Hidravlika d.o.o., tel. 03 7134 880.

Solutions for a World under Pressure

HAWE
HYDRAULIK

© Ventil 15(2009)5. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 15(2009)5. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Impresum

Internet:
http://www.fs.uni-lj.si/ventil/

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	15	Volume
Letnica	2009	Year
Številka	5	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

Znanstveno-strokovni svet:
izr. prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule
Aschaffenburg, ZR Nemčija
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor
izr. prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
doc. 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 KOPAC, KLADIVAR Žiri
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ,
University of Alicante, Španija
prof. dr. Hubertus MURRENHOFF, RWTH Aachen,
ZR Nemčija
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska
prof. dr. Gajko 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
izr. prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
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:
Barbara KODRÚN

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof.; Paul McGuinness

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:
LITTERA PICTA, d. o. o., Ljubljana

Tisk:
LITTERA PICTA, 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:
2 000 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.

Raziskave, razvoj, inovacije, znanstveno delo ...

Raziskave, razvoj, inovacije, znanstveno delo, prenos znanja iz akademske sfere v industrijo so besede, ki jih posebno pogosto slišimo v kriznih časih, v recesiji in gospodarski krizi. Zelo radi jih izrekajo politiki, menedžerji in tudi znanstveniki pri nas in drugje po svetu. Celo papež Benedikt XVI. je v letošnji okrožnici z naslovom »Ljubezen v resnici« namenil precej prostora tehnološkemu razvoju in njegovemu pomenu za človeštvo. Vsi imenovani so enotni, da so raziskave in razvoj potrebni in da le novi produkti ustvarjajo nova delovna mesta in višjo dodano vrednost. Vsi se zavedajo, da le tista podjetja in države, ki imajo svoje lastne produkte, ki jih lahko prodajajo na svetovnem trgu, mnogo lažje prebrodijo gospodarsko krizo kot pa podjetja, ki so le podizvajalci določenih komponent za večje korporacije. Kako doseči stalen razvoj z novimi kakovostnejšimi in za trg zanimivimi izdelki, je najtežje vprašanje, na katero prav gotovo ne more dati preprostega in za vse industrijske panoge ter za vse čase zveličavnega odgovora ne znanstvenik, ne raziskovalec v industriji in še manj politik.

Predvsem politiki so v teh kriznih časih polni obljub, načrtov in optimizma. Predsednik slovenske vlade obljublja 1000 novih delovnih mest v Prekmurju. Ne pove pa, v kateri branži, kaj bodo produkti, predvsem pa, kdo jih bo ustvaril. Ta vlada tudi obljublja, da bo povečala tisti del državnega proračuna, ki je namenjen razvoju in raziskavam. Nemška vlada obljublja, da bo pomagala pri razvoju in raziskavah, da bodo do leta 2020 izdelali milijon avtomobilov na električni pogon in da do leta 2050 v tej državi sploh ne bo več avtomobilov na fosilna goriva. Tudi drugi svetovni politiki v teh časih obljublajo predvsem sredstva za nove raziskave in razvoj, ki bodo ustvarila nova delovna mesta.

Kakšna pa je realnost? Kaj se dogaja v Sloveniji in kaj lahko pričakujemo v prihodnje?

V zadnjih letih so se sredstva iz državnega in evropskega proračuna za raziskave in razvoj v Sloveniji močno povečala. To je dobro. Ta sredstva dobi več ministrstev, oni pa jih nato razdelijo med različne agencije in sklade, ki jih preko razpisov podeljujejo podjetjem. Po ocenah številnih so prav TIA (Tehnološka agencija Slovenije), Japti (Javna agencija za podjetništvo in tuje investicije) in Podjetniški sklad tiste organizacije, ki se zelo trudijo, da bi prav malim in srednjim inovativnim in razvojno usmerjenim podjetjem namenile več sredstev za raziskave in razvoj. Tudi to je pozitivno. Velika težava pri izvajanju teh projektov je ogromna administracija, ki jo mala in mikro podjetja le težka obvladajo. Še večji problem pa je, da se pravila poročanja o raziskovalnem delu na projektih stalno spreminjajo. To močno otežuje delo in bega podjetja. Pogosto je to tudi razlog, da se številne organizacije, predvsem mala podjetja, ne prijavljajo na razpise.

Agenciji in sklad zahtevajo za podeljeni denar zelo natančna in izčrpna poročila. Oni sami na terenu izvajajo kontrolo o porabljenih sredstvih in o opravljenem delu. Tudi to je dobro, ker je le zelo stroga kontrola porabe teh sredstev in nadzor nad raziskovalnim delom in dobljenimi rezultati garancija, da bo denar koristno in namensko uporabljen.

Po drugi strani pa zelo težko rečemo, da to isto velja za sredstva, ki ji raziskavam in razvoju namenijo ARRS (Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije) pri Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo. Ta ustanova podeljuje denarna sredstva predvsem javnim ustanovam za programske skupine in za posamezne projekte. Lahko celo zapišemo, da ta sredstva niso najkoristnejše porabljena. Nadzor nad porabljenimi sredstvi in dobljenimi rezultati je tu mnogo milejši kot pa pri zgoraj imenovanih agencijah in skladu.

Kaj se na tem področju da izboljšati?

V prvi vrsti bi morala biti pravila poročanja pri vseh ministrstvih, agencijah in skladih, ki podeljujejo denarna sredstva za raziskave in razvoj, enotna. Tudi vrsta upravičenih stroškov, ki jih podjetje lahko prikaže kot strošek projekta, bi morala biti enotna in znana ter pojasnjena že v razpisni dokumentaciji. Predvsem pa bi moral biti nadzor nad opravljenim delom zelo strog, dosleden, reden in v določenih primerih tudi toleranten.

Janez Tušek

Prof. Wolfgang Backé – 80 let



em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Wolfgang Backé

Na Inštitutu za fluidnotehnična krmilja in pogone – IFAS na RWTH Aachen, je bila 31. julija slovesnost ob 80-letnici rojstva prof. Wolganga Backéja. Slovesnost, ki se je udeležilo okrog 160 gostov iz Nemčije in drugih delov sveta, se je začela dopoldne s strokovnim kolokvijem v čast prof. Backéju in se nato nadaljevala s slovesnim kosilom v gradu Kasteel Valsbroek na Nizozemskem. Prof. Backé in njegova žena, gospa Seitz-Backé, sta v zahvalo in v spomin na ta dogodek podarila prof. Murrenhoffu, direktorju inštituta IFAS, portreta obeh dosedanjih direktorjev, prof. Backéja in prof. Murrenhoffa. Slovesnost se je končala s tradicionalnim dnevom odprtih vrat in s pogostitvijo v raziskovalnih prostorih inštituta IFAS v poznih popoldanskih urah.

Na slavnostnem kolokvijem, ki ga je moderiral sedanji direktor inštituta IFAS in dekan Fakultete za strojništvo na RWTH Aachen prof. Hubertus Murrenhoff, je nastopilo pet govornikov, od teh so imeli štirje pregledna predavanja, kjer so podali pregled stanja v razvoju posameznih področij fluidne tehnike. Josef

Sauer iz podjetja Festo AG & Co KG je predstavil tematiko z naslovom Innovationen in der Pneumatik und ihren Anwendungsfeldern. Poudaril je, da je pnevmatika v zadnjem času dosegla 50-odstotni tržni delež v primerjavi s hidravliko, govoril pa je tudi o nujnosti nenehnega prilagajanja področja novim razmeram, o neke vrste evoluciji, in pripomnil, da je k takšnemu razmišljanju s svojim delovanjem veliko pripomogel tudi prof. Backé. Dr. Guy Wennmacher iz podjetja Liebherr-Aerospace Lindberg GmbH je v svojem predavanju z naslovom Hydraulik im Luftfahrzeug – quo vadis? predstavil zgodovino in vlogo hidravličnih krmilnih sistemov v modernem letalu ter podal trende nadaljnjega razvoja. Prof. Alfred Feuser iz podjetja Bosch Rexroth AG je v predavanju z naslovom Moderne elektrohydraulische Antriebstechnik fuer stationaere Arbeitsmaschinen – praezise und energieeffizient poudaril pomembno vlogo prof. Backéja pri razvoju in popularizaciji hidravlike. Podal je pregled stanja tehnike in posebej poudaril potrebo po še intenzivnejšem sodelovanju univerz in industrije preko raziskovalnih in industrijskih projektov, s čimer je mogoče doseči hitrejši preboj na trgu. Predstavil je tudi nekaj rezultatov takšnih raziskav. Strokovni del slavnostnega kolokvija je zaključil dr. Bernward Welshof iz podjetja Linde Material Handling GmbH. Kot nekdanji doktorand prof. Backéja je v svojem predavanju s pomenljivim naslovom Gibt es die reine Lehre in der Mobilhydraulik, Herr prof. Backé? – die Fahrzeugwelt tickt einfach anders ... najprej opisal življenje na inštitutu IHP pod vodstvom prof. Backéja z raziskovalnega, predvsem pa s človeškega vidika. V drugem delu svojega predavanja pa je predstavil pomembnost mobilne hidravlike in njen delež na trgu.

Kot so poudarjali vsi slavnostni govorniki, predvsem pa prvi govornik dr. Wolfgang Hahman, predsedujoči

nemškega združenja fluidne tehnike in eden prvih sodelavcev prof. Backéja ob ustanovitvi inštituta pred 41 leti, je bil prof. Backé vedno velik učitelj z izrednim smislom in čutom za medčloveške odnose, za raziskovalce in njihove družine. Doktorandom, ki so pod njegovim vodstvom opravljali doktorski študij, ni bil samo »Doktorvater« (mentor pri doktoratu), ampak v prenesenem smislu tudi pravi »oče«. Iz lastnih izkušenj, kot eden izmed njegovih »doktorskih sinov«, takšnim trditvam z veseljem in z vsem srcem pritrjujem.

Z izrednim čutom in ljubeznijo do hidravlike in pnevmatike je prof. Backé v svoji dolgoletni karieri navezal tesne stike z industrijo, ker je čutil posebno odgovornost, da je treba raziskovalno in industrijsko sfero tesneje povezati in poskrbeti za aktiven prenos znanja v obe smeri. V 26 letih aktivnega delovanja kot direktor inštituta in profesor na RWTH Aachen je »proizvedel« 122 doktorjev znanosti s področja hidravlike in pnevmatike (tudi jaz sem imel to čast, da sem doktoriral s področja hidravlike pod njegovim vodstvom), ki so dandanes na vodilnih mestih v industriji po vsem svetu, delujejo kot profesorji na univerzah, nekateri pa so pristali tudi v politiki.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff, direktor inštituta IFAS iz Aachna



Z desne proti levi: prof. Backé, gospa Seitz-Backé in prof. Murrenhoff

Prof. Backé je v svoji dolgoletni aktivni karieri kot profesor in direktor Inštituta za hidravliko in pnevmatiko s svojimi dejanji tako izjemno zaznamoval nemško in globalno hidravliko ter pnevmatiko kot le redkdo pred njim. Diplomiral je leta 1955 na Fakulteti za strojništvo na RWTH Aachen. Svojo kariero je nadaljeval kot raziskovalni asistent na Inštitutu za izdelovalne stroje (WZL), kjer je bil kolega z akademikom prof. Janezom Peklenikom. Leta 1959 je doktoriral in leta 1962 izdelal habilitacijsko nalogo o dinamični stabilnosti hidravličnih krmilij z upoštevanjem tokovnih sil v ventilih in se s tem kvalificiral za univerzitetnega predavatelja. Po nekaj letih delovanja v industriji in na drugih delovnih mestih je bil 1. januarja leta 1968 poklican nazaj na RWTH Aachen kot profesor, kjer je prevzel področje hidravlike in pnevmatike in istega leta ustanovil Inštitut za hidravliko in pnevmatiko (IHP) v okviru RWTH Aachen, ki ga je direktor vodil nadaljnjih 26 let do upokojitve v letu 1994, ko je postal emeritus profesor.

Kot direktor je prof. Backé povzdignil svoj inštitut v največji in vodilni inštitut za hidravliko in pnevmatiko v svetu. Za svoje delo je prejel številne domače in tuje nagrade in priznanja, med njimi tudi medaljo za zasluge organizacije ASME, zaslužni križ na traku reda za zasluge Zvezne republike Nemčije kakor tudi zvezni križ za zasluge 1. reda itd. Je nosilec častnih doktoratov,

ki jih je za svoje zasluge pridobil na Univerzi v Tampereju na Finskem, na Univerzi v Linköpingu na Švedskem ter na Univerzi v Bathu v Združenem kraljestvu. Bil je tudi častni profesor na več univerzah na Kitajskem in Tajvanu.

S svojim posebnim posluhom za industrijo in za prenos znanja v obe smeri je ustvaril posebno močno partnerstvo »univerza-industrija«, ki drži še danes. Teorijo in prakso je znal povezovati na posebno uspešen način, začevši z matematičnim popisom in modeliranjem problema, preko izdelave prototipa in eksperimentalne verifikacije teoretičnih izhodišč do praktične aplikacije v industriji. Posebej se je odlikoval z

navezavo mednarodnih sodelovanj z industrijo in raziskovalnimi inštitucijami po vsem svetu in tako pritegnil v vrste svojega inštituta raziskovalce z vsega sveta. V tem smislu je začel v letu 1974 z organizacijo biennialnih konferenc AFK (danes IFK), ki so prerasle v eno največjih znanstveno-strokovnih konferenc s področja fluidne tehnike v svetu. Začel je z izdajanjem znanstvene revije O + P, ki je postala vir informacij in raziskovalnih idej ter usmeritev za raziskovalce in industrijsko okolje s področja fluidne tehnike po vsem svetu. Leta 1994 je začel z organizacijo kvartalnih diskusij z eksperti iz industrije, kar je tudi objavljal v reviji O + P. Je tudi nosilec nekaj patentov v ZDA in v Evropi.

Kot njegov učenec in doktorand prenašam njegovo znanje študentom na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani tudi sam. Ne samo za znanje, ampak tudi za »vzgojo« in vse nasvete, ki jih dobivam od prof. Backéja še dandanes ob vsaki priložnosti, ko se srečava, sem mu iz vsega srca hvaležen. V svojem imenu in v imenu revije Ventil, ki sem jo po vzoru njegove revije O + P vodil 10 let, želim prof. Backéju vse najboljše ob njegovem jubileju, veliko sreče z njegovo ženo gospo Seitz-Backé in da bi še veliko let soustvarjal področje fluidne tehnike v svetu.

Niko Herakovič



Udeleženci slavnostnega kolokvija

Fluid Power Over Four Decades

A short interview with Professor Emeritus Wolfgang Backé, Dr.-Ing. Dr. h.c. mult., former Head of IFAS of RWTH Aachen University, on the occasion of his 80th birthday celebration in Aachen on 31 July 2009



em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Wolfgang Backé

Ventil: Prof. Backé, it is a great honor for our fluid power engineering journal Ventil to have an interview with you as one of the most prominent professors and experts in the field of Fluid Power worldwide. In July this year you celebrated your 80th birthday anniversary. On behalf of the journal Ventil I would like to congratulate you on this special occasion. On 31 July 2009 there was a great event in Aachen, a special Colloquium to honor your birthday. It was an extraordinary honor for me to have been a part of this event, to which about 160 guests from Germany and abroad were invited and to celebrate it with you and your respected wife Ms. Seitz-Backé. What were your feelings on this day and what are your feelings now?

Prof. Backé: First of all, thank you for your good wishes. My answer to your question is that I felt great and I am very proud that I could run the institute for 26 years and reached some good results so the institute has got a better reputation in Germany and also globally.

Ventil: You have been professor emeritus for fifteen years and are still active at the Institute IFAS where you were a director for 26 years. How do you see the development of the Institute nowadays?

Prof. Backé: I am happy that the Institute IFAS is running so well under the guidance of my successor professor Murrenhoff.

But we have to realize that research in the field of fluid power has become more difficult today. The real important discoveries, as for example the proportional technique, the cartridge technique, the displacement control technique and the secondary control was introduced and much research has already been done in this field.

So, today the research is much more directed to a deeper knowledge of materials, hydrodynamics, production possibilities and to a condition monitoring.

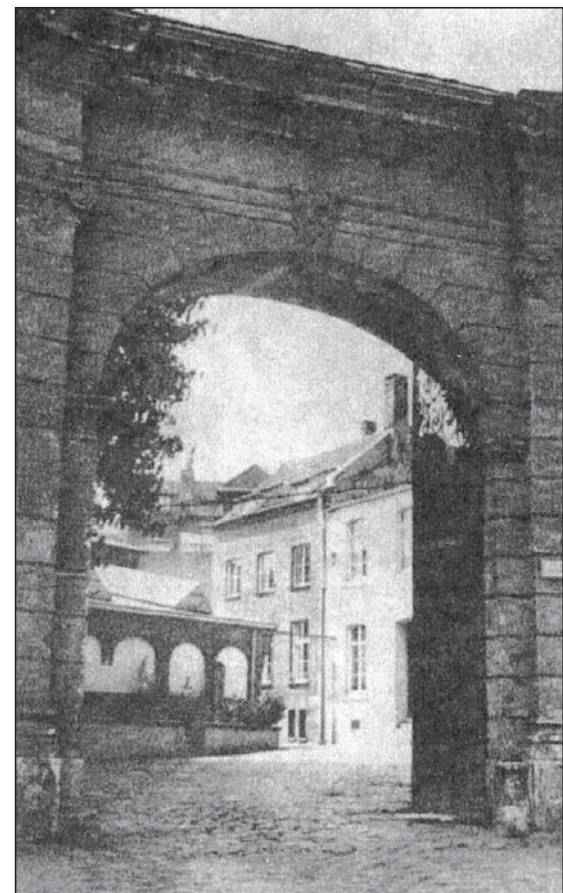
Ventil: Let's go back to the beginning of your career in fluid power, Prof. Backé. You earned your BSc in Mechanical Engineering at RWTH Aachen in 1955 and your PhD at the Institute of Machine Tools at RWTH Aachen in 1959. What were the reasons for continuing your professional career in the field of Fluid Power?

Prof. Backé: From the beginning of my studies I was interested in fluid power. At that time machine tools were the main application of fluid power. We had one ingenious lecturer who could explain fluid power very well. So the signal circuit at that time was electric but sometimes also hydraulic or pneumatic. It was fascinating how the automatic pro-

cedures went on, only controlled by the electric or fluid power switches.

Ventil: After spending some years at another university and in the industry, you rejoined RWTH Aachen in 1968 and established the Institute for Hydraulics and Pneumatics (IHP), today known as the Institute for Fluid Power Drives and Controls (IFAS). What were the reasons for such a step?

Prof. Backé: I think that in the field of fluid power a few years of industrial experience are necessary because fluid power is quite related to an application. But I thought that in this field a lot of systematic work



The first building of the Institute for Hydraulics and Pneumatics (1968 – 1972)

was necessary. The knowledge of the fundamentals has to be taught to students who want to work in this field successfully.

Ventil: Can you describe the beginnings of the institute IHP and the main research interests in a bit more detail. How big was the Institute in the beginning?

Prof. Backé: The beginning of the IHP was not easy. We were only a few people and we had nearly no measuring devices, so our only chance was to write intelligent applications to research funding organizations and in this way increase our manpower, measuring devices and testing stands. We made systematic tests of all the available control devices and displacement units.

At last we covered the whole field of fluid power. Because of our reasonable reports we earned good reputation and joined research projects carried out by a group of institutes, so we worked for instance in the field of production technology, in the field of medical technique, in the field of power transmission and in the field of robotics.

Ventil: Prof. Backé, after the establishment of the new Institute in 1968 you spent the next 26 years as Professor and Director of Fluid Power Transmission and Control at the Faculty of Mechanical Engineering. During these years your Institute became one of the world's largest and renowned research institutes in the field of Fluid Power. How did you succeed in this and what were the main driving forces for such a success?

Prof. Backé: There really were good opportunities at that time. We were the only institute that was fully working on fluid power. Other universities employed experts from the industry to teach the students, but that could only give an explanation of a single application of fluid power and not the whole field. Our system of handling the whole field from the fundamentals to the different applications systematically seems to be the right way.

So other universities as Dresden, Braunschweig, Hamburg, Karlsruhe followed our system and founded special institutes for fluid power. The same is true for other countries like England, Sweden, Finland, Slovenia and Japan, to only name a few.

Ventil: Well, this is probably only one of the reasons why you are called The Pope of the Fluid Power among the "Fluid Power people" all around the world. For your leadership and distinguished contributions to fluid power and motion control, including the establishment of one of the world's largest and renowned research institutes in the field of fluid power, you were honored during your professional career with numerous national and international recognitions, rewards and medals like ASME medal, "Verdinstkreuz des Verdinstordens« of the Federal Republic of Germany etc. You also hold honorary doctorates from the University of Tampere, Finland, the University of Linköping, Sweden and the University of Bath, UK. You were also the honorary professor at the Technical University of Taiyuan (1981) and the Technical University of Hangzhou (1989) in China. What is the secret to your success?

Prof. Backé: I have no special secrets, but I had fun working intensively on

fluid power problems. Another point may be that I am very interested in special research objects, so I was a serious discussion partner to my students.

We have contacts with nearly all groups working on fluid power in Germany as well as around the world. I am always happy to meet colleagues on conferences and discuss present and future developments in fluid power.

Ventil: Your main activities as full and emeritus professor have also included the promotion of 122 doctorate students, to whom you were "Doktorvater". Many of them, including myself, came from abroad to study with you. 122 is an incredible number and achievement!

Prof. Backé: It is my experience that there are excellent students in any country in the world if your institute is well known as a forge of systems and new ideas. I am proud that many of my former doctorate students hold important positions in the industry or at universities.

Ventil: As your "Doktorsohn" I can confirm your special feeling for people, for their research work and especially for the novelties in the specific research field. You have



The handing of the Bundesverdienstkreuzes of the Federal Republic of Germany by President Herzog



IFAS today – Main building

always found the right research idea at the right time. Can you give some advice in this direction to those of us, who continue your work as university professors in the field of Fluid Power?

Prof. Backé: I have always said that is very necessary that a university professor has good contacts in the industry - this means to the applications - so he can hear and see what the real problems in practice are. I recommend that capable younger scientists should start their way as university professors to transmit and increase the knowledge of fluid power.

Ventil: Your research work in Fluid Power was very rich and innovative the entire time during your professional career. Besides the theoretical approach you always wanted to end the research with a prototype and with experimental verification. Are there any special milestones, research fields or research achievements, which seem to you as the most important in your career?

Prof. Backé: The theoretical approach of the system cannot take into account all the peripheral influences. Therefore in our field, near to applications, it is necessary to prove the applicability of a development by experiments and to correct the theoretical model after the test results. Such corrections by unexpected influences

often happen during our tests. That is true, for instance, for different kinds of valves or displacement units.

Ventil: One of your important personal characteristics has always been a special feeling for the industry. You have succeeded in developing and kept it active, this, so important university-industry cooperation, not only in Germany but also with companies from abroad. How did you do it and what are the secrets to such a success?

Prof. Backé: It takes a lot of time for an institute to get a good reputation in the industry. If the institute gets a request from a company, the company must rely on the delivery of the report on time and get an accurate analysis of the results. That means that the members of the institute have to work more or less under industrial conditions.

Ventil: For many years you have been the publisher of the globally known journal O+P, which has been a very important source of information and research ideas for researchers and industrial environment all over the world. Also our journal Ventil has followed it as a model. You have also started to organize a scientific conference AFK, now IFK and initialized and moderated numerous so called "O+P Gespraech" – O+P

discussions. All these activities prove that you have a special feeling for research and especially for the responsibility to transfer this knowledge to the industry and vice versa.

Prof. Backé: I think that it is an important task of university institutes to spread the knowledge of their field and to stimulate innovations. For this purpose we used all the possibilities you mentioned: a journal with applicable and innovative articles, conferences and discussions.

Ventil: How do you see nowadays the position and the development of fluid power in Germany and also globally?

Prof. Backé: We have to realize that fluid power has got a strong competitor in electricity. The introduction of microelectronics in the signal path of systems has strengthened the position of fluid power.

But electricity is also trying to enter the energy path of systems. Because of the lower force density, until now only low force applications have been possible. In this area, whether electric or fluid power means are used often depends on the price. But we must see that it is a tendency to use electrical systems mainly to avoid oil losses.

That is the reason why the research in the sealing technique is so important. Until now there has been an increase of fluid power production in spite of the competition by electric systems, but that can change if electric drives or fuel cells are further developed.

Ventil: Prof. Backé, in the last few years your focus has been perhaps a bit more in pneumatics, which is becoming increasingly important and already takes almost 50% of the market in comparison to hydraulics. In your opinion, what, is the reason for such a growth and where do you see the most important advantages of pneumatics?

Prof. Backé: This higher annual increase of pneumatics in comparison

to hydraulics is astonishing. I found that this fact does not only have one single reason but several. The main reason may be that a pneumatic system can be used anywhere: in production engineering, handling, packaging or in process engineering. There are companies which offer prefabricated components. So there is no need for the components to be designed and produced, but the user can select them out of the catalog and build up complete systems. Furthermore, he can insert desired functions into the components: as acceleration and deceleration characteristics, speed behavior, generation of desired forces and so on.

The energy costs are higher in pneumatics but on the other side the investment and maintenance costs can be much lower. So, for a long working period the overall costs of a pneumatic system can be lower than of an electric or hydraulic drive.

Ventil: What is your opinion on the future development of fluid power?

Prof. Backé: I think that the development by permanent innovations will continue in the future. They will strengthen fluid power. But the innovations, which open wide new fields will be becoming rarer. The competition with electricity will become more severe, that is sure, so it is necessary to find new applications where the special advantages of fluid power are used and are not replaceable.

Until now hydraulic drives have dominated the mobile machinery. The hydraulic high force cylinder cannot be easily replaced by an electric device. But high torque electric motors can perhaps become a strong competition. That is especially true if the fuel cells can one day replace the diesel engine. But that will take decades.

Ventil: And the last question, Prof. Backé. What are your plans for your future professional activities?

Prof. Backé: I have just moved out of my cabinet in IFAS. Combined with this is the decision to stop profes-

sional activities. Young people must have the chance to gain reputation in the field of fluid power. I am still interested in publishing articles in different magazines. Anyhow, if someone asks a question, I will still try to find an adequate answer.

But I am happy to have some more time to read historical books. I am mainly interested in historical descriptions and biographies. Events, to which I have direct personal connections often attract my attention. The history of Aachen and surroundings offers many such possibilities.

Ventil: Prof. Backé, in the name of our journal Ventil and in my personal name I thank you very much for your answers and the time you took for us. I also wish you many fruitful activities and happy years with your wife Frau Seitz-Backé in the time to come.

*For journal Ventil:
Niko Herakovič*

Znanstvene in strokovne prireditve

■ 7th Internationales Fluidtechnisches

Kolloquium - 7th IFK - Sedmi mednarodni kolokvij o fluidni tehniki

22.–24. 03. 2010

Aachen, ZRN

Organizator:

- Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen

Tematika:

- stacionarna hidravlika
- avtomatizacija in regulacija na vozilih
- tribologija
- delovni fluidi
- simulacija
- pnevmatika

Informacije:

- kontaktna oseba: Dipl. Ing. S. Fritz

- Institut für Fluidtechnische Antriebe und Steuerungen, Steinbachstraße 53, D 52074 Aachen, BRD;
- tel.: + 49(0) 241-8027522, e-pošta: general@ifk2010.de, internet: www.ifk2010.de

■ BAUMA 2010 - Mednarodni sejem gradbeništva

19.–25. 04. 2010

München, ZRN

Organizator:

- Messe München International
- VDMA

Tematika:

- gradbeni stroji in težka vozila
- gradbeni materiali
- rudarski stroji
- oprema za gradbeništvo

Informacije:

- www.bauma.de

nadaljevanje na strani 410

Fluidna tehnika 2009

Utrip mednarodne konference

Fluidna tehnika 2009 je nadaljevala tradicijo posvetov in strokovnih srečanj, ki so se začela na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru že leta 1991, pod imenom Fluidna tehnika pa od leta 1995 dalje. Srečanja so sčasoma prerasla v bienalno, dvo-dnevno, sedaj mednarodno konferenco, ki je po vsebini in namenu ostala zvesta svojim ciljem ter občinstvu: predstaviti številne zamisli, zadnja do-gnanja raziskav in razvoja, novosti in rešitve proizvajalcev ter ponudnikov opreme in storitev s področij, kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika. Konferenca Fluidna tehnika 2009, po mnenju udeležencev najpomembnejši dogodek s področja hidravlične in pnevmatične pogonske in krmilne tehnike v Sloveniji, je v delovnem ozračju potekal 17. in 18. septembra v Kongresnem centru Habakuk v Mariboru. V dveh dneh je na konferenci predstavilo svoje prispevke skupno osemindvajset avtorjev iz industrije in gospodarstva ter univerz in inštitutov. Z motom »Vedno v toku dogodkov« želimo povezovati stroko in prenašati znanje in informacije v vseh smereh in na vseh nivojih.

Še posebej v tem obdobju globoke recesije smo bili veseli, da se nas je zbralo še celo več kot običajno. To nedvomno dokazuje, da se še kako zavedamo, da je imeti prave informacije s strokovnega področja še posebej sedaj izredno pomembna strateška prednost podjetja. Temu smo posvetili tudi tematske sklope letošnje konference.

Letos smo namenili pozornost aktualnim usmeritvam in tehničnim novostim vodilnih proizvajalcev na področju razvoja komponent in sistemov fluidne tehnike ter hidravličnim tekočinam in njihovi negi ter nadzoru stanja, tako tekočine kot celotnega sistema. Predstavili smo novosti na področju zakonodaje in standardov, ki se dotikajo varnosti sistemov, ter nekatera dognanja in dosežke s



Mnenje številnih udeležencev: »Imeti pr(a)ve informacije je danes strateška prednost podjetja.«

področja znanstvenoraziskovalnega dela. Predstavljeni inovativni primeri uporabe na različnih področjih tehnike pa samo potrjujejo, da je fluidna tehnika še kako vpeta v vsa področja tehnike in naše okolice.

Na svečani otvoritvi konference sta udeležence poleg dr. Darka Lovreca, ki je prisotne pozdravil v imenu organizatorja, nagovorila tudi prodekan za raziskovalno dejavnost Fakultete za strojništvo v Mariboru prof. dr. Jože Balič in predsednik Slovenskega društva za fluidno tehniko (SDFT) Dragan Grgić, ki je ob tej priložnosti tudi svečano podelil nagrade za najboljša diplomska dela s področja fluidne tehnike.

V uvodnih predavanjih so bile predstavljene novosti v tehnologiji avtomatizacije in pa sodobni koncepti elektrohidravlične pogonske tehnike na stacionarnih strojih s poudarkom na natančnosti in energetski učinkovitosti pogonov. V tem delu je bila predstavljena tudi nova vrsta težko gorljive hidravlične tekočine. Sklop prispevkov je bil v nadaljevanju posvečen zakonodaji in standardom, pri čemer je bila v ospredju varnost sistemov fluidne tehnike. Konec leta 2009 se namreč spremeni evropska

direktiva o strojih. Novi standard EN ISO 13849-1 bo nadomestil sedaj veljavni standard EN 954-1. Ta sprememba bo zelo vplivala na razvoj novih izdelkov. Proizvodi in rešitve morajo namreč izpolnjevati ne samo produktivne funkcije, temveč morajo imeti integrirane tudi varnostne funkcije. V tem sklopu prispevkov so bili predstavljeni tudi novi mednarodni standardi za nadzor kontaminacije pri hidravličnih sistemih: nov kalibracijski postopek in reference za laboratorijske števce delcev in terenske merilnike kontaminacije, priporočene prakse za doseganje čistoče delov in komponent, novi protokoli in standardi za merjenje in prikaz stopnje čistosti sestavnih delov.

Največja skupina prispevkov prvega dne konference je bila v celoti namenjena predstavitvi spoznanj in izdelkov, vezanih na vedno aktualno tematiko nege in nadzora hidravličnih tekočin – od pomena nege in sodobnih pristopov k upravljanju s hidravličnimi tekočinami pa vse do poznavanja mehanizmov fizikalno-kemijskega dogajanja v sami tekočini med njeno uporabo. Skrbniku sodobne naprave ne zadostuje več samo to, da ima vgrajeno napravo za



Utrinek z razstavišča

nadzor posamezne veličine ali celo več veličin, temveč mora proces spreminjanja stanja tekočine tudi razumeti. Ponudnik opreme pa mora nuditi vso podporo glede nadaljnjih ukrepov ali pa uporabljati višje razvite sisteme, ki imajo takšno podporo uporabniku že vgrajeno.

Zelo razveseljivo pa je dejstvo, da ne povzemamo zgolj spoznanj drugih strokovnjakov in ne ponujamo samo izdelkov tujih proizvajalcev, ampak smo tudi sami raziskovalno aktivni in uspešni. Marsikatero naše spoznanje tako povzemajo v tujini, spoznanja pa smo sposobni uporabiti tudi v številnih primerih v industriji. Zadnjim dosežkom s teh področij sta bili posvečeni obe veliki skupini prispevkov drugega dne konference – Razvoj komponent in sistemov ter Primeri uporabe fluidne tehnike.

Razen predstavitve omenjenih skupin prispevkov je bila organizirana tudi spremljajoča razstava, ki ni ponujala samo dodatne možnosti seznaniti se z novostmi slovenskih ponudnikov,

temveč veliko več – s pogovorom rešiti marsikatero zadrego ali problem, ki ju drugače kot s pristnim osebnim stikom ni mogoče uspešno rešiti. Ta možnost je bila ponujena tudi v okviru že tradicionalnega družabnega večera »V objemu fluidne tehnike«.

Tudi ostalih dogajanj je bilo kar nekaj. Kot že omenjeno, so bile podeljene nagrade za najboljša diplomska dela s področja fluidne tehnike. Nagrajenci pa so svoja dela med odmori tudi predstavili. Na konferenci je bil kot navadno izveden občni zbor Slovenskega društva za fluidno tehniko, na katerem se je prevetrila tekoča problematika delovanja društva. Letošnji občni zbor je bil volilni.

Konference v takšnem obsegu in vsebini brez podpore industrije sploh ne bi bilo možno organizirati. Zato se zahvaljujemo vsem, ki so v teh za gospodarstvo težkih časih po svojih zmožnostih prispevali k izvedbi konference, še posebej generalnemu pokrovitelju podjetju FESTO Slovenija, ki je bilo pripravljeno tudi

letos prevzeti nase to veliko breme. Zavedamo se, da brez pokroviteljev tega srečanja ne bi bilo. Kot pokrovitelji ali kot razstavljalci so sodelovala še sledeča podjetja: HAWE, d. o. o., HYDAC, d. o. o., Kladivar, d. o. o., OLMA, d. d., Lotrič, d. o. o., La & Co, d. o. o., HYPOS, d. d., Ulbrich Hidroavtomatika, d. o. o., Basic, d. o. o., Exor-Eti, d. o. o., DIMAS, d. o. o., in revija VENTIL, ki je medijsko pokrivala dogodek.

Mogoče še za na konec: kot organizatorja nas veseli, da se konference udeležuje vedno več ljudi iz industrije – uporabnikov izdelkov in storitev fluidne tehnike, ter da je bilo med njimi tudi veliko takšnih, ki so bili na konferenci prisotni prvič. Kljub recesiji je bilo največ udeležencev doslej. Moč je v znanju in v informacijah. Ena od možnosti, da jih pridobimo, je brez dvoma konferenca Fluidna tehnika.

*Dr. Darko Lovrec
Fakulteta za strojništvo Maribor*



Volilni del občnega zbora SDFT 2009

Redni občni zbor Slovenskega društva za fluidno tehniko je bil v petek, 8. maja, v hidroelektrarni Fala. Ob tej priložnosti je predsednik društva poročal o delu v preteklem obdobju in navedel sugestije za nadaljnje delo. Kratko poročilo o tem je skupaj s poročilom o obisku vodne elektrarne Fala objavljeno v reviji Ventil 15(2009)3, str. 224. Zaradi takratne opravičene odsotnosti nadzornega odbora zbor o razrešnici dosedanjemu izvršnemu odboru ni odločal in tudi volitve novega izvršnega odbora niso mogle biti opravljene.



Volilni del občnega zbora SDFT v Mariboru

Volilni del občnega zbora SDFT je bil zato po takratnem dogovoru opravljen 17. septembra v času *Mednarodne konference o fluidni tehniki* v Mariboru.

Dosedanji predsednik je ponovno predstavil **nekaj značilnosti delovanja članstva SDFT in njegovih operativnih organov v obdobju 2006–2009:**

- občutno zmanjšanje števila članov SDFT po uvedbi kriterija plačane letne članarine kot temeljnega pogoja za članstvo;
- zahtevno zagotavljanje že minimalne sklepčnosti IO SDFT kljub kvartalnemu sklicu;
- nobenega dejanskega napredka pri izdelavi in ažuriranju stalne spletne strani SDFT;
- nadaljevanje negativnega trenda zanimanja za prostovoljno delo v strokovnih društvih in posledično tudi v SDFT ter krovni organizaciji ZSIS;

- sodelovanje ZSIS s posameznimi strokovnimi društvi predvsem na deklarativni ravni, brez pravočasnih povratnih informacij na pobude, prijave ipd.

Kljub navedenemu smo v preteklem obdobju izpeljali ogled Laboratorija za oljno hidravliko na Fakulteti za strojništvo UM kakor tudi Tehničnega muzeja in delujočega dela HE FALA na Dravi. V tem času smo uspešno zaključili 2. natečaj za zlato diplomu fluidne tehnike, za kar ima posebne zasluge pri motiviranju za prijavo kolega Darko Lovrec.

V nadaljevanju so navzoči člani SDFT sprejeli:

- nov statut SDFT – usklajen z veljavnim zakonom o društvih in
- razrešnico dosedanjemu izvršnemu odboru in drugim organom društva ter izvolili nov IO SDFT v sestavi:
 - *Kristijan LES (HAWE, d. o. o., Petrovče)* – predsednik IO,

- *Dragan GRGIČ (NEVIJA, d. o. o., Maribor)* – podpredsednik IO,
- *dr. Aleš LESNIKA (Šolski center Celje)* – član IO,
- *dr. Niko HERAKOVIČ (Fakulteta za strojništvo Ljubljana)* – član IO,
- *Tonček PLEČKO (SMM, d. o. o., Maribor)* – član IO,
- *Vinko FALADORE (Hypex Lesce, d. o. o.)* – član IO,
- *Marjana KOLARIČ* – blagajničarka SDFT.

Zaradi več kadrovskih in organizacijskih sprememb je občni zbor pooblastil IO SDFT, da opravi potrebne razgovore in usklajevanja ter do naslednjega OZ pripravi predloge za sestavo delovnih teles SDFT. Novizvoljeni IO prav tako pripravi predlog članov NO in ga predloži OZ SDFT v potrditev.

Podpredsednik IO SDFT:
Dragan Grgič



IFAM

international trade fair of
automation & mechatronic

27.-29. 01. 2010

hall K, Celje, Slovenia www.ifam.si

Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo, robotiko, mehatroniko, ...

International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...



PASSION FOR PERFECTION
ifam@icm.si

Zlate diplome fluidne tehnike 2009

Vzporedno s potekom letošnje *Mednarodne konference Fluidna tehnika 2009* v Mariboru so bile 17. 09. drugič do sedaj podeljene tudi *zlate diplome fluidne tehnike*, ki jih SDFT podeljuje najboljšim diplomantom za teme s področja fluidne tehnike. Letošnja priznanja so dobili:

Janez JANČIČ, dipl. inž. strojništva, za diplomsko nalogo s temo: **POSODOBITEV FILTRIRNE NAPRAVE VALJČNEGA OLJA.**

Vito TIČ, univ. dipl. inž. strojništva, za diplomsko nalogo s temo: **SNOVANJE SODOBNEGA HIDRAVLIČNEGA AGREGATA.**

Danijel ŽGEČ, dipl. inž. strojništva, za diplomsko nalogo s temo: **OSKRBA IN VZDRŽEVANJE ZRAKA NA LOKOMOTIVI SERIJE 643.**

Temeljni namen natečaja za podelitev zlatih diplom SDFT je vzpodbuditi študente, ki so opravili diplomsko delo s področja fluidne tehnike, da slovenski in širši strokovni javnosti predstavijo svoja diplomska dela, nove ideje oz. dosežke ter na ta način pripomorejo k povečanju zanimanja za študij vsebin predmetov, ki se navezujejo na področje fluidne tehnike kot tudi tehnike nasploh. S tokratnim izborom in podelitvijo nagrad je bil namen samo delno dosežen, saj je utemeljitelj in organizator natečaja dobil samo prijave diplomantov s Fakultete za strojništvo Univerze Maribor, in to kljub podaljšanju roka za prijave.

SDFT kot strokovno društvo poziva vse višje in visoke strokovne šole ter fakultete v Sloveniji, še posebej pa nosilce predmetov s področja fluidne tehnike, da že zdaj začnejo ustrezne aktivnosti za natečaj *Zlata diploma fluidne tehnike 2011*, ki bo ponovno razpisan maja 2011.

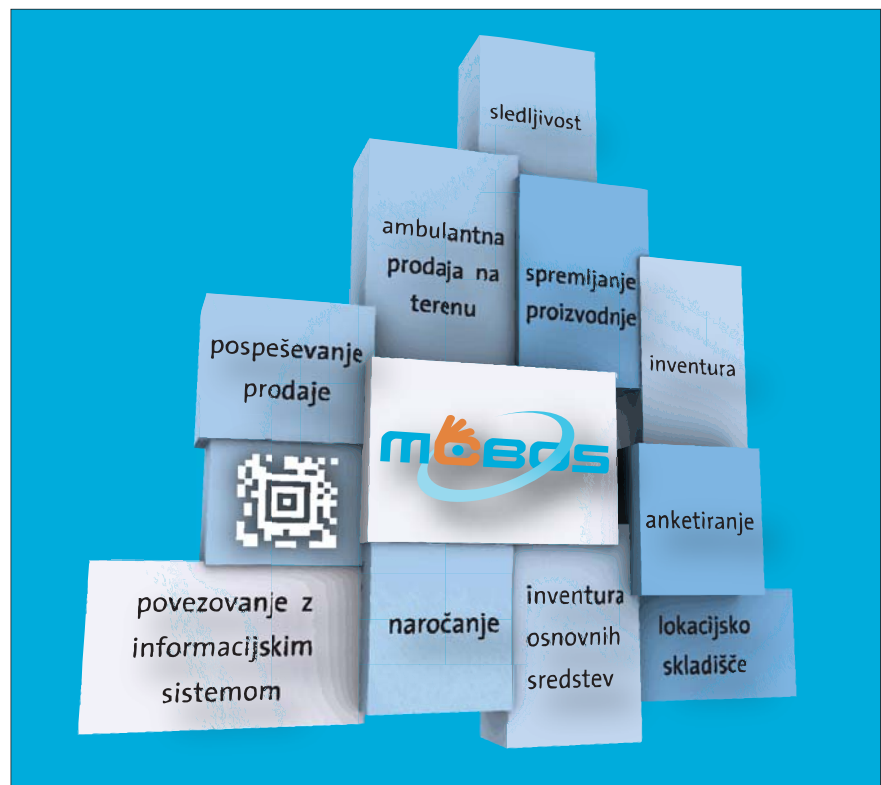
Letošnji nagrajenci so poleg diplome in možnosti kratke predstavitve diplomske naloge na konferenci FT 2009 dobili tudi praktični nagradi:



Z leve proti desni: Dragan Grgič (SDFT), Janez Jančič (nagrajenec), Nevena Tea Gorjup (NEVIJA d.o.o.), Vito Tič (nagrajenec), Dr. Darko Lovrec (Fakulteta za strojništvo UM)

enoletna naročnina na revijo VENTIL in enodnevni obisk sejma MAINTAIN v oktobru 2009 v Münchnu – sponzor NEVIJA, d. o. o., Maribor.

Podpredsednik IO SDFT:
Dragan Grgič



www.leoss.si

LEOSS
moč podatkov

MOS – mednarodni sejem obrti

Visoke tehnologije na MOS 2009, tudi v okviru OZS

MOS – mednarodni sejem obrti, se je v več kot štirih desetletjih razvil v največji in najpomembnejši sejem v Sloveniji in v tem delu Evrope. Postal je poslovno središče, ki na enem mestu ponudi razstavo najboljših dosežkov domačega in tujega podjetništva za podjetnike ter sprostitev, zabavo in ugodne nakupe za zasebne obiskovalce. K temu je zagotovo prispevalo uspešno dolgoletno partnerstvo organizatorja sejma družbe Celjski sejem, d. d., z Obrtno-podjetniško zbornico Slovenije. Sodobna sejemska infrastruktura in odlična geostrateška lega Celja in Slovenije dajeta sejmu primerjalno prednost pred sorodnimi sejmi v regiji. Letošnji sejem si je ogledalo preko 160.000 obiskovalcev. Na njem je sodelovalo preko 1600 razstavljalcev iz Slovenije in tujih držav.

Letošnja predstavitev v hali A, razstavnem prostoru strokovne sekcije elektronikov in mehatronikov, potrjuje dejstvo, da se visokotehnološki razvoj v malem gospodarstvu počasi le prebujata. Predstavljene so bile tehnologije, ki jih mnogi še nikoli niso videli, saj prihajajo iz sveta znanosti in so namenjene gospodarstvu. Te tehnologije so bile s pomočjo odbora za znanost in tehnologijo (OZT) v okviru strokovne sekcije elektronikov in mehatronikov OZS predstavljene našim obrtnikom in podjetnikom, e, ministrici za notranje zadeve Katarini Kresal in ministrici za obrambo Ljubici Jelušič, predstavnikom ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, predstavnikom TIA, ARRS, predstavnikom fakultet, šolskim centrom in drugim institucijam ter seveda vsem drugim obiskovalcem.

Zelo nazorno so bili prikazani razvojni in že proizvodni eksponati odseka za elektronsko keramiko **K5 Instituta Jožef Stefan**, ki ga vodi **prof. dr. Marija Kosec**. Jasno so bile izražene smernice razvoja elektronskih komponent:



Ministrica za notranje zadeve Katarina Kresal in ministrica za obrambo Ljubica Jelušič sta si z zanimanjem ogledali tehnološko zanimiv razstavnih prostor sekcije elektronikov in mehatronikov pri OZS in sta se pohvalno izrazili glede sodelovanja OZS s šolami, fakultetami in instituti

izrazito zmanjševanje dimenzij, večja učinkovitost, povečevanje zanesljivosti in kompleksnosti elektronskih komponent ter čim manjša obremenitev okolja, kar se lahko doseže tako z razvojem novih materialov z boljšimi lastnostmi in z uporabo tehnologij, ki omogočajo izdelavo kompleksnih miniaturnih struktur (multifunkcijski materiali) in naprav. Potrebno je poudariti, da je bil odsek K5 izjemno dobro predstavljen tudi z videopredstavitvijo, kjer so bili prikazani posamezni razvojni in proizvodni procesi, tudi multifunkcionalnost, ki se doseže z integracijo več materialov v strukture z ustrežno geometrijo (2D- in 3D-strukture). Fizikalne in kemijske interakcije med materiali struktur namreč vplivajo

na funkcijske lastnosti elementov, zato je potrebno izboljšati kompatibilnost in zmanjšati reaktivnost med posameznimi materiali v strukturah ter razumeti, zakaj so lastnosti plasti drugačne od prostorninske keramike. Predstavljeni so bili številni senzori, kot na primer senzor tlaka, senzor deformacije tekstila ter kompleksne mikrostrukture. Odlično se je predstavila Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, še zlasti **LMSE**, Laboratorij za mikrosenzorske strukture in elektroniko, ki ga vodi **prof. dr. Slavko Amon**: tehnologije MEMS, laboratoriji na čipu, reaktorji na čipu, mikroaktuatorji, krmilno-regulacijske tehnologije, inteligentna multifunkcijska senzorika, alternativni viri električne energije,



Predstavitev eksponatov IJS – Odsek za elektronsko keramiko (levo) in eksponatov Fakultete za elektrotehniko – Laboratorij za mikrosenzorske strukture in elektroniko



Utrip sejma MOS v odprtem delu sejmišča

mehatronika, robotika, avtomatika in procesne tehnologije.

Veliko zanimanje obiskovalcev sejma so vzbudili tudi razvojni projekti in modeli priznanega strokovnjaka **doc. dr. Iztok Krambergerja** s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. S pomočjo videa smo prikazali razvoj nanotehnologij in vedno večjo

SERŠ, SŠTS Šiška, revija IRT 3000, revija Avtomatika, revija Ventil, ax Elektronika in Svet elektronike, Makro Team, Eurogrand, TECES, Loop, Astron, AudioLogs in številni drugi. Prikazali so nove tehnologije in povezovanje drobnega gospodarstva s šolsko, akademsko in znanstveno sfero. Naš razstavni prostor pa je ilustriral tudi razvoj malih in mikropodjetij, ki se že ukvarjajo z naprednimi tehnolo-

gijami in visokotehnoškimi izdelki. Letos prvič pa je bila predstavljena tudi forumska skupina sekcije elektronikov in mehatronikov pri OZS z razvojnimi modeli mikrovetrnih elektrarn. To skupino vodita **Marjan Bezjak** in **Valter Vojska**. V Obrtnopodjetniški zbornici Slovenije, še zlasti pa v odboru za znanost in tehnologijo, se zavedamo, da je potrebno bolj poudariti alternativne vire električne energije in nove tehnološke rešitve, zato bomo tudi v prihodnje podpirali razvoj fotovoltaike, vetrnih elektrarn in seveda nove tehnološke rešitve, ki so šele v razvojni fazi. Da mislimo v OZS resno, govori podatek, da bomo že 20. oktobra letos na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo in informatiko Univerze Maribor organizirali samostojni energetski tehnološki dan, na katerega bomo vabili predvsem obrtnike in podjetnike, torej mala in mikropodjetja. Vabljeni pa bodo tudi dijaki, študenti in drugi zainteresirani.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

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, poliol, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalk.

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

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 železnah in lesni industriji, v letalih in napravah za simulacijo vožnje.

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili

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

M+S HYDRAULIC

4. nanotehnoški dan

Odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije je uspešno realiziral že **4. nanotehnoški dan**, ki se ga je udeležilo rekordno število udeležencev, skupno preko 200, med njimi tudi ugledni gostje: minister za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo **Gregor Golobič**, direktor Instituta Jožef Stefan **prof. dr. Jadran Lenarčič**, vodilni iz Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije – generalni sekretar **dr. Viljem Pšeničny**, namestnik generalnega sekretarja **Pavel Sedovnik**, podpredsednik skupščine OZS **Viktor Barlič** in drugi.

Strokovni del nanotehnoškega dne je bil po mnenju mnogih eden najboljših doslej. Strokovne teme z različnih področij nanotehnologije so predstavili **dr. Peter Panjan**, Institut Jožef Stefan, **doc. dr. Iztok Kramberger**, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza Maribor, **doc. dr. Andrej Žnidaršič**, Kolektor Tesla Institut, **prof. dr. Boštjan Zalar** in **doc. dr. Peter Venturini**, Helios, d. d. Dogodek je organiziral in strokovno vodil kot moderator **Janez Škrlec**, predsednik odbora za znanost in tehnologijo pri



Uvodni govor ministra Golobiča

OZS in član 3. razvojne skupine pri vladni službi za razvoj za področje materialov in nanotehnologije. V uvodnem delu sta imela poseben in izjemno zanimiv nagovor minister Gregor Golobič in direktor Instituta Jožef Stefan prof. dr. Jadran Lenarčič.

Strokovne teme, ki so jih predstavili mednarodno priznani strokovnjaki, so bile: razvoj in uporaba nanoplastnih in nanokompozitnih (supernitridnih) prevlek za zaščito orodij in strojnih delov, področje nanoelektronike, nanomagnetnih materialov v medicini, področje tekočerkristalnih elastomerov v mikro- in nanoelektromehanskih sistemih (MEMSi in NEM-Si) ter v mikrofluidiki, senzorski in aktuatorski tehniki ter kot umetne mi-

šice. Poudarek pa je bil tudi na nanomaterialih in nanopremazih, ki se danes že uporabljajo v industriji in gospodarstvu. Na 4. nanotehnoškem dnevu smo s pomočjo podjetja Nanotul organizirali tudi izjemno zanimivo razstavo z naslovom Nano sve-

tovi. 4. nanotehnoški dan se bo zapisal v zgodovino OZS kot eden največjih strokovnih dogodkov doslej, organiziranih v okviru Obrtno-podjetniške zbornice. Izjemna udeležba pa potrjuje dejstvo, da postaja tudi obrtništvo in malo podjetništvo napredno in prepoznavno v širšem slovenskem prostoru.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike
Obrtna zbornica Slovenije*



Utrip iz 4. nanotehnoškega dne

LABORATORJI
ZA
LOTRIČ[®]
MERO SLOVJE

*Merimo
za prihodnost
We Measure the Future*

OVERITVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

Zastopstva in prodaja:
Dostmann electronic, PCL,
Radwag, Häfner, Sonoswiss

LOTRIČ d.o.o., Selca 163, 4227 Selca
tel: 04/517 07 00, fax: 04/517 07 07
e-mail: info@lotric.si, http://www.lotric.si

Obisk ministra Gregorja Golobiča v podjetju INEA

Gregor Golobič, minister za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, je danes obiskal podjetje INEA, d. o. o. Minister se je z vodilnimi v podjetju pogovarjal o priložnostih in izzivih, ki jih ponuja trenutna finančna in gospodarska kriza za tehnološki preboj podjetij. Beseda je tekla o razvojnih projektih podjetja INEA in o potencialnem japonskem tehnološkoroazvojnem centru v Sloveniji.



Minister Gregor Golobič in direktor podjetja INEA, g. Marko Svetina

Podjetje INEA iz Ljubljane že dvajset let sodeluje s podjetjem Mitsubishi Electric, v zadnjih letih tudi kot razvojni partner njihovega centra iz Nagoje. V INEI so ministru predstavili projekt Tehnološkoroazvojni center Mitsubishi – »Japonski hub«. Predlagani center predstavlja nov pristop k širitvi sodelovanja med Japonsko in Slovenijo in pozicioniranju Slovenije v prostoru Japonska - EU.

Direktor INEE mag. Marko Svetina pravi, da bo razvojni center obsegal dve tehnološki področji: napredne energetske tehnologije in tehnologije vodenja procesov. Obe se medsebojno dopolnjujeta in omogočata doseganje nadpovprečnih razvojno-

raziskovalnih rezultatov. Na ta način lahko tako slovenski kot japonski partnerji pridobijo pomembne poslovne reference in možnost nadaljnega poslovnega prodora in gospodarskega razvoja.

V okviru obiska si je minister Golobič ogledal tudi Tehnični muzej INEA, zbirko visokotehnoloških vzorcev, plod domačega razvojnoraziskovalnega in aplikativnega dela INEE.

INEA, d. o. o., je visokotehnološko podjetje na področju tehnologije vodenja procesov, prvo odcepljeno

podjetje (spin-off) IJS in pilotni projekt za to, kar je kasneje preraslo v Tehnološki park Ljubljana z več kot 40 novimi podjetji (start-up). INEA že od 1987 razvija in dobavlja sisteme za vodenje energetskih procesov in je najpomembnejši slovenski razvijalec in globalni ponudnik specialnih rešitev na področju tehnologije računalniškega vodenja procesov. Visoko napredne algoritme, razvojna orodja in rešitve dobavlja tudi globalni korporaciji Mitsubishi Electric.

Simon Smolnikar, INEA, d. o. o.,
Ljubljana



www.controltechniques.com



Frekvenčni regulator Commander SK

- Za moči od 0,25 kW do 132 kW
- Vgrajen filter
- Možnost prigradnje internega PLK (Logic Stick)
- Smart Stick za kloniranje parametrov
- Vgrajen PID regulator
- Na zalogi
- Ugodna cena



Družba za projektiranje in izdelavo strojev, d.o.o.

Kalce 38b, 1370 Logatec
Tel: 01/750-85-10 E-mail: ps-log@ps-log.si
Fax: 01/750-85-29 www.ps-log.si

Izvajamo:

- konstrukcije in izvedbe specialnih strojev
- predelava strojev
- regulacija vrtenja motorjev
- krmiljenje strojev

Dobavljamo:

- servo pogone
- frekvenčne in vektorske regulatorje
- merilne sisteme s prikazovalniki
- pozicijske krmilnike
- planetne reduktorje



Prikazovalnik pozicije Z-58

- Univerzalni pozicijski prikazovalnik za inkrementalne in absolutne merilne sisteme
- 5 dekadni LED prikazovalnik, višina 14 mm
- Vmesnik RS232 in RS422
- Dva relejna izhoda
- Analogni vhod in izhod 0-10V ali 0-24mA

Vetrne elektrarne na odprtem morju – z Enerpacovim sinhronim nivelirnim sistemom vedno navpične



Proizvajalec vetrnih elektrarn *BARD Engineering GmbH* iz Bremna je razvil edinstven koncept temeljenja svojih vetrnih turbin. Steber turbine temelji na podpornem križu, ki nad gladino vode miruje na treh podpornih stebrih. Za natančno in hitro izravnavanje podpornega križa v vodoravni položaj se uporablja sinhroni dvizni sistem *Enerpac*.

Leta 2003 ustanovljeno podjetje *BARD Engineering* gradi vetrne elektrarne in parke vetrnic na odprtem morju. Glede na svojo politiko poslovanja, biti neodvisen od različnih poddoba-viteljev, se je podjetje odločilo, da sestavne dele in vse, kar je potrebno za njihovo vgradnjo, razvijejo, izdelajo in sestavijo v lastnih obratih. Sem spada tudi *Wind Lift I*, ladja, ki je bila namensko zgrajena za montažo vetrnic na odprtem morju. Sedaj nastaja na Severnem morju, približno 100 km severozahodno od otoka Borkim, park vetrnic *BARD Offshore 1*. Park obsega 80 vetrnic vrste *BARD VM* kot tudi 5 MW naprave, ki so opremljene z dvojno napajanim asinhronskim generatorjem (angl. *Doubly-Fed Induction Generator – DFIG*).

Edinstven koncept temeljenja

Podjetje iz Bremna je razvilo poseben koncept temeljenja, ki so ga tudi pa-

tentirali – *BARD Tripile*. 90 m visoka vetrna turbina počiva na treh prav tako 90 m visokih temeljnih stebrih. Odvisno od lastnosti tal so ti s pomočjo posebne oblikovne konstrukcije zabiti 30 do 45 m globoko v morsko dno. Pri tem je njihov položaj natančno določen s satelitsko krmiljenim navigacijskim sistemom. Tudi višina stebrov nad gladino morja se avtomatično določa na 3 do 4 cm natančno. Ti trije stebri so nad vodno povr-

ršino med seboj povezani s križno konstrukcijo (*cross piece*), na kateri je pritrjen steber turbine. „Edinstveno pri našem temelju je to, da se ti deli kot tudi vse povezave nahajajo nad vodno gladino. V večini primerov je namreč stolp turbine pritrjen na temelj pod vodno gladino,“ razlaga Robert Ebert, namestnik vodje poslovanja podjetja *BARD Building GmbH & Co. KG*. „Odločili smo se, da bomo vsa montažna dela opravili nad vodno površino. To ima predvsem praktično vrednost, saj je pri gradnji potrebnih manj pota-

pljačev, razen tega nismo tako zelo odvisni od vremenskih razmer, vsa vzdrževalna dela pa lahko izvedemo bistveno hitreje in enostavneje.“

S pomočjo 700 barske hidravlike vedno pokončen kot sveča

Samo po sebi je umevno, da je potrebno podporni križ izravnati natančno horizontalno, da bo potem tudi steber vetrne turbine po montaži povsem navpičen. Rešitev tega problema je predlagal *Enerpac*: „Povezovalne prirobnice niso vedno ravne in gladke, zato se je zdelo nemogoče morebitna odstopanja prirobnic ročno korigirati na milimeter natančno. Zaradi tega smo iskali način, da bi 500 ton težko podporno konstrukcijo čim hitreje in natančno izravnali – rešitev smo našli v uporabi sinhrono krmiljenih hidravličnih valjev,“ pripoveduje Robert Ebert. Pri montaži podpornega križa so bili na vsakem stebru nameščeni trije valji, porazdeljeni v krogu, vsak z zmogljivostjo po 100 ton. Po temelju je to skupaj devet valjev s skupno dvizno maso 900 ton. Valji so bili krmiljeni s pomočjo računalnika sinhronnega dviznega sistema na krovu ladje *Wind Lift I*. Z njegovo pomočjo se je nato podporni križ natančno horizontalno izravnal dobesedno s pritiskom na



Edinstven koncept trostebrnega temeljenja – *BARD Tripile*



Enerpac je s svojim hidravličnim sinhronim dvžnim sistemom ponudil rešitev horizontalne izravnave podpornega križa



Pri montaži popornega križa so bili na vsak steber nameščeni trije valji zmogljivosti vsak po 100 ton, razporejeni po krogu

gumb. Podporni križ se je s pomočjo valjev dvignil za približno 20 mm in v nadaljevanju niveliral na 1 mm natančno. Nadzor izravnavanja je potekal s pomočjo geometrov in merilnikov nagiba. Kakor hitro je bil podporni križ natančno v horizontalni legi, je bil podporni steber zalit z betonom. Beton se je nasipal v 13 cm širok votel obročast prostor med steno 5 m visokega betonskega oplašča in podpornim stebrom. „Nič se

do valji reagirali na pogoste ekstremne vremenske razmere in na slano vodo. Zaradi tega se v prvih fazah testiranja zavestno nismo odločili za uporabo dragih specialnih valjev. Najprej smo želeli preveriti, ali je ta ideja v praksi sploh izvedljiva.“ BARD Engineering je razen v valje investiral tudi v dva krmilna modula za sinhroni dvžni sistem. Razen tega je bilo podjetje pooblaščen tudi za izvedbo šolanja osebja, ki je upravl-

ni varilo ali vijalo; vse sile prenaša betonski plašč,” pojasnjuje Ebert.

Standardni valji

Valji so ostali nameščeni na mestu tako dolgo, dokler beton ni popolnoma otdel, nakar so se ponovno uporabili pri naslednjem temelju. V tem času je BARD nadaljeval z gradnjo naslednjega temelja z drugimi valji. „Temelje smo želeli, kar se da hitro namestiti in izravnati, zaradi tega nismo mogli čakati 3 do 4 dni, da se je beton strdil,” razlaga Ebert. Za 50 vetrnih turbin je bilo tako potrebnih skupno 450 standardnih valjev, obremenjenih s tlakom 700 bar. „Pričakujemo, da bomo te valje lahko uporabili dvakrat,” pojasnjuje Ebert. “To se sicer ne zdi veliko, vendar ni 100-odstotno gotovo, kako bo-

jalo sinhroni dvžni sistem. Rezultati so odlični: „Na tem hidravličnem sistemu je lepo to, da deluje popolnoma avtomatično. Človeške napake, ki se pojavljajo pri ročnem niveliranju, npr. odprtje napačnega ventila valja, so s tem sistemom v celoti izključene,” je še pripomnil Robert Eber.

Testna turbina v Hooksielu

V kraju Hooksiel, v bližini mesta Wilhelmshafen, že od jeseni 2008 deluje testna vetrna turbina, ki je oddaljena od obale približno 400 m. Tu je bil prvič uporabljen patentirani temelj BARD Tripile, ki je bil namenjeno razvit za rabo v morju. Ta priobalna instalacija (Nearshore) odgovarja 80 vetrnicam, nameščenih v BARD Offshore 1, parku vetrnic, in ima nazivno moč 5 MW. Glede na stanje plimovanja niha vodna gladina na tem mestu med 2 in maksimalno 8 metri, stebri sistema BARD Tripile pa so bili zabiti 44 m globoko pod morsko dno. Za zabijanje teh pilotov se je uporabljala največja tovrstna naprava na svetu. Povezava vetrnice z električnim omrežjem je izvedena preko 20-kV kabla.

Nekaj podatkov o testni turbini v Hooksielu:

- masa rotorja: 180 ton
- masa strojnice: 280 ton
- masa stolpa: dva dela s po 130 oz. 160 ton
- masa temeljnih stebrov: 400 ton
- masa podpornega križa: 500 ton
- višina temeljnih stebrov: 90 m
- višina stebra turbine: 90 m
- premer rotorja: 122 m
- moč: 5 MW
- tip vetrne turbine: BARD VM

Vir: Enerpac BV P.O. Box 8097 6710 AB Ede, Nizozemska, tel: +31 318 535 803, gospa Irene Kremer, irene.kremer@enerpac.com

*Priredil:
Dr. Darko Lovrec, FS Maribor*

Kaj na področju fluidne tehnike raziskujejo v Nemčiji?

Raziskovalni sklad za področje fluidne tehnike v okviru nemškega združenja strojne industrije (VDMA) je imel svoje redno letno zasedanje 18. junija t. l. v Frankfurtu na Maini. Temeljni namen vseh članov sklada je, glede na stanje na trgu, zadržati in/ali razviti nove tržne možnosti. To zahteva trajne in velike napore na področju razvoja in raziskav, kar je za marsikatero srednje veliko podjetje lahko finančno nedosegljivo. Iz tega sledi nujnost raziskav v okviru skupnega raziskovalnega sklada.

Redna letna zasedanja članstva imajo osnovni namen pregledati doseženo v preteklem obdobju in dogovor o nadaljevanju dela.

Letošnje zasedanje je vodil predsednik sklada g. Peter Post iz firme Festo AG & Co. Uvodni prispevki so najprej analizirali stanje področja v luči splošnih gospodarskih razmer, potem pa so vodje posameznih projektov podali podrobna poročila o dosežkih in težavah pri njihovi realizaciji.

V preteklem obdobju je raziskovalni sklad financiral naslednje projekte:

Hidravlika:

- Nadaljnji razvoj elektrohidravličnih pogonskih sistemov pri strojih za brizganje plastičnih mas – Inštitut za FT pri TU Dresden,
- Varnost krmiljenih fluidnotehničnih pogonov – Inštitut za FT pri TU Dresden,
- Energijsko učinkoviti elektrohidravlični pogoni manjših moči – Inštitut za FT pri TU Dresden,

- Razvoj kratkočasovnega preskusa zanesljivosti hidravličnih ventilov – Inštitut za FT pri RWTH Aachen,
- Študija 400-voltov na mobilnem pogonskem stroju – ali je elektrika resnično naraščajoča konkurenca – Inštitut za poljedelske stroje pri TU Braunschweig.

Pnevmatika:

- Izboljšave energijske učinkovitosti pnevmatičnih strežnih naprav – Inštitut za FT pri TU Dresden.

Rezultati projektov z lastnim financiranjem ostanejo ekskluzivno na voljo samo članom raziskovalnega sklada.

Za tekoče leto je predloženih devet projektov, od katerih so predstavniki podjetij članov po razpravi potrdili naslednje:

Hidravlika:

- Povečanje učinkovitosti delovanja aksialnih batnih enot v določenih območjih delovanja – Inštitut za FT pri RWTH Aachen,
- Elektrostatični učinki in njihovo preprečevanje v hidravličnih filterih in napravah – Inštitut za FT pri RWTH Aachen,
- Pogonska vezja in povratno izkoriščanje energije: razvoj metode in pogonske strategije za mobilne stroje – Katedra za mobilne delovne stroje na TU Karlsruhe, Inštitut za poljedelske stroje pri TU Braunschweig.

Pnevmatika:

- Analiza močnostnih potencialov elektromagnetnih aktuatorjev za pnevmatične ventile – Inštitut za

- FT pri TU Dresden,
- Modeliranje v pnevmatiki – Inštitut za FT pri RWTH Aachen,
- Povečanje izkoristka z izrabo izpušnega zraka – Inštitut za FT pri RWTH Aachen,
- Simulacijska podpora pri snovanju pnevmatičnih vakuumskih ejektorjev – Inštitut za FT pri TU Dresden.

Raziskovalni sklad bo oba projekta »modeliranja v pnevmatiki« in »povečanje učinkovitosti aksialnih batnih enot« izvajal z lastnim financiranjem.

Na koncu zasedanja so se dogovorili tudi o podpori naslednjih znanstveno-strokovnih prireditvev:

- 67. deželno srečanje o FT, 6. in 7. 11. 2009 v Hannoveru,
- 7. IFK 22–24. 03. 2010 v Aachnu in
- 16. ISC – mednarodna konferenca o tesnjenju, 12 in 13. 10. 2010 v Stuttgartu.

Naslednje zasedanje nemškega raziskovalnega sklada bo 17. 06. 2010 na sedežu VDMA v Frankfurtu na Maini.

Dodatne informacije o skladu so na voljo na naslovu:

Peter-Michael Synek, Forschungsfond Fluidtechnik im VDMA, Lyoner Strasse 18, 60528 Frankfurt/Main, e-pošta: peter.synek@vdma.org

Po O + P 59(2009)8, str. 328
Pripravil A. Stušek



Združenje kovinske industrije



Vodna hidravlika je vse bolj zanimiva

Revija FLUID v posebnem dodatku letošnje izdaje »julij–avgust« predstavlja stanje tehnike na področju vodne hidravlike. Predstavitev obsega 15 strani pisnih prispevkov z nekaj integriranimi reklamnimi oglasi pomembnih dobaviteljev tovrstne opreme.

Vsebina pisnih prispevkov je naslednja:

- Hidravlika na novo odkrita – Razvoj in izboljšave vodne hidravlike v podjetju Wolf Krisch (Fecht, N.),
- Oljni koncerni »pospešujejo« vodno hidravliko (intervju z vodjo

podjetja: The Water Hydraulics Co. Ltd., Tony Markham),

- Derwand, H.: Stroj za čiščenje cevodov s čistim vodnohidravličnim pogonom (Fecht, N.),
- Uporaba v coni »O« – Precizno rezanje z visokotlačnim vodnim curkom v naftni in plinski industriji – izkušnje iz podjetja Woma, Duisburg – poroča dr. F. Borchardt (Fecht, N.),
- Tržno projektno ime »Nessie« (intervju s predstavnikom firme Danfoss R. Fritschejem in G. Storckom) – komponente lahko

delujejo s čisto vodo ali HFA- oz. HFC-tekočinami

- Med vetrom in valovi – Nova področja uporabe vodne hidravlike s čisto vodo (Fecht, N.),
- Stoss, W.: Manjkajo znanja o tesnjenju – Vprašanja tesnjenja pri vodni hidravliki (s HFA-tekočinami enako kot pri čisti vodi) še vedno problematična.

Vir: Sonderteil Wasserhydraulik, Fluid 42(2009)7-8, str. 31

Pripravil: A. Stušek

Hidravlični hibridni pogon na preskušanju v New Yorku

Mestna komunalna služba v New Yorku je za 12 mesecev prevzela v praktično preskušanje smetarsko vozilo s hidrostatičnim regenerativnim zavornim sistemom (HRB – Hydrostatisch Regeneration Bremssystem) firme Bosch Rexroth, da oceni možnosti varčevanja z energijo in zmanjšanja škodljivih emisij v realnih pogojih obratovanja. Preskušanje naj bi omogočilo ocene gospodarskih in tehničnih prednosti HRB-sistema in zagotovilo realne podatke za uporabo takšnih sistemov na komunalnih vozilih. Sistem HRB naj bi zagotavljal optimalno učinkovitost izrabe pogonskega goriva in pomembno zmanjšanje okolju škodljivih izpuštov, posebno pri vozilih s pogostim



pospeševanjem in zaviranjem, trdi vodja projekta pri Rexrothu v ZDA, ga. Michelle DuHadway.

Po Fluid 42(2009)7–8, str. 9, pripravil A. Stušek

Nemška cesta tehnike

Na pobudo nemške zveze inženirjev (VDI) je založba *Jahreszeiten Verlag* izdala poseben zvezek *MERIAN Sonderheft Deutsche Technikstrasse* (Nemška cesta tehnike). Tako poleg evropskih »vinskih« cest postajajo zanimive tudi ceste »tehnike«. Na

138 straneh bralec lahko spozna 180 izletniških točk o zanimivih nemških raziskovalcih, mislecih in iznajditeljih. Ločena posterska karta pregledno ponazarja vse postaje ceste tehnike. Ta sicer še ni podrobneje predstavljena po posameznih rutah, toda

VDI namerava Nemčijo prikazati kot zanimivo tudi za »tehniški« turizem.

*Po Fluid 42(2009)9 – str. 9
Pripravil: A. Stušek*

nadaljevanje s strani 397

■ **FLUIDTRANS COMPOMAC 2010 – Mednarodni sejem fluidne tehnike, pogonske tehnike in mehatronike**

04.–07. 05. 2010
Milano, Italija

Organizatorji:

- Fiera Milano
- Assofluid

Vzporedne prireditve:

- TEW – Teden tehnoloških razstav
- BIAS – Mednarodni strokovni sejmi avtomatizacije, instrumentacije, mikroelektronike in informacijske tehnologije za industrijo
- Mechanical Power Transmission & Motion Control – Mednarodni strokovni sejem pogonske tehnike, sistemov krmiljenja gibanja in mehanskih pogonskih elementov

Informacije:

- www.fieremostre.it

■ **The 6th Fluid Power Network International (FPNI) PhD Symposium – Šesti mednarodni doktorski simpozij o vezjih v fluidni tehniki**

08.–11. 06. 2010
West Lafayette, IN, USA

Organizator:

- Purdue University, West Lafayette, IN, USA

Informacije:

- prof. Monica Ivantysynova
- tel.: +01(765) 447-1609
- faks: +01(765) 448-1860
- e-pošta: mivantys@purdue.edu
- internet: <http://cobweb.ecn.purdue.edu~mahalab/index.html>

nadaljevanje na strani 439

KRMILJENO HIDRAVLIČNO PREMIKANJE



Dvigovanje težkih bremen na mostni konstrukciji železniške proge za visoke hitrosti v Španiji z ENERPAC-ovim dviznim sistemom.

Enerpac je specialist na področju visokotlačne hidravlike in konstrukcije hidravličnih sistemov za krmiljeno in nadzorovano premikanje posebno velikih in težkih objektov. V sodelovanju z našimi inženirji razvijamo napredne koncepte in tehnike za krmiljenje gibanja težkih bremen.

KOMPLETNE REŠITVE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

ENERPAC GmbH
Postfach 300113
D-40401 Düsseldorf, Deutschland
Tel.: +49 211 471 490
Fax: +49 211 471 49 28

HIDRAVLIKA d.o.o.
Medlog 16, 3000 Celje, Slovenija
Tel. +386 (0)3 5453610 Fax. +386 (0)3 5453560
www.hidravlika.si
hidravlika@t-2.net

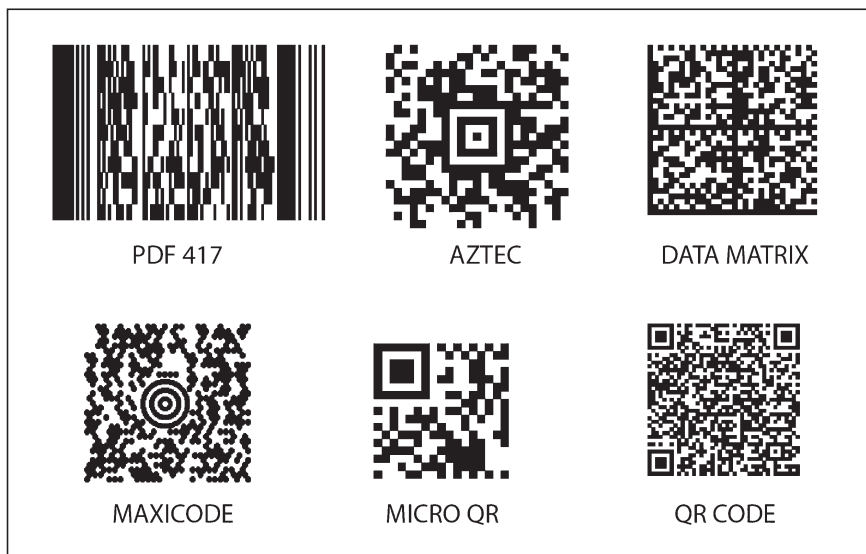


www.enerpac.com
info@enerpac.com

Črtna koda praznuje 60 let

20.10. letos praznuje črtna koda okrogli jubilej, svoj 60. rojstni dan. Na ta dan sta izumitelja Norman Woodland in Bernard Silver leta 1949 potrkala na vrata Ameriškega patentnega urada. Ta je njuni prošnji ugodil 7. 10. 1952 in patentu dodelil številko 2,612.994, kot je prikazano na <http://www.adams1.com/shareware/2612994.pdf>.

Omenjeni patent je pripeljal do uvedbe sistema UPC (Universal Product Code) leta 1973 v ZDA, ko so z 12-mestno numerično črtno kodo začeli označevati artikle v trgovinah. Sistem je deloval pod okriljem organizacije UCC (Uniform Code Council). Ta je omogočal dodeljevanje enotnih kod za artikle (v ZDA) in zapis črtno kodo za te številke. Štiri leta kasneje so tudi v Evropi v okviru organizacije EAN (European Article Association, kasneje EAN International) začeli uvajati kompatibilen sistem, ki je 12-mestne številke sistema UPC razširil na 13 mest (dolžina EAN-kode). Kasneje sta se sistema povezala in prevzela ime EAN-UCC.



Tipi črtno kodo

Do vnovične spremembe in preimovanja organizacije v GS1 (združitev EAN International z UCC) je prišlo sredi leta 2005. Danes GS1 (Globalni jezik poslovanja) združuje 104 organizacije z več kot milijon člani v 145 državah (predpone držav). Sistem GS1 je zbir standardov, ki omogočajo učinkovito upravljanje preskrbovalne verige z edinstvenim označevanjem proizvodov, transpor-

tnih enot, lokacij in storitev. Osnovo sistema predstavlja globalno enolična identifikacijska številka, s pomočjo katere pospešujemo procese elektronske trgovine, sledenja in izsledovanja.

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-pošta: leoss@leoss.si, g. Gašper Lukšič

Tiskalnika RFID za večjo pretočnost oskrbovalnih verig

Zebrini termalnih tiskalnik se uporabljajo tudi na področju RFID, kjer sta se kot zelo učinkovita izkazala RZ400 in RZ600. To sta nova modela Zebrinih tiskalnikov pametnih nalepk **z robustnim kovinskim ohišjem**, ki sta prilagojena delu tudi v najzahtevnejših industrijskih okoljih. Namenjena sta označevanju v »prvih bojnih linijah« skladišč, zdravstva, logistike in transporta ter drugih oskrbovalnih verig. V tiskalnika je **vgrajen zapisovalnik/bralnik za pametne nalepke RFID UHF, ki podpira standard EPC Gen 2 (ISO 18000-06C)**.

Tiskalnika sta posebej primerna za tiskanje večjega števila etiket v po-



Tiskalnik Zebra RZ600 s priborom

vezavi s strežniškimi programskimi paketi za profesionalno integrirano tiskanje NiceWatch Enterprise. Zaradi centraliziranega upravljanja in nadzora tiskalniških sistemov poteka **tiskanje etiket simultano in s poljubnega števila tiskalnikov hkrati**. NiceWatch omogoča neposredno tiskanje iz poslovnega programa, sistema skladiščnega poslovanja (WMS), bolnišničnega informacijskega sistema (HIS) ali poslovno-informacijskega sistema (ERP).

Modela se razlikujeta le po širini tiskanja. Z RZ400 lahko tiskamo na etikete širine do 104 mm, z RZ600 pa do širine 168 mm. Kombinacija 32-bitnega procesorja in 8MB Flash pomnilnika ob 16 MB DRAM kljub

veliki hitrosti tiskanja (254 mm/s) in ob ločljivosti tiskalne glave 8 pik/mm zagotavlja nemoten in jasen izpis različnih grafik. Ob izbiri ustrezne termalne glave je ločljivost lahko tudi večja (12 pik/mm), vendar pri manjši hitrosti tiskanja (203 mm/s). Funkcionalnost tiskalnika dopolnjuje širok nabor komunikacijskih zmožnosti (serijski, paralelni in USB-vmesnik ter opcijski brezžični ZebraNEet Wireless Plus in ZebraNet Print Server). **Dodatki, kot so nož, odlepljevalnik z odstranjevalnikom nosilnega traku etiket, previjalnik,** zagotavljajo prilagodljivost obeh tiskalnikov zahtevam uporabnikov in vrhunsko delovanje v zelo različnih aplikacijah.

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

LEOSS
moč podatkov

VENTIL
REVIA 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

Prvi prenosni RFID-tiskalnik zebra RP4T

Na tržišče prihaja prvi prenosni tiskalnik pametnih nalepk (UHF RFID). To je tiskalnik Zebra RP4T, ki **dopolnjuje tisk standardnih etiket s črtnimi z enkodiranjem podatkov v RFID-transponderje**. Na ta način se razširi označevanje s črtno kodo s sledilnimi metodami in zmožnostmi za naprednejši zajem podatkov, kajti ravno **RFID omogoča zapis dodatnih informacij in zaščito ter sledljivost slabih in dobrih oznak** (beleženja in sledenja). Nastavitev RFID-tiskalnika je uporabniku prijazna s pomočjo ukaznega jezika ZPL. Za daljšo obstojnost etiket je RP4T poleg direktnega termalnega tiska črtnih kod in deklaracij sposoben tudi tiska **preko tiskalne traku (termotransfer)**.

Robusten okrov ščiti Zebra RP4T pred vplivi okolja (padci, prah, mraz, vročina in voda) in zagotavlja nemoteno delovanje v temperaturnem območju med 0 °C in +45 °C, kar dovoljuje uporabo v zahtevnih industrijskih okoljih in na terenu. Zebra prenosnik RP4T je tako primeren za vse, ki delajo na terenu, npr. za sprotno označevanje materiala ali



Prenosni RFID-tiskalnik zebra RP4T, tiskanje z viličarja

osnovnih sredstev, izdajo kazni in potrdil (npr. parkirišča), servise na domu, popise na terenu, označevanje v skladišču in podobno.

Značilnosti tiskalnika:

- širina izpisa 101,6 mm,
- neposredni termalni tisk in tisk preko folije za daljšo obstojnost izpisanih nalepk (prvi mobilni tiskalnik s tiskom preko folije),
- možnost nadgradnje na tehnologijo RFID (UHF),
- velik spomin (8 MB Flash, 16 MB SRAM),
- LCD-prikazovalnik,
- robusten okrov RP4T ščiti pred vplivi okolja (padci, prah in voda) in zagotavlja nemoteno delovanje v temperaturnem območju med

- -0 °C in +45 °C,
- nadzor nad porabo varčne baterije (Li-Ion 4200 mAh),
- ergonomska oblika z nosilci traku za nošenje na rami,
- žična USB-komunikacija,
- brezžična komunikacija: Bluetooth® 2.0 ali/in 802.11 b/g,
- hitro menjavanje koluta nalepk in folije,
- prozorno okence za spremljanje stanja,
- samodejno nastavljanje folije za tiskanje,
- enostavno povezovanje.

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

Preactor International napoveduje krepko rast v letu 2009

Preactor International, vodilna svetovna programerska hiša, specializirana za planiranje in razvrščanje opravil, napoveduje nadaljevanje neprekinjene rasti na osnovi dobrih prodajnih rezultatov v letu 2009. Rezultati kažejo 11-odstotno povečanje neto prihodkov glede na leto 2008, ki je bilo za Preactor prav tako izjemno. Letos je Preactor kupilo že več kot 100 podjetij. Med njimi so mnoga znana imena, kot Imperial Tobacco, Abbott Pharmaceuticals, Alstom Transport Services, Traincare, Catalent, LSG Skycheffs in Samsung Electronics.

Mike Novels, CEO Preactor International, je opisal rezultate: »Pričakovali smo upočasnitev povpraševanja po naši programski opremi in storitvah, v resnici pa se je zgodilo ravno nasprotno. Podjetja, ki še lahko investirajo, se hočejo osredotočiti na bistvene točke poslovanja, v katerih so lahko produktivnejša in bolj tekmovalna. Preactorju je to koristilo.«

Gartner v najnovjšem poročilu napoveduje, da bo globalna potrošnja za IT v letu 2009 padla za 6 %, znotraj tega segmenta programske opreme pa za 1,6 %. Ostale neodvisne raziskave so pokazale, da bodo rešitve za napredno planiranje in razvrščanje (Advanced

Planning and Scheduling – APS) ključni element za mnoga proizvodna podjetja pri njihovih naporih, da bi postala gibčnejša ter učinkovitejša pri odzivanju na nagle spremembe povpraševanja. Ob recesiji na trgu bodo podjetja z uporabo rešitev, kot je APS, v prednosti in bodo povečevala tržni delež.

Pri tem je najbolj pomembno, da Preactor dobro deluje v povezavi s programskimi opremami, kot so sistemi ERP in MES, ter ostalimi aplikacijami za poslovno uporabo, pri čemer povezuje zaledne sisteme s proizvodnjo. Ne samo, da se izogiba mentaliteti 'iztrgaj in zamenjaj', vključno z visokimi nabavnimi stroški in znatnimi motnjami poslovanja, Preactor v mnogih primerih dejansko pomaga doseči boljše rezultate predhodnih IT-investicij, in zato tudi boljše vračanje vložka. Dosežki Preactorja so zares izraziti v proizvodnji pakiranega potrošniškega blaga, hrane in pijač, embalaže in kompleksne visokotehnoške opreme.

Mike Novels dodaja: "Vse več IT-podjetij sodeluje z nami zaradi združevanja moči svojih programskih rešitev s Preactorjevimi. Nadaljujemo z iskanjem priložnosti za rast v tej smeri. Krepimo odnose z drugimi podjetji, ki imajo podobno tržišče. To je smiselno zanja in za nas." Potrditev povedanega je rekordna udeležba na letnem mednarodnem srečanju Preactorjevih partnerjev, kjer



se je zbralo več kot 100 ljudi iz 29 držav z namenom, da gradijo svoj uspeh.

Valerie Goulevitch, direktorica marketinga, dodaja: "Odziv naših partnerjev je ohrabrujoč. Pojavljajo se novi trgi, kot so Kitajska, Brazilijska in Indija. Ti so že iz recesije in ponovno rastejo. Poleg njih tudi trgi, ki jih je kreditni krč najbolj prizadel, kažejo možnost za več projektov, še posebej v okviru multinacionalk s tovarnami po celem svetu. Slednjim daje zaupanje naš globalni doseg, ki ga zagotavlja lokalna podpora."

Mihael Krošl, zadolžen za razvoj poslovanja s Preactorjem v Sloveniji, dodaja: "Podjetja iz Slovenije so močno vpeta v svetovno gospodarstvo, zato je prav, da imajo na izbiro vsa programska orodja in prakse, kot jih imajo njihovi globalni konkurenti. Z lokalno ponudbo svetovno priznane programske rešitve in z domačim znanjem o upravljanju oskrbnih verig že skoraj deset let pomagamo domačim podjetjem, da so bolj produktivna in tekmovalna."

Vir: INEA, d. o. o., Stegne 11, 1000 Ljubljana, Slovenija, telefon: 01/513 8130, 513 8100, faks: 01/513 8170, <http://www.inea.si>, Mihael Krošl, e-mail: mihael.krosl@inea.si



Industrijski forum Inovacije, razvoj, tehnologije 2010

V dveh dneh se je na Industrijskem forumu IRT 2009 družilo in tkalo nove vezi več kot 250 strokovnjakov, ki so lahko prisluhnili več kot 50 prispevkom o strokovnih, inovacijskih in tehnoloških dosežkih domačega znanja zadnjih nekaj let. Ob forumu se je predstavilo tudi več deset podjetij iz industrije, ki so na razstavnih prostorih na ogled postavili svoje najnovejše dosežke. Udeleženci so se strinjali, da je zaradi gospodarske krize še toliko pomembnejše druženje na dogodkih, saj se na njih sklene veliko novih poznanstev, ki omogočajo izmenjavo mnenj, izkušenj in znanj, pogosto pa pomenijo tudi začetek uspešnega sodelovanja. Zato snovalci revije IRT3000 na krilih uspeha prvega foruma in v ustvarjalnem sodelovanju z industrijo pripravljajo Industrijski forum IRT 2010.

Portorož, 7. in 8. junij 2010

industrijski
forum IRT
www.forum-irt.si

Dodatne informacije in prijava na dogodek: Industrijski forum IRT 2010, Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01/600 1000 | faks: 01/600 3001 | e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si

www.forum-irt.si

Laboratorij za mehatroniko

Višje strokovne šole Tehniškega šolskega centra Kranj

Laboratorij za mehatroniko je bil ustanovljen leta 2005 ob začetku višješolskega izobraževanja mehatronikov v Kranju. Z naj sodobnejšo opremo omogoča izvedbo vaj, poskusov in raziskav na področju fluidne tehnike, elektropogonov, procesne tehnike, robotike in kompleksnih mehatronskih sistemov. Poleg dela s študenti sodelujemo tudi s podjetji in drugimi izobraževalnimi ter raziskovalnimi ustanovami.



Slika 1. Laboratorij za mehatroniko VSŠ TŠC Kranj

Predstavitev Tehniškega šolskega centra Kranj

Zavod Tehniški šolski center (TŠC) Kranj je sestavljen iz štirih organizacijskih enot: Strokovna in poklicna šola (SiPŠ), Tehniška gimnazija (TG), Višja šola (VŠ) in Medpodjetniški izobraževalni center (MIC). Poleg rednega se izvaja tudi izredno izobraževanje.

Šolski center ima dolgo in zanimivo tradicijo. Leta 1941 so Nemci ustanovili poklicno šolo za kovinskopredelovalno industrijo »Berufsschule für Metall Industriegewerbe« za potrebe tovarne sestavnih delov za letalsko industrijo. Delovala je na mestu kasnejše tovarne Iskra Kranj. Leta 1946 sta nastali Nižja

industrijska šola (vajenci) in Višja industrijska šola (tehnik), ki sta izobraževali za poklice strojništva in elektrotehnike. Leta 1951 stabilizirani združeni Industrijska šola Iskra in Puškarska šola Kranj. Leta 1962 je nastal Šolski center Iskra Kranj. V letih od 1963 do 1967 je

bil na šoli po en celoten razred dijakov iz Afrike in Azije. V sedemdesetih letih je bilo na poklicni in tehniški šoli okrog 700 dijakov, v osemdesetih pa že nad 1300. Leta

1985 se je odprla šola na sedanji lokaciji na Zlatem polju. Leta 1992 je nastala Srednja elektro in strojna šola Kranj, leta 2005 pa zavod Tehniški šolski center Kranj. Skupno število dijakov, študentov in zaposlenih je več kot 1600.

V TŠC Kranj se je leta 2005 začelo izobraževanje mehatronikov na srednji poklicni (IV. st.) in na višješolski stopnji (VI. st.), naslednje leto pa še na tehniški (V. st.). Na poklicni stopnji letos opravlja zaključni izpit tretja generacija dijakov, na višji pa je diplomiralo preko 60 študentov rednega in izrednega študija. Glede na število vpisanih študentov, ki bi teoretično lahko diplomirali, je to malo. Težava je namreč v t. i. »fiktivnem vpisu«, ko se samo zaradi statusa študenta v prvi letnik rednega brezplačnega študija lahko vpišeta tudi 2/3 »študentov«, ki nimajo namena študirati mehatronike, ampak le izkoristiti ugodnosti statusa študenta. Tako letnik obiskuje 25 študentov namesto 70 vpisanih. Vendar to ni tema tokratnega članka.



Slika 2. Delo s študenti

Karakteristike laboratorija za mehatroniko TŠC Kranj

V laboratoriju potekajo izobraževanja, raziskave in eksperimentalno delo na naslednjih področjih:

- pnevmatika in hidravlika,
- vakuumska tehnika,
- krmiljenje elektromotorjev,
- krmiljenje strege in montaže,
- krmiljenje procesne tehnike in robotika.

Na srednješolskem nivoju gre za uvajanje v industrijsko okolje, na višješolskem pa za reševanje zahtev sodobne industrije s teoretičnimi primeri in praktičnimi aplikacijami.

Opremo za ta izobraževanja smo pridobili od Ministrstva za šolstvo in šport RS, z nakupi iz lastnih sredstev in velik del z donacijami podjetij PS Logatec, Siemens Slovenija, SMC Trebnje, Festo Trzin, Kladivar Žiri, TIO in Hypex Lesce, Institut Jožef Stefan Ljubljana, Becker-Šraml, Omron-Miel, OPL Trzin in druga.

Iz donirane opreme smo sestavili učne pripomočke z visoko didaktično in hkrati profesionalno vrednostjo, kot so npr. električne učne plošče.

Unikatna učila – EUP

Električne učne plošče EUP so nastale na pobudo in po načrtih g. Janka Šinka ob pripravah na višješolski študij mehatronike. Razvoj je potekal od prve, začetne plošče do največjega števila sedmih plošč, ki se je danes racionaliziralo v treh ploščah, ki s svojo konfiguracijo zadovoljujejo vse potrebe. Sestavljajo jih izključno profesionalne industrijske komponente, podarjene v didaktične namene. Glede na nivo zahtevnosti so poimenovane: EUP1, EUP2 in EUP3.

EUP1 je namenjena enostavnim krmiljenjem pnevmatike, elektromotorjev in hidravlike ter preizkušanjem sistemov izklopa v sili. Na njej je krmilnik MFD Titan, ki predstavlja tudi vmesnik HMI.

EUP2 je namenjena zahtevnejšim regulacijskim sistemom in sodobnim



Slika 3. Električna učna plošča

načinom vodenja vseh vrst elektromotornih pogonov. Na njej je frekvenčni pretvornik Control Technics in modularni krmilnik Beckhoff. Za vodenje več osi hkrati se lahko več učnih plošč poveže z industrijskimi komunikacijami v enoten sistem.

EUP3 je namenjena spoznavanju elektrotehniških in elektronskih sklopov, močnostni elektroniki, programiranju PLC, industrijskim komunikacijam in regulacijski tehniki. Na njej sta krmilnik Siemens S7/300 in frekvenčni pretvornik Emerson.

Pnevmatika in hidravlika

Osnovna in nadaljevalna izobraževanja izvajamo na opremi Festo in Kladivar s podporo učne plošče EUP-1. Slušatelje seznamimo z osnovami fluidne tehnike, z naprednimi te-

mami in novostmi. Pri aplikaciji hidravličnega robota sodelujemo z Institutom Jožef Stefan.

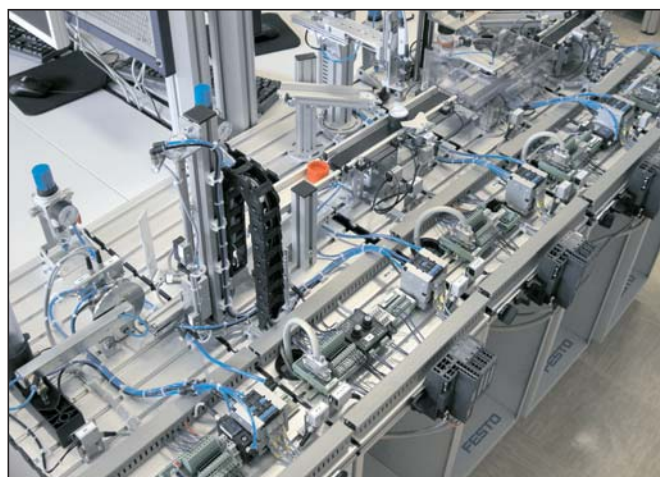
Vakuumska tehnika

Primerjava in analiza različnih virov vakuma in različnih prijemal omogočata celovito spoznavanje tega v avtomati-

zaciji vedno bolj aktualnega področja. Z vakuumsko črpalko Becker izvajamo tudi poskuse in raziskovalno delo na področju vakuumske tehnike.



Slika 4. Krmiljenje elektromotorjev



Slika 5. Strega in montaža – postaje MPS



Slika 6. Strega in montaža – postaja MAP

Krmiljenje strege in montaže

Izobraževanje na teh področjih izvajamo z didaktičnimi postajami MPS Festo in MAP SMC s podporo EUP-2 in EUP-3. Študenti spoznajo komponente postaj v prvem letniku, v drugem letniku pa se ukvarjajo

s sistemsko mehatroniko. Postaje predstavljajo pomanjšano avtomatizirano proizvodno in montažno linijo, kjer študenti spoznajo sistemski pristop k sestavi, programiranju, zagonu, nadzoru in vzdrževanju kompleksnih mehatronskih sistemov. V laboratoriju je tudi tridimenzionalni simulator celotnega sistema, ki omogoča naprednejše postopke načrtovanja takih sistemov, saj študenti lahko v timskem delu vzporedno obdelajo različne faze načrtovanja in analiziranja sistema. Postaja MAP omogoča tudi simulacijo napak in zastojev v procesu montaže.

Krmiljenje procesne tehnike

Na kompaktnih postajah za procesno tehniko Festo MPS PA izvajamo vaje iz krmiljenja nivoja tekočine z ultrazvočnim senzorjem, pretoka s senzorjem pretoka in proporcionalnim v-entilom, tlaka in temperature. Krmiljenja izvajamo preko PID-regulatorja, PLC-krmilnika ali CPX/FEC-ventilskega otoka s FED-zaslonom. Vaje omogočajo spoznavanje osnov krmilne in regulacijske tehnike in nadzora (HMI in

SCADA) kot tudi zahtevne simulacije procesov v industriji.

Robotika

Robotska obdelovalno-montažna celica ima šestosni industrijski robot. Na njem so pnevmatska in vakuumska oprema ter izmenjevalnik orodij. Celica je zasnovana zelo široko, saj izkorišča vse možnosti aplikacij robotske roke: montaža, obdelava, varjenje, Na njej se izmenjujejo vakuumska prijemala, rezkarji in brusilniki s pnevmatskimi motorji, dvo- in triprstna prijemala, laserska animacija varjenja ter tipalo položaja. V bližnji prihodnosti nameravamo v okviru razpisanih diplomskih nalog obstoje i sistem še dodatno nadgraditi z namestitvijo zunanje osi, kamere in 3D laserskega senzorja.

Vizija razvoja laboratorija

Na področju razvoja učnih plošč EUP je v kratkem pričakovati njihovo vključitev v postaje SCADA in strežnike OPC. Veliko dela je tudi na področju didaktike učnih plošč: priprava kvalitetnih standardiziranih podlag za vaje.

Zaradi velike količine opreme z različnih področij mehatronike in predvsem želje po kvalitetnem izobraževanju se bo laboratorij razširil na tri enote: Fluidna tehnika, Elektropogoni in Robotika s CNC-stroji.

*Tomaž Štular, univ. dipl. inž.
TŠC Kranj*



Slika 7. Postaja za procesno avtomatizacijo PA

Krmiljenje elektromotorjev

Izvajamo krmiljenje vseh vrst elektromotorjev: enosmernih, enofaznih, trifaznih, koračnih, servo in linearnih preko učnih plošč EUP-2 in EUP-3. Od teoretičnih vaj preidemo do praktičnih aplikativnih primerov za industrijo. Električne učne plošče omogočajo tako študij lastnosti motorjev, ki jih študenti spoznajo na predavanjih, kot tudi hiter priklop povsem konkretnih industrijskih aplikacij.



Slika 8. Robotska celica

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij LASIM,
Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo in
Združenje kovinske industrije na GZS

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



najavljajo posvet

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2009 – ASM '09

v sredo, 11. 11. 2009, od 9.00 do 17.00 ure

v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani v so-organizaciji MVZT in GZS že tradicionalno prireja letni posvet na temo **Avtomatizacija Strege in Montaže – ASM**. Posvet Avtomatizacija strege in montaže, ki je edini takšen posvet v Sloveniji, se je uveljavil kot mesto srečevanja, posvetovanja in aktivne izmenjave mnenj strokovnjakov s tega področja, predvsem pa tudi mesto, kjer lahko podjetja predstavijo svoje strokovne, raziskovalne in komercialne aktivnosti na področju širše avtomatizacije, še posebej pa strege in montaže. Vljudno vas vabimo, da se nam pridružite tudi na letošnjem posvetu ASM '09.

Več o prireditvi najdete na spletni strani http://www.fs.uni-lj.si/lasim/ASM09/Posvet_ASM09.htm.

Prijave sprejemamo na elektronski naslov: asm.lasim@fs.uni-lj.si ali miha.debevec@fs.uni-lj.si ter fax: (01) 47 71 434.

Program posveta

Pozdravni nagovori

Aktualne razmere v panogi, Janja Petkovšek,
Združenje kovinske industrije, GZS

Predstavitve generalnega sponzorja
Motoman Robotec d.o.o., Ribnica

ROBOTIKA V STREGI IN MONTAŽI

- ♦ Načrtovanje robotskega delovnega mesta z razvojnim okoljem API, Simon Brezovnik, Miran Brezočnik, Simon Klančnik, FS, UMB
- ♦ Robotski trk v industrijski aplikaciji, Borut Povše, Darko Koritnik, DAX d.o.o., Trbovlje
- ♦ ABB SafeMove - nov pristop k zagotavljanju varnosti robotskih celic, Tomaž Lasič, ABB d.o.o., Ljubljana
- ♦ Robotsko vodenje hidravličnega teleskopskega dvigala, Justin Činkelj, Peter Čepon, Roman Kamnik, Matjaž Mihelj, Marko Munih, FE, UL

POVEČANJE UČINKOVITOSTI STREŽNIH IN MONTAŽNIH SISTEMOV TER PROCESOV I.

- ♦ Vodenje robota z inteligentno kamero – avtomatizacija strojnega procesa, Gašper Zupančič, Tipteh d.o.o., Ljubljana
- ♦ WiseWELDING - sistem strojnega vida za adaptivno vodenje robota pri varjenju, Robert Modic, Wise Technologies d.o.o., Ljubljana

- ♦ Avtomatizirano merjenje okroglosti in premera zvarjenih vencev, Marko Šimic¹, Francelj Trdič², Jure Škvarč², Niko Herakovič¹,
¹ – FS, UL; ² – FDS Research d.o.o., Ljubljana-Črnuče
- ♦ Analizator pomika – programska podpora za izračun, izbiro pogonskih komponent, analizo in simulacijo, Danilo Petrič, Peter Skopec, Tehna d.o.o., Ljubljana

POVEČANJE UČINKOVITOSTI STREŽNIH IN MONTAŽNIH SISTEMOV TER PROCESOV II.

- ♦ Lean products - gradniki za izvedbo Vitke proizvodnje, Enej Saksida, OPL d.o.o., Trzin
- ♦ Povečanje zanesljivosti montažnega procesa, Peter Bregar¹, Niko Herakovič², Dragica Noe²,
¹ – Eti d.d., Izlake; ² – FS, UL
- ♦ Izboljšanje obvladovanja proizvodnje z uporabo sprotnih informacij o stanju v proizvodnji, Hubert Golle, Robotina d.o.o., Kozina

PODJETJA PREDSTAVLJAJO – PRIMERI IZ PRAKSE

- ♦ Robotska celica za nanos lepila in vstavljanje vogalnikov na gradbene plošče raster, Hubert Kosler, Aljoša Zupanc, Motoman Robotec d.o.o., Ribnica
- ♦ Uporaba robotizirane montaže v gradbeništvu - primer robotizirane montaže fasadnih sendvič panelov, razvite v Trimo Trebnje, Danijel Zupančič, Trimo d.d., Trebnje
- ♦ Industrializacija visoko produktivnih montažnih procesov, Boris Kavčič, Tomaž Bertonec, Niko d.d., Železniki

Magnetno pulzno varjenje – uporaben postopek za spajanje elementov v mehatroniki ali le za teoretične in laboratorijske raziskave?

Janez TUŠEK

Izvleček: V članku so prikazane nekatere osnovne značilnosti magnetnega pulznega varjenja. V prvem delu so podane osnove magnetizma in magnetnega polja. Shematsko je prikazan princip nastanka mehanske sile zaradi učinkovanja električnega in magnetnega polja. V splošnem je predstavljeno in opisano varjenje z magnetnim pulzom, ki ustvari mehansko silo, potrebno za spajanje dveh elementov v trdnem stanju. Opisani in shematsko sta prikazani dve različni napravi za varjenje po navedenem postopku. Prva naprava služi za varjenje ploščatih varjencev, druga pa za okrogle oziroma pretežno za spajanje elementov iz cevi. Podanih je nekaj praktičnih primerov uporabe varjenja z magnetnimi pulzi. Na koncu pa so navedeni osnovni zaključki iz celotnega članka. Postopek je primeren predvsem za spajanje različnih materialov med seboj, kot sta aluminij in jeklo ali pa baker in jeklo in za spajanje različnih predvsem tankih elementov z debelejšimi, kot so na primer tankostenske cevi na debelejšo cev, razni tanjši pokrovi ali čepi za zapiranje ohišij ter odprtin cevi ali spajanje bakrenih pletenic z bakrenimi čeveljčki in podobno.

Ključne besede: magnetno pulzno varjenje, varjenje v hladnem, električno polje, magnetno polje, vrtnični tokovi, prekrovnji spoj,

■ 1 Uvod

Vedno večja želja in potreba po uporabi čim lažjih in cenenih produktov praktično na vseh področjih človekovega udejstvovanja sili načrtovalce in proizvajalce opreme, strojev in naprav k iskanju novih materialov in novih izdelovalnih tehnologij. Kljub številnim napovedim v preteklosti o razvoju in uporabi novih umetnih materialov, ki bodo nadomestili kovinske, so se te prognoze uresničile le v manjši meri [1]. Kovinski materiali se še vedno zelo široko uporabljajo pri izdelavi

končnih produktov. Razlogov za to je več. V prvi vrsti gre za tradicijo in splošno prepričanje v javnosti, da so produkti iz kovinskih materialov še vedno najbolj kakovostni in najbolj zanesljivi v delovanju. Po drugi strani velja na tem področju močna tradicija v industriji, predvsem pri vseh izdelovalnih tehnologijah. In ne nazadnje gre tudi za tradicijo in zanesljivost pri spajanju kovinskih materialov v trdno zvezo. Prav tehnike spajanja so pri mnogih produktih široke uporabe odločilnega pomena pri tehnologiji izdelave, funkcionalnosti samega produkta in tudi pri celotnih stroških izdelave.

Z optimalno tehnologijo varjenja ali drugimi tehnikami spajanja materialov lahko v mnogih primerih znižamo

izdelovalne stroške in maso izdelka ter povišamo produktivnost izdelave. Prav to odlikuje tudi tehnologijo varjenja z magnetnimi pulzi. Celo več: magnetno pulzno varjenje ima za nekatere primere kar nekaj prednosti pred drugimi postopki spajanja.

Postopek magnetnega pulznega varjenja se še vedno intenzivno razvija, kar dokazujejo številni patenti in najrazličnejše raziskave po svetu. Številni posamezniki in organizacije so v mnogih državah in tudi mednarodno patentno zaščitili posamezne procese, opremo in pripomočke za magnetno pulzno varjenje [2–5].

Poleg varjenja lahko mehansko silo, ki jo dobimo z magnetnim in električnim poljem, uporabimo tudi za

Prof. dr. Janez Tušek, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

preoblikovanje pločevine, precizno rezanje, stiskanje prahu pri praškasti metalurgiji in podobno [6–10].

■ 2 Opis magnetnega pulznega varjenja

Magnetno pulzno varjenje je sicer poznano že precej desetletij. Njegova praktična uporaba pa pridobiva na pomenu šele v zadnjem obdobju. Prve raziskave postopka in procesov, povezanih z magnetnim pulznim varjenjem, segajo v sredino prejšnjega stoletja v Združene države Amerike in v takratno Sovjetsko zvezo [8–12]. Danes se postopek raziskuje v številnih ustanovah po svetu in uporablja v mnogih podjetjih v najrazličnejših praktičnih aplikacijah.

2.1 Osnove magnetnega polja

Nekatere snovi privlačijo elemente iz železa in njegovih zlitin. Tem materialom pravimo magneti. Okoli magnetov deluje magnetno polje. Ta pojav imenujemo magnetizem. Smer in jakost delovanja magnetnega polja sta odvisni od lastnosti magnetov, njegove usmerjenosti in od velikosti. Magnetno polje ponazorimo z magnetnimi silnicami. Poznamo trajne magnetne in elektromagnetne. Trajni magneti so lahko naravni ali pa umetni, kar pomeni, da moramo za trajni magnet feromagnetni material zavestno namagnetiti. Feromagnetne snovi so predvsem železo, kobalt in nikelj ter njihove zlitine. Poznamo pa tudi magnetne keramične materiale in magnetne materiale iz skupine redkih zemelj. Poleg feromagnetnih snovi so glede magnetizma poznani tudi paramagnetni in diamagnetni materiali, ki jih ni mogoče trajno namagnetiti.

Umetno magnetno polje lahko ustvarimo z električnim poljem. Vsak vodnik, skozi katerega teče električni tok, se obnaša kot magnet. Če magnetno iglo približamo električnemu vodniku, se odkloni od svoje normalne lege. Okrog vsakega električnega vodnika torej deluje magnetno polje. Njegova jakost pada s kvadratom oddaljenosti od vodnika. Smer delovanja magnetnega polja določimo s smerjo prevajanja električnega toka.

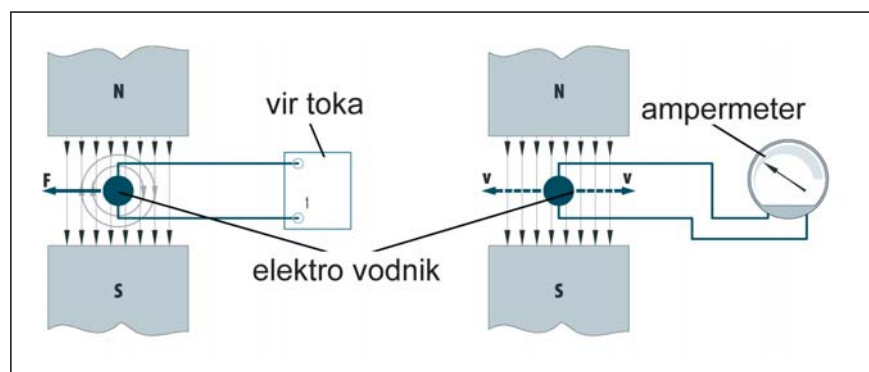
Magnetno polje okrog vodnika je vedno zaključeno v sebi. To velja tudi, če vodnik ni raven, ampak ovit v enega ali več ovojev v spiralo oziroma v tuljavo. Magnetno polje zvitega vodnika oziroma tuljave je tem močnejše, čim večji električni tok teče skozi vodnik in čim večje je število ovojev. Pri tuljavi z relativno velikim številom ovojev je magnetno polje v sredini enakomerno, pravimo, da je homogeno [13–15].

To dejstvo, da prevajanje električnega toka skozi vodnik povzroči okoli njegovega magnetno polje, v vsakdanjem življenju zelo pogosto izkoriščamo v številnih napravah, strojih, krmilnih enotah, regulacijskih sistemih in drugje. Zakonitost, da električno in magnetno polje ustvarita mehansko silo, pa pogosto izrabljamo tudi za prenos bremen, za premikanje raznih elementov in tudi za varjenje.

Mehansko silo, ki jo ustvarita električno in magnetno polje, imenujemo tokovna ali elektromagnetna sila.

To tokovno oziroma elektromagnetno silo lahko pojasnimo s preprosto skico, ki jo vidimo na *sliki 1* (levo). Na isti sliki (desno) pa je shematsko prikazan tudi obraten pojav, ko z gibanjem električno prevodnega vodnika v magnetnem polju v vodniku ustvarimo električno polje, okoli katerega prav tako deluje magnetno polje.

2.2 Prikaz opreme in opis principa magnetnega pulznega varjenja

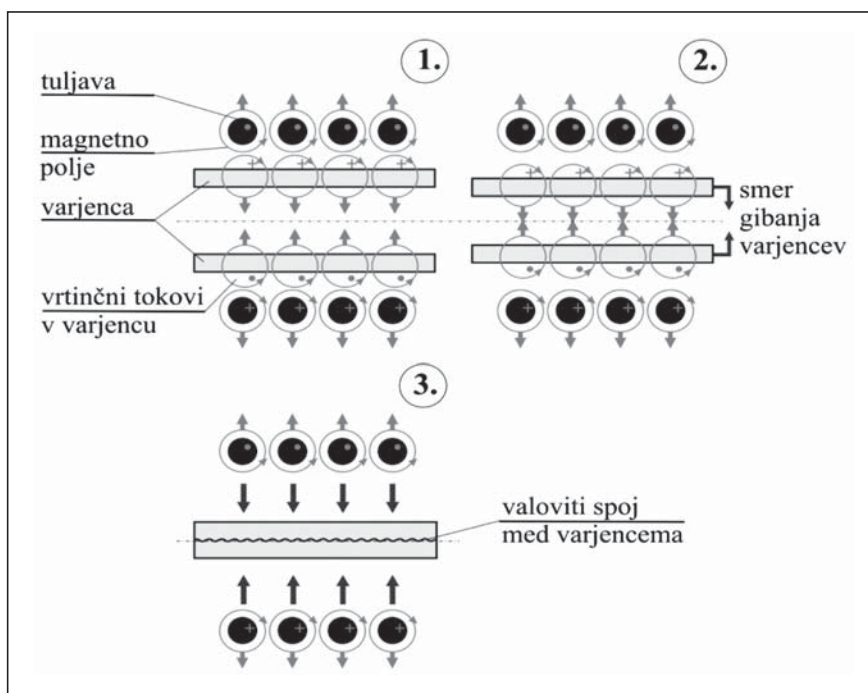


Slika 1. Osnovni shematski prikaz nastanka tokovne (mehanske) sile z učinkovanjem električnega in magnetnega polja (levo) in prikaz nastanka električnega toka z magnetnim poljem in z mehansko energijo (desno). F – smer delovanja mehanske sile, v – smer gibanja vodnika.

Magnetno pulzno varjenje spada v skupino varjenja z mehansko silo brez taljenja. Spoj nastane zaradi velike specifične sile enega varjenca proti drugemu. Princip nastajanja spoja je skoraj enak principom pri eksplozijskem varjenju in delno pri varjenju z ultrazvokom. V vseh treh primerih nastane spoj v trdnem stanju. Predvsem pri eksplozijskem varjenju in magnetnem pulznem varjenju pride v točki spajanja do ogromnih lokalnih tlakov, do lokalnega trenja in popolne porušitve materialov v omejenem območju [16, 17].

2.2.1 Oprema za varjenje z magnetnimi pulzi

Za varjenje z magnetnim pulzom moramo uporabiti namensko opremo. Poseben vir toka, ki zagotovi močan utripni tok, steče skozi tuljavo in povzroči visoko gostoto magnetnega pulza. Magnetno polje v varjenjih povzroči vrtilne tokove, ki ovirajo prodiranje magnetnega polja skozi varjenca. Kot rezultat magnetnega in električnega polja nastane elektrodinamična sila. Ta premakne en varjenec od tuljave proti drugemu varjencu z visokim pospeškom in z visoko hitrostjo. Shematsko je naprava za varjenje ploščatih varjencev prikazana na sliki 2, za varjenje okroglih varjencev pa na sliki 3. Pomembno je, da varjenca ležita drug proti drugemu nekoliko pod kotom, kar pomeni, da se varjenje začne v eni točki in se nato nadaljuje linearno [18, 19]. Nagib enega varjenca proti drugemu naj bi bil skoraj enak kot pri eksplozijskem varjenju. Tudi



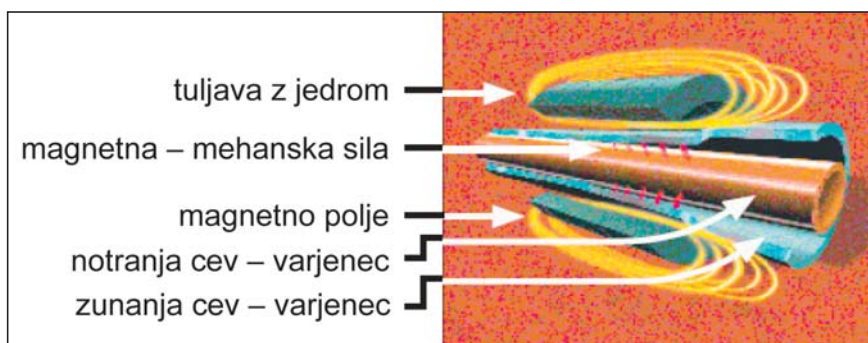
Slika 2. Shematski prikaz naprave za magnetno pulzno varjenje ploščatih varjencev; 1 – situacija pred varjenjem, 2 – situacija med varjenjem, 3 – zvarjena varjenca po varjenju [18]

sami procesi ob začetku varjenja in pri nastajanju vara so v veliki meri podobni eksplozijskemu varjenju.

Osnovni princip delovanja naprave za varjenje z magnetno silo je mogoče pojasniti s *sliko 2* in *sliko 3*. Na *sliki 2.1* vidimo začetno stanje pred varjenjem. V tem trenutku spustimo skozi navitje visokojakostni utripni tok, ki ga zagotovi kondenzatorski vir. Okoli tuljave deluje magnetno polje, ki v varjencih ustvari vrtilne tokove in ti ponovno svoje lastno magnetno polje. Obe magnetni polji pa povzročita mehansko silo. Na *sliki 2.2* je prikazan premik obeh varjencev med varjenjem od tuljave proti drugemu varjencu. Na *sliki 2.3* vidimo izdelan zvarni spoj, ki je na-

stal v trdnem stanju. Linija spoja je valovita, kar je razvidno tudi s *slike*. Podobno napravo za magnetno pulzno varjenje cevastih varjencev vidimo shematsko prikazano na *sliki 3*. Razlika je samo v obliki tuljave in v obliki njenega jedra. Princip varjenja in vrsta uporabljene energije pa sta popolnoma enaka. Običajno na ta način spajamo dve tankostenski cevi s prekrvnim ali celo skladovnim spojem. Postopek je najbolj primeren za zvarjanje cevi iz različnih materialov, ki se s taljenjem slabo varijo.

Iz prikazanega sledi ugotovitev, da morajo biti tuljave za ustvarjanje magnetne mehanske sile, ki jo potrebujemo za varjenje, prilagojene obliki varjencev, ki jih spajamo.



Slika 3. Shematski prikaz naprave za magnetno pulzno varjenje cevi in drugih okroglih profilov [18]

2.2.2 Osnovni principi procesov pri varjenju z magnetno pulzno silo

Procesi, ki potekajo med varjenjem z magnetno pulzno silo, so izjemno zapleteni in še dokaj neraziskani. To je tipičen fizikalni problem, ker energija in material učinkujeta izjemno intenzivno. Med varjenjem uporabljamo energijo v različnih oblikah. Kot osnovo vir uporabljamo električni tok, ta ustvari magnetno polje in ta mehansko silo, ki učinkuje na material. Pogosto pa v procesu pri obravnavanem postopku spajanja nastopata dva materiala z zelo različnimi fizikalnimi in metalurškimi lastnostmi. Prav te lastnosti dveh različnih materialov pogosto zapletejo izbiro optimalnih parametrov varjenja.

Nekatere procese pa lahko popišemo z znanimi matematičnimi zapisi.

Vrtilne tokove I v A, v varjencu in tlak p v N/mm² lahko popišemo z enačbama (1) in (2)

$$\nabla \times I = -\kappa \cdot \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right) \quad (1)$$

kjer je κ električna prevodnost v $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$, B je gostota magnetnega polja v Vs/m² in t čas v s.

$$p = \frac{(B_0^2 - B_1^2)}{2\mu} = \left(\frac{B_0^2}{2\mu} \right) \cdot (1 - e^{(-2\kappa/\delta)}) \quad (2)$$

kjer je B_0 v Vs/m² gostota magnetnega fluksa v prvem varjencu in B_1 v Vs/m² gostota magnetnega fluksa v drugem varjencu, μ je relativna magnetna permeabilnost. To je snovna konstanta, ki opisuje vedenje snovi v magnetnem polju.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\kappa\mu}}, \text{ kjer sta } \kappa \text{ in } \mu \text{ že poznana in je } \omega \text{ kotna frekvenca spreminjanja magnetnega polja v s}^{-1}.$$

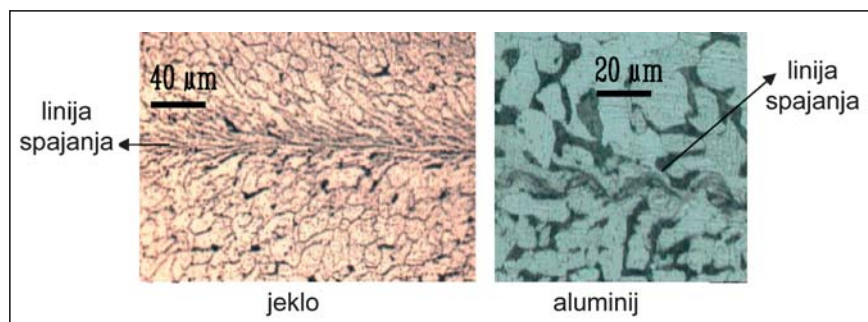
Toplotno energijo, ki se ustvari zaradi pretoka vrtilnih tokov, popišemo z enačbo (3)

$$Q = \frac{I^2}{\kappa} \quad (3)$$

Iz enačbe 1 lahko sklepamo, da je jakost vrtničnih tokov odvisna od prevodnosti varjenca in od gostote magnetnega pretoka. Čim večja je prevodnost varjenca in čim višje gostoto magnetnega pretoka uporabimo, tem večji vrtnični tokovi nastopijo. Podobna ugotovitev sledi iz enačbe 2. Magnetna sila oziroma tlak se povečuje z jakostjo magnetnega pretoka in z zmanjševanjem permeabilnosti. Ogrevanje varjenca z joulsko toploto se povečuje z večanjem jakosti električnega toka in z zmanjševanjem električne prevodnosti, kar je popisano z enačbo (3) [19].

Mikrostruktura materiala se v točki spajanja popolnoma poruši. V okolici spoja se zgostijo in zagostijo številne dislokacije z različno usmerjenostjo in različno lego. Lokalni tlak v točki spajanja na začetku varjenja povzroči celo izbrizg dela materiala iz spodnjega varjenca. Na ta način začne nastajati valoviti spoj. Takoj po izbrizgu, v začetku varjenja, zgornji material prehití ta izbrizg in ga pokrije. To je prva perioda spoja. Nekaj materiala pa se iz spoja lahko tudi izbrizga, kar je po varjenju mogoče opaziti na spoju. Z izbrizgom pa lahko iz površine obeh varjencev odstranimo nečistoče. Z nadaljevanjem se opisani proces periodično nadaljuje.

Najpogosteje varimo skladove ali prekrivne zvarne spoje. Varjenci so lahko v obliki pločevine, cevi ipd. Običajno varimo skupaj dva varjenca. Eden je lahko fiksni, drugi pa gibljiv, običajno pa sta gibljiva oba. Osnova



Slika 4. Prikaz makroobrusov zvarnih spojev iz jekla (levo) in aluminija (desno), izdelanih z magnetnim pulznim varjenjem [18]

je, da varjenca stisnemo skupaj z zelo visoko hitrostjo, ta znaša tudi do 10^3 m/s. Pomembno je, da sta varjenca drug proti drugemu nagnjena za kot γ , ki naj ima vrednost okoli 30° .

Za nastajanje spoja so zelo pomembne fizikalno-metalurške lastnosti materialov, ki jih varimo. Za uspešen nastanek spoja morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji: hitrost varjenja mora ustrezati lastnostim materialov in neenačbama 4 in 5 ter enačbi 6:

$$v \geq 1,14 \frac{\sin\gamma}{\gamma} \sqrt{\frac{H_v}{\rho}} = v_{\min} \frac{\sin\gamma}{\gamma} \quad (4)$$

$$v \geq 1,96 \cdot v_{\min} \cdot \sin \quad (5)$$

$$v = C \cdot \sin \quad (6)$$

kjer je γ kot med varjencema, ρ v g/cm^3 gostota materiala, ki ga varimo, in C v cm/s hitrost zvoka v vakuumu.

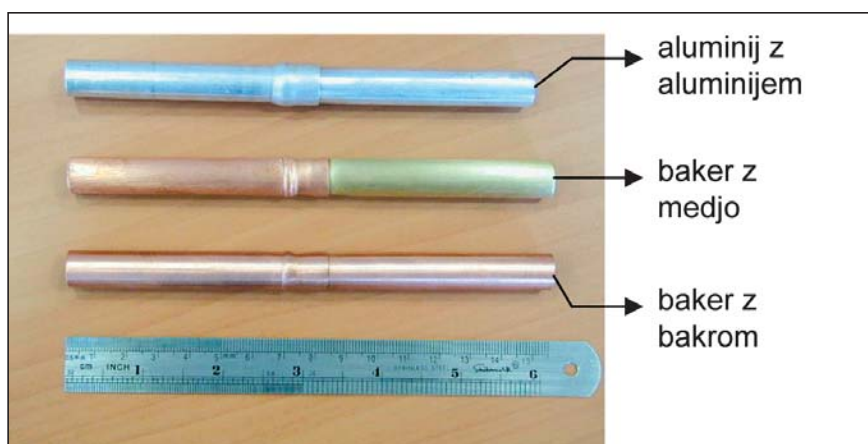
Iz zgornjih matematičnih zapisov sledi, da je potrebno za vsak mate-

rial izbrati pravi kot in ustrezno silo stiskanja. Pri varjenju barvnih kovin z nizko temperaturo tališča pride v točki spajanja do tališča materiala. To pomeni, da se tvorijo nove zlitine ali spojine ali pa le nove kristalne strukture. Na sliki 4 sta prikazani dve mikrostrukturi spojev, izdelanih z magnetnim pulznim varjenjem. Na levi je prikazan spoj iz dveh jeklenih varjencev in na desni iz dveh aluminijastih varjencev.

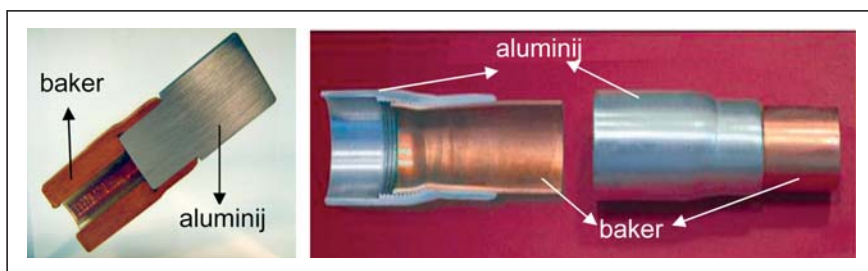
Pri natančni analizi makroobrusa spoja (slika 4) opazimo, da linija spajanja ni popolnoma ravna, ampak poteka valovito z neko periodiko. Parametri valov na liniji spajanja so odvisni od velikosti zrn materiala, ki ga varimo, in od varilnih parametrov. Pri varjenju aluminija znaša perioda nihanja valov spoja okoli $20 \mu\text{m}$ in amplituda okoli $10 \mu\text{m}$. Pri varjenju jekel pa je amplituda linije spoja mnogo nižja in perioda mnogo večja. V obeh primerih vidimo deformacijo zrn okoli linije spajanja. Pri podrobni analizi tega območja bi dejansko lahko ugotovili procese in zakonitosti, kot smo jih napisali zgoraj. Prizadeto območje okoli linije spajanja je široko okoli $20 \mu\text{m}$ in je odvisno od vrste materiala, velikosti kota med varjencema, zlasti pa od velikosti sile stiskanja. Na njeno velikost pa vplivata velikost tuljave in jakost električnega toka, ki se pretaka skozi tuljavo, kar smo zgoraj že zapisali in popisali tudi z enačbami.

■ 3 Možnosti uporabe magnetnega pulznega varjenja

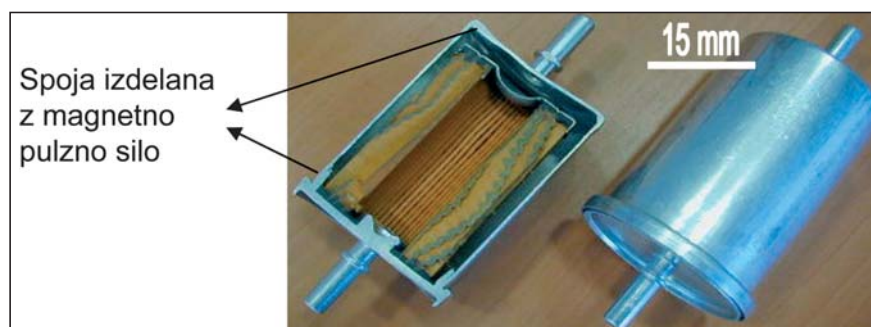
Raziskave varjenja z magnetnimi pulzi potekajo na številnih inštitutih, univerzah in drugih inštitucijah po svetu [1–18]. Uporaba tega postopka



Slika 5. Prekrivno spojene cevi iz enakih in različnih materialov, varjene z magnetno pulzno silo [25]



Slika 6. Prikaz spojev med aluminijem in bakrom [20 (levo), 23 (desno)]



Slika 7. Primer uporabe magnetnega pulznega varjenja za izdelavo ohišij filtrov za gorivo za motorje z notranjim zgorevanjem [22]

se je v zadnjem obdobju razširila na številne aplikacije. Najpogosteje se uporablja za spajanje mehatričnih elementov, za zapiranje raznih manjših ohišij, za zvarjanje različnih cevi med seboj, za ohišja raznih senzorjev, za zvarjanje avtomobilskih vrat iz različnih materialov in drugje. Na sliki 5 so prikazane med seboj zvarjene cevi s prekrovnim spojem in iz različnih materialov. To so najpogosteje polizdelki, ki jih nato uporabimo za predelavo v druge produkte.

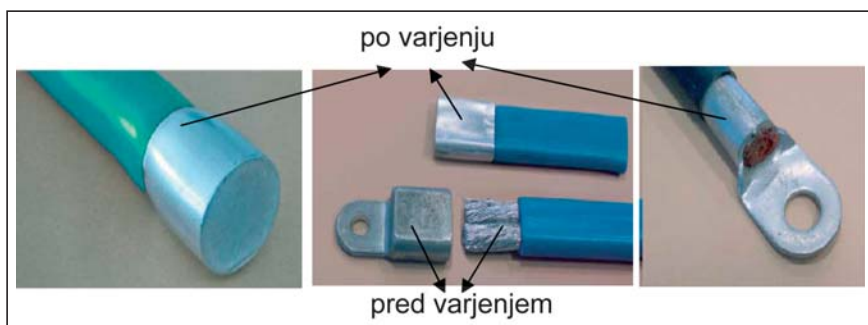
Na sliki 6 pa so spoji, izdelani iz bakra in aluminija.

Ti dve kovini imata zelo različne kemično-metalurške lastnosti. Razlikujeta se v kristalni strukturi, velikosti in obliki kristalne rešetke, v temperaturi tališča, toplotnem raztezkju in še v številnih drugih lastnostih. Vse te

razlike otežujejo spajanje aluminija in bakra s taljenjem po klasičnih postopkih varjenja. Z novjšimi postopki varjenja s taljenjem, kot je elektronski snop, pa prej omenjena materiala lahko zvarimo.

Na sliki 7 vidimo konkreten izdelek, spojen z magnetnim pulznim varjenjem. Prikazan je zunanji videz filtra za tekoče gorivo za motorje z notranjim zgorevanjem in delen presek ohišja takšnega filtra. Ohišje filtra je kratka tankostenska cev, v kateri je filter. Ta cev je z obeh koncev zaprta s pokrovom. Varjenje med ohišjem in obema pokrovoma je bilo izvedeno v hladnem, z magnetno pulzno silo. Spoj je izdelan brez deformacij in skoraj brez zaostalnih napetosti.

Naj bo: Spoja, izdelana z magnetno pulzno silo.



Slika 8. Primeri spojev med bakreno pletenico in bakrenim čveljčkom, izdelanih z magnetnim pulznim varjenjem [20]

Na sliki 8 vidimo nekaj primerov električnih kablov, ki so privarjeni na bakreni čveljček za prenos električnega toka. Tudi v tem primeru je bilo za spajanje uporabljeno magnetno pulzno varjenje.

Poleg navedenih in slikovno prikazanih bi lahko navedli še kar nekaj primerov. Naj na tem mestu omenim le še možnost spajanja z obravnavanim postopkom, na primer vrat za avtomobile, izdelanih iz jekla in aluminija. Magnetno pulzno silo lahko uporabimo za spajanje in preoblikovanje pločevine pri izdelavi vrat. Z uporabo te tehnologije lahko prihranimo tudi do 35 % pri masi enih vrat za srednje velik osebni avto [24].

4 Zaključne ugotovitve

Na koncu članka lahko zapišemo nekaj bistvenih ugotovitev. Postopek je primeren za medsebojno zvarjanje različnih zelo slabo varivih materialov. Zvarjamo lahko različno debele materiale v hladnem, brez taljenja. Postopek ima kar nekaj zelo ugodnih lastnosti.

Slaba lastnost postopka je, da je zanj potrebna zelo draga oprema in da mora biti v večini primerov oblika tuljave prilagojena obliki varjenecv.

V članku so prikazane nekatere uporabne aplikacije tega postopka v praksi, toda kljub temu lahko zapišemo, da marsikateri raziskovalec na varilskem področju ta postopek zavrača kot neuporaben in premalo zanesljiv [26]. Kot razlog navajajo drago opremo, prilagoditev oblike tuljav obliki varjenecv, potrebno visoko magnetno poljsko jakost, ki vpliva na okolico, relativno nizko produktivnost postopka.

Literatura

- [1] J. Triglav: Revolucija materialov, Življenje in tehnika, vol. 45 (1994), september, p. 24–34; prevod: National Geographic.
- [2] <http://www.freepatentsonline.com/7364062.html>; Magnetic pulse welding of steel propshafts, United States Patent

- 7364062, 2008.
- [3] <http://www.patentstorm.us/patents/6779550/claims.htm>; Magnetic pulse welder pressure canister – US Patent 6779550, 2004.
- [4] <http://brevets-patents.ic.gc.ca/op-ic-ipo/cpd/eng/patent/2421004/summary.html>; Apparatus for securing a yoke to a tube using magnetic pulse welding techniques, Canadian Patents Database, 2002.
- [5] <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=1987005245>; V. A. Chudakov, Device for centring cylindrical parts during magnetic pulse welding, PCT/SU1986/000021- European Patent Office, 1987.
- [6] <http://www.pstproducts.com/>.
- [7] F. M. Song, X. Zhang, Z. R. Wang and L. Z. Yu: A study of tube electromagnetic forming, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 151, 1-3, 2004, 372–375
- [8] I. V. Belyy, S. M. Fertik, L. T. Khimenko: *Electromagnetic Metal Forming Handbook. A Translation of The Russian Book: Spravochnik po Magnitno-impul'snoy Obrabotke Metallov*. Translated By M. M. Altynova, Material Science and Engineering Dept., Ohio State University, 1996.
- [9] E. S. Karakozov: *Magnitno-impulsnija svarka metallov*, Metallurgija, Moskva 1979.
- [10] <http://www.dana.com/technology/innovative/default.shtm#magpulse>.
- [11] H. P. Furth: Production and use of high transient magnetic fields. *Review Science Instruments*, vol. 27, 195–219, 1956.
- [12] A. Weber: Magnetic pulse Technology Attracts New Users, *Assembly* vol. 36 (2002) avgust.
- [13] H. Steingroever: *Magnetisieren, Entmagnetisieren und Kalibrieren von Permanent – Magnetisystemen. Magnet – Physik*, dr. Steingroever nGmbH, Köln, 1988.
- [14] H. Steingroever: *Magnetische Messungen mit dem Fluxmeter. Magnet – Physik*, dr. Steingroever nGmbH, Köln, 1988.
- [15] C. P. Kumar, A. Pramanik: Analytical Estimation of Magnetic Field and Arc Velocities in a Walkie Edgar Spark Gap Device. *IEEE, Transactions on Magnetic*, vol. 31, 1, 1995.
- [16] M. Koschling, M. Veehmayer, D. Raabe: Production of Steel-Light Metal Compounds with Explosive Metal Cladding; *Proceeding of the 3 International Conference »High Speed Forming« Dortmund, 2008*, p. 23–32.
- [17] http://books.google.com/books?id=GFXJi6vb6AcC&pg=PA607&lpg=PA607&dq=Principle+of+Explosion+Welding&source=bl&ots=5XXU6bAsz1&sig=QcvDC4wxAFLx4TVuAWLh5xb4WeQ&hl=en&ei=AYqnSpnnEMGOsAbHlazuCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false.
- [18] V. Shribman: Take advantage of the new magnetic pulse welding process. *Svetsaren*, vol. 56, (2001), 2–3, p. 14–16.
- [19] T. Aizawa, M. Kashani, K. Okagawa: Application of Magnetic Pulse Welding for Aluminium Alloys and SPCC Steel Sheet Joints, *Welding Journal*, vol. 86 (2007) May, p. 119s–124s.
- [20] http://www.bil-ibs.be/FR/Recherche/Recherche_2008_SOUDIMMA.htm.
- [21] V. Shribman: Magnetic Pulse Welding for Dissimilar and Similar Materials, *Proceedings of the 3 International Conference »High Speed Forming 2008«, Dortmund, 2008*, p. 13–22.
- [22] V. Shribman: *Solid State Welding by Magnetic Pulse*, Pulsar Ltd. Magnetic Puse Solutions, P. O. Box 421 Yavne 81103, Israel.
- [23] <http://www.morasco.com/products.html>.
- [24] http://weldingmag.com/ar/wdf_78452/.
- [25] www.indiamart.com/company/1059373/products.html.
- [26] R. Maeriches: *The Liburdi Group of Companies Canada: Ustne konsultacije na sejmu »Schweißen und Schneiden«, Essen, 2009*.

Magnetic pulse welding; useful technique for joining of elements in mechatronics or just for theoretical and laboratorial research?

Abstract: Article surveys some basic characteristics of magnetic pulse welding. The first part presents the basics of magnetism and magnetic field. The principle of mechanical force is schematically shown as a result of the electrical and magnetic field. The magnetic pulse welding is presented in general, with the creation of mechanical force, which is needed for joining of two elements in hard state. Two apparatus for magnetic pulse welding are schematically shown and described. The first is used for welding of sheet parts and the second for joining of round parts i.e. mainly joining of pipes. A few practical examples of welding with the magnetic pulse are presented. At the end of the paper main conclusions are presented. This welding technique is especially suitable for joining of different materials together, like aluminium to steel or copper to steel and for joining of thin elements to thicker one, like for instance thin walled pipes to thicker pipe, different thinner covers or studs for closing of housing and pipe openings, or for joining of copper wicker with copper shoes and similar.

Keywords: magnetic pulse welding, welding in cold, electrical field, magnetic field, eddy currents, overlap joint,

Krožni cevni lok kot merilnik pretoka zraka

Patricija KOŠUTA ROBBA, Jože KUTIN, Ivan BAJSIĆ

Izvleček: V prispevku je predstavljena možnost uporabe kolenskega krožnega cevnega loka za merjenje pretoka zraka. Fizikalno teoretično izhodišče za popis delovanja kolenskega merilnika pretoka temelji na teoriji prostega vrtinca. Meritve so bile opravljene s tremi krožnimi cevnimi loki, ki so se geometrijsko razlikovali glede na radij ukrivljenosti loka in lego odjemov statičnega tlaka. Rezultati meritev z opredeljeno analizo merilne negotovosti kažejo na dobro ujemanje s teoretičnimi napovedmi.

Ključne besede: kolenski merilnik pretoka, krožni cevni lok, prosti vrtinec, merilna negotovost

1 Uvod

Kolenski merilnik pretoka oz. krožni cevni lok (v nadaljevanju KC-L) sodi med merilnike, ki kot izhodni signal v odvisnosti od pretoka tekočine ustvarjajo razliko statičnega tlaka. Primarni zaznavalni element je kro-

žni cevni lok, skozi katerega teče merjeni tok tekočine, na zunanjem in notranjem obodu pa so izvedeni odjemi statičnega tlaka. *Slika 1* prikazuje primer 90-stopinjskega krožnega cevnega loka s tlačnimi odjemi pod kotom $\theta_n = \theta_z = 45^\circ$ glede na vstopni prečni presek. Pomembno geometrijsko lastnost krožnega cevnega loka predstavljata še notranji premer cevi D in srednji radij ukrivljenosti kolena R oz. njuno razmerje R/D .

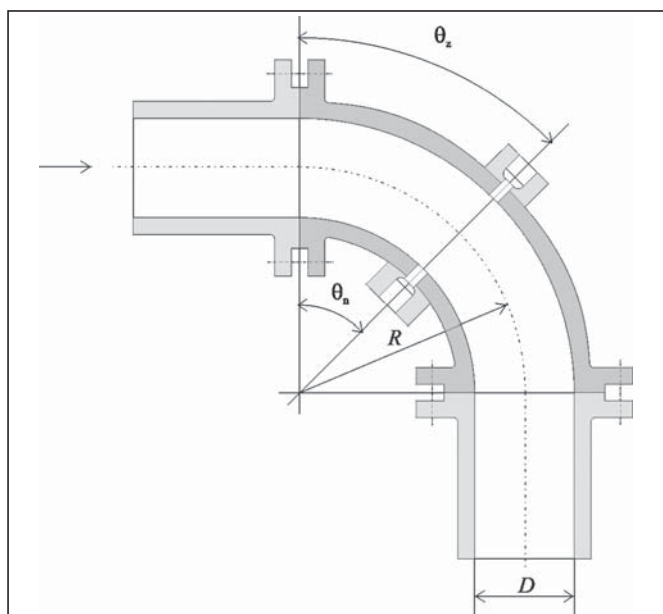
Sekundarni del merilnika predstavlja merilnik razlike statičnih tlakov na zunanjem in notranjem obodu pretočne cevi. Izhodna tlačna razlika je v primeru turbulentnega režima toka

kvadratno odvisna od pretoka skozi cevno koleno, poleg tega pa nanjo vplivajo tudi gostota tekočine in vstopne tokovne razmere. Glavni vzrok za pojav tlačne razlike je centrifugalna

sila, ki deluje na tok tekočine skozi cevni lok (glej poglavje 2).

KCL ima širok spekter uporabe, se zlahka montira in vzdržuje ter je uporaben za pretok tekočine v obeh smereh. Če je že vgrajen, ne povzroča dodatne motnje. Omejuje ga dolga natočna cev, ustvarja pa nizko tlačno razliko v primerjavi z ostalimi merilniki pretoka, ki delujejo na osnovi razlike statičnega tlaka.

Ideja o uporabi KCL kot merilnika pretoka ni nova, saj prvi objavljeni eksperimentalni rezultati segajo v začetek dvajsetega stoletja. Številni raziskovalci so eksperimentalno raziskovali vpliv različnih parametrov na pretočni koeficient, ki povezuje odvisnost med prostorninskim pretokom in razliko statičnega tlaka (glej npr. [1–3]). Lansford [1] je kot medij uporabljal vodo, preizkušena so bila 90-stopinjska KCL z odjemi tlaka pri 45° , Miller [2] pa je preizkušal z zrakom s koleni različnih prečnih prereзов, kotov ukrivljenosti in leg odjemov statičnega tlaka. Pretočni koeficient pa so izpeljali teoretično Lansford [1] (na podobnih izhodiščih temelji izpeljava v poglavju 2.1) in Bean [4], z numerično analizo razmer v merilniku pa so se ukvarjali Sanches et al. [5] in Rup in Malinowski [6].



Slika 1. Zgradba krožnega cevnega loka

Patricija Košuta Robba, univ. dipl. inž., dr. Jože Kutin, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Ivan Bajsić, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Namen tega prispevka je predstaviti lastne eksperimentalne rezultate pri različnih izvedbah krožnih cevnih lokov v toku zraka z opredeljeno analizo merilne negotovosti. V prispevku so obravnavani merilni rezultati za krožna cevna kolena dveh različnih razmerij R/D in dveh različnih leg tlačnih odjemov. Fizikalna izhodišča za popis toka tekočine skozi krožno cevno koleno in ustvarjanja merilnega učinka so podana v poglavju 2. Merilni sistem in testirani krožni cevni loki so opisani v poglavju 3. Poglavje 4 pa predstavlja merilne rezultate, njihovo primerjavo s teoretičnimi napovedmi in analizo merilne negotovosti.

■ 2 Fizikalna izhodišča

2.1 Teorija prostega vrtinca

Prosti oz. potencialni vrtinec opisuje ravninsko krožno gibanje idealne tekočine. Predpostavimo stacionaren, polno razvit tok nestisljive in neviskozne tekočine skozi ravninsko koleno, ki ga omejujeta dve koncentrični steni. Koleno je v horizontalni ravnini. Za takšen tok tekočine je značilno, da so prečne komponente hitrosti enake nič in je edina komponenta hitrosti v usmerjena v obodni smeri kolena.

Slika 2 prikazuje elementarni delec tekočine v predpostavljenih tokovnih razmerah. Na delec tekočine v radialni smeri delujeta površinska tlačna sila in volumska centrifugalna sila, kar lahko zapišemo kot ravnotežno enačbo:

$$dp = \rho \frac{v^2}{r} dr \quad (1)$$

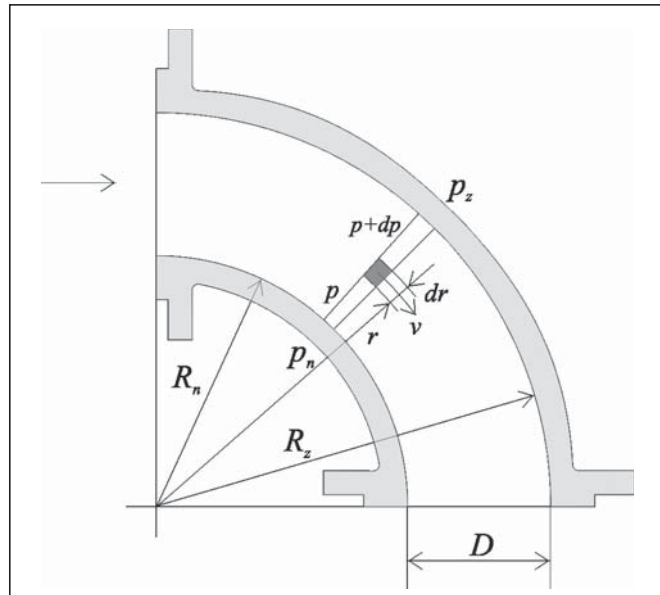
Za potencialni tok v danih tokovnih razmerah velja tudi:

$$\nabla \times \mathbf{v} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{v}{r} + \frac{dv}{dr} = 0 \quad (3)$$

kar opisuje hiperbolično porazdelitev hitrosti tekočine z radijem, ki je značilna za prosti vrtinec:

$$v(r) = \frac{K}{r} \quad (4)$$



Slika 2. Sile na elementarni delec tekočine

Namesto konstante K lahko porazdelitev hitrosti izrazimo s povprečno hitrostjo tekočine \bar{v} kot:

$$v(r) = \frac{D\bar{v}}{r \ln \frac{R_z}{R_n}} \quad (5)$$

Enačbo (5) uvrstimo v enačbo (1), integriramo med notranjim in zunanjam obodom ter tako določimo radialno tlačno razliko na kolenu:

$$\Delta p = p_z - p_n = C_p \frac{\rho \bar{v}^2}{2} \quad (6)$$

$$C_p = \frac{D^2}{\left(\ln \frac{R_z}{R_n}\right)^2} \left(\frac{1}{R_n^2} - \frac{1}{R_z^2} \right) \quad (7)$$

kjer je C_p tlačni koeficient. Merilno značilnico nadalje izrazimo kot povezavo med prostorninskim pretočkom q_v in tlačno razliko Δp :

$$q_v = A_D \bar{v} = A_D C \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (8)$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{C_p}} \quad (9)$$

kjer je A_D prečni presek pretočnega prereza in C pretočni koeficient. V primeru kolena, ki ima relativno velik radij ukrivljenosti, $R^2 \gg (D/2)^2$, se izraz za tlačni oz. pretočni koeficient poenostavi v:

$$C_p = \frac{2D}{R}$$

oz.

$$C = \sqrt{\frac{R}{2D}} \quad (10)$$

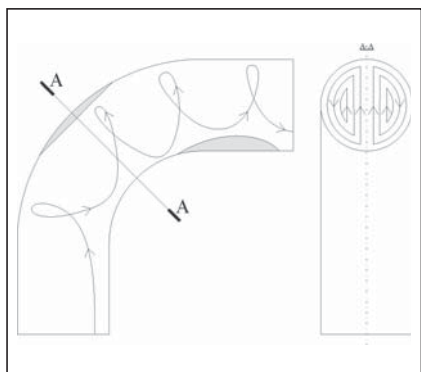
Pretočni koeficient v obliki iz enačbe (10) je uveljavljen v literaturi [1–4, 7].

2.2 Realne tokovne razmere v krožnem cevem loku

Realne tekočine so viskozne. Zaradi viskoznosti tekočin in delovanja centrifugalne sile se v KCL pojavijo separacija mejne plasti in sekundarni tokovi, zaradi česar toka tekočine ne moremo obravnavati ne kot ravninski in ne kot stacionarni. Tudi profil hitrosti se vzdolž KCL spreminja.

Hitrostno polje je na vstopu v krožni lok pri dovolj dolgi natočni cevi razvito s konstantnim statičnim tlakom po prerezu. Zaradi delovanja centrifugalne sile se tlak na zunanji steni povečuje in ob izravnavi zmanjšuje, na notranji pa zmanjšuje in ob izravnavi povečuje. Tej spremembi sledi hitrostno polje tako, da se območje višje hitrosti pomakne najprej k notranji steni in nato k zunanji [8].

Zaradi delovanja centrifugalne sile se pojavi pozitiven tlačni gradient najprej na zunanji steni krožnega loka in nato na notranji steni. Zaradi viskoznosti tekočine in pozitivnega tlačnega gradienta v obeh področjih prihaja do separacije mejne plasti. Za točko separacije sledi območje povratnega toka. V povratnem toku se oblikujejo večji nepravilni vrtinca, vanj pa se lahko vriva tudi odlepljena mejna plast, ki še poveča vrtinčenje in razširi območje motenj. V KCL je separacija na notranji steni bolj intenzivna zaradi vztrajnosti, ki vleče tekočinske delce navzven v prvotni smeri toka. Do separacije pride tako pri laminarni kot turbulentni mejni

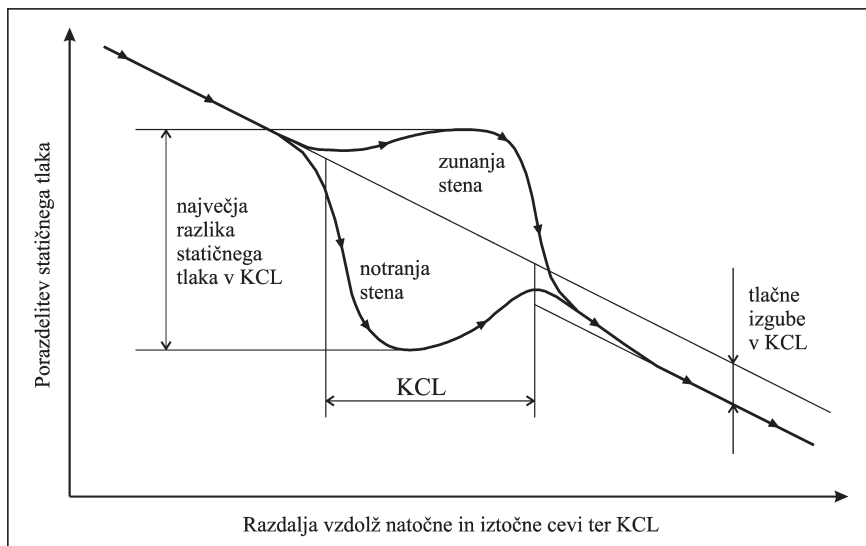


Slika 3. Vrtinčna dvojica v okroglem prerezu, naložena na glavni tok, in območja separacije toka

plasti, vendar je laminarna mejna plast bolj podvržena separaciji. Poleg tokovnega režima na obsežnost separacije vplivajo še velikost kota med vstopno in izstopno ravnino prečnega prereza KCL, radij ukrivljenosti in hrapavost stene [9]. Večji kot med vstopnim in izstopnim prečnim prerezom KCL ter večja hrapavost stene povečujeta območje separacije, večji relativni radij ukrivljenosti R/D pa ga zmanjšuje. Največji je vpliv relativnega radija ukrivljenosti. Separacija mejne plasti 90-stopinjskega krožnega loka se pojavi za vrednosti R/D , manjše ali enake 1,5 [10].

Sekundarni tokovi so posledica delovanja centrifugalne sile na mejno plast. V mejni plasti je zaradi nižje hitrosti tudi manjše naraščanje tlaka od notranjega k zunanemu radiju v primerjavi z naraščanjem tlaka vzdolž osrednjega območja. V osrednjem območju prereza se pojavijo sekundarni tokovi, ki so usmerjeni radialno navzven, v mejni plasti ob steni pa so usmerjeni proti centru ukrivljenosti in oblikujejo vrtinčno dvojico, prikazano na *sliki 3*. Vrtinčna dvojica naložena na glavni tok, vzporeden z osjo cevi, daje tokovnicam spiralno obliko, ki lahko vztraja še 50 do 75D za krožnim lokom [11].

Poznavanje porazdelitve statičnega tlaka na notranji in zunanji steni krožnega loka je najpomembnejše za uporabo KCL kot merilnika pretoka. *Slika 4* prikazuje tipično porazdelitev statičnega tlaka na notranji in zunanji steni vzdolž KCL z dolgo natočno in iztočno cevjo. S *slike 4* vidimo, da



Slika 4. Tipična porazdelitev statičnega tlaka na zunanji in notranji steni pretočne cevi

se najmanjši statični tlak na notranji steni pojavi že nekoliko pred sredino KCL, največji pa nekoliko za sredino KCL. Največjo razliko v statičnem tlaku lahko torej pričakujemo z ustrezno zamaknjenima odjemoma.

Vpliv krožnega loka na porazdelitev tlaka na stenah se pozna tudi v natočni in iztočni cevi. Krajšanje natočne cevi pokvari razviti tok na vstopu v KCL, zato se spremeni porazdelitev tlaka na stenah. Krajšanje dolžine iztočne cevi pod 1,5 D pa poveča pozitivni tlačni gradient predvsem na notranji steni [10].

Separacija mejne plasti s svojo nestalnostjo zmanjšuje ponovljivost merilnika, sekundarni tokovi pa spremenijo merjeno razliko statičnega tlaka. Z večanjem razmerja R/D se skušamo izogniti separaciji, a s tem kvarimo merilni učinek. Pri višjih Re -številih pričakujemo boljše ujemanje rezultatov meritev s teoretičnimi napovedmi, saj so tam učinki viskoznosti manjši.

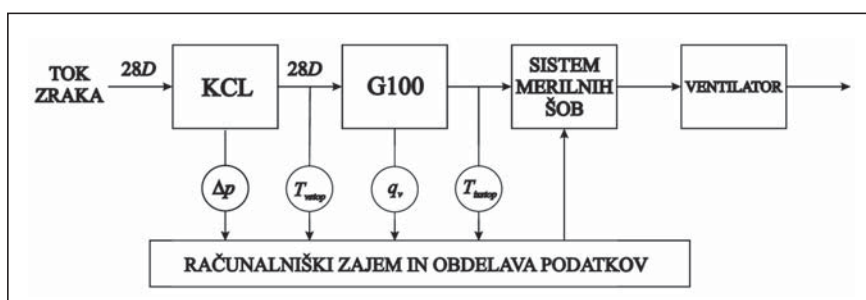
Raziskovalci KCL so skušali zajeti lastnosti realnih tekočin s korekcijo pretočnega koeficienta. Po Beanu [4] je za KCL 90° z odjemi pri 45° korekcija pretočnega koeficienta narejena s funkcijo Re -številca:

$$C_{kor} = \sqrt{\frac{R}{2D}} \cdot \left(1 - \frac{6,5}{Re^{1/2}}\right) \quad (11)$$

ki ima veljavnost v območju $10^4 \leq Re \leq 10^6$ za $R/D \geq 1,25$. Uporaba te enačbe omogoča 4-odstotno točnost neumerjenega merilnika [4].

3 Merilni sistem

Preizkuse smo izvedli na merilni progi s tokom zraka, ki je shematsko prikazana na *sliki 5*. Preizkušeni KCL je bil vedno nameščen v horizontalni legi na vstopni strani pretočnega sistema, med natočno in iztočno cevjo dolžine 28D. Uporabljene so bile standardne, hidravlično gladke cevi notranjega premera $D = 80$ mm. Preizkušali smo tri različne izvedbe KCL: z dvema različnima razmerjema



Slika 5. Shematski prikaz merilnega preizkuševališča

srednjega polmera kolena in premera cevi R/D ter dvema različnima kombinacijama kotov tlačnih odjemov na notranjem in zunanem loku q_n in q_z :

- $R/D = 1,5$ s tlačnima odjemoma pri $q_n = q_z = 45^\circ$, v nadaljevanju KCL 1,5
- $R/D = 1,25$ s tlačnima odjemoma pri $q_n = q_z = 45^\circ$, v nadaljevanju KCL 1,25
- $R/D = 1,25$ s tlačnima odjemoma pri $q_n \approx 20^\circ$ in $q_z \approx 70^\circ$, v nadaljevanju KCL 1,25 m.

Kot referenčni merilnik prostorninskega pretoka smo uporabili rotacijski plinomer G100 z merilnim območjem od $16 \text{ m}^3/\text{h}$ do $160 \text{ m}^3/\text{h}$ ter razširjeno merilno negotovostjo $0,30 \%$ merjene vrednosti [12]. Tlačna razlika na krožnem cevnom loku je ugotovljena s piezoupornim tlačnim zaznavalom z merilnim območjem od 0 do 2000 Pa in razširjeno merilno negotovostjo $1,8 \text{ Pa}$. Pri merjenju smo spremljali tudi temperaturo zraka in tlak okolice, ki sta bila uporabljena za oceno gostote zraka. Preizkusi so potekali pri barometriškem tlaku zraka $975 \pm 1 \text{ mbar}$ in temperaturi zraka $20,5 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Merilni sistem je bil računalniško podprt. Omogočal je računalniško nastavljanje vrednosti prostorninskega pretoka s pnevmatskim odpiranjem sistema merilnih šob in zajem merilnih signalov. Pri vsakem nastavljenem pretoku sta se v časovni periodi od 2 do 3 min. določali referenčna (»prava«) vrednost prostorninskega pretoka in tlačna razlika na KCL. Za vsako merilno točko je bila nato določena srednja povprečna vrednost pretoka in tlačne razlike ter ocenjen eksperimentalni standardni odmik ali raztros izmerkov.

Meritve smo izvedli za prostorninske pretoke od $160 \text{ m}^3/\text{h}$ navzdol, s korakom približno $10 \text{ m}^3/\text{h}$, dokler je bila tlačna razlika z danim merilnikom tlaka še uporabno merljiva (do približno 10 Pa). Pri prvem in drugem KCL smo serijo meritev ponovili trikrat, v tretjem primeru pa smo izvedli samo eno serijo meritev. Več serij meritev za isti KCL smo naredili z namenom, da bi ugotovili ponovljivost meritev.

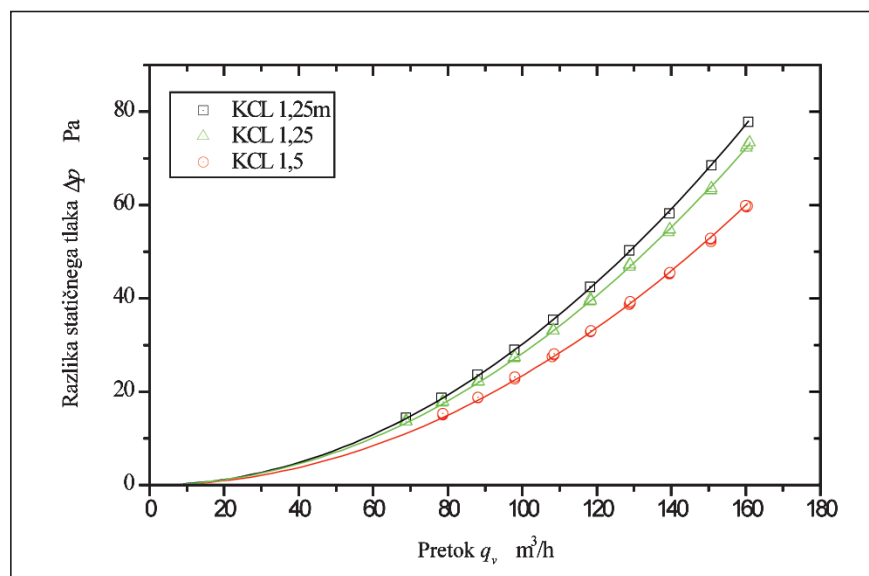
4 Rezultati meritev

Slika 6 prikazuje izmerjeno odvisnost tlačne razlike na krožnem cevnom loku glede na prostorninski pretok za vse tri obravnavane izvedbe. Največjo merilno občutljivost, to je največjo tlačno razliko pri istem pretoku, ima krožni cevni lok z razmerjem $R/D = 1,25$ in zamaknjenimi tlačnimi odjemi, najmanjšo merilno občutljivost pa krožni cevni lok z razmerjem $R/D = 1,5$. Večjo občutljivost pri KCL z manjšim razmerjem R/D napoveduje tudi že teorija prostega vrtinca. Iz poenostavljenega izraza (10) za pretočni koeficient vidimo, da se pretočni koeficient z večanjem razmerja R/D povečuje, večji pretočni koeficient pa pomeni manjšo tlačno

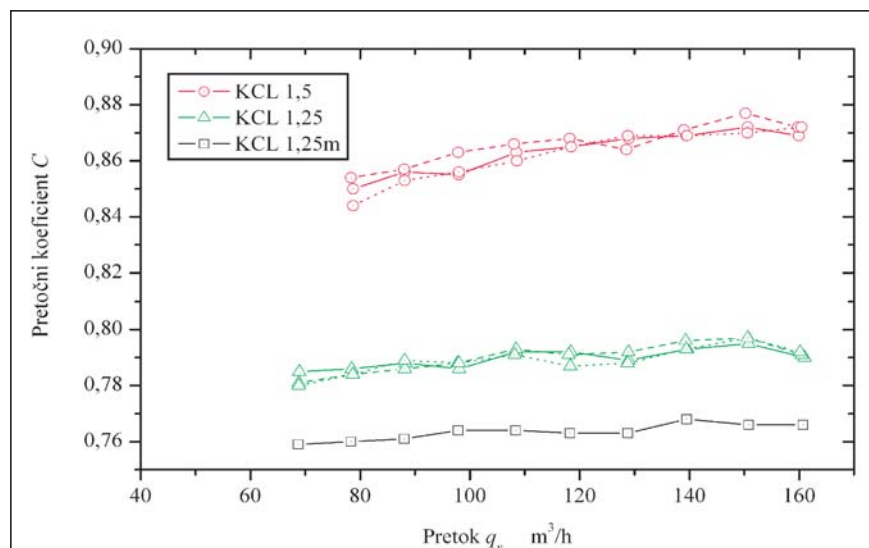
razliko pri istem pretoku, enačba (8). Na sliki 6 so izmerjene vrednosti, aproksimirane s kvadratno funkcijo. Vidimo, da izmerjene odvisnosti tlačne razlike približno sledijo kvadratni odvisnosti s prostorninskim pretokom. Za podrobnejši vpogled v to odvisnost za posamezno merilno točko izračunamo vrednost pretočnega koeficienta (enačba (8):

$$C = \frac{4}{\pi D^2} \frac{q_v}{\sqrt{2\Delta p / \rho}} \quad (12)$$

V izračunih pretočnega koeficienta je upoštevana srednja vrednost razlike statičnega tlaka in pretoka, prečni preseki pretočnega preseka KCL je izračunan iz nominalne vrednosti premera.



Slika 6. Odvisnost razlike statičnega tlaka od pretoka za različne geometrije KCL



Slika 7. Odvisnost pretočnega koeficienta od pretoka za različne geometrije KCL

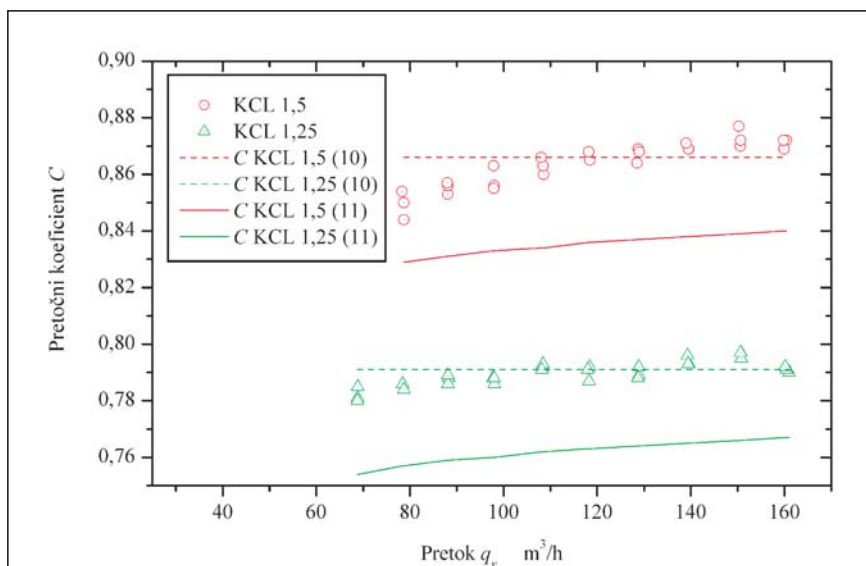
Slika 7 prikazuje odvisnost pretočnega koeficienta C od prostorninskega pretoka. Za KCL 1,5 in KCL 1,25 so prikazane vse tri serije meritev, ki kažejo dobro ponovljivost. Pri vseh treh izvedbah krožnih cevnikov se pretočni koeficient nekoliko povečuje s pretokom. Najmanjše spremembe C v določenem območju pretoka so pri KCL 1,25 m. Razlika med največjim in najmanjšim C glede na povprečni \bar{C} znaša 3,8 % pri KCL 1,5, pri KCL 1,25 m pa 1,2 %.

O naraščanju pretočnega koeficienta z Re -številom so poročali že Murdock et al. [3], zajeto pa je tudi v korigirani enačbi (11). Za primerjavo smo na sliki 8 skupaj z eksperimentalnimi rezultati prikazali tudi teoretično ocenjen nekorigiran (10) in korigiran pretočni koeficient (11). Enačba (11) velja za odjeme pri kotu 45° , zato so na sliki prikazani le izmerki za KCL z odjemi tlaka v sredini loka. Vidimo lahko, da se rezultati meritev dobro ujemajo z nekorigiranim koeficientom ter da ima korigirani pretočni koeficient podoben trend spreminjanja s pretokom kot naši izmerki, le da se korigirani koeficienti nahajajo nižje od izmerkov. Odstopanje med izmerjenimi in po enačbi (11) korigiranimi pretočnimi koeficienti je velikostnega reda 3,5 % oz. manjše od merilne negotovosti 4 %, ki jo zagotavlja enačba (11) [4]. Poznavanje merilne negotovosti naših izmerkov pa nam bo o tej razliki povedalo še več (glej poglavje 4.1).

V preglednici 1 so podane povprečne vrednosti pretočnih koeficientov, ki temeljijo na rezultati meritev. Za primerjavo so po enačbah (9) in (10) izračunani še približki pretočnih koeficientov po teoriji prostega vrtinca. Za njihov izračun so bile uporabljene

Preglednica 1. Relativni odstopki pretočnega koeficienta po teoriji prostega vrtinca za različne geometrije KCL

	\bar{C}	C po enačbi (9)	C po enačbi (10)	Relativno odstopanje za C po enačbi (9) v %	Relativno odstopanje za C po enačbi (10) v %
KCL 1,5 m	0,864	0,961	0,866	11,3	0,3
KCL 1,25 m	0,789	0,764	0,791	-3,2	0,2
KCL 1,25 m	0,763	0,764	0,791	0,1	3,6



Slika 8. Primerjava izmerjenih pretočnih koeficientov s teoretičnimi pretočnimi koeficienti

nominalne vrednosti premera D in radija ukrivljenosti R .

Iz preglednice 1 je razvidno, da so relativna odstopanja za C manjša pri manjšem razmerju R/D ter da poenostavljeni pretočni koeficient po enačbi (10) bolje pokriva eksperimentalne rezultate v primeru KCL z odjemi pri 45° . Pri vrednotenju relativnega odstopanja za C po enačbi (10) ne smemo pozabiti, da gre za primerjavo s povprečno vrednostjo izmerjenega pretočnega koeficienta, dejansko odstopanje je razvidno s slike 8. Zaradi manj intenzivne separacije pri večjem relativnem radiju ukrivljenosti bi pričakovali, da se z večanjem razmerja R/D relativno odstopanje teoretično ocenjenega pretočnega koeficienta zmanjšuje, saj so s tem odstopanja od idealnih razmer manjša. A separacija ni edini dejavnik, ki ga teorija prostega vrtinca ne upošteva. Enačba (9) je izpeljana za idealen dvodimenzionalni tok. Sekundarni tokovi, ki so

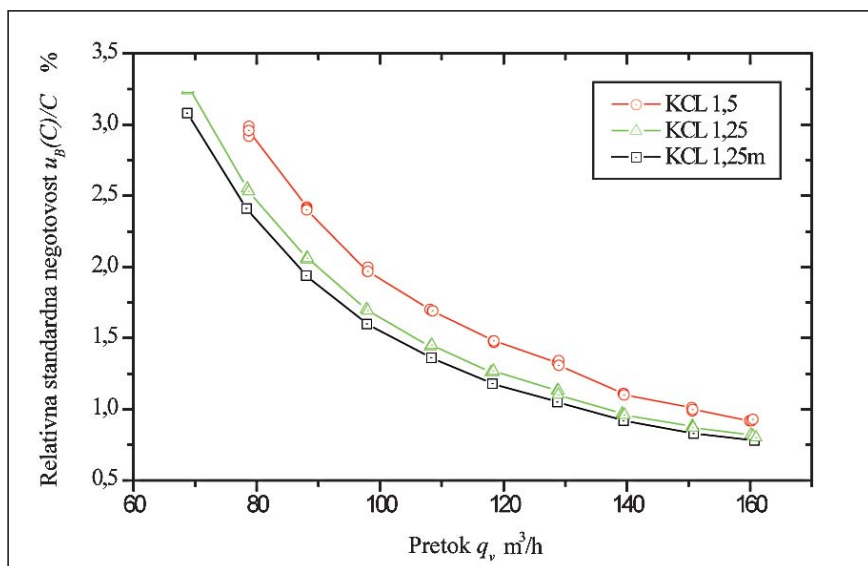
posledica viskoznosti tekočin, zato v enačbi (9), pa tudi (10) niso zajeti. Razen tega je enačba (9) izpeljana za hiperbolično porazdelitev hitrosti (4), kjer se hitrost z oddaljenostjo od središča krožnega loka zmanjšuje. Dejanski profil hitrosti se vzdolž KCL spreminja (glej poglavje 2.2), premik največje hitrosti k notranji steni nastopi le v začetnem delu KCL [8]. Zaradi vseh teh dejavnikov so relativna odstopanja približkov pretočnih koeficientov po teoriji prostega vrtinca razumljiva, bolj presenetljivo pa je dobro ujemanje nekorigiranega pretočnega koeficienta po enačbi (10).

4.1 Ocena merilne negotovosti

Za razumevanje območja veljavnosti vrednosti pretočnih koeficientov, ki so bili določeni iz rezultatov meritev, ocenimo njihovo merilno negotovost [13]. Relativno standardno merilno negotovost, ki zajema vpliv merjenih veličin, smo izračunali po enačbi:

$$\frac{u_B(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{u(q_v)}{q_v}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{u(\Delta p)}{\Delta p}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \frac{u(\rho)}{\rho}\right)^2} \quad (13)$$

Za standardne merilne negotovosti pretoka $u(q_v)$ in tlačne razlike $u(\Delta p)$ je upoštevana merilna točnost merilnikov in ocenjen raztros izmerkov.



Slika 9. PrIMERJAVA relativnih standardnih merilnih negotovosti vseh treh geometrij

Relativna standardna merilna negotovost gostote $u(r)$ je ocenjena na 1 %. Najmanjši je vpliv relativne merilne negotovosti pretoka, ki skoraj v vseh merjenih točkah znaša 0,15 %, relativni vpliv merilne negotovosti tlačne razlike pa se zmanjšuje s pretokom oz. naraščajočo tlačno razliko in znaša od 0,6 % do 3,2 %.

Slika 9 prikazuje odvisnost relativne standardne merilne negotovosti $u_B(C)/C$ od pretoka za vse tri KCL. Opazimo lahko, da je relativna standardna merilna negotovost $u_B(C)/C$ pri konstantnem pretoku največja pri KCL 1,5 in najmanjša pri KCL 1,25 m. Višja $u_B(C)/C$ pri KCL 1,5 je posledica nižjih izmerkov tlačne razlike pri istem pretoku, ki se odraža v večji relativni merilni negotovosti tlačne razlike. Iz istega vzroka je lega grafa relativne negotovosti $u_B(C)/C$ za KCL 1,25 m najnižja.

Zanimiva je tudi ugotovitev, kako se s pretokom spreminjajo deleži vplivov posameznih veličin na skupno negotovost pretočnega koeficienta. Delež posameznih vplivov je določen kot razmerje kvadratov vpliva posamezne veličine in celotne negotovosti. Na sliki 10 je prikazano to spreminjanje za KCL 1,25, podoben vzorec pa lahko zasledimo pri vseh treh KCL. Zmanjševanje deleža negotovosti merjenja tlačne razlike s pretokom rezultira v naraščanju deleža negotovosti gostote in pretoka. Glede na to,

da je delež negotovosti tlačne razlike največji, bi bilo za zmanjšanje merilne negotovosti predvsem pomembno, da bi uporabili dober merilnik razlike statičnega tlaka, zlasti če uporabljamo merilnik z višjim razmerjem R/D in merimo nižje vrednosti pretokov. Pri višjih pretokih je pomemben tudi delež negotovosti gostote, zato so pomembni tudi pogoji okolja, pri katerih merimo pretok.

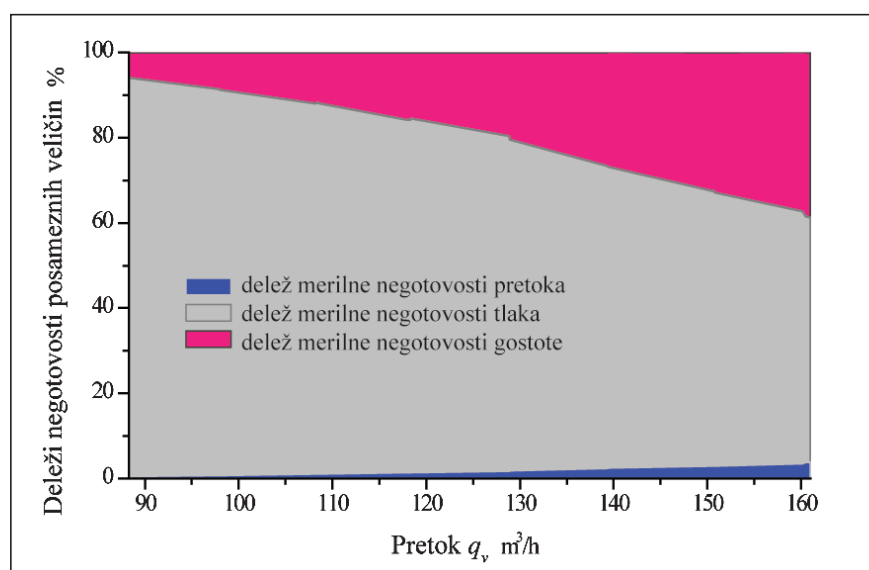
Ker smo se pri podajanju pretočnega koeficienta posameznega KCL v preglednici 1 odločili za povprečno vrednost, bomo zanjo ocenili tudi merilno negotovost. Relativna merilna negotovost povprečnega pre-

točnega koeficienta je sestavljena iz relativne standardne merilne negotovosti tipa A, ki zajema vpliv raztrosa pretočnega koeficienta, in povprečne vrednosti standardne merilne negotovosti $u_B(C)/C$, ki zajema vpliv merjenih veličin. Relativno merilno negotovost povprečnega pretočnega koeficienta izračunamo po enačbi:

$$\frac{u(\bar{C})}{\bar{C}} = \sqrt{\left(\frac{u_A(\bar{C})}{\bar{C}}\right)^2 + \left(\frac{u_B(\bar{C})}{\bar{C}}\right)^2} \quad (14)$$

Relativna standardna merilna negotovost pretočnega koeficienta tipa A pri nobenem KCL ne preseže 0,2 %, povprečna vrednost relativne standardne merilne negotovosti merjenih veličin pa ne 1,7 %. Vpliv merilne negotovosti tipa A lahko v primerjavi z relativno standardno merilno negotovostjo merjenih veličin zamenjamo, tako da lahko povprečnim pretočnim koeficientom \bar{C} iz preglednice 1 pripišemo standardno merilno negotovost 1,7 %. Z upoštevanjem faktorja pokritja ($k = 2$) znaša razširjena merilna negotovost 3,4 %.

Poznavanje merilne negotovosti omogoča boljše vrednotenje rezultatov. Tako lahko ocenimo, da je izkazani trend naraščanja C s pretokom na sliki 7 istega velikostnega reda kot ocenjena razširjena merilna negotovost, vendar lahko zaradi dobre ponovljivosti kljub temu sklepamo, da ta trend dejansko obstaja.



Slika 10. Spreminjanje deležev posameznih virov merilnih negotovosti s pretokom za KCL 1,25

Pri vrednotenju razlike med izmerjenim in z Re -številom korigiranim pretočnim koeficientom enačba (11), slika 8, moramo poleg ocene negotovosti merjenja upoštevati tudi negotovost določanja C po teoriji prostega vrtinca, ki je posledica odstopanja R in D od nominalnih vrednosti. Preverjanje njunih vrednosti je pokazalo oceno odstopanja vrednost R za ± 1 mm, D pa za $\pm 0,5$ mm, zaradi česar lahko pretočni koeficient odstopa (10) do $\pm 0,8$ %. Z upoštevanjem ocenjene negotovosti izmerkov in negotovosti dimenzij KCL je razlika med izmerki pretočnega koeficienta in vrednostmi iz enačbe (11) lahko tudi večja – 4 %.

Negotovost določanja pretočnega koeficienta C zaradi odstopanje R in D od nominalnih vrednosti se bolj kot v poenostavljeni enačbi (10) pozna v enačbi (9), kjer je ta vpliv do $\pm 2,1$ % (KCL 1,2). To je potrebno upoštevati tudi pri vrednotenju relativnih odstopanj v preglednici 1.

■ 5 Sklepi

V prispevku je predstavljena možnost uporabe KCL za merjenje pretoka zraka. Preizkuse smo izvedli z zrakom pri atmosferskih okoliških pogojih s tremi KCL, ki so se geometrijsko razlikovali glede na radij ukrivljenosti loka in lego odjemov statičnega tlaka. Rezultate meritev smo primerjali s teoretičnimi izhodišči, na katerih temelji teorija prostega vrtinca. Podali smo tudi oceno merilne negotovosti izmerkov.

Na podlagi dobljenih rezultatov ugotavljamo:

- Prostorninski pretok je po teoriji prostega vrtinca sorazmeren kvadratnemu korenu tlačne razlike. Pretočni koeficient je funkcija geometrije KCL in se povečuje z večanjem relativnega radija ukrivljenosti R/D .
- Eksperimentalno dobljeni izmerki potrjujejo korensko odvisnost pretoka od tlačne razlike ter povečevanje pretočnega koeficienta z večjim relativnim radijem ukrivljenosti R/D . Preizkusi KCL istega relativnega radija ukrivljenosti $R/D = 1,25$ z različno lego odje-

mov statičnega tlaka so pokazali večjo občutljivost merilnika z zamaknjenimi odjemi statičnega tlaka.

- Po teoriji prostega vrtinca izpeljani približek pretočnega koeficienta v enačbi (9) slabše popisuje izmerjene pretočne koeficiente kot njegova poenostavljena oblika iz enačbe (10).
- Večkratno ponavljanje serij meritev je pokazalo dobro ponovljivost izmerkov.
- Korekcija pretočnega koeficienta z Re -številom v enačbi (11) se od izmerjenih vrednosti pretočnega koeficienta razlikuje za manj kot 4 %. Izmerki pretočnega koeficienta kažejo isti trend kot korekcija pretočnega koeficienta z Re -številom. V prihodnje bi bilo zato primerno raziskati, kakšno je ujemanje teorije prostega vrtinca pri višjih Re , ko doseže pretočni koeficient konstantno vrednost.
- Analiza merilne negotovosti eksperimentalno dobljenih izmerkov je pokazala, da lahko razširjeno relativno merilno negotovost pretočnega koeficienta ocenimo na $\pm 3,4$ % za vse tri KCL. Pri uporabljeni merilni opremi povzroča glavni vir negotovosti negotovost merjenja tlačne razlike, ki se z večanjem prostorninskega pretoka manjša. Če želimo torej poboljšati merilno negotovost umerjanja KCL, moramo v prihodnje uporabiti še točnejši merilnik tlačne razlike.
- S preizkusi je bilo ugotovljeno območje uporabe izbranih KCL, vezano na najmanjšo merjeno razliko statičnih tlakov 10 Pa. KCL relativnega radija ukrivljenosti 1,5 s tlačnima odjemoma pri kotu 45° je uporaben za merjenje prostorninskih pretokov zraka, ki so večji od $80 \text{ m}^3/\text{h}$, kar ustreza $Re > 2,3 \times 10^4$, KCL relativnega radija ukrivljenosti 1,25 s tlačnima odjemoma pri kotu 45° pa lahko meri prostorninske pretoke večje od $70 \text{ m}^3/\text{h}$, kar ustreza $Re > 2 \times 10^4$. Spodnja meja uporabe KCL $R/D = 1,25$ s premaknjenima tlačnima odjemoma je enaka kot pri odjemih pri kotu 45° , saj se tlačna razlika zaradi

premaknjenih tlačnih odjemov bistveno ne poveča.

- KCL se lahko z upoštevanjem enačbe (11) uporablja kot umerjen merilnik za pretoke, ki ne zahtevajo večje točnosti. Primer takšne uporabe je npr. prevzemni preizkus prezračevalnih sistemov, kjer je dopustna relativna točnost merjenja pretoka 10 %. Z umerjanjem lahko njegovo točnost bistveno izboljšamo, zlasti če uporabimo ustrezen merilnik razlike statičnega tlaka.

Literatura

- [1] Lansford, W. M.: The use of an elbow in a pipe line for determining the rate of flow in the pipe, Bulletin No. 289, University of Illinois, Urbana, 1936.
- [2] Miller, D. S.: Performance of bend flowmeters, RR1204, BHRA Fluid Engineering, 1973.
- [3] Murdock, J. W., Foltz, C. J., Gregory, C.: Performance characteristics of elbow flowmeters, Trans. ASME, Ser. D, Vol. 86, 1964, str. 499–506.
- [4] Bean, H. S.: Fluid meters: Their theory and application, Sixth Edition, Report of ASME Research committee on Fluid Meters, American Society of Mechanical Engineers, 1971.
- [5] Sanches, F., Gomez, A., Toledo, M., Quinto, P., Zurita, V.: Experimental and numerical curved flow study for metrology purposes, Journal of Applied Research and Technology, Vol.1 (2), 2003, str. 114–126.
- [6] Rup, K., Malinowski, L.: Fluid flow identification on base of pressure difference measured on the secant of a pipe elbow, Forschung im Ingenieurwesen, Springer, Berlin/Heidelberg, Volume 70 (4), 2005.
- [7] Baker, R. C.: Flow measurement handbook: industrial designs, operating principles, performance, and applications, Cambridge University Press, 2000, str. 169–170.
- [8] Idelchik, I. E.: Fluid Dynamics of industrial equipment: Flow distribution design methods, Hemisphere Publishing Corpo-

ration, New York, Washington, Philadelphia, London, 1991, str. 25–29.

- [9] Idelchik, I. E.: Handbook of hydraulic resistance, Second Edition, Hemisphere Publishing Corporation, New York, Washington, Philadelphia, London, 1986, str. 265–272.

[10] Ward-Smith, A. J.: Internal fluid flow, Clarendon Press, Oxford, 1980, str. 249–285.

[11] Massey, B. S.: Mechanics of fluids, Sixth edition, Van Nostrand Reinhold, London, 1989, str. 214–215, 251–253, 319–323.

[12] Blagojević, B., Bajsić, I., Kibarovski, Z.: Ocena merilne

negotovosti preizkuševališča za umerjanje: a) mehovnih plinomerov od G10 do G100, b) rotacijskih in turbinskih plinomerov do velikosti G100, Razvojno–raziskovalna naloga št. P2000-1, LMPS, 2000.

[13] EA-4/02: Expression of the uncertainty of measurement in calibration, EA, 1999.

A Bend of Circular CROSS - Section Employed as the Air Flowmeter

Abstract: The present work investigates a possibility of using a bend of circular cross-section as the air flowmeter. The physical - theoretical relation for flow rate through the bend or elbow flowmeter is derived from the free vortex concept. In the experimental work three circular cross-section bands, which geometrically differ in bend centerline radius and pressure tapings, were tested. The measurement uncertainty of the results was evaluated. The comparison between experimental and theoretical results shows good agreement.

Keywords: Elbow flowmeter, Bend of circular cross-section, Free vortex, Measurement uncertainty



DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

DOMEL d.d. Otoki 21, 4228 Železniki, Slovenija
T: +386 (0)4 51 17 358; F: +386 (0)4 51 17 357;
E: info@domel.com; I: www.domel.com

SREDA, 18. 11. 2009

HIŠNI SEJEM

- › Predstavitev možnosti uporabe in načina delovanja Indra Drive pogonskega sistema
- › Praktični prikaz delovanja razstavnih celic

Rexroth
Bosch Group

Predavatelj: G. Hanisch, Rexroth Bosch Group

Prijave in informacije: 04 511 73 58; Brane Ozbek
04 511 73 56; Meta Pegam



Presoja izvedbe mešanja v nevtralizacijskem reaktorju z vodilno cevjo

Andrej BOMBAČ, Jože LENARČIČ

Izveček: V delu sta obravnavana snovanje in ekonomska presoja naprave za nevtralizacijo odpadne vode pri dveh izvedbah mešanja kapljevine v reaktorju z vodilno cevjo. Pri prvem načinu je za mešanje uporabljeno aksialno mešalo, medtem ko je pri drugem načinu mešanje izvedeno z vpihovanjem zraka v vodilno cev. Predstavljena sta postopek načrtovanja procesa in primerjava celotnih stroškov za predvideno življenjsko dobo naprave za obe izvedbi mešanja kapljevine. Nevtralizacijski reaktor z vpihovanjem zraka je že izveden in uspešno obratuje zadnjih nekaj let v sklopu nevtralizacije odpadne vode v živilskem proizvodnem obratu.

Ključne besede: mešanje, nevtralizacija, vodilna cev, stroški življenjskega cikla

■ 1 Uvod

Kvaliteta vode, ki jo človek uporablja in vrača v naravo, je izrednega pomena za življenje na Zemlji. Človeštvo si prizadeva razviti ekološko prijaznejše proizvodne tehnološke postopke, kljub temu pa se še vedno srečujemo s problematiko odpadnih voda. Priprava (tako pitne kot tehnološke) vode, njena uporaba in po uporabi ponovno čiščenje (odpadne) vode je proces nenehnega spreminjanja kvalitete vode, ki jo s svojo navzočnostjo povzroča človek. Če voda ni vrnjena v naravo takšne kvalitete, da jo narava sprejme brez škode, predstavlja zgornji proces motnjo v naravnem okolju. Tipični primeri takšnih kratkotrajnih motenj so pomori vodnega življenja v vodotokih, dolgotrajne motnje pa puščajo za seboj mrtve reke, jezera in onesnažena morja.

Doc. dr. Andrej Bombač, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Jože Lenarčič, dipl. inž., Hidrooprema, d. o. o., Vrhnika

V naravi potekajo procesi čiščenja odpadne vode, pri tem pa imajo vodotoki, jezera in morja, kakor zgornja plast Zemljine površine, omejeno samočistilno sposobnost. Zaradi te omejenosti samoočiščenja narave je nujno vse presežne količine odpadnih voda kot tudi tiste, ki jih narava ne zmore razstrupiti, očistiti s pomočjo različnih čistilnih naprav. Glede na izvor onesnaženja ločimo komunalne in industrijske odpadne vode. Medtem ko za čiščenje komunalnih odpadnih voda običajno zadošča kombinacija biološkega in mehanskega postopka čiščenja, je postopek čiščenja industrijskih odpadnih voda prirejen glede na vrsto in stopnjo onesnaženosti.

Postopki čiščenja v čistilnih napravah odpadnih voda potekajo na osnovi različnih lastnosti neželenih primesi v vodi, kot so npr. biološke, fizikalne, kemične, snovne in druge [1]. Biološke čistilne naprave temeljijo na biološki razgradljivosti primesi, doseženi s pomočjo posebej vzgojenih mikrokultur. Pri mehanskih postopkih čiščenja, kot so filtracija, mikrofiltra-

cija in ultrafiltracija, poteka ločevanje delcev na osnovi velikosti delcev. Čiščenje z dializo in reverzno osmozo poteka na osnovi difuzijskih lastnosti snovi, ionsko čiščenje pa na vezavi ionov nečistoč. Pri destilacijskem in sublimacijskem čiščenju se izkorišča fazni prehod, pri ekstrakcijskem čiščenju pa topnost nečistoč. Flotacija poteka na osnovi različnih površinskih lastnosti snovi, ki omogočajo, da se na delce nečistoč prilepijo drobni mehurčki zraka, ki se dvigajo proti površju. Sedimentacijsko čiščenje in čiščenje s centrifugiranjem temelji na različni gostoti, nevtralizacija pa na različni elektrolitski disociaciji nečistoč.

Nevtralizacijska naprava je ena najpogostejše uporabljenih naprav za razstrupljanje industrijske odpadne vode [2], pH -vrednost odpadne vode pa je poleg količine in temperature najpogostejše merjeni in zapisovani podatek o onesnaževalcu. Kemijska nevtralizacija odpadne vode poteka na daljše časovno obdobje tudi v naravi, medtem ko se v nevtralizacijski napravi izvaja nadzorovano ob dozi-

ranju reagentov in intenzivneje zaradi prisilnega mešanja kapljevine [12]. To je v nevtralizacijski napravi lahko povzročeno z mehanskim mešalom ali z vpihavanjem zraka [3, 4, 5]. Glede na količino in dinamiko nastajanja odpadne vode so nevtralizacijske naprave lahko šaržnega ali pretočnega tipa.

V tem delu je obravnavano delovanje nevtralizacijskega pretočnega vitkega reaktorja, ki je zaradi specifičnih zahtev (ozek in visok prostor) opremljen z vodilno cevjo. Glede na izvedbo mešanja kapljevine sta na voljo dve varianti: pri prvi je mešanje izvedeno z aksialnim mešalom v vodilni cevi, pri drugi pa je mešanje povzročeno z vpihovanjem zraka v vodilno cev. V nadaljevanju sta prikazana princip nevtralizacije odpadne vode in snovanje reaktorja za obe omenjeni izvedbi pomešanja kapljevine. Podan je tudi kriterij za določitev celotnih stroškov delovanja reaktorja za pričakovano življenjsko dobo, s katerim so bili ocenjeni stroški in končna presoja izbire reaktorja.

Obravnava nevtralizacijskega reaktorja kot tudi celotne nevtralizacijske linije za razstrupljanje industrijske odpadne vode se nanaša na specifičen konkretni primer. Nevtralizacijska linija, pri kateri je mešanje kapljevine izvedeno z vpihovanjem zraka v vodilno cev, namreč obratuje v živilski proizvodnji v sklopu dvostopenjske nevtralizacije odpadne vode. Kljub učinkovitosti, preprosti izvedbi in manjših stroških kot pri sistemu z mešalom ter daljšem obdobju nastajanja tega dela ni zaslediti podobne izvedbe nevtralizacijskega reaktorja ne v praksi ne v literaturi.

■ 2 Nevtralizacija

Vrednost pH je poleg osnovnih fizioloških lastnosti odpadne vode eden od osnovnih pokazateljev stanja onesnaženosti. Nevtralizacija je proces uravnoteženja H^+ in OH^- ionov v vodi oziroma pH -vrednosti. Pred reakcijo je razmerje H^+/OH^- različno od 1, po nevtralizaciji pa je 1 in ima vrednost $pH = 7$.

Mera za stopnjo kislosti vodnih raztopin je vrednost pH (potentia hydro-

genii) in je določena z negativnim logaritmom koncentracije vodikovih ionov H^+ [mol/l]

$$pH = -\log(H^+) \quad (1)$$

Glede na vrednost pH ločimo:

- kisle raztopine ($H^+ > 10^{-7}$ $pH < 7$),
- nevtralne raztopine ($H^+ = 10^{-7}$ $pH = 7$) in
- bazične raztopine ($H^+ < 10^{-7}$ $pH > 7$).

Z antilogaritmiranjem en. (2.1) lahko izrazimo število ionov H^+ :

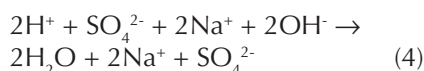
$$H^+ = 10^{-pH} \quad (2)$$

Podobno lahko stopnjo bazičnosti vodnih raztopin določimo z negativnim logaritmom koncentracije ionov OH^- , število ionov OH^- izrazimo iz:

$$OH^- = 10^{-(14+pH)} \quad (3)$$

Vsak presežek ionov H^+ , ki je večji od 10^{-7} eliminiramo z dodajanjem OH^- ionov, reakcija, ki poteka med H^+ ioni in OH^- , pa se imenuje nevtralizacija. Z nevtralizacijo se želimo približati točki, kjer je vrednost $pH = 7$ in je aktivnost ionov H^+ in OH^- enaka.

Najpogosteje se za nevtralizacijo kislosti odpadnih voda uporablja natrijev lug, za nevtralizacijo bazičnosti pa žveplovega kislina. Reakcijo zapišemo v obliki



pri tem pa dobimo sol reagentov in vodo.

Nevtralizacija se običajno izvaja v omejenem prostoru (bazen, posoda), opremljenem z mešalom, ki preprečuje nastajanje zastojnih con. S tem zagotovimo nevtralizacijo po celotnem volumnu kapljevine (odpadne vode), pri tem pa je velikost volumna nevtralizacijskega reaktorja odvisna od: (i) volumskega pretoka odpadne vode in (ii) časa poteka kemijske reakcije, na katero vpliva količina dodanih reagentov. Volumen kapljevine v nevtralizacijskem reaktorju izhaja iz masne bilance reagentov [2]:

$$\frac{\Delta r}{(r_1 - r_0)} = 1 - e^{-\frac{Q \cdot \Delta t}{V}} \quad (5)$$

Brezdimenzijska vrednost $\frac{\Delta r}{(r_1 - r_0)}$ popisuje razmerje največjega predpisane dovoljenega odklona (Δr) in magnitudo spremembe dotekajoče odpadne vode v reaktor ($r_1 - r_0$), kjer pomenita r_1 in r_0 trenutno in začetno vrednost. Pri tem je upoštevati, da je pretečeni čas Δt znotraj zahtevanega časa za potek spremembe razmerja $\Delta r / (r_1 - r_0)$, pri katerem doseže maksimum in se prične manjšati. Po viru [2] naj bo ta čas ocenjen kot vsota časov, ki ga tvorijo: (a) notranji čas zakasnitve reaktorja, (b) čas zakasnitve zaradi vztrajnosti merilne opreme, (c) čas zakasnitve zaradi vztrajnosti regulatorja, (d) čas transportiranja vzorca, (e) čas obdelave vzorca in (f) odzivni čas dozirnega ventila.

■ 3 Mešanje

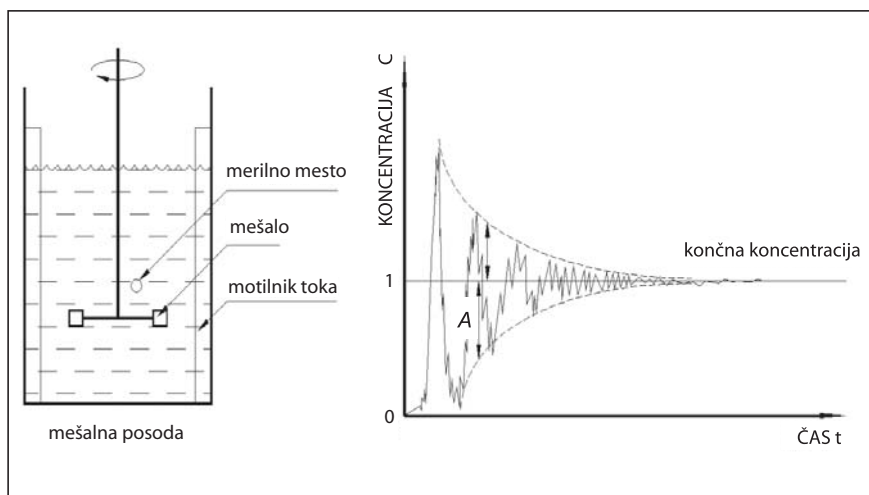
Mešalne naprave se najpogosteje uporabljajo pri različnih tehnoloških postopkih za pospeševanje prenosa snovi in toplote, ki bi sicer potekal počasneje ali pa bi brez mešanja celo zastal. Takšne tehnološke operacije so npr. dispergiranje plinov [11, 12, 13, 17], homogeniziranje emulzij in disperzij kakor tudi izvajanje kemičnih reakcij, kot so polimerizacija, nevtralizacija [2], itn.

3.1 Prisiljeno mešanje z mešalom

Pri nevtralizaciji moramo z mešanjem zagotoviti čim bolj homogeno porazdelitev dodanih kemikalij po volumnu odpadne vode. Kvaliteto mešanja, to je predpisano stopnjo pomešanja, pogojujeta intenzivnost oziroma moč pogona mešal (P) in čas pomešanja [7,8,9,12]. Pri tem je čas pomešanja (t) dosežen takrat, ko je vrednost amplitude koncentracije (A) manjša ali enaka predpisanemu odstopanju ($\pm 5\%$) končne vrednosti, kot je prikazano na sliki 1 in je izraženo z:

$$A = 2 \cdot e^{-Kt} \quad (6)$$

Glede na različne izvedbe mešal in reološke lastnosti snovi so časi po-



Slika 1. Čas pomešanja

mešanja odvisni predvsem od moči mešanja (P). Dovedena energija za izvajanje mešanja se v glavnem porablja za premagovanje mehanskih izgub v mešalu, za premagovanje tekočinskega trenja ter premagovanja vztrajnostnih sil v kapljevini [10, 13].

3.1.1 Moč mešala

Moč mešala in čas pomešanja za določen mešalni proces odločilno vplivata na učinkovitost mešalnega sklopa ter s tem na stroške tega procesa. Moč mešala je pri napravah s standardno geometrijsko konfiguracijo lahko izražena z odvisnostjo brezdimenzijskih števil [12]:

$$f(Re, Fr) = 0 \quad (7)$$

Z Newtonovim številom je izražena moč mešanja:

$$Ne = \frac{P}{n^3 \cdot d^5 \cdot \rho} \quad (8)$$

Froudovo število upošteva vpliv gravitacije na tokovno stanje:

$$Fr = \frac{n^2 \cdot d}{g} \quad (9)$$

Reynoldsovo število izraža vpliv viskoznih sil:

$$Re = \frac{n \cdot d^2}{\nu} \quad (10)$$

Pri $Re \geq 2 \times 10^4$ velja, da mešalo deluje v turbulentnem območju. Za mešalno posodo, ki je opremljena

z motilniki toka oziroma z vodilno cevjo, velja sledeč kriterij [5]:

$$\frac{n}{K} \left(\frac{d}{T} \right)^2 = 1,5 \cdot Ne \quad (11)$$

3.2 Mešanje z vpihovanjem zraka

Črpanje kapljevine z vpihovanjem zraka v vodilno cev temelji na vzgonu plinaste faze – mehurčkov, ki potujejo proti gladini kapljevine in s svojim vlekom ustvarijo gibanje kapljevine v cevi [3, 5, 13, 18]. Pri ravnotežnem pogoju lahko za črpalno višino zapišemo sledečo enačbo [14]:

$$H = H_{sub} \left(\frac{\rho}{\rho_{mix}} - 1 \right) \quad (12)$$

Črpalna višina predstavlja tlačni potencial za premagovanje tlačnih izgub pri gibanju v vodilni cevi [15, 16], kar zapišemo kot:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (13)$$

kjer je faktor izgub enak:

$$\xi = \frac{\lambda \cdot l}{D_c} \quad (14)$$

Koeficient trenja za gladke cevi je po Colebrookenu enak [16]:

$$\lambda = \frac{0,31}{(\lg(0,143 \cdot Re))^2} \quad (15)$$

Reynoldsovo število za okrogle cevi je enako:

$$Re = \frac{v \cdot D_c}{\nu} \quad (16)$$

Hitrost kapljevine v vodilni cevi je pogojena z minimalnim pretokom kapljevine za izvedbo nevtralizacije:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_c^2} \quad (17)$$

Zahtevana količina vpihanega zraka je določena glede na željeni pretok dvofazne mešanice skozi vodilno cev. Za optimalno obratovanje je priporočena količina vpihanega zraka med 8 in 9 vol% pretoka kapljevine. S povečevanjem deleža vpihanega zraka preko 10 % se pretok in izkoristek naglo zmanjšujeta [14], izkoristek (glede na porabljeno električno energijo za pogon kompresorja na eni strani ter opravljeno črpalno delo na drugi strani) pa je med 20 in 35 % [14].

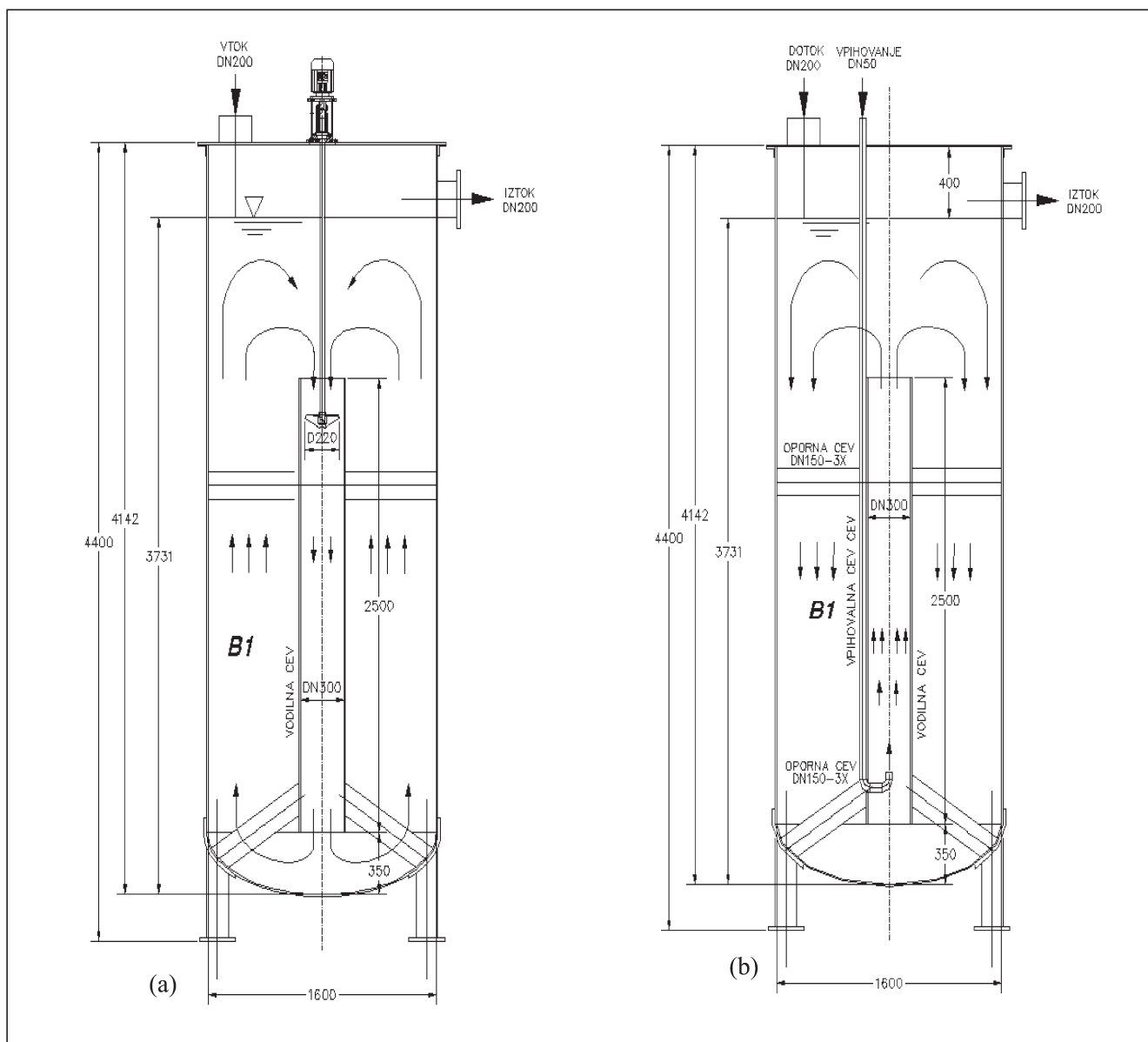
4 Snovanje nevtralizacijskega reaktorja

4.1 Posoda z vodilno cevjo

Za določitev velikosti volumna nevtralizacijskega reaktorja je izhodiščna vrednost pretok odpadne vode (25 m³/h), ki jo je treba očistiti. Ustrezna velikost volumna kapljevine po kriteriju [2] znaša 7,19 m³. Dimenzije reaktorja so prirejene glede na majhno razpoložljivo tlorisno površino prostora, kar narekuje vitko in visoko posodo premera 1,6 m, celotni volumen posode pa je 8,2 m³. Zaradi preprečitve nastanka zastojnih con je v posodo vgrajena vodilna cev premera 300 mm ter dolžine 2,5 m. Za to specialno izvedbo reaktorja z vodilno cevjo je lahko mešanje kapljevine izvedeno z mešalom, vgrajenim v vodilno cev, ali pa posredno z vnosom zraka v vodilno cev.

4.1.1 Mešanje z mešalom

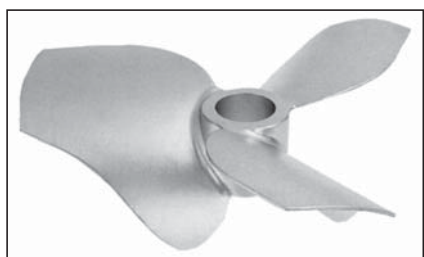
Nevtralizacijski reaktor z vodilno cevjo je zasnovan tako, da aksialno mešalo potiska kapljevino po cevi navzdol proti dnu, kot je prikazano na *sliki 2a*.



Slika 2. Reaktor z vodilno cevjo in izvedba mešanja: (a) z aksialnim mešalom in (b) z vpihovanjem zraka

Pri mešanju v reaktorju z vodilno cevjo z aksialnim mešalom je uporabljeno mešalo proizvajalca ABS, Scaba – tip 3SHP1, s premerom 220 mm, ki je prikazano na *sliki 3*.

Izbrano aksialno mešalo s specialno obliko lopatic zagotavlja pri nazivnem režimu obratovanja dokaj homogeno hitrostno polje izstopajočega



Slika 3. Aksialno mešalo 3SHP1

toka iz mešala. Tako sta dosežena višji izkoristek dovedene energije mešalu in miren tek brez oscilacij, kar zagotavlja ustrezen namestitev v vodilni cevi (*slika 2a*).

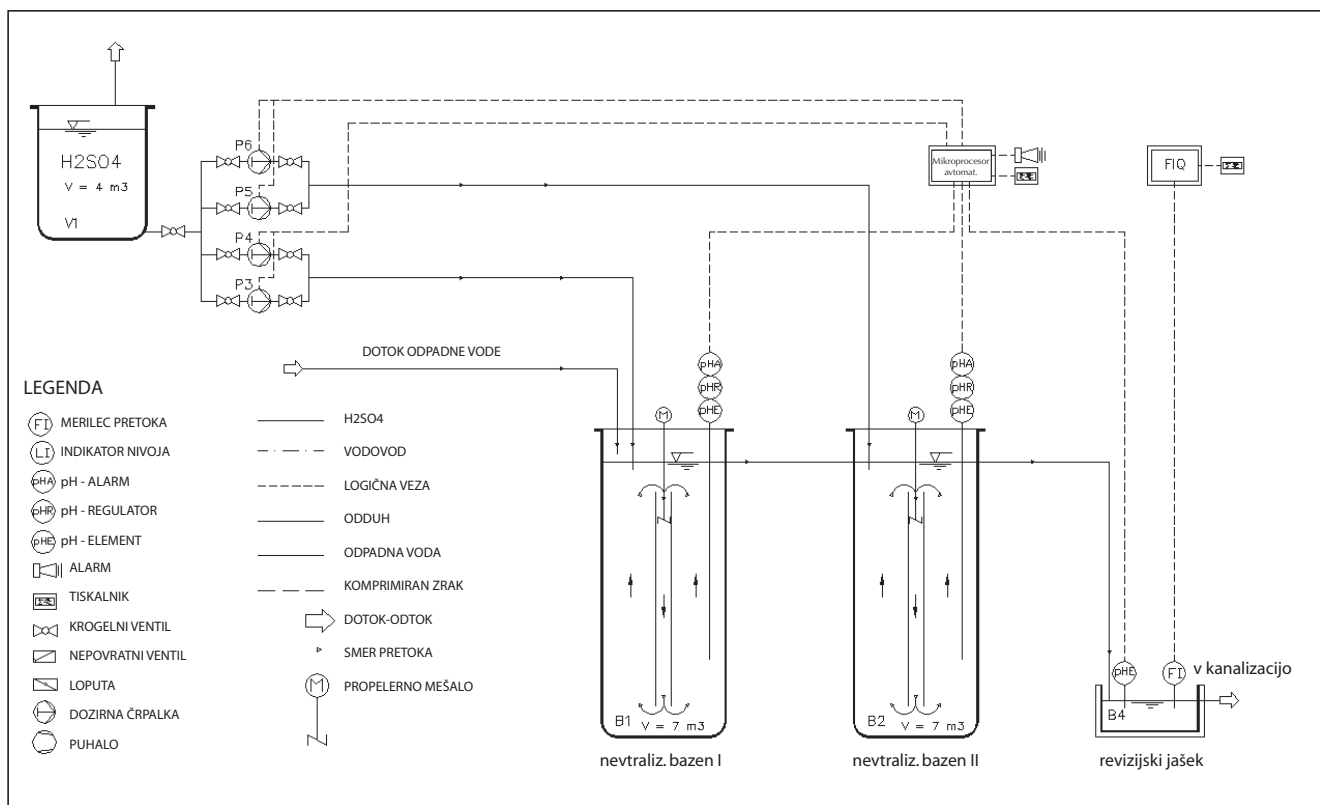
4.1.2 Mešanje z vpihovanjem zraka v vodilno cev

V vodilni cevi je pri nazivnem režimu obratovanja nevtralizacije vzpostavljen pretok, ki ima zanemarljivo majhne tlačne izgube v vodilni cevi. Tako se vložena energija vpihanega zraka v vodilno cev porablja za opravljanje mešanja v cevi in za cirkulacijo celotne kapljavine v reaktorju. Reaktorska posoda je enake oblike kot pri mešanju z aksialnim mešalom, le vodilna cev je oprem-

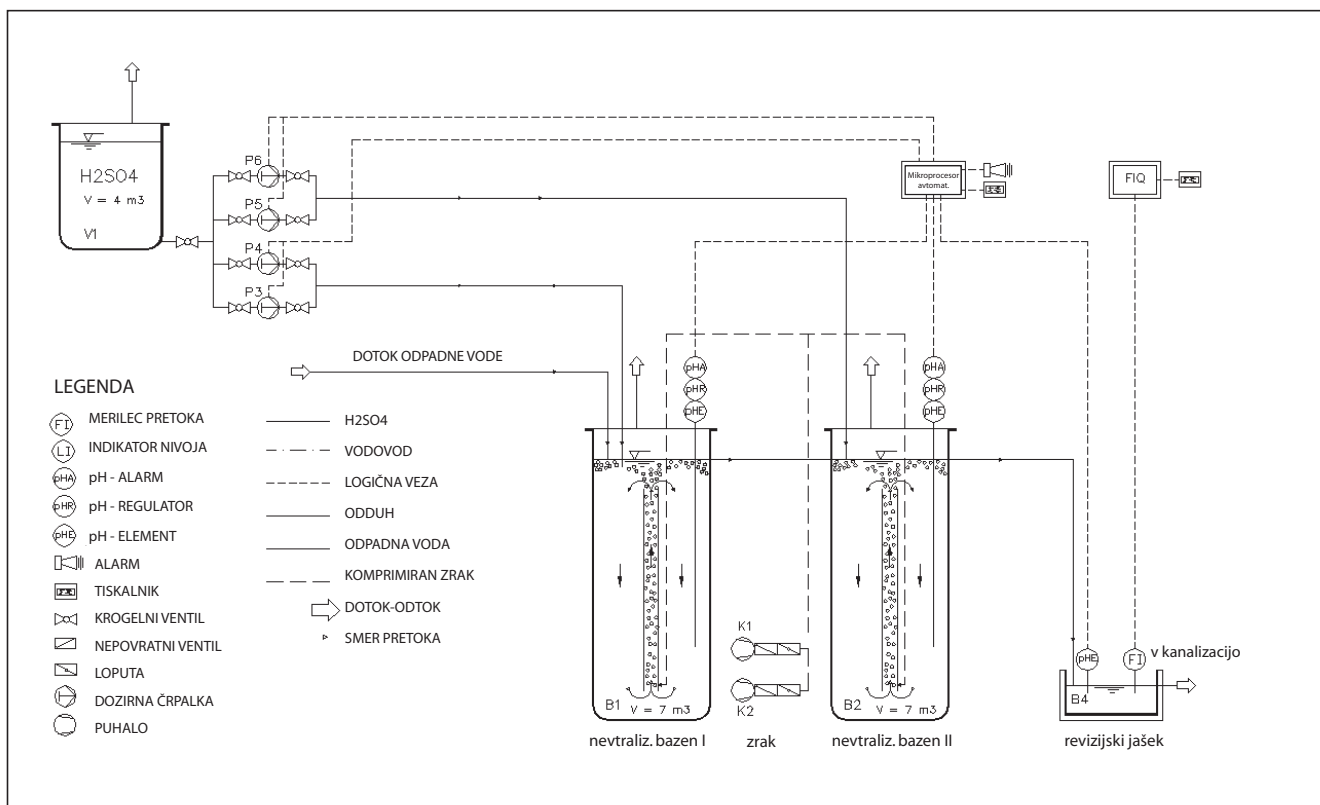
ljena z dovodom komprimiranega zraka. Smer cirkulacije kapljavine v posodi je sedaj obratna kot v prejšnjem primeru, kot je prikazano na *sliki 2b*.

4.2 Nevtralizacijska linija alkalnih odpadnih voda

Nevtralizacijska linija za čiščenje alkalnih odpadnih voda je v osnovi sestavljena iz dveh zaporedno vezanih reaktorjev, povezovalnih cevodov, merilno-regulacijskih sklopov za doziranje kemikalij ter končnih merilno-kontrolnih elementov za doseganje zahtevane čistosti odpadne vode na izstopu. Medtem ko v prvem reaktorju poteka nevtralizacija, se v drugem izvaja proces umirjanja in



Slika 4. Shema nevtralizacijske linije v izvedbi Me z aksialnim mešalom



Slika 5. Shema nevtralizacijske linije v izvedbi Zr z vpihovanjem zraka

izenačevanja lastnosti odpadne vode, običajno brez dodajanja reagentov. Le v primeru, ko ni bila dosežena zahtevana čistost izstopajoče odpadne vode iz različnih razlogov

(alarmantno stanje), pa služi drugi reaktor kot varnostni element z možnostjo izvajanja nevtralizacije. V nadaljevanju sta opisani dve izvedbi nevtralizacijske linije odpadnih voda.

Izvedba Me: Pri tej izvedbi je mešanje v obeh reaktorjih izvedeno z aksialnim mešalom. Nevtralizacijsko linijo tvorijo še dotočni, povezovalni in odtočni cevovod, dozirni sistem za H_2SO_4 –

sestavljen iz posode in črpalke z instalacijo, merilnik vrednosti pH, merilno-regulacijski sklop za nadzor doziranja reagenta ter merilnik pretoka, kot je shematsko prikazano na *sliki 4*.

Izvedba Zr: V obeh reaktorjih je umešanje dodanih reagentov v odpadno vodo izvedeno z vpihovanjem zraka v vodilno cev. Za dovod zraka poskrbi turbinsko puhalo z ustrezno instalacijo. Nevtralizacijsko linijo tvorijo še dotočni, povezovalni in odtočni cevovod, dozirni sistem za H_2SO_4 , sestavljen iz posode in črpalk z instalacijo, merilnik vrednosti pH, merilno-regulacijski sklop za nadzor doziranja reagenta ter merilnik pretoka na izstopu, kot je shematsko prikazano na *sliki 5*.

■ 5 Ekonomska upravičenost

Ne glede na tehnološko ali izvedbeno prednost ene ali druge variante nevtralizacije je nujno oceniti še stroške, ki pri tem nastanejo. Poleg začetnih stroškov investicije nastajajo pri delovanju nevtralizacijskega reaktorja še drugi stroški, kot npr. stroški za porabljen energijo, stroški vzdrževanja ter druge ekonomske kategorije. Za primerjavo celotnih stroškov nevtralizacije v pričakovani življenjski dobi je v tem delu uporabljen kriterij stroškov življenjskega cikla (ang.: Life Cycle Cost oz. LCC), ki je sicer bolj poznan kot kriterij za ocenjevanje izdelkov [6]. S kriterijem LCC so ocenjeni vsi stroški, ki so predvideni v življenjski dobi nevtralizacijske naprave. Celotni strošek življenjskega cikla je:

$$LCC = C_i + C_e \cdot n + C_v \cdot n + C_k + C_d \quad (18)$$

kjer pomenijo: C_i – investicijski stroški [€], C_e – strošek električne energije na leto [€/leto], C_v – strošek vzdrževanja na leto [€/leto], n – trajanje življenjskega cikla [leto], C_k – stroški servisiranja kapitala [€] in C_d – stroški demontaže in razgradnje [€].

■ 6 Analiza in primerjava obeh izvedb mešanja kapljevine

6.1 Nevtralizacijska linija

Razlika med izvedbami Me in Zr je razen v osnovi različnega načina me-

šanja kapljevine tudi v smeri cirkulacije kapljevine v reaktorju. Pri izvedbi Me poteka gibanje kapljevine v vodilni cevi navzdol, izstopajoči tok iz vodilne cevi zagotavlja čiščenje dna reaktorja in sprotno odnašanje usedlin proti iztoku.

Pri izvedbi Zr je kapljevina zaradi vzgona mehurčkov v vodilni cevi gnana navzgor; po izstopu iz vodilne cevi mehurčki zraka izstopajo na gladini, kapljevina pa se giblje koaksialno ob steni posode navzdol. Čiščenje dna je zagotovljeno z zaokroženim robom dna posode in ustreznim cirkulacijskim tokom, ki preprečuje usedanje primesi na dnu.

6.2 Primerjava stroškov

Primerjavo obeh nevtralizacijskih linij izvedemo tudi z vidika ekonomske upravičenosti.

6.2.1 Investicijski stroški

Izvedbo Me tvorijo sledeče komponente: nevtralizacijski reaktor z vodilno cevjo (5.000 €), jeklena konstrukcija (2.500 €), mešala s pogonom (7.500 €), povezovalni cevovodi za doziranje kemikalij (1.100 €), dozirna posoda za H_2SO_4 (1.250 €), dozirne črpalke z instalacijo (4.550 €), merilnik pH z mikroprocesorsko avtomatiko za doziranje reagenta (5.540 €) ter merilnik pretoka in končna kontrola pH (2.100 €). Cena investicije za izvedbo Me znaša 29.540 € in zajema dobavo, montažo in zagon opreme.

Izvedbo Zr tvorijo sledeče komponente: nevtralizacijski reaktor z vodilno cevjo (5.000 €), jeklena konstrukcija (2.500 €), puhalo za dovod zraka (4.500 €), dovodni kanal zraka (1.300 €), povezovalni cevovodi za doziranje kemikalij (1.100 €), dozirna posoda za H_2SO_4 (1.250 €), dozirne črpalke z instalacijo (4.550 €), merilnik pH z mikroprocesorsko avtomatiko za doziranje reagenta (5.540 €) ter merilnik pretoka in končna kontrola pH (2.100 €). Cena investicije za izvedbo Zr znaša 27.840 € in zajema dobavo, montažo in zagon opreme.

6.2.2 Stroški energije in vzdrževanja

Pri *izvedbi Me* so stroški za porabljen energijo in vzdrževanje v obdobju enega leta sledeči:

- stroški za porabljen električno energijo, ki zajemajo efektivno moč pogonskih elektromotorjev 1.322 €, in
- stroški vzdrževanja, ki zajemajo nabavo in menjavo potrošenega materiala na pH-merilnem sistemu (1.250 €), zamenjavo tesnil in ležajev v mešalih in njihovih pogonih (900 €), zamenjavo dozirnih črpalk (450 €) ter dodatna nepredvidena vzdrževalna dela (650 €).

Pri *izvedbi Zr* so stroški porabljene energije in vzdrževanja v obdobju enega leta sledeči:

- stroški za porabljen električno energijo, ki zajemajo efektivno moč pogonskih elektromotorjev 2.113 €, in
- stroški vzdrževanja, ki zajemajo nabavo in menjavo potrošenega materiala na pH-merilnem sistemu (1.250 €), zamenjavo tesnil in ležajev v turbinskem puhalu in njihovih pogonih (160 €), zamenjavo turbopuhala (450 €) in zamenjavo dozirnih črpalk (450 €) ter dodatna nepredvidena vzdrževalna dela (577 €).

6.2.3 Stroški kapitala

Pri izračunu stroškov kapitala je upoštevana razlika med investicijsko vrednostjo posamezne izvedbe nevtralizacijske linije in obrestovano vrednostjo za obdobje 20 let po obrestno-obrestnem računu in obrestni meri (8 %) in znaša za *izvedbo Me* 108.145 € in za *izvedbo Zr* 101.921 €.

6.2.4 Stroški demontaže in razgradnje

Po končani življenjski dobi se procesna linija demontira, posamezni sklopi pa ustrezno nevtralizirajo in deponirajo, kar predstavlja določen strošek (2.700 €).

6.2.5 Celotni stroški življenjskega cikla (LCC)

S kriterijem LCC so bili ocenjeni vsi stroški (enačba 18), ki nastanejo oz.

Tabela 1. Kategorizirani stroški za obe izvedbi nevtralizacijske linije v [€]

Ekonomska kategorija	Izvedba Me	Izvedba Zr	Primernejše
Investicijska vrednost	29.540	27.840	Zr
Stroški kapitala – 20 let	108.144	101.921	Zr
Stroški energije – letno	1.321	2.112 EUR	Me
Stroški energije – 20 let	26.437	42.252	Me
Stroški vzdrževanja – letno	3.250	2.437	Zr
Stroški vzdrževanja – 20 let	65.000	48.750	Zr
Stroški demontaže in razgradnje	2.700	2.700	Me,Zr
Stroški življenjskega cikla	231.822	223.463	Zr

so predvideni v 20-letni življenjski dobi nevtralizacijske naprave in znašajo za izvedbo Me 231.822 € in izvedbo Zr 223.463 €.

V tabeli 1 so podani stroški omenjenih kategorij za obe izvedbi nevtralizacijske linije.

Strošek investicije naprave je samo eden od znanih stroškov in običajno predstavlja vrednosti od 5 do 15 % celotnega stroška LCC. Iz prikazane ekonomske analize je prav tako razvidno, da sta izvedbi po posameznih kriterijih primerljivi po vseh navedenih kategorijah. Pri izvedbi Zr so stroški nižji pri investicijski vrednosti, razlog je predvsem v cenejši strojni opremi, stroških kapitala in stroških vzdrževanja. Stroški energije pa gredo v korist izvedbe Me. Iz analize oz. primerjave obeh izvedb z vidika življenjskega cikla LCC, ki združuje vse našete primerjalne kriterije v enotno primerjalno vrednost, se kažejo razlike v korist izvedbe Zr. Kljub vsemu pa te razlike niso tako velike in lahko obe izvedbi štejemo za enakovredni.

Izbira izvedbe z vpihovanjem zraka je v našem primeru upravičena predvsem zaradi pozitivnega vpliva vpihanega zraka na odpadno vodo. Prezračevanje odpadne vode je v naravi predpogoj za biološko samoočiščenje odpadne vode. Prezračevanje odpadne vode s pribitkom O₂ na izstopu iz nevtralizacije oziroma na vstopu v tovarniško kanalizacijo preprečuje razkrajanje odpadne vode v anaerobnem območju, predvsem tvorjenje nezaželenih produktov anaerobnih procesov v

kanalizaciji, kot so: kanalske obloge in bioplina. Ti so zaradi neprijetnega vonja v živilski industriji še posebno nezaželeni, poleg tega so tudi zdravstveno in eksplozijsko nevarni.

Vitke posode na splošno ne nudijo optimalnih pogojev za mešanje in s tem tudi ne za proces nevtralizacije. V konkretnem primeru je bila posoda opremljena z vodilno cevjo, kar močno poveča cirkulacijo kapljevine v posodi ter s tem homogenost porazdelitve dodanih kemikalij za potek nevtralizacije.

Naj poudarimo, da sta bila glavna razloga za izbiro vitkih reaktorjev oblika in velikost razpoložljivega prostora; to je bil edino kletni prostor z veliko medetažno višino in relativno majhno tlorisno površino. Če razpoložljivega prostora ne bi uspeli izrabiti, bi bili prisiljeni investirati v ustrežnejši prostor, kar bi povečalo stroške iz naslova vloženega kapitala. Na osnovi tega je mnenje avtorjev, da bi se morali pri novogradnji nevtralizacijske linije praviloma izogibati vitkim posodam, zagotoviti ustrezen prostor optimalnih oblik in s tem tudi ustrezno obliko reaktorja za proces nevtralizacije, v katerem se lahko uporabi aksialno mešalo.

7 Zaključki

V tem delu je obravnavano delovanje nevtralizacijskega pretočnega vitkega reaktorja, ki je zaradi specifičnih zahtev vgradnje v ozek in visok prostor opremljen z vodilno cevjo.

Za izvajanje nevtralizacije industrijske odpadne vode sta analizirana

dva načina pomešanja kapljevine dodanih reagentov: pri prvem načinu je mešanje povzročeno direktno z aksialnim mešalom v vodilni cevi, pri drugem pa posredno z vpihovanjem zraka v vodilno cev. S tehnološkega in izvedbenega vidika sta oba načina primerna.

Podan je tudi kriterij za določitev stroškov delovanja nevtralizacijskega reaktorja za pričakovano življenjsko dobo. S tega vidika sta obe izvedbi, tako z mešalom kot z vpihovanjem zraka, primerljivi in precej enakovredni.

Pri končni presoji je izbrana izvedba z vpihovanjem zraka predvsem zaradi pozitivnega vpliva vpihanega zraka na izstopajočo odpadno vodo. Prezračena voda s presežkom raztopljenega kisika v odpadni vodi namreč preprečuje nadaljnje razkrajanje in tvorbo neželenih produktov anaerobnih procesov (kanalske obloge, razni bioplina, itn.). Obravnava nevtralizacijskega reaktorja se nanaša na specifičen, a konkreten primer, izvedba mešanja z vpihovanjem zraka v vodilno cev namreč že nekaj let obratuje v živilski proizvodnji v sklopu dvostopenjske nevtralizacije odpadne vode. Kljub učinkovitosti, preprosti izvedbi in manjših stroških (kot pri izvedbi z mešalom) ter daljšem obdobju nastajanja tega dela ni zaslediti podobne izvedbe nevtralizacijskega reaktorja ne v praksi ne v literaturi.

Literatura

- [1] Appleyard, C. J.: Industrial wastewater management I&II. IHE, Delft, 1995.
- [2] More, L. R.: Neutralization of Waste Water by pH Control. Pittsburg, 1978.
- [3] Yusuf, C., Ulies, J. J. H.: Oxygen transfer and mixing in mechanically agitated airlift bioreactors. Biochemical Eng. Journal 10/1995, 143–153.
- [4] Lightnin Mixers Ltd brochure: E520/8, Poynton.
- [5] Chun-Chong Fu, Wen-Teng Wu, Shih-Yuan Lu: Performens of airlift bioreactors with net draft tube. Biochemical Eng. Journal 10/2003, 143–153.

- [6] A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems Hydraulic Institute. Europump, and the US Department of Energy's Office of Industrial Technologies (OIT), DOE/GO-102001-1190, December 2000.
- [7] Bombač, A., Žun, I.: Tlačne izgube in pomešanje v statičnem mešalu. Ventil 12/2006-6, 370–375.
- [8] Haucine, I., Plasardi, E., David, R.: Effects of the Stirred Tank's Design on Power Consumption and Mixing time in Liquid Phase. Chem. Eng. Technol. 23/2001/7, 605–613.
- [9] Khang, S. J., Levenspiel, O.: The mixing-rate number for agitator-stirred tanks. Chemical engineering. JVS, NY, 1976.
- [10] Nienow, A. W.: On impeller circulation and mixing effectiveness in the turbulent flow regime. Chem. Eng. Science 52/1997, 2557–2565.
- [11] Lenarčič, J., Bombač, A.: Analiza stroškov delovanja nevtralizacijskega reaktorja z različnimi izvedbama mešanja. Zbornik povzetkov s posvetovanja. Maribor, FKKT, 2004, 144.
- [12] Bombač, A.: Vpliv geometrijskih parametrov na Newtonovo število pri aeraciji v posodi z mešali, Ljubljana, Stroj. v. 44/1998, 105-116.
- [13] Harnby, N., Edwards, M. F., Nienow, A. L.: Mixing in the process industries. London, Butterworths, 1985.
- [14] Cherkassky, V. M.: Pumps, Fans Compressors. Moscow, Mir Publishers, 1980.
- [15] Bombač, A.: Izbrana poglavja mehanike tekočin. Ljubljana, NTF, 2003.
- [16] Kraut, B.: Strojniški priročnik, Ljubljana, SV, 1981.
- [17] Bombač, A., Žun, I.: Individual impeller flooding in aerated vessel stirred by multiple-Rushton turbines. Chem. eng. j. 116/2006/2, 85–95.
- [18] Shaw, J. A.: The design of draft tube circulators. Proc. Austral. Inst. Min. Metall. 283/1982/9, 47–58.

Assessment of the Mixing Principle in a Draft-Tube Neutralisation Reactor

Abstract: We present the design and economic evaluation of a draft-tube reactor in waste-water neutralization using two different mixing principles. The first one is based on propeller mixing, while the second one is based on air-lift pumping in a draft tube. Both, the process design procedure and the life-cycle cost evaluation of an individual mixing principle are presented in this work. The air-lift neutralization reactor was manufactured and has been successfully operating for the past few years in the waste-water treatment of a food production plant.

Keywords: Mixing, Neutralisation, Draft-Tube Reactor, Life-Cycle Cost

Oznake:

D_c	premer cevi [m]	r	volumsko razmerje pretokov reagenta in vstopne odpadne vode [l]
d	premer mešala [m]	t	čas (pomešanja) [s]
g	zemeljski pospešek [m/s ²]	T	premer mešalne posode [m]
H_{sub}	višina kapljevine v posodi [m]	V	volumen kapljevine v reaktorju [m ³]
K	konstanta mešala [1/s]	v	hitrost [m/s]
l	dolžina [m]	ρ	gostota [kg/m ³]
n	vrtilna frekvenca mešala [1/s]	ρ_{mix}	gostota mešanice zraka in vode [kg/m ³]
P	moč mešala [W]	ν	kinematična viskoznost [m ² /s]
Q	volumski pretok [m ³ /s]	λ	koeficient trenja [l]
		ζ	koeficient izgub [l]

nadaljevanje s strani 410

■ The 12th Scandinavian International Conference on Fluid Power SICFP '11 – Dvanajsta skandinavska konferenca o fluidni tehniki

18.–20. 05. 2011
Tampere, Finska

Organizatorja:

– IHA-Department of Intelligent Hydraulics and Automation, Tampere University of Technology

– Network of Fluid Power Centres in Europe

Tematika:

- mobilna hidravlika
- industrijska hidravlika
- vodna hidravlika
- robotika in daljinsko upravljanje
- pnevmatika itn.

Informacije:

– www.iha.tut.fi/sicfp11

Napovedovanje časa dobave naročila

Tomaž BERLEC, Edvard GOVEKAR, Primož POTOČNIK, Marko STARBEK

Izvleček: Pri vstopu na trg se podjetja srečujejo z različnimi problemi, med katerimi so tudi predolgi pretočni časi naročil. Naročnik določenega naročila se odloči za ponudnika, ki posreduje najboljšo ponudbo. Sama kakovost je samoumevna, razlika pa se pojavi pri cenah in časih dobave naročila. Izdelati ponudbo zgolj na osnovi izkušenj zaposlenih je zelo tvegano. Iz tega razloga predlagamo postopek, s katerim lahko na osnovi zbranih podatkov o doseženih pretočnih časih operacijskih naročil, izvedenih v preteklem obdobju na delovnih mestih podjetja, napovemo pričakovane pretočne čase načrtovanih operacij in posredno tudi naročil. Rezultat predlaganega postopka je empirična porazdelitev možnih pretočnih časov za novo naročilo in na osnovi te porazdelitve napoved najverjetnejšega pretočnega časa novega naročila. S pomočjo predlaganega postopka lahko prodaja napove kupcu oziroma naročniku, v kolikšnem času bo mogoče dobaviti načrtovano naročilo. Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil bo predstavljen na primeru napovedovanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra«, ki se izdeluje v orodjarni slovenskega podjetja ETI, d. d..

Ključne besede: napovedovanje, pretočni čas, operacijsko naročilo, empirična porazdelitev, percentil,

1 Uvod

Podjetja na globalnem trgu ponujajo podobne oziroma enake izdelke po primerljivi ceni in kakovosti. Glavna razlika se kaže v predvidenem času osvajanja naročila in držanju dogovorjenega roka oziroma termina dobave.

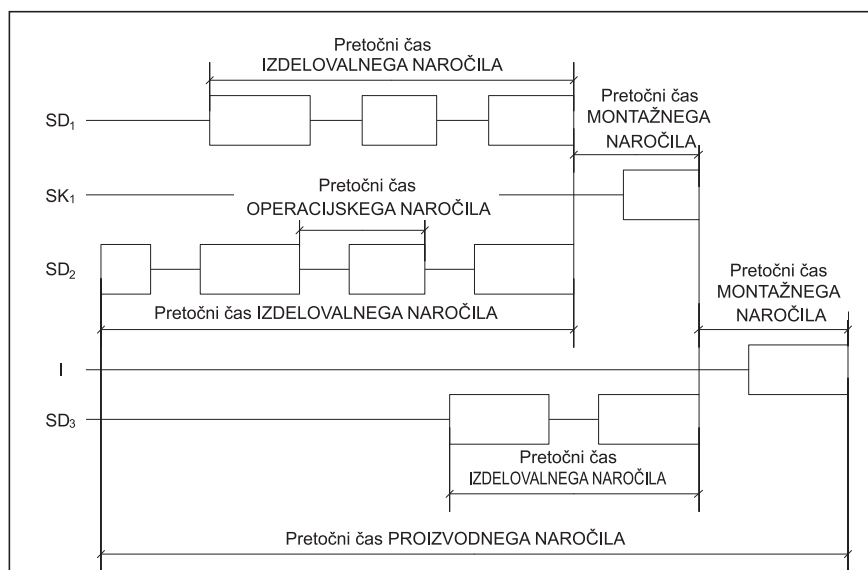
Pred izdelavo ponudbe si mora prodajna služba podjetja priskrbiti informacije o operacijah, ki jih bo potrebno izvesti, o časih izvedbe operacij ter o želenem terminu dobave. Trenutno se informacije o časih izvedbe operacij pridobijo od izkušenih delavcev podjetja, želeni termin dobave pa določi kupec. Ocene, pridobljene na osnovi osebnih izkušenj, pa so lahko zelo zavajajoče.

Dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Edvard Govekar, univ. dipl. inž., doc. dr. Primož Potočnik, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Starbek, univ. dipl. inž.; vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Posledično so lahko ponudbe, ki temeljijo na napačno določenih terminih dobave, vzrok, da podjetje ne dobi naročila.

Razvoj informacijske in komunikacijske tehnologije ICT, ki predstavlja pomembno orodje za izboljšanje in vzdrževanje konkurenčne prednosti podjetja na trgu [1], je prinesel

korenite spremembe, saj ICT poenostavlja veliko nalog v poslovnem okolju. Vsako podjetje, ki želi biti konkurenčno, potrebuje primeren sistem za načrtovanje in vodenje proizvodnje – ERP-sistem. Trg ponuja različne komercialne ERP-sisteme [2]. Naloga vsakega podjetja pa je, da izbere in uvede zanj najprimernejši sistem [3].



Slika 1. Pretočni časi naročil

V članku bo predstavljeno, kako se lahko podatki, shranjeni v ERP-sistemu, uporabijo za izračun pretočnih časov operacijskih naročil in posredno pretočnih časov naročil. Nadalje bo prikazan izračun percentilov pretočnih časov naročil in s tem določitev intervala zaupanja. Namen članka je predlagati postopek napovedovanja pretočnih časov naročil na temelju v preteklosti zbranih podatkov o doseženih pretočnih časih.

V literaturi nismo zasledili pristopa napovedovanja pretočnih časov, kot bo opisan v tem članku, zato sklepamo, da gre za novost, ki uporablja doslej znano teorijo inštituta IFA v Hannoveru in doda nov postopek napovedovanja pretočnih časov naročil.

2 Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil

Ko se govori o naročilu, je potrebno razlikovati med operacijskim, izdelovalnim, montažnim in proizvodnim naročilom [4], kar prikazuje *slika 1*.

Pri načrtovanju postopka napovedovanja pretočnih časov naročil bomo izhajali iz predpostavke, da podjetje razpolaga z ERP-sistemom, v katerem so v podatkovni bazi zbrani podatki o v preteklosti izvedenih operacijskih in montažnih naročilih na razpoložljivih delovnih mestih podjetja (oznaka naročila, vrsta in zaporedje operacij, efektivni čas izvedbe, termini začetka in končanja posameznega naročila).

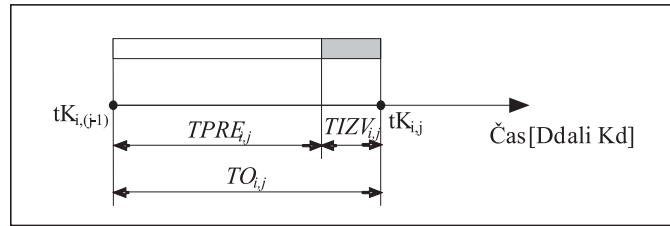
Izhodni podatki ERP-sistema naj bi bili v formatu Microsoft Excel (.xls).

Dosedanje raziskave problematike določanja pretočnih časov so nas pripeljale do zaključka, da naj bi postopek napovedovanja pretočnih časov naročil obsegal naslednje korake:

1. korak: Določanje doseženih pretočnih časov že izvedenih operacijskih naročil na delovnih mestih podjetja

H. P. Wiendahl [4] pravi, da je pretočni čas *i*-tega operacijskega naročila N_i ($1 \leq i \leq n$), ki je bilo izvedeno na *j*-tem delovnem mestu DM_j ($1 \leq j \leq m$), defini-

ran kot časovni interval, računano od termina končanja *i*-tega operacijskega naročila na opazovanem, to je *(j-1)*-tem delovnem mestu, pa do termina končanja *i*-tega operacijskega naročila na opazovanem, to je *j*-tem delovnem mestu (*slika 2*).



Slika 2. Pretočni čas operacijskega naročila [4]

Pretočni čas operacijskega naročila je torej:

$$TO_{i,j} = tK_{i,j} - tK_{i,(j-1)} \quad (1)$$

$TO_{i,j}$ – pretočni čas *i*-tega operacijskega naročila na *j*-tem delovnem mestu

$tK_{i,j}$ – termin končanja *i*-tega operacijskega naročila na *j*-tem delovnem mestu

$tK_{i,(j-1)}$ – termin končanja *i*-tega operacijskega naročila na predhodnem (*j-1*)-tem delovnem mestu

i ... številka operacijskega naročila
j ... številka delovnega mesta

Na osnovi izhodnih podatkov ERP-sistema lahko za poljubno *j*-to delovno mesto DM_j izračunamo dosežene pretočne čase že izvedenih operacijskih naročil, torej naročil, ki so bila v preteklosti izvedena na

j-tem delovnem mestu v opazovanem časovnem intervalu *P* (*slika 3*).

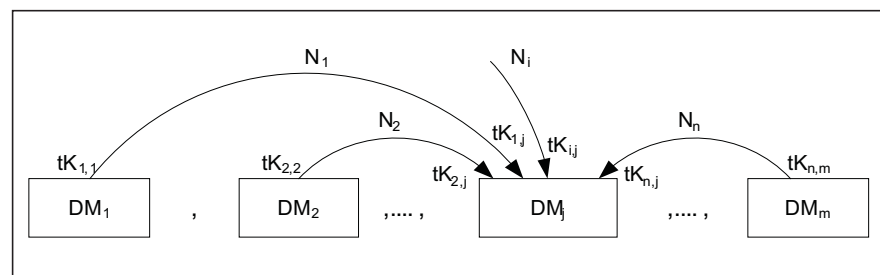
Doseženi pretočni časi operacijskega naročila *n*, izvedenega na *j*-tem delovnem mestu v opazovanem časovnem intervalu *P*, je torej:

$$TO_{n,j} = tK_{n,j} - tK_{n,(j-1)} \quad (2)$$

n ... število na *i*-tem delovnem mestu v preteklosti izvedenih operacijskih naročil

Vektorji doseženih pretočnih časov operacijskih naročil, izvedenih v preteklosti na vseh delovnih mestih podjetja (*tabela 1*), bodo predstavljali osnovo za napovedovanje pričakovanih pretočnih časov načrtovanih novih naročil.

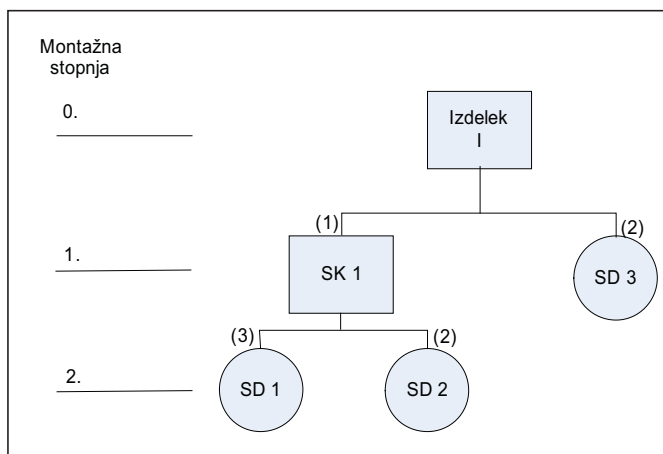
2. korak: Oblikovanje montažne strukture načrtovanega naročila in tehnoloških postopkov izvedbe sestavnih delov in sklopov načrtovanega naročila



Slika 3. Pretok operacijskih naročil preko delovnega mesta DM_j

Tabela 1. Vektorji pretočnih časov operacijskih naročil

	Delovno mesto					
	DM ₁	DM ₂	...	DM _j	...	DM _m
Vektorji pretočnih časov	$\begin{bmatrix} TO_{1,1} \\ TO_{2,1} \\ \vdots \\ TO_{n,1} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} TO_{1,2} \\ TO_{2,2} \\ \vdots \\ TO_{n,2} \end{bmatrix}$...	$\begin{bmatrix} TO_{1,j} \\ TO_{2,j} \\ \vdots \\ TO_{n,j} \end{bmatrix}$...	$\begin{bmatrix} TO_{1,m} \\ TO_{2,m} \\ \vdots \\ TO_{n,m} \end{bmatrix}$



Slika 4. Princip gradnje montažne strukture naročila I

Legenda:

- I ... izdelek
- SK ... oznaka sklopa
- SD ... oznaka sestavnega dela
- (x) ... število vgraditev sestavnega dela oziroma sklopa v sklop višje stopnje

Za načrtovano naročilo se razberejo oziroma izdelajo montažna struktura in tehnološki postopki izvedbe sestavnih delov in sklopov naročila. Slika 4 prikazuje princip gradnje montažne strukture naročila I.

Slika 5 prikazuje tehnološke oziroma montažne postopke izdelave sestavnih delov in sklopov načrtovanega naročila I.

Sestavni del / sklop	Predpisano zaporedje operacij			
SD 1	Struženje DM1	Freziranje DM3	Brušenje DM4	
SD 2	Struženje DM1	Freziranje DM3	Skoblanje DM2	Brušenje DM4
SD 3	Skoblanje DM2	Brušenje DM4		
SK 1	Montaža DM5			
I	Montaža DM5	Kontrola DM6		

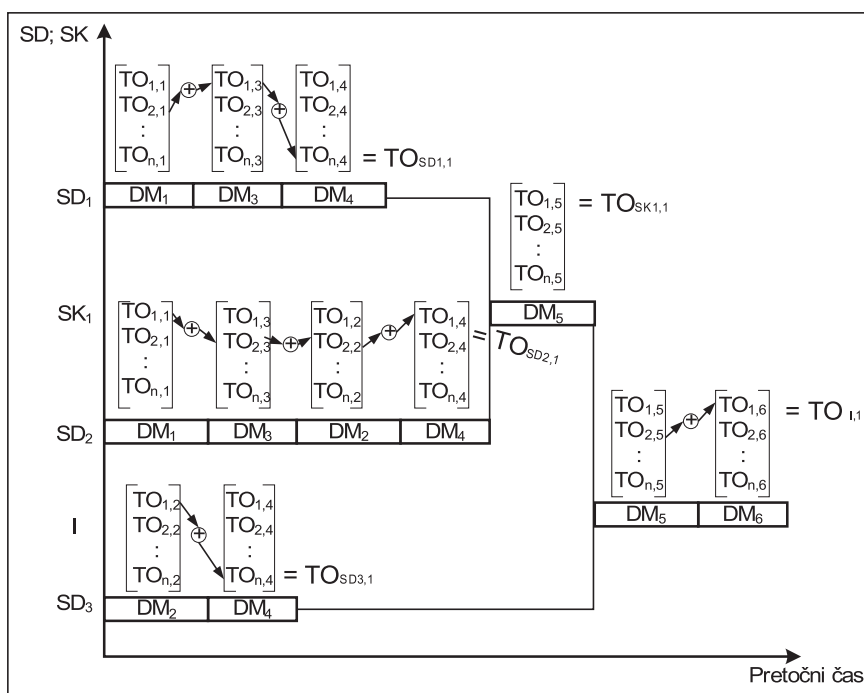
Slika 5. Tehnološki oziroma montažni postopki sestavnih delov in sklopov naročila I

3. korak: Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev doseženih pretočnih časov operacijskih naročil posameznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila

Slika 6 prikazuje princip naključnega pobiranja in seštevanja vrednosti elementov vektorjev v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil načrtovanih izdelovalnih in montažnih naročil.

Leganda:

- $TO_{SD1,1}$... pretočni čas sestavnega dela SD1, dobljen po prvi iteraciji
- $TO_{SK1,1}$... pretočni čas sklopa SK1, dobljen po prvi iteraciji
- $TO_{I,1}$... pretočni čas proizvoda I, dobljen po prvi iteraciji



Slika 6. Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil

Na sliki 6 je podan shematski prikaz naključnega pobiranja in seštevanja vrednosti v preteklosti doseženih pretočnih časov iz vektorjev delovnih mest, definiranih s tehnološkimi oziroma montažnimi postopki izdelave sestavnih delov oziroma montaže sklopov.

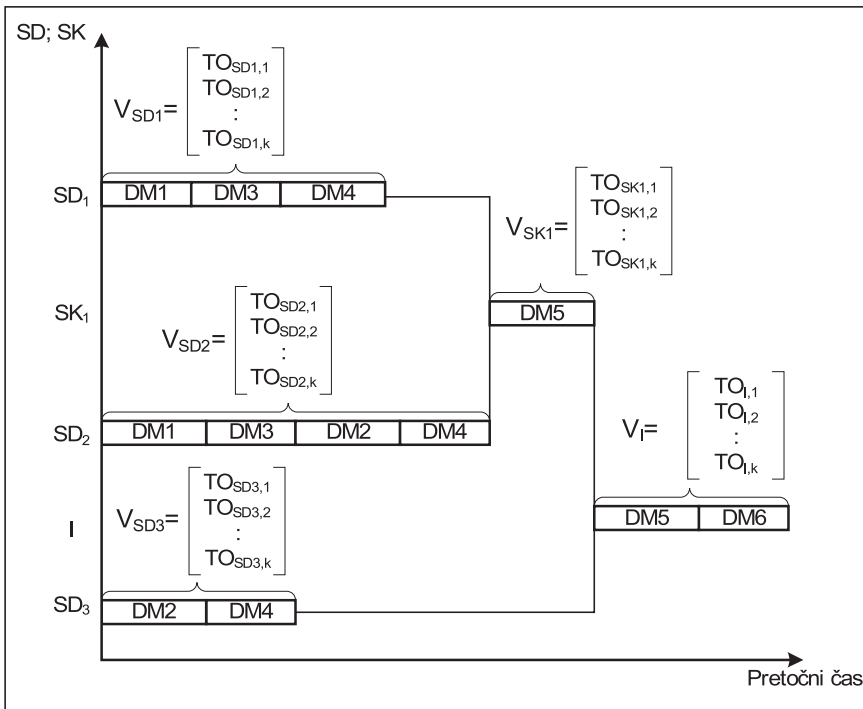
Odločiti se je potrebno za določeno število iteracij k.

Število elementov posameznega vektorja je odvisno od števila izvedenih iteracij k. Število potrebnih iteracij se določi na osnovi testiranja, saj je potrebno zagotoviti stabilen proces,

4. korak: Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila

Rezultati 3. koraka omogočajo tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila, kar prikazuje slika 7.

Število elementov posameznega vektorja je odvisno od števila izvedenih iteracij k. Število potrebnih iteracij se določi na osnovi testiranja, saj je potrebno zagotoviti stabilen proces,



Slika 7. Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila

Pri čemer je:

$TO_{SD1,k}$... pretočni čas sestavnega dela SD1, dobljen s k-to iteracijo

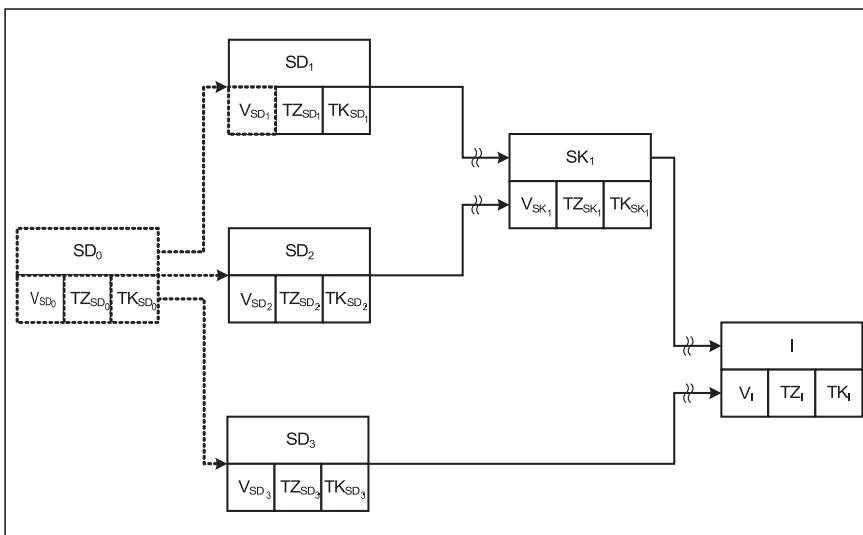
V_{SD1} ... vektor pretočnih časov sestavnega dela SD1

k ... število izvedenih iteracij

ki ga pri majhnem številu iteracij ni možno dobiti. Kriterij za zadostno število iteracij je ugotovitev, da večkratni zagon postopka da primerljive rezultate, s čimer je dosežena stabilnost oziroma konvergenca postopka.

5. korak: Določitev vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila

Da bi določili vektor pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila V_I , je potrebno gantogram naročila (slika 7) pretvoriti v aktivnostni mrežni diagram naročila ter vanj vnesti vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila (slika 8).



Slika 8. Aktivnostni mrežni diagram načrtovanega novega naročila

Izhodiščni podatki aktivnostnega mrežnega diagrama naročila so:

- rok začetka izvedbe navideznega naročila SD_0

$$TZ_{SD_0} = 0 \quad (3)$$

- vektor navideznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila V_{SD_0} je:

$$V_{SD_0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

- vektorji pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih oziroma montažnih naročil načrtovanega naročila so:

$$V_{SD_1}, V_{SD_2}, \dots, V_{SK_1}, V_I$$

Za navidezno naročilo SD_0 , ki v aktivnostnem mrežnem diagramu nima predhodnikov, se vzame, da je rok začetka izvedbe naročila – prva iteracija:

$$TZ_{SD_{0,1}} = 0 \quad (5)$$

in rok končanja izvedbe naročila

$$TK_{SD_{0,1}} = TZ_{SD_{0,1}} + TO_{SD_{0,1}} = 0 + 0 = 0 \quad (6)$$

Za ostala izdelovalna oziroma montažna naročila, ki imajo vsaj enega ali več predhodnikov (slika 9), pa je:

Rok začetka izvedbe naročil:

$$TZ_{SD_{b,1}} = \max_{k \in P^*} \{ TZ_{SD_{a,1}} + TO_{SD_{a,1}} \} \quad (7)$$

P^* ... predhodniki opazovanega naročila,

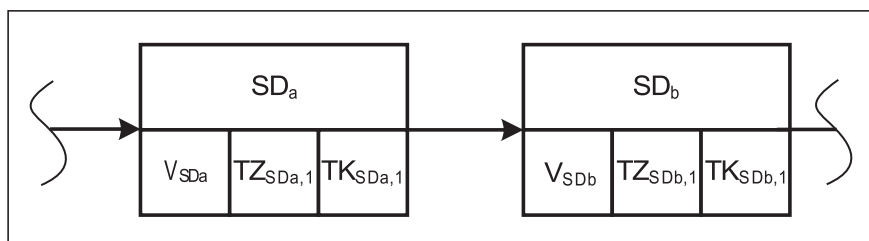
in rok končanja izvedbe naročil:

$$TK_{SD_{b,1}} = TZ_{SD_{b,1}} + TO_{SD_{b,1}} \quad (8)$$

Rok končanja zadnjega izdelovalnega oziroma montažnega naročila I v aktivnostnem mrežnem diagramu pa predstavlja pričakovani pretočni čas načrtovanega naročila TO .

$$TK_I = TO. \quad (9)$$

S slike 8 je razviden izračun za en

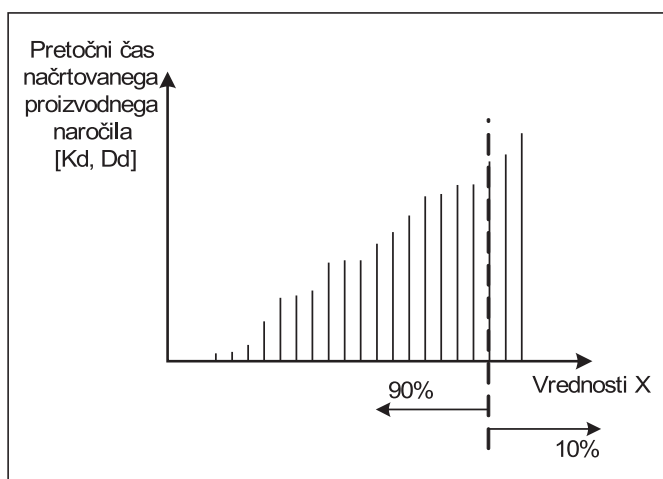


Slika 9. Osnovni element aktivnostnega mrežnega diagrama

element vektorja pričakovanega pretočnega časa načrtovanega naročila. Tak izračun se izvede za izbrano število iteracij naključno vzorčenih vrednosti iz vektorjev posameznega sestavnega dela oziroma sklopa naročila. Sam izračun se izvede na naslednji način:

- Pri zaporednih operacijah se seštejejo posamezni naključno vzorčeni pretočni časi iz vektorjev zaporedno nanizanih delovnih mest. Rezultat vsake iteracije se zapiše v nov vektor, ki predstavlja vsoto za nek sklop ali sestavni del.
- Pri vzporednih operacijah je potrebno zbrati naključno vzorčne pretočne čase iz vektorjev vzporedno nastopajočih delovnih mest, nato pa za vsako vzporedno pot poiskati maksimalni pretočni čas. Tako dobljeni rezultat v vsaki iteraciji se zapiše v skupni vektor maksimalnih časov vzporednih poti, saj je kritična pot v aktivnostnem mrežnem diagramu vedno pot z najdaljšim potrebnim pretočnim časom za izvedbo izdelovalnega oziroma montažnega naročila.

Izračun je potrebno ponoviti za izbrano število iteracij.



Slika 10. Primer »90-tega« percentila

Dobljeni pričakovani pretočni časi načrtovanega naročila bodo predstavljali empirično porazdelitev pretočnega časa načrtovanega naročila.

6. korak: Napovedovanje časa dobave načrtovanega naročila

Peti korak napovedovanja pretočnega časa naročila pripelje do vektorja pričakovanih pretočnih časov naročila oziroma do določene porazdelitve pretočnega časa.

V praksi se zahteva točno določena vrednost pretočnega časa dobave naročila.

Najverjetnejša vrednost pretočnega časa dobave za načrtovano naročilo se lahko oceni s pomočjo mediane, ki pomeni, da obstaja 50-odstotna verjetnost, da bo dejanski čas dobave krajši in 50-odstotna verjetnost, da bo dejanski čas dobave daljši od navedenega. Ker pa je 50-odstotno tveganje za naročnika nesprejemljivo, se ocenjena vrednost dobave običajno poda s širšim intervalom zaupanja.

Npr. 90-odstotni interval zaupanja se definira kot 90-odstotna verjetnost, da bo naročilo dobavljeno v času, krajšem, kot je navedeno. Torej: maksimalni dobavni čas, ki se zagotavlja naročniku z 90-odstotno zanesljivostjo, ustreza 90-temu percentilu empirične porazdelitve napovedi načrtovanega naročila.

Percentil [6, 7] poda vrednost Y , ki je večja od P procentov vrednosti v množici X . Z drugimi besedami npr. 90-ti percentil pove vrednost, ki je večja od 90 % vseh vrednosti v množici X , ki so naraščajoče urejene (slika 10).

Da se dobi P -ti percentil X urejenih vrednosti, je potrebno izračunati rang R [8]:

$$R = P(X+1)/100 \quad (10)$$

ki se zaokroži na prvo celo število in nato se vzame vrednost iz množice X , ki ustreza temu rangju.

- R ... rang percentila
- P ... percentil
- X ... število urejenih elementov v množici

Iz zgoraj prikazanega in iz opravljenih testiranj predlagamo, da se za standardni percentil uporabi 90-ti percentil, saj tako lahko z 90-odstotnim zaupanjem trdimo, da bo naročilo izdelano v tem predvidenem roku.

Če želi podjetje še večjo zanesljivost, lahko uporabi tudi višji percentil (npr. 99), in s tem minimizira tveganje.

Seveda je izbira percentila odvisna od pomembnosti naročila in kupca. Bolj kot je kupec pomemben in bolj kot je pomembno naročilo, večji interes ima podjetje, da to naročilo dobi.

Za izvedbo korakov predlaganega postopka napovedovanja pretočnih časov naročil bomo poleg MS Excela uporabili tudi računalniški program MATLAB [6], ki omogoča izvajanje matričnih operacij in grafični prikaz rezultatov.

3 Testiranje postopka napovedovanja pretočnega časa naročila

Postopek napovedovanja pretočnih časov naročil smo preizkusili v orodjarni ETI, d. d., iz Izlake. Proizvodni program orodjarne zajema izdelavo orodij za preoblikovanje in prebijanje, izdelavo orodij za brizganje termoplastov, brizganje in stiskanje

duroplastov, izdelavo orodij za stiskanje keramičnih mas ter izdelavo avtomatiziranih naprav za montažo izdelkov.



Slika 11. Ohišje filtra, narejenega z orodjem št. 705429

Orodjarna je specializirana za konstrukcijo in izdelavo kakovostno zahtevnejših orodij za brizganje termoplastov in duroplastov. Ob dolgoletnih izkušnjah pri izdelavi orodij za lastni koncern je orodjarna začela izdelovati orodja in naprave tudi za zunanje naročnike na področjih: avtomobilska industrija, gospodinjstvi aparati, medicinska tehnika, elektrotehnika/elektronika in razsvetljava.

Tabela 2. Število operacijskih naročil, izvedenih na delovnih mestih orodjarne

Številka delovnega mesta	Delovno mesto	Število v treh letih izvedenih naročil
44000	Kooperacija – storitev	21
44141	Konstrukcija naprav	151
44142	Elektroniki za stroje	130
44221	Struženje	3706
44222	CCN-struženje	1052
44313	Montaža strojev in naprav	197
44331	Merjenje	885
44332	Merjenje DEA Omicron	273
	Triletna proizvodnja	57.951

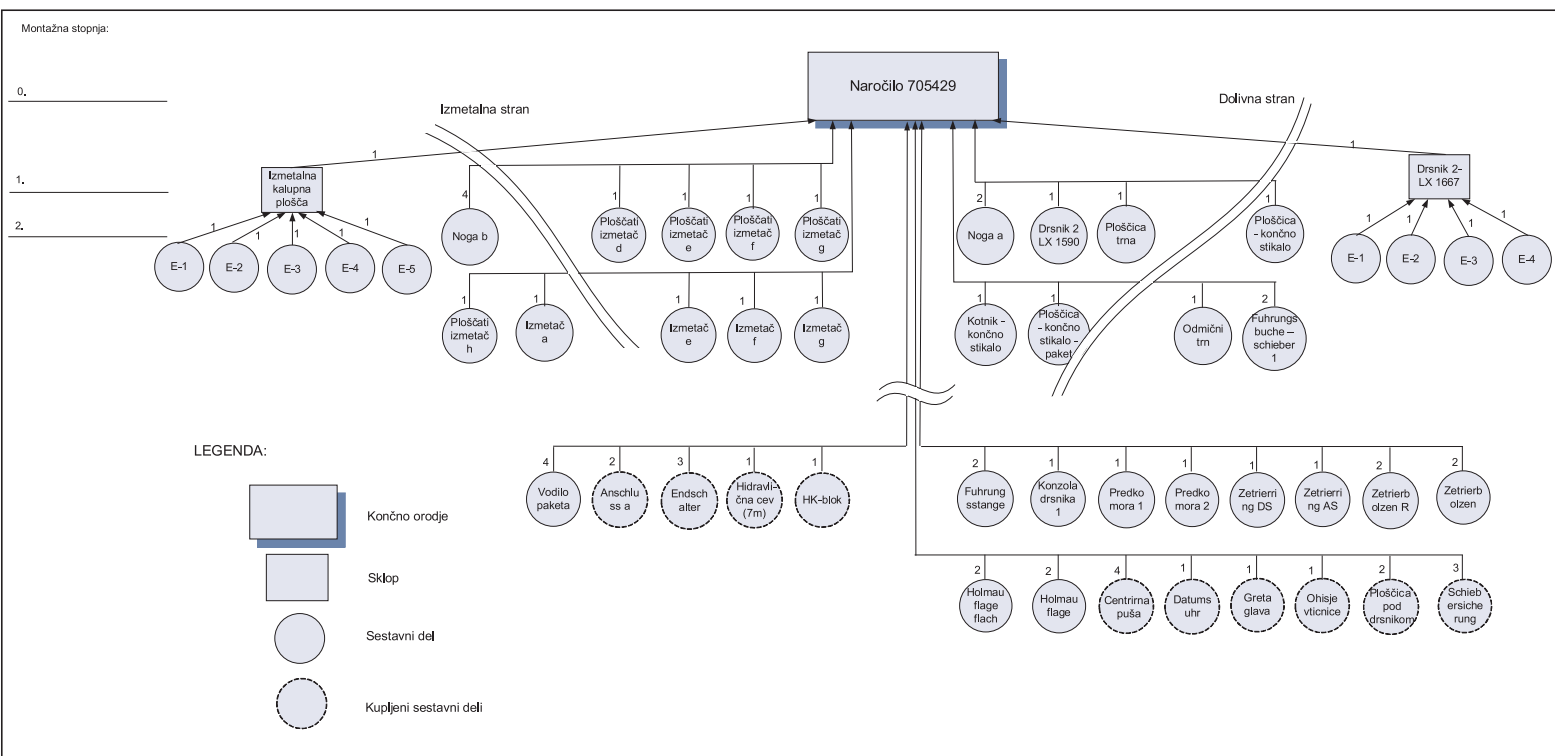
Orodjarna uporablja LARGO, ERP-sistem podjetja Perftec, d. o. o., z Bleda [9]. Zaradi načina njihove proizvodnje (proizvajajo orodja za znanega kupca, vsako orodje je unikat) je napoved trajanja proizvodnje zelo zahtevna in hkrati seveda odločilnega pomena pri izdelavi ponudb in pridobivanju naročil. Predvsem je pomembno držanje dogovorjenih rokov, saj so dobavitelj v avtomobilski industriji.

Uprava orodjarne se je odločila, da preizkusi primernost predlaganega

postopka napovedovanja pretočnih časov naročil na primeru določanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra št. 705429« (slika 11).

Koraki postopka napovedovanja pretočnega časa naročila »orodje za izdelavo ohišja filtra št. 705429«:

1. korak: Določanje doseženih pretočnih časov v preteklosti že izvedenih operacijskih naročil na delovnih mestih podjetja



Slika 12. Izsek montažne strukture orodja št. 705429

Opomba: Za vse sestavne dele, ki so izdelani v orodjarni, v podjetju najprej izvedejo predpripravo na obdelavo, ki za to naročilo zajema: elektronike za stroje (44142), konstrukcijo orodij (44143) in razrez materiala (44211).

Za izvedbo eksperimenta smo uporabili podatke iz ERP-sistema Largo, in to za časovni interval od 12. 12. 2002 do 22. 8. 2005.

Najprej je bilo potrebno izvesti sinhronizacijo oziroma prenos podatkov iz ERP-podatkovne baze sistema Largo v MS Excel obliko datoteke. Iz baze smo pobrali naslednje podatke: številko naročila, datum prihoda, datum odhoda, čas izdelave in zaporedje operacijskih naročil.

ERP-sistem Largo zajema koledarske dni [Kd] in ne upošteva delovnega koledarja podjetja oziroma delovnih dni [Dd]. Iz tega razloga so podatki, ki niso korigirani z delovnim koledarjem podjetja, uporabni predvsem za napovedovanje trajanja izvedbe naročila za prodajo in ne toliko za samo proizvodnjo, saj bi bilo v tem primeru potrebno upoštevati tudi že prej omenjeni delovni koledar podjetja.

Po dogovoru z vodstvom orodjarne smo se odločili za določanje doseženih pretočnih časov v preteklosti že izvedenih operacijskih naročil orodjarne za celotni časovni interval, zajet v ERP-sistemu, ki obsega obdobje od 12. 12. 2002 do 22. 8. 2005. V opazovanem časovnem intervalu je bilo izvedenih 22.850 izdelovalnih naročil s 57.951 operacijskimi naročili na 35 delovnih mestih (tabela 2).

Kot je razvidno s tabele 2, je prešlo v opazovanem časovnem intervalu čez delovna mesta zelo različno število operacijskih naročil (minimalno

2 naročili preko delovnega mesta 44321 in maksimalno 7307 naročil preko delovnega mesta 44253).

Na osnovi pridobljenih podatkov iz ERP-sistema smo lahko izvedli izračun doseženih pretočnih časov posameznih operacijskih naročil. Izračun je bil izveden v MS Excelu na osnovi enačbe 1.

Rezultati so pokazali, da je večina doseženih pretočnih časov krajših od 1 Kd ali pa 1 Kd, izjemoma obstaja tudi nekaj ekstremnih primerov, npr. 464 Kd.

2. korak: Prevzem oziroma oblikovanje montažne strukture načrtovanega naročila in tehnoloških postopkov sestavnih delov in sklopov naročila – orodje številka 705429

V tem koraku smo privzeli poznano montažno strukturo (slika 12) in poznano vrsto ter zaporedje operacij (slika 13) na obravnavanem orodju številka 705429.

Kot je razvidno s slike 12, orodje sestoji iz dveh delov, in to iz izmetalnega in dolivnega. Orodje je sestavljeno iz kupljenih delov in iz sestavnih delov ter sklopov, narejenih v orodjarni. Montaža je samo ena, in sicer končna montaža.

Za sestavne dele in sklope orodja, ki se izdelujejo v orodjarni, je bilo potrebno zbrati podatke o vrsti in zaporedju potrebnih operacij, ki zagotavljajo kakovostne sestavne dele

oziroma sklope orodja. Slika 13 daje pregled nad vrsto in zaporedjem potrebnih operacij na nekaterih sestavnih delih in sklopih orodja številka 705429.

V orodjarni Eti izvedejo predpripravo za obdelavo, ki za to naročilo zajema: elektronike za stroje (44142), konstrukcijo orodij (44143) in razrez materiala (44211). Sama predpriprava ni nek sestavni del, ki bi ga bilo možno prikazati v montažni strukturi na sliki 13, ravno tako pa prispeva k času izdelave naročila in jo zato upoštevamo pri operacijah.

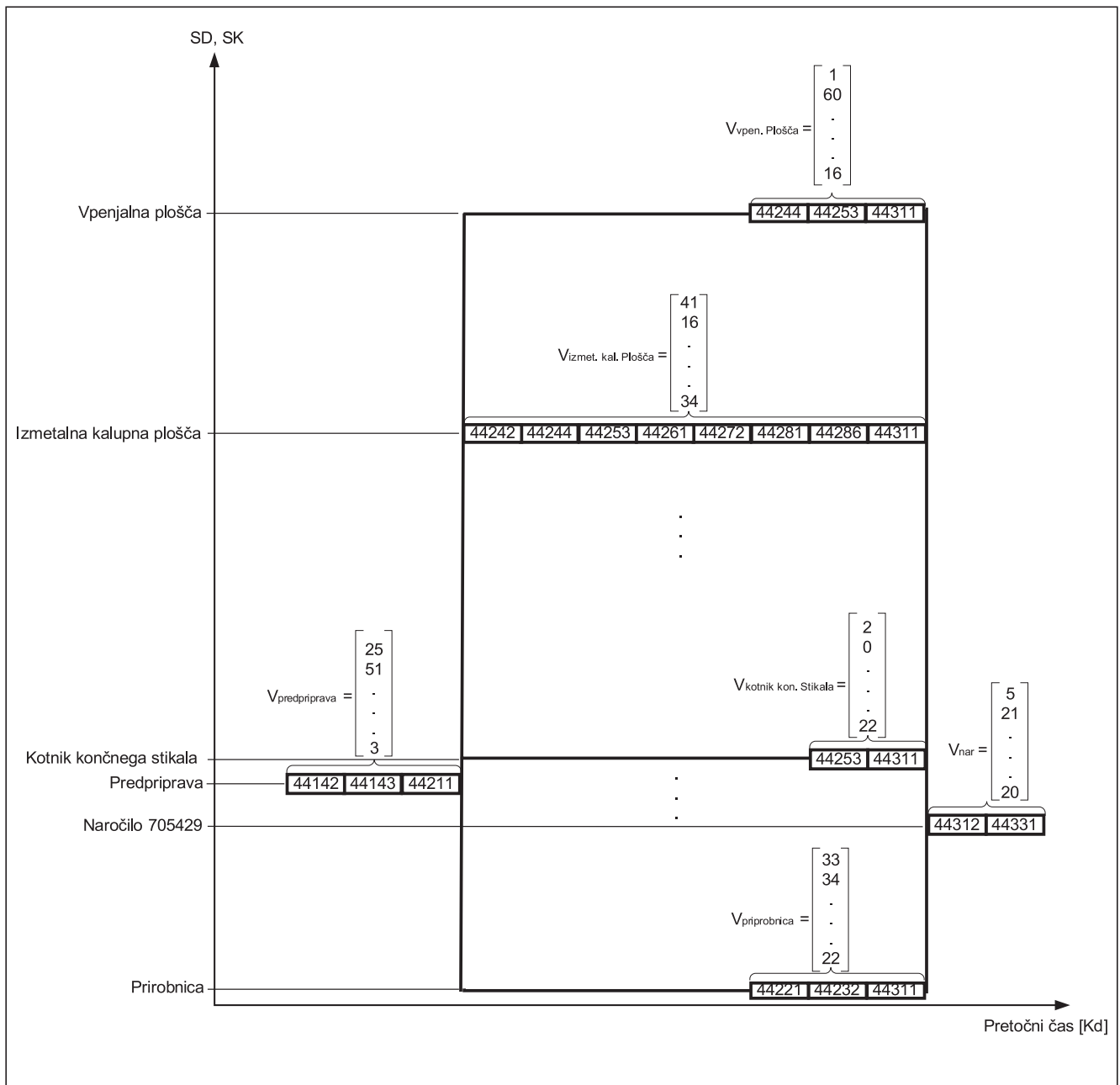
3. in 4. korak: Naključno pobiranje in seštevanje vrednosti elementov vektorjev doseženih pretočnih časov operacijskih naročil posameznega izdelovalnega oziroma montažnega naročila ter tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil načrtovanega naročila - orodje št. 705429

Na osnovi definiranega zaporedja obdelav na sestavnih delih in sklopih orodja 705429 smo s pomočjo računalniškega programa Matlab tvorili vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil, kot je opisano v teoretičnem delu članka.

Na podlagi testiranj s 500, 1000, 5000, 10000, 20000 in 50000 iteracijami smo prišli do zaključka, da se sam proces napovedovanja ustali pri ok. 10000 iteracijah. Če smo izbrali

Sestavni del / sklop	Zaporedje operacij						
Predpriprava	44142	44143	44211				
Vpenjalna plošča	44244	44253	44311				
...							
Izmetalna kalupna plošča	44242	44244	44253	44261	44272	44291	44311
...							
Kotnik končnega stikala	44253	44311					
...							
Prirobnica	44221	44232	44311				
Naročilo 705429	44312	44311					

Slika 13. Vrsta in zaporedje operacij na izbranih sestavnih delih in sklopih orodja št. 705429



Slika 14. Tvorjenje vektorjev pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil

veliko manj kot 10000 iteracij, so napovedi zelo nestabilne, saj se pobere premalo podatkov, če pa smo izbrali dosti več kot 10000 iteracij, se ti ponavljajo in ne dobimo nič boljšega rezultata, samo daljši čas procesiranja samega izračuna. Iz tega razloga smo za število iteracij naključnih izbiranj pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil izbrali 10000 iteracij.

Na osnovi 10000 iteracij naključne izbire pretočnih časov operacijskih naročil smo dobili vektorje pričakovanih pretočnih časov izdelovalnih in montažnih naročil naročila – orodje številka 705429 (slika 14).

5. korak: Določitev vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila - orodje št. 705429

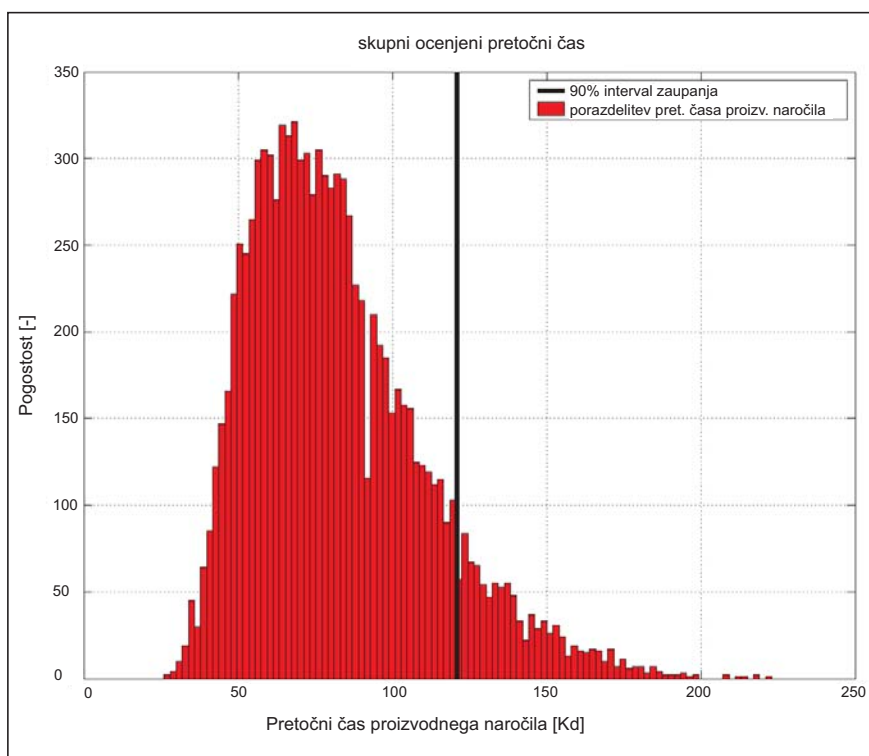
Za izračun vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila – orodje št. 705429 je bilo izvedenih 10000 iteracij. Na osnovi tega smo prišli do vektorja pričakovanih pretočnih časov načrtovanega naročila – orodje št. 705429 s porazdelitvijo pretočnega časa, ki je prikazana na sliki 15.

6. korak: Napovedovanje časa dobave načrtovanega naročila – orodje št. 705429

S petim korakom smo dobili vektor pretočnega časa načrtovanega naročila oziroma porazdelitev pretočnega časa naročila. Ker pa kupcu ne moremo podati kot čas dobave vektor pretočnih časov oziroma njegovo porazdelitev, uporabimo kot prvo orientacijsko vrednost mediano tega vektorja, ki za to naročilo znaša: $TO_{med} = 77$ Kd

TO_{med} ...mediana pretočnega časa naročila – orodje št. 705429

Pričakovani pretočni čas je torej enak 50-emu percentilu vektorja pričakovanih pretočnih časov.



Slika 15. Porazdelitev pretočnega časa naročila – orodje št. 705429

Intervale zaupanja pa določimo glede na izbrane stopnje zaupanja.

Če želimo visoko stopnjo zaupanja, izberemo npr. 90-ti percentil. Torej lahko za naročilo – orodje št. 705429 – z 90-odstotno stopnjo zaupanja trdimo, da bo izvedeno v:

$$TO_{90\%} = 120 \text{ Kd}$$

$TO_{90\%}$... pretočni čas pri 90-tem percentilu

Podjetje se mora samo odločiti, s kakšno stopnjo tveganja je pripravljeno iti v podpis pogobe s stranko.

■ 4 Zaključek

Zaradi vedno hujše konkurence podjetij na domačem in tujem trgu ter prehoda od trga prodajalcev na trg kupcev morajo podjetja neprestano krajšati čase dobave naročil in se podpisane dobave tudi držati.

Članek predlaga postopek napovedovanja pretočnih časov naročil na osnovi v preteklosti doseženih pretočnih časov operacijskih naročil. Uporaba predlaganega postopka napovedovanja pretočnih časov naročil omogoča podjetju:

- napoved pretočnega časa, potrebnega za dobavo poljubnega novega naročila,
- variacije izračunov časa dobave glede na pripravljenost tveganja, in to s spreminjanjem intervala zaupanja.

Osnovo za izračun časa dobave predstavlja mediana, 90-ti percentil pa lahko predstavlja neko zgornjo, varno mejo, ki jo lahko podamo kupcu kot najkasnejši čas dobave. Seveda se podjetje lahko na osnovi izkušenj in pripravljenosti na tveganje odloči tudi za drugačen interval zaupanja.

Postopek napovedovanja pretočnega časa naročila je bil testiran na primeru napovedovanja pretočnih časov v orodjarni ETI, d. d., iz Izlak za primer izdelave orodja – ohišje filtra. Eksperiment je bil izveden na osnovi podatkov, ki so bili zbrani v treh letih v bazi podatkov ERP-sistema Largo.

Prodaja mora v kratkem času podati dobro ponudbo naročniku, in to ji omogoča predlagani postopek. Ob podpori predlaganega postopka napovedovanja pretočnega časa prodajnik ne potrebuje dolgoletnih izkušenj, le definiran tehnološki

postopek ter z vodstvom dogovorjen interval zaupanja.

V prihodnosti načrtujemo izboljšanje predlaganega postopka še z upoštevanjem vpliva zaporedja obdelav, potrebnih za izvedbo nekega naročila, števila operacij in časa izdelave.

Reference

- [1] Leem, C. S., Suh, J. W.: Techniques in integrated development and implementation of enterprise information systems, 2005, Intelligent knowledge-based systems, Business and technology in the new millennium, Vol. 2, Information technology, Kluwer Academic Publishers, 3–26.
- [2] Scherer, E.: ERP – Projekte auf dem Prüfstand der Praxis, 2005, ERP Management, GITO mbH Verlag, 34–37.
- [3] Starbek, M., Grum, J.: Selection and implementation of a PPC system, Production planning & control, 2000, Vol. 11, pp.765–774.
- [4] Wiendahl, H. P.: Load-Oriented Manufacturing Control, 1995, Springer Verlag, Berlin, 37–199.
- [5] Nyhuis, P., Wiendahl, H. P.: Logistische Kennlinien, 1999, Springer Verlag, Berlin, 81–94.
- [6] The MathWorks, Inc.: Getting Started with MATLAB, ver. 6, 2002.
- [7] Rice John, A.: Mathematical Statistics and Data Analysis, Second Edition, International Thomson Publishing, California, 1995.
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Percentile>, dostopano 7. 6. 2006.
- [9] <http://www2.perftech.si/sxp/default.xp?lang=1&wp=2&id=62&lid=2088>, dostopano 29. 5. 2007.

VENTIL
REVUIA 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

Predicting Order Delivery Time

Abstract: Entering the market, companies face many problems including too long lead times of orders. A client that would like a particular product to be made will select the best offer. Quality itself is self-evident, the difference occurs in delivery times and prices.

To make an offer just on the basis of employee experience presents quite a risk nowadays. Therefore, we propose a procedure by which – on the basis of previous actual lead times of orders processed at company workplaces – expected lead times of planned (and indirectly – production) orders can be predicted. The result of the proposed procedure is an empirical distribution of possible lead times for a new order. On the basis of this distribution it is possible to predict the most probable lead time of a new order. Using the proposed procedure, the sales department can provide a customer with a prediction about the delivery time of the order.

As an illustration of the procedure for predicting lead times of orders, a case study is presented: lead time of order for the “tool for manufacturing filter housing” was predicted; the tool is manufactured in the Slovenian company ETI d.d.

Key words: Prediction, lead time, operating order, empirical distribution, percentile

Zahvale

Na tem mestu se zahvaljujemo orodjarni podjetja ETI, d. d., za razpolaganje s podatki iz ERP-sistema in za vso strokovno pomoč. Poleg tega bi se zahvalili še Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo za finančno podporo pri razvoju metodologije.

40 let razvijamo in proizvajamo elektromagnetne ventile



JAKŠA
MAGNETNI VENTILI



- 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, tel.: (0)1 53 73 066 fax: (0)1 53 73 067, e-mail: info@jaksa.si

HFC-E: Super glikol – 1. del

Ronald KNECHT

■ 1 Uvod

Težko gorljive hidravlične tekočine so na trgu dostopne od 50. oz. 60. let prejšnjega stoletja. Glavni pobudnik razvoja je bila evropska rudarska industrija, saj je zaradi požarov pod zemljo večkrat prihajalo do človeških žrtev. Odtlej se je začel tudi njihov prodor v industrijo. Danes to vrsto tekočin srečujemo povsod, kjer obstaja nevarnost požara.

Zahteve za težko gorljive hidravlične tekočine so opisane v Luksemburškem poročilu [1]. 7. verzija je bila zadnja revidirana izdaja, v bodoče revizij ne bo več. V zadnjih nekaj letih je delovna skupina prevedla to poročilo v standard ISO 12922.

Težko gorljive tekočine so bile razvrščene v štiri skupine, ki so navedene v tabeli 1.

Izbira primerne tekočine za nek primer uporabe ni lahka, kajti opraviti je potrebno kritične odločitve in konstruirati hidravlične sisteme za določeno vrsto tekočine. Pri razvoju tekočine je potrebno previdno uravnorežiti parametre, kot sta vpliv na okolje in mazalne lastnosti (življenjska doba strojnih delov) glede na potrebno odpornost proti ognju.

Od uvedbe težko gorljivih hidravličnih tekočin sta se njihov vpliv na

Tabela 1. Vrste težko gorljivih hidravličnih tekočin

Vrsta	Opis
HFA	Emulzije olja v vodi, ki jih imenujemo tudi tekočine z visoko vsebnostjo vode (HWCFs-high water containing fluids), 95/5 tekočine ali emulzije olje v vodi.
HFB	Emulzije voda v olju, imenovane tudi inverzne emulzije.
HFC	Raztopine vode in poliglikolov, imenovane tudi vodni glikoli.
HFD	Težko gorljive tekočine brez vsebnosti vode. Obstaja več vrst, ki vključujejo poliol estre, fosfatne estre, polialkilenglikole brez vode (PAG) in polieterpoliole.

okolje in poraba izredno povečevala. V preteklosti so na področju tekočin HFA (emulzije) z več kot 70-odstotnim deležem prevladovali klasične emulzije z visoko vsebnostjo mineralnega olja, kar se odraža v masnem mlečnem videzu emulzije, prodajale pa so se tudi biološko hitreje razgradljive raztopine brez mineralnega olja. Tudi na področju tekočin HFD (brez vsebnosti vode) se je poraba zmanjševala, saj so bile prve formulacije na osnovi PCB in fosfatnih estrov, danes pa je PCB prepovedano uporabljati. Zato in zaradi drugih razlogov, kot je "okolje", se uporaba fosfatnih estrov bolj in bolj zmanjšuje v korist biološko hitreje razgradljivih in okolju prijaznih hidravličnih tekočin na osnovi poliol estrov (imenovanih HFD-U).

Sedaj pa je prišel čas za promoviranje izdelkov HFC (voda-glikol), ki izpolnjujejo višje zahteve glede zmogljivosti/mazanja in vpliva na oko-

lje. Prispevek bo prikazal pregled dosežkov na tem področju.

■ 2 Splošno o tekočinah HFC

Grobe ocene se pokazale, da je v Evropi okoli 50 % težko gorljivih hidravličnih tekočin vrste HFC. Značilna področja uporabe te vrste so na primer:

- stroji za tlačno litje,
- hidravlični sistemi različnih talilnih peči,
- viličarji,
- električni varilniki,
- valjanje palic, cevi in trakov,
- škarje za razrez vročih kovin,
- naprave za kontinuirano litje, itd..

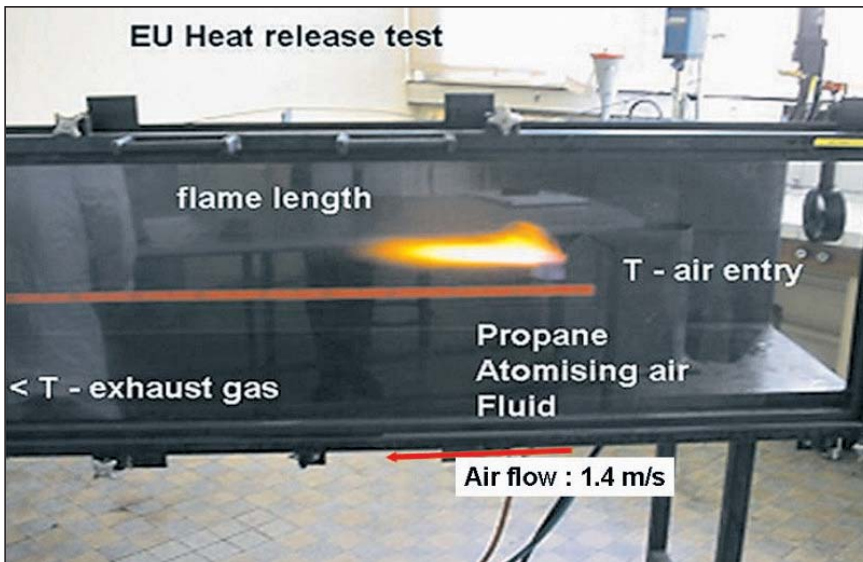
Tekočine HFC so sestavljene iz okoli 40 % vode, 40 % dietilen glikola in 20 % aditivov kot zgoščevalec iz poliglikolov, inhibitorji korozije in protipenilci. Običajno je priporočena uporaba teh tekočin pri tlakih do

Ronald Knecht, Quaker Chemical BV, Uithoorn, Nizozemska

Prevod in priredba z dovoljenjem avtorja: mag. Milan Kambič, univ. dipl. inž., OLMA, d. d., Ljubljana. Drugi del prispevka bo objavljen v reviji Ventil 15/2009/6 – december



Slika 1. Primerjava odpornosti proti požaru in mazalnih lastnosti



Slika 2. Splošna ureditev testne naprave za določanje relativne vnetljivosti (vrednost RI)

140–150 bar in temperaturah, nižjih od 55 °C. Pri višjih obremenitvah so opazili okvare črpalk (na primer ležajev), znatno se je skrajšala tudi življenjska doba dragih sestavin.

Ti izdelki so kategorizirani kot koristni; so relativno poceni in ocenjeni kot zelo dobro odporni proti požaru. Razumljivo je, da imajo tudi slabosti, med katerimi so predvsem:

- Izdelki vrste HFC so označeni kot zdravju škodljivi z oznako Xn in imajo pri uporabi neprijeten vonj.
- Močno prispevajo h KPK (kemična potreba po kisiku) odpadnih voda.
- Lahko prenašajo le zmerne obremenitve. Z naraščajočimi sistemskimi zahtevami (večja kompaktnost, višji tlaki) se skrajšuje življenjska doba opreme, stroški pa naraščajo.

■ 3 Novi super glikol

Med razvojem te vrste izdelka je bila največja pozornost posvečena:

- sposobnosti kljubovati požaru,
- mazalnim lastnostim pri težkih pogojih obratovanja,
- vplivu na okolje.

Poleg naštetega je seveda potrebno ohraniti splošne lastnosti hidravlične tekočine, kot so korozijska zaščita, izločanje zraka, protipenilne lastnosti, sposobnost filtracije itd. Razvili smo gradaciji ISO VG 46 in ISO VG 68. Kot oznaka je bila sprejeta HFC-E.

Jasno je, da je ravnotežje med težko gorljivostjo in mazalnimi lastnostmi najbolj kritično.

Več vode vsebuje tekočina, bolj je odporna proti požaru; na drugi strani pa ima voda močan negativni vpliv na mazalne lastnosti. To je ponazorjeno na *sliki 1*.

V primeru naših izdelkov je optimum med odpornostjo proti požaru in mazalnimi lastnostmi pri vsebnosti vode okoli 20 %.

3.1 Odpornost proti požaru

Odpornost hidravličnih tekočin proti požaru lahko merimo na številne

načine. Za oceno smo uporabili naslednje:

- test sproščanja toplote,
- Buxtonov test vžiga z razprševanjem (simuliran v Quakerju),
- test vzdrževanja ognja na stenju.

3.1.1 Test sproščanja toplote

Test sproščanja toplote zajema testno postavo, ki jo prikazuje *slika 2*.

Iz razlike temperatur vstopajočega zraka in izstopajočega izpušnega plina lahko izračunamo relativno vnetljivost (vrednost RI). Glede na pričakovan rezultat testa uporabimo relativno vroč ali relativno hladnejši plamen. Kolikor višja je vrednost RI, toliko manj toplote se sprosti pri vžigu razpršene testne tekočine.

3.1.2 Buxtonov test vžiga z razprševanjem tekočine

Pri Buxtonovem testu vžiga segrejemo testno tekočino na 85 °C in razpršimo 2,5 galone/uro skozi 80° stožčasto šobo s pomočjo dušika pod tlakom 70 bar. Razpršeno tekočino vžgemo s plamenom. Merimo čas, ki je potreben, da ogenj ugasne, in ta ne sme presežati 30 sekund.

3.1.3 Test vzdrževanja ognja na stenju

Pri tem testiranju ocenjujemo širjenje plamena pri gorenju tekočine. *Slika 3* prikazuje testno postavo.



Slika 3. Testna metoda za določitev časa vzdrževanja ognja na stenju

Tabela 2. Rezultati preizkusov odpornosti proti požaru

Testna metoda	Vrsta plamena	Splošno HFC	Splošno HFD-U	Splošno mineralno olje	Quintolubric 777-46	Quintolubric 777-68
Test relativne vnetljivosti (Test RI)	pretok propana 0,13 Nm ³ /h	-	14	8	49	40
	pretok propana 0,40 Nm ³ /h	50	-	-	59	57
Buxtonov test		uspešno	uspešno	neuspešno	uspešno	uspešno
Test vzdrževanja ognja na stenju		uspešno	večinoma neuspešno	neuspešno	uspešno	uspešno

Tabela 3. Plamenišča in gorišča suhe frakcije HFC in super glikola

Test	HFC	Quintolubric 777-46	Quintolubric 777-68
Plamenišče (°C)	150	210	210
Gorišče (°C)	157	220	220

S testno tekočino prepojen kos negorljivega materiala (stenj) vžgemo za 2–30 sekund. Nato merimo čas, ki je potreben, da ogenj sam od sebe ugasne. Ta čas ne sme presegati 30 sekund.

3.1.4 Rezultati preizkusov

Rezultate preizkusov po omenjenih testnih metodah prikazuje tabela 2. Zaradi možnosti primerjave so navedene

tudi nekatere druge vrste hidravličnih tekočin.

Rezultati odpornosti proti požaru pri tekočinah HFC-E so dobri in primerljivi z rezultati klasičnih tekočin HFC.

3.1.5 Odpornost suhega ostanka proti požaru

Poznano je, da so tekočine HFC odporne proti požaru tako dolgo, dokler vsebujejo vodo. Po odparitvi vode pa suhi ostanek še vedno gori. Tudi pri super glikolu ni dosti drugače. Iz *tabele 3* pa je razvidno, da so pri tekočinah HFC-E plamenišča in gorišča suhega ostanka bistveno višja.

Literatura

- [1] Anforderungen und Prüfungen schwerentflammbarer Hydraulikflüssigkeiten zur hydrostatischen und hydrokinetischen Kraftübertragung und Steuerung, Luxemburger Bericht 7. Ausgabe, April 1994.

industrijska
olja in maziiva od 1947

OLMA
LUBRICANTS
www.olma.si

OLMA
www.olma.si
SINCE 1947

Olma d.d., Poljska pot 2, 1000 Ljubljana
tel.: (01) 58 73 600, faks: 54 63 200, e-pošta: komerciala@olma.si

oskrba z gorivi v Sloveniji

obnovljivi viri energije

... spremniki sončne energije

... fotovoltaika

... vetrnice

... male hidroelektrarne

... tehnologije za uporabo biomase

pretvarjanje energije

... m

... m

... ko

daljir

... dalj

... oskr

končna

... napra

industri

central

... naprave

industrijs

naprave,

industrijo

... naprave za

(hladilnice,

... gospodinjsk

(gospodinjsk

... merilna tehni

... regulacijski sis

... gradnja energje

razsvetljava

energija in okolje

... emisije v okolje i

... posledice em

... kopta greda, problem hladilni

... energija in usklajeni razvoj – izziv za 21. stoletje

kakovost življenja in energij

... hidravlika, pnevmatika, fluidika, ventili,

... olja, maziva, naftni derivati

... ležaji tesnila, verige, jermeni, zobniki

... orodja in pribor za vzdrževalna dela

... čiščenje prostorov in objektov

... vzdrževanje stavb, vs

... stroji

ENERGETIKA

15. mednarodni sejem

TEROTECH-VZDRŽEVANJE

14. mednarodni sejem

VARJENJE in REZANJE

14. mednarodni sejem

EKO

sejem ekologije in varovanja okolja

CELJSKI SEJEM d.d., Celje

Celje, Celjski sejem, 18.-21. maj 2010

Primer vitke preobrazbe proizvodnega procesa

Peter METLIKOVIČ, Tatjana IVANOVIČ

■ 1 Uvod

Podjetja so zelo kompleksni in dinamični sistemi, močno povezani navznoter in navzven. Relativno majhna sprememba, na primer napačno porabljen polizdelek, lahko rodi nesorazmerno velik odziv sistema, kot je zamuda dobave in ustavitve velike avtomobilske tovarne več tisoč kilometrov proč. Zato se vlagajo zelo veliki naporji v zagotavljanje zanesljivosti delovanja vsakega podjetja, ki je del dobaviteljske verige.

Zaradi množičnosti proizvodnje, hitrega razvoja in velike tekmovalnosti med veliko podjetji je zlasti avtomobilska industrija orala ledino na področju večanje učinkovitosti in zanesljivosti poslovnih procesov. Stoletje nazaj je bil pionir procesov H. Ford z množično proizvodnjo. V času po drugi svetovni vojni je to dvignila na nov kakovostni nivo predvsem japonska industrija in njihovo najuspešnejše podjetje Toyota s svojim Toyota Production System [1].

Filozofija in orodja, izvirajoča večino iz Toyote, so se uvajala v veliko podjetjih in so dobila tudi svoja generična imena. Najbolj se je v angleškem svetu udomačil izraz Lean Enterprise, po slovensko vitka organizacija. Vitkost je sinonim za hitrost, usmerjenost v kupca, učinkovite procese in takšno vključevanje ljudi, ki

Dr. Peter Metlikovič, univ. dipl. inž., Ptica – zavod, Kranj, Tatjana Ivanovič, univ. dipl. inž., Grammer Automotive, d. o. o., Slovenj Gradec

sočasno omogoča optimalen razvoj podjetju in ljudem v njem. Več o vitki proizvodnji je podano v številnih objavah in na spletu [2, 3, 4].

■ 2 Načrtovanje toka dodane vrednosti

Kot posebej učinkovito orodje se je v praksi izkazalo načrtovanje toka dodane vrednosti ali po angleško Value Stream mapping [3]. Glavni razlog je v tem, da se z relativno enostavno metodologijo vizualizacije procesa pridobi sodelovanje vseh služb pri analizi stanja, predlaganju in uvajanju inovativnih sprememb. Ta pristop se uporablja v veliko dejavnostih, poleg proizvodnih podjetij tudi v servisnih organizacijah ter v razvoju, upravi, šolstvu, vojski in zadnje čase vedno več v medicini.

Ekipa, sestavljena iz predstavnikov različnih služb, skupaj nariše proces materialnega toka od skladišča kupca do skladišča dobaviteljev ter informacijski tok naročanja s strani kupca, naročanja pri dobavitelju ter planiranje procesa. Pri tem se povežejo sodelavci več oddelkov in presežejo funkcionalne bariere, pravi »teambuilding« z namenom. Doseže se boljše razumevanje med ljudmi in odprejo se komunikacijske poti. Že samo to usmeri energijo ljudi v isto smer in rodi sinergijske učinke, ko je $1 + 1 = 3$ ali več.

Skupaj narišejo proces, kar je svojevrsten dogodek. Najprej narišejo proces, kakršnega mislijo, da imajo. Potem gredo na ogled in narišejo proces, kakršen je. Vrišejo se vmesne zaloge in časi pretoka. Sledi risanje

želenega stanja, ki uporablja principe vitkosti, kot so takt, vlek, glajenje, odpravljanje zalog in različnih potrat. Opisovanje principov vitkosti presega namen tega članka, zainteresirani bralec bo vse to našel v knjigah in na internetu [1, 4].

Običajno se nariše želeno stanje, ki se bo doseglo v štirih mesecih. Za doseg tega stanja se izdelajo spisek konkretnih nalog z nosilci, roki in stroški. Naloge se izvajajo ob stalnem poročanju in sodelovanju vodstva. Po tem času je linija drugačna, običajno se spremeni tudi tloris, opis del, organizacija in poročanje, planiranje in usposabljanje, predvsem pa se dosežejo merljivi napredki v učinkovitost in zanesljivosti. Otipljivi rezultati na koncu tega obdobja so najboljši motivator za celotno podjetje, ki na tem in drugih procesih uvede nadaljnje izboljšave.

Celoten proces je zelo intuitiven, zato se ljudje brez težav vključijo, predlagajo veliko inovativnih rešitev ter tudi sodelujejo pri uvajanju. Tako se sočasno presežejo odpori proti spremembam, saj ljudje sami sodelujejo pri prenovi procesa, kjer delajo.

■ 3 Primer vitke preobrazbe procesa izdelave komolčnika

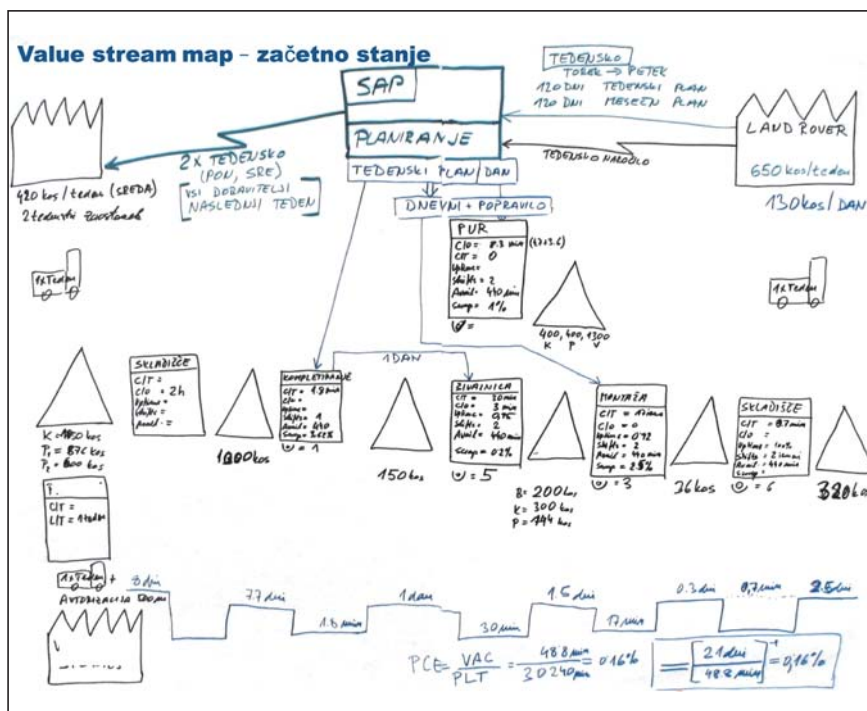
Začeli smo s celodnevno delavnico za vodstvo in delovno skupino, kjer smo spoznali pojme in besednjak vitkosti, pogledali primere dobre prakse ter na timski igri preizkusili učinkovitost. Skupna začetna delavnica z vodstvom je pomembna, ker mora vodstvo razumeti, kaj bo delala skupina, jo podpirati

in sodelovati pri odločitvah. Na ta način se začne proces spreminjanja podjetja. Za vodstvo vitkost začenja postajati filozofija in način vodenja, za zaposlene v procesih pa način, kako z manj napora doseči več in stalno izboljševati delovne procese.

V skupini so bili ljudje iz nabave, logistike, planiranja, tehnologije, proizvodnje in kakovosti. Taka skupina se dotika tako kupca kot dobaviteljev in izdelkov. V skupini niso bili predvsem vodje, ampak tisti, ki iz prve roke poznajo vse detajle problematike na posameznih delih procesa in jim vodstvo zagotovi čas za delo na projektu.

Na *sliki 1* je začetno stanje procesa, kakor ga je narisala skupina na ležerici A0-format papirja. Ni namen slike, da bi točno pokazala vse elemente, o katerih je tekla beseda v delovnih skupinah. Namen slike je dati vtis in približno ilustrirati tok dodane vrednosti. Podroben opis postopka in pomen znakov je v [3]. Zgoraj desno se nariše kupec in njegove tedenske potrebe po izdelkih. V sredini se od desne proti levi narišejo koraki procesa, v našem primeru skladišče, montaža, šivalnica, kompletiranje, vhodno skladišče. Vrišejo se podatki za čase menjav, proizvodne čase, zanesljivost, razpoložljivost in podobno. Vnesejo se vmesne zaloge, kakor jih identificiramo med ogledom. Levo se vrišejo dobavitelji in frekvenca dobav. Zgoraj v sredini je planska služba in na puščicah podatki o informacijskih tokovih, na primer kolikokrat tedensko naroča kupec, naročamo dobaviteljem, katere operacije v procesu dobijo proizvodni plan in podobno.

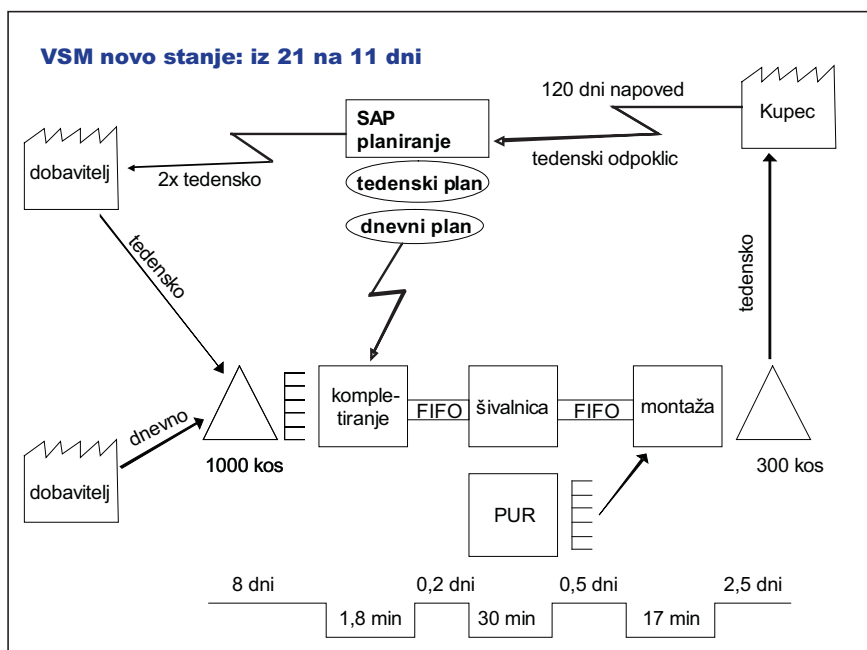
Na spodnjem delu slike se izračuna časovna učinkovitost procesa (PCE) kot kvocient. V števcu je vsota časov, ko se polizdelku v tehnološkem procesu dejansko dodaja vrednost. V imenovalcu je čas, ki ga polizdelki prebijejo v podjetju od dobave do pošiljke. Kvocient PCE je običajno nižji od 1 %, najboljši procesi mogoče dosegajo 10 %. Eden glavnih ciljev vitke preobrazbe je zvišati PCE, torej skrajšati čas, ki ga nek material prebije v podjetju.



Slika 1. Začetno stanje

Skupina se je v nadaljevanju osredotočila na risanje izboljšane procesa. Na *sliki 2* je prikazano zeleno novo stanje procesa. Zgoraj na sliki je navedeno, da je bilo pred preobrazbo za pretok skozi proces potrebnih 21 dni, kar smo skrajšali na 11 dni. Tako se je PCE zvišal z 0,16 % na 0,3 %. Tehnološki časi se niso spremenili, skrajšan je bil samo čas, ko material čaka v skladiščih ali v vmesnih zalozah.

To skrajšanje pretočnega časa in zmanjšanje zaloz ima večkratne pozitivne učinke. Zmanjšajo se prekladanje, štetje in skladiščenje. Zaradi manjših vmesnih zaloz se morebitni defekti ne morejo niti skriti niti kopičiti. Sprostijo se obratni kapital, prostor, ljudje in oprema. Zmanjšajo se možnosti za nekurantne zaloge in porabo surovin v napačne izdelke. Izboljšajo se neželeni odstopki toleranc izdelkov in stroškov. Zaradi



Slika 2. Želena stanje

Ločevanje aktivnosti v procesu, ki:

Dodajajo vrednost

Omogočajo delo

Potrate

Izpolnil: Alerk Področje: Montaža L...
 Datum: 4. okt Izdelek: kom. Lan...
 over
 over

ACTIVITY SAMPLING FORM

Operation	Assembly	Tool Handling	Part Handling	Stock Prep	Walk	Wait	Inspect	Other	Total	Comments
Deloperacija	Montaža/Šivanje	Upravljanje z orodjem	Upravljanje s predmetom	Priprava materiala	Hoja	Čakanje	Kontrola	Drugo	Skupaj	Opombe
Sestava mehanike in PUsurovca	65			8					100	
	65	3	2	1				27		
Kontrola in pakiranje	27			31					100	
	27	11	20		3	1	5	42		

Total

Total

Total



Slika 3. Ločevanje opravil glede na koristnost

hitrejši odzivnosti se izboljša servis kupcem.

Na sliki 2 je narisana spremenjen proces. Kupec (zgoraj desno) sporoči tedensko naročilo. Kupec dobi pošiljko tedensko iz skladišča gotovih izdelkov (trikotnik desno). V primerjavi s prejšnjo sliko so v toku sedaj le tri operacije. Skladišče polni montaža, ki jo preskrbuje šivalnica, in njo kompletiranje polizdelkov. Kompletiranje jemlje polizdelke iz supermarketa, narisane kot pokončne grablje. Vhodno skladišče je narisano kot trikotnik. Levo sta narisana dva ključna dobavitelja, eden dobavlja dnevno, drugi tedensko.

Planska služba izdela dnevni plan, ki ga dobi samo tehnološka faza kompletiranje polizdelkov. Tako postane ta faza dajalec takta. Šivalnica zašije tisto, kar ji dajalec takta dostavi. Ravno tako montaža sestavi po vrsti

izdelke, ki jih dobi iz šivalnice, pri tem uporabi tudi penaste izdelke iz poliuretana, na sliki označeno kot PUR. Polizdelki potujejo v toku, tako da prvi komplet polizdelkov tudi prvi pride ven iz toka, po angleško »first in, first out« ali FIFO. Plan je izravnani, to pomeni, da se stalno izmenjujejo različne šifre izdelka, po barvi in tipu materialov. To povzroči enakomerno odzemanje s strani dobaviteljev in skladišč, kar pomaga zmanjšati vhodne zaloge, saj dobavitelji dobijo boljše napovedi in dobavljajo z minimalno potrebno zalogo.

Veliko dela v procesih je jalovega, to so nepotrebne hoje in transporti, preštevanje in prekladanje nepotrebni zalog, čakanje, poraba materialov v nepotrebne zaloge, preveč procesov, odpadki in zanemarjanje potenciala zaposlenih. Na sliki 3 je prikaz meritve del na procesu. Namen slike

ni natančno popisati pomen vsakega detajla, ampak želimo prikazati, da so to relativno enostavne metode štetja in zapisovanja. Dela se ločeno beležijo kot tista, ki dodajajo vrednost izdelku, na primer šivanje in montaža. Nekatera dela omogočajo proces, kot so priprave materialov ter gibanje delov in orodij. Nekatera dela so nepotrebna, identificirajo se zato, da se odpravijo. Pri sami izvedbi projektov izboljšav je koristno uporabljati znanja iz projektnega vodenja [5].

Sam proces je bil balansiran, to pomeni, da je delo v procesu tako razdeljeno med delavce, da ni nihče preobremenjen ali da bi vmes čakal na polizdelke.

V konkretnem primeru smo naredili spremembo pri postavitvi strojev in transportne drže, kar je zahtevalo le minimalne stroške. Poenostavila se

je izdelava plana. Spremenjene so bile pakirne enote. Izključilo se je vmesno knjiženje in preštevanje v skladišču. Potrebno je bilo dodatno izobraževanja zaposlenih.

■ 4 Rezultati preobrazbe

Za 18 % se je zvečala izkoriščenost šivalne in montažne linije. Odpravljena so bila nepotrebna opravila (hoja, čakanje, vmesne zaloge, štetje, kontrola ...). Prihranili smo preko 50 m² proizvodnega in skladiščne ga prostora. Sočasno smo prihranili inventar: šivalne stroje, mize in regale.

Zmanjšale so se vhodne, vmesne in končne zaloge. Odpravile so se drage nujne pošiljke tako od dobaviteljev kot proti kupcu. Vse to je znižalo stroške procesa, kot je prikazano na sliki 2. Letni prihranki na tem in sosednjih procesih se merijo s petštevničnimi vsotami evrov.

Sočasno se je izboljšal servis za kupca, predvsem boljša kompletnost dobav in višja kakovost izdelkov.

Ravno tako pomembni so drugi učinki. Ustvarili smo dobro prakso, saj se tovrstne izboljšave prenašajo na druge linije. Povečala se je kompetitivnost tovarne v korporaciji in na trgu. In nenazadnje: doseže se večje zadovoljstvo zaposlenih, saj so bolj povezani s procesom, bolj konkurenčen proces pa jim nudi večjo zaposlitveno varnost.

Reference

- [1] Liker, J. K., in Meier, D.: The Toyota Way Fieldbook – a Practical Guide for Implementing Toyota's 4P, McGraw-Hill Inc, New York, 2006.
- [2] Horžen, A.: Kaizen – Transforming Operations into a Strategic Competitive Advantage, DR-

VUP, Cerklje ob Krki, 2005.

- [3] Rother, M., in Shook, J.: Learning to See, The Lean Enterprise Institute, Cambridge MA, 2003.
- [4] Internetna stran organizacije Lean Enterprise Institute (<http://www.lean.org/>).
- [5] Metlikovič, P.: Ključni dejavniki uspešnosti pri izboljševanju razvoja izdelkov in procesov v podjetju, Zbornik posveta Forum 2007 – posvet Slovenskega združenja za projektni management, Ljubljana, 2007.

Prispevek je bil predstavljen na posvetu Vitka organizacija: Kako se prilagoditi novim razmeram? Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, 11. marec 2009. Ventil je bil medijski sponzor posveta.



HIB, Kranj, d.o.o.
Savska c. 22, 4000 Kranj, Slovenija, tel.N.C.: 04/280 2300, fax: 04/280 2321
<http://www.hib.si>, E-mail: info@hib.si




PROIZVODNI PROGRAM:

- Visokotlačne hidravlične cevi
- Industrijske cevi
- Priključki za hidravlične in industrijske cevi
- Hitre spojke za hidravliko in pnevmatiko
- Komponente za hidravliko
- Komponente za pnevmatiko
- Transportni trakovi
- Klinasti jermeni
- Tehnična guma






Zastopamo: SEMPERIT (Avstrija), HABASIT (Švica)
SALAMI (Italija), DNP (Italija), ZEC (Italija), MERLETT (Italija)
AEROQUIP (Nemčija), NORRES (Nemčija), LUDECKE (Nemčija)

Poslovne enote:

LJUBLJANA, Središka ul. 4, 1000 Ljubljana, tel.: 01/542 70 60, fax: 01/542 70 65

CELJE, Lava 7a, 3000 Celje, tel.: 03/545 30 59, fax: 03/545 32 00

PTUJ, Rajšpova ul. 16, 2250 Ptuj, tel.: 02/776 50 71, fax: 02/776 50 70

MARIBOR, HPS d.o.o., Ob nasipu 36, 2342 Ruše, tel.: 02/668 85 36, fax: 02/668 85 37

SLOVENJ GRADEC, Kov. galant. ŠTRUC, Pod bregom 4, 2380 Sl. Gradec, tel.: 02/883 86 90, fax: 02/883 86 91

BREŽICE, Sečen Ivan s.p., Samova ul. 8, 8250 Brežice, tel.: 07/496 66 50, fax: 07/496 66 52

KOČEVJE, Protos d.o.o., Reška cesta 13, 1330 Kočevje, tel./fax: 01/895 49 12

SEMIČ, Kovinostrugarstvo Martin Radoš, Cerovec 3, 8333 Semič, tel.: 07/306 33 20

Hidravlika na vse bolj elektrificiranih letalih

1. del – koncept Fly-by-Wire in hidravlika

Darko LOVREC

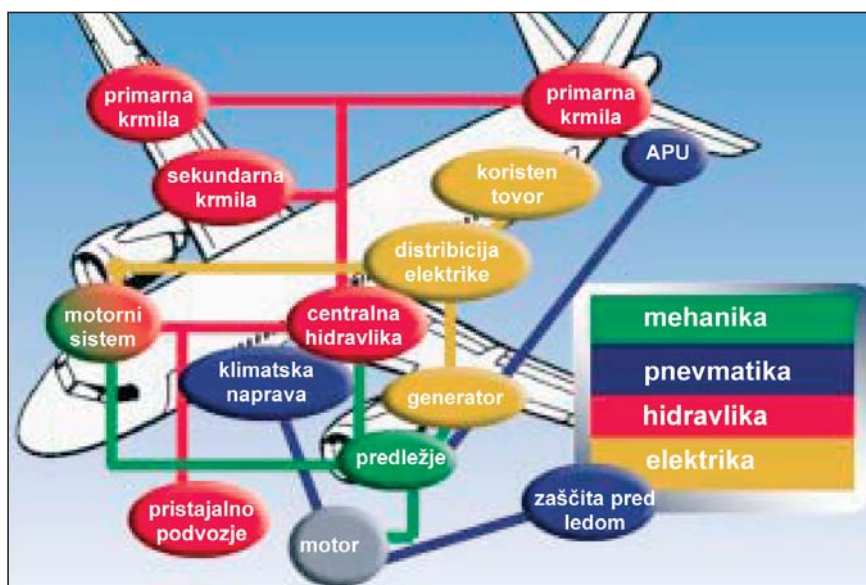
Za krmiljenje letenja se je v zgodnjih izvedbah letal uporabljal koncept neposrednega mehanskega krmiljenja, sprva preko vzvodov, kasneje pa pletenic. V 40. letih je mehanski koncept dobil podporo hidravlike kot mehansko hidravlično krmiljenje in kasneje kot hidromehansko krmiljenje leta. V obdobju med 60. in 70. leti se je prvič pojavil koncept vodenja letenja po žici – Fly-by-wire, ki ga je kot prvo uporabljalo potniško letalo Concorde. Aktuatorji so pri tem sistemu še vedno hidravlični, po večini napajani centralno. Zaradi svoje velike gostote moči se je hidravlična pogonska tehnika v različnih oblikah in kombinacijah ter konceptih ohranjala vse do danes. V zadnjem času pa sistem Fly-by-Wire zaradi vse večjih pritiskov na zniževanje stroškov nadomeščajo novejša filozofije gradnje letal. Pri tem pa hidravlična pogonska tehnika izgublja svoj položaj.

Vloga hidravlike na današnjih letalih

Na vse bolj konkurenčnem trgu letalskih prevoznikov, še posebej nizkocevnovnih, igra vse bolj pomembno vlogo strošek letala oz. stopnja dobička, gledano na sedež-kilometer. Da bi zmanjšali operativne stroške letala, dajejo izdelovalci vse večji poudarek novim, cenejšim tehnologijam, ki vplivajo na stroške vzdrževanja in porabe goriva. Poleg ekonomskega vidika pa je v zadnjem času v ospredju (mogoče bolj kot reklama za večjo konkurenčnost) tudi poudarjanje večje prijaznosti do okolja.

Da bi dosegli nižje stroške, ima letalska industrija po mnenju strokovnjakov tri možne opcije: optimizacija opreme letala in motorjev (t. i. sklop AES – aircraft equipment system), optimizacija celotnega sistema zgradbe letala kot celote, pri čemer se uporabi nova filozofija pristopa

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

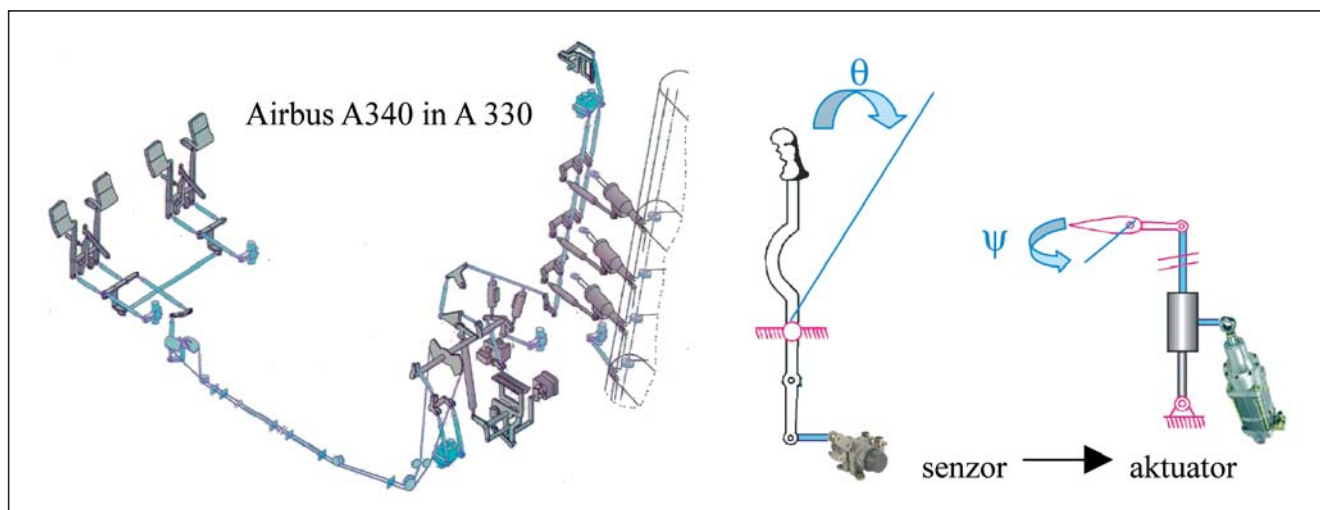


Slika 1. Viri moči na potniškem letalu [1]

h gradnji, in kot tretja optimizacija rešitev, ki izpolnjujejo zahteve po funkcioniranju [1].

V preteklosti je letalska industrija večinoma uporabljala le prve možnosti – optimizacija opreme letala. Skozi desetletja razvoja so letalski inženirji vlagali velike napore in sredstva v izpopolnjevanje posamezne

opreme, iskanje rešitev za izboljšanje učinkovitosti, premagovanje negativnih interakcij med raznovrstnimi sistemi, ..., kar je pripeljalo do velike (komajda obvladljive) kompleksnosti sistemov na letalu. Kljub vsemu pa so na letalu še vedno mnogi energetsko in funkcijsko neučinkoviti porabniki, tudi takšni večjih moči. Vzrok za to je potrebno iskati v zgodovinskem



Slika 2. Od mehanskega sistema krmiljenja letala s podporno hidravlike (levo) do sistema Fly-by-Wire (desno) [3]

odporu pri reševanju problemov na ravni celotnega letala, delno tudi zaradi pomanjkanja primerne tehnološke alternative in pa raznovrstnosti sistemov na letalu.

Raznovrstnost vgrajene tehnike in konvencionalno porazdelitev moči oz. vrste energije na običajnem večjem potniškem letalu prikazuje slika 1.

Hidravlična pogonska tehnika je bila v tradicionalnih sistemih letalske tehnike do sedaj kar dobro zastopana. Zaradi visoke gostote energije in zanesljivosti se hidravlični aktuatorji uporabljajo:

- v primarnih sistemih za krmiljenje leta, kot so krilca, višinsko krmilo, smerno krmilo, spojlerji, ...,

- v sekundarnih sistemih za krmiljenje leta, kot so zakrilca na zadnjem robu krila, višinski stabilizator, smerni stabilizator, zračne zavore, ...,
- pristajalno podvozje, skupaj z aktuatorji za izvlečenje in uvlečenje podvozja, zavorami koles in krmiljenjem nosnega kolesa,
- ostale naprave, kot so npr. vrata za potnike in tovor, ...

Običajno sta na velikem potniškem letalu dva glavna centralna sistema s črpalkama, ki dobavljata hidravlično energijo vsem hidravličnim aktuatorjem. Črpalke poganjata letalska motorja preko zobniškega prenosa.

Primarne krmilne površine imajo dvojni ali trojni pogon – t. i. redun-

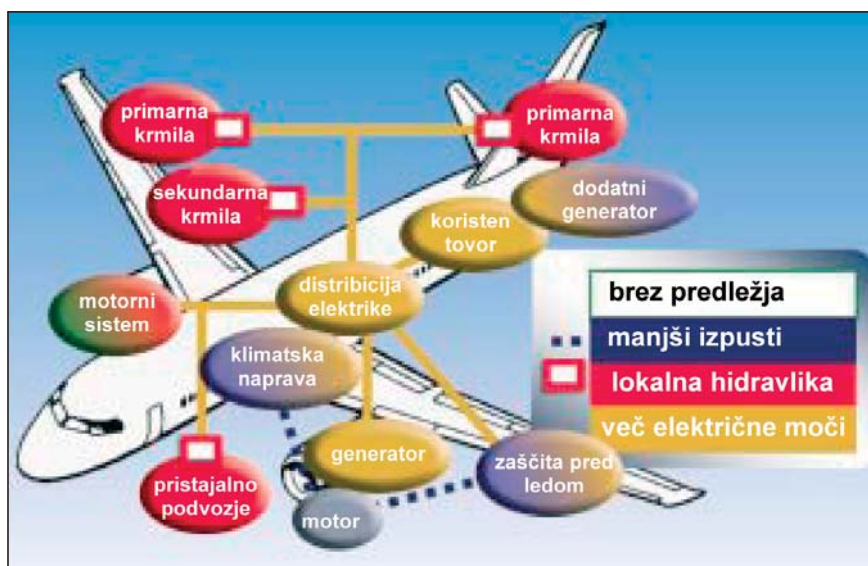
danca pogonov – za primer izpada napajanja glavne črpalke pa obstajajo še rezervne črpalke, gnane z električnimi motorji. Poleg električno gnanih črpalk obstajajo še črpalke, ki jih poganja vetrnica, ki se v primeru odpovedi vseh ostalih črpalk spusti iz trupa letala in zagotavlja hidravlični tlak. Po mnenju nekaterih strokovnjakov s tega področja in glede na novo filozofijo gradnje sistemov na letalu so sedanji krmilni sistemi na letalu zasnovani preobsežno.

Fly-by-Wire in elektrifikacija letala

Nekoč so letala za krmiljenje potrebovala mehanske povezave med posameznimi sklopi – stare dobre Cessne še vedno uporabljajo tak sistem. Potem se je pojavil Fly-by-Wire, ki je povzročil majhno revolucijo, predvsem zaradi zmanjšanja teže in večje svobode pri oblikovanju zrakoplovov.

Mehanski in hidromehanski sistemi za krmiljenje leta so težki in zahtevajo skrbno usmerjanje krmilnih površin s pomočjo kablov, uporabo sistemov jermenic, ročic, žic, ob pomoči hidravlične podpore, hidravličnih cevi ... Primer mehanskega sistema krmiljenja s podporno hidravliko na Airbusu A340 in A330, zasnovan v 40. letih, in prvi koncept Fly-by-Wire prikazuje slika 2.

Fly-by-Wire (FbW) dejansko pomeni sistem prenosa električnega signala nadzorno-krmilnega sistema po ele-



Slika 3. Potencial optimirane arhitekture – elektrificirano letalo

kričnem vodniku – »po žici«. Ta pojem pa se na splošno uporablja tudi v smislu računalniške nastavitve kontrole, kjer računalniški sistem posreduje med ukazom upravljalca in končno akcijo – proženje aktuatorja in posledično, ob upoštevanju kar se da največjega operativnega in varnostnega učinka, premik določene krmilne površine letala.

Zaradi povečanja zanesljivosti delovanja so določene funkcije in aktuatorski sistemi izvedeni večkratno (redundanca) in z različnimi vrstami energije. Sistemi so grajeni tudi s štirimi neodvisnimi krmilnimi kanali in aktuatorji, pri čemer sistem v primeru izpada celo dveh signalov ali aktuatorjev še vedno deluje varno. Nadaljnja prednost sistema FbW je manjša teža izvedbe kot podobna zasnova z v celoti mehansko ali hidravlično tehniko.

Prednosti nadzora FbW so najprej izkoriščali na področju vojaških letal in šele nato v komercialnih letalskih družbah. Prvič se je FbW pojavil v 60. oz. 70. letih prejšnjega stoletja na Concordu, Airbus je začel uporabljati ta sistem s serijo letal A320, A330 (čeprav so nekatere funkcije omejenega sistema FbW obstajale tudi že na A310), Boeing pa je temu konceptu sledil z modelom 777 in kasnejšimi modeli.

Današnji elektronski sistemi FbW se prožno odzivajo na spreminjajoče se aerodinamične pogoje, zahtevajo manj vzdrževanja (kot v celoti samo mehanski in hidravlični sistemi, npr. preverjanje puščanja, menjavo

tekočine ipd.), poleg tega pa sta povečana varnost in nadzor sistema. Sistem FbW dejansko preko elektronskega vmesnika nadomešča ročni nadzor letenja letala. Krmilni signali pilota se pretvorijo v elektronski signal, računalnik pa določi kako premakniti ustrezen aktuator, da se doseže pričakovani odziv. Aktuatorji so običajno hidravlični, lahko pa tudi električni.

Glavna zaskrbljenost glede uporabe sistemov FbW je namenjena njihovi zanesljivosti. Medtem ko tradicionalni mehanski ali hidravlični krmilni sistemi navadno izgubljajo svojo funkcijo postopoma, pa električni sistem povzroči nenadno izgubo celotne kontrole letenja, tako da letalo lahko postane neobvladljivo. Iz tega razloga večina sistemov FbW predvideva uporabo več računalnikov (sistemi tripleks, kvadrupleks itd.), neko vrsto rezervnih mehanskih ali hidravličnih sistemov ali pa kombinacijo obeh – mešani sistem za nadzor. Zaradi različnih sistemov, ki posledično vodijo do izredno kompleksne, energetsko potratne in težke izvedbe letala, letalski inženirji iščejo poti za zmanjšanje omenjenih problemov. Ena od rešitev je povečana uporaba električno delujočih sistemov.

V bolj električni koncept se je krmilni sistem letala razvijal iz potrebe po zmanjšanju količine hidravličnih vodov, ne samo zaradi zmanjšanja problemov vzdrževalnega osebja, ampak tudi zaradi zmanjšanja kompleksnosti in teže instalacije. To se danes lahko dosega zaradi večje zmogljivosti komponent za proizvo-

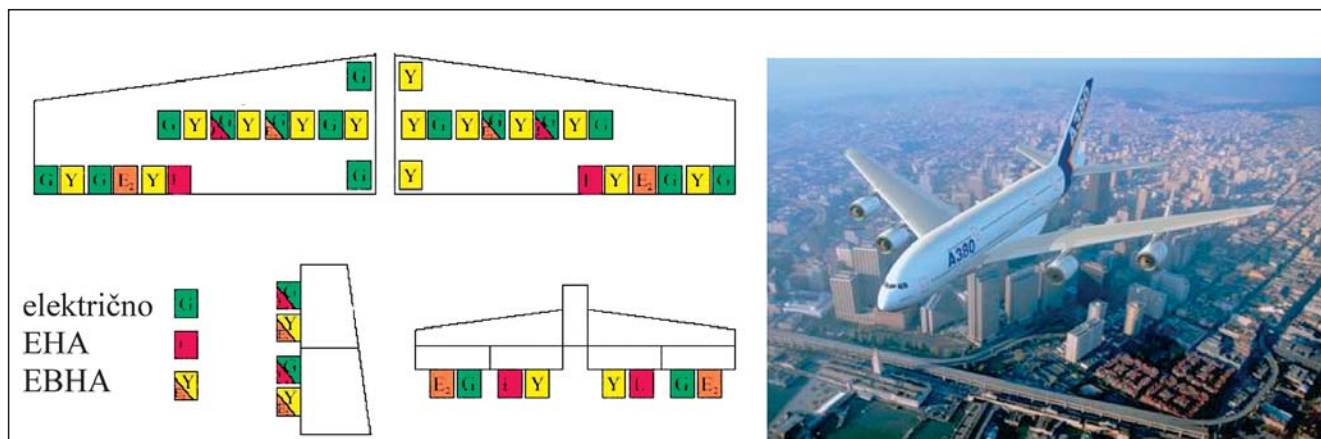
dnjo električne energije in njenega prenosa ter sodobnejše tehnologije gradnje in izvedbe aktuatorjev.

K zmanjšanju obsega hidravličnega omrežja v letalu pripomore uporaba kompaktnih elektrohidravličnih aktuatorjev. Dejansko so to miniaturne kompaktne hidravlične pogonske enote (t. i. hydraulic power pack). Z njihovo uporabo centralno hidravlično omrežje dejansko ni več potrebno. S takšnimi lokalnimi sistemi se izvajajo funkcije primarne in sekundarne kontrole leta ter ostalih uporabnikov hidravlike – npr. podvozja (slika 3).

Trend zasnove pogonskih sistemov se tako pomika od obsežnih centralnih hidravličnih sistemov, v katerih glavno črpalko poganja letalski motor, v smeri k električnemu pogonu – s povečano zmogljivostjo električnega generatorja in večjim številom samostojnih, avtonomnih elektrohidravličnih kompaktnih pogonov. Končni cilj takšnega razvoja je sicer popolnoma elektrificirano letalo, opremljeno s sodobnimi generatorji, vgrajenimi v pogonski motor. Kljub vsemu se danes krmilne površine za najbolj zahtevne aplikacije še vedno premikajo s hidravličnimi aktuatorji. Občutno se je zmanjšal samo obseg hidravličnega cevnega omrežja.

Fly-by-Wire na sodobnih širokotrupnih potniških letalih

Teža in kompleksnost izvedbe hidravličnega sistema za krmiljenje potniškega letala s 500 do 600 potniki predstavljata enega večjih problemov.



Slika 4. Vrsta aktuatorjev za krmiljenje leta na A380 [5]

Pri razvoju takšnih letal so se pri Airbusu zamislili nad tem problemom in začeli uporabljati električno krmiljene aktuatorje. Primer takšnega velikopontniškega letala je njihov A380.

Zaradi izjemne velikosti letala je bilo potrebno poiskati nov pristop k tehnologiji krmiljenja letala. Razpon krila znaša približno 80 m, kar je skoraj dolžina nogometnega igrišča, dolžina letala pa je le nekoliko manjša. Te dimenzije dokazujejo, da gre za eno največjih letal klasične oblike, ki so bila zgrajena do sedaj. Potniki so v dveh nadstropjih, pri čemer spodnje odgovarja velikosti letala A340, dodano zgornje pa velikosti letala Boeing B747.

Čeprav so bili vertikalni in horizontalni stabilizatorji letala zaradi manjše teže zasnovani čim manjši, so glede na prejšnje modele Airbusov še vedno izredno veliki. Vertikalni stabilizator A380 ima npr. površino enako površini krila letala A320, velikost horizontalnega stabilizatorja pa je enaka velikosti krila letala A310.

Za premikanje vseh teh ogromnih površin je potrebna hidravlična pogonska tehnika. Ker pa je potrebno nadzorovati veliko večje površine kot pri letalih prejšnjih generacij, bi bilo v primeru A380 potrebne mnogo več hidravlične moči in seveda več tekočine. To bi predstavljalo dodano maso in kompleksnost izvedbe sistema za distribucijo energije.

Ker je A380 veliko večjih dimenzij kot njegovi predhodniki, bi izvedba zahtevala veliko dolžino hidravličnih vodov večjega premera, da bi lahko obvladovali padce tlaka. Takšni cevovodi pa so veliko težji, težje pa jih je tudi vgraditi. Zaradi večjih pogonskih motorjev letala je zahtevnejše tudi speljati cevovod vzdolž trupa. Uporaba elektrificiranih kompaktnih aktuatorjev omogoča letalskim inženirjem med seboj učinkovito ločiti razvod energije in pri tem prihraniti na teži – namesto centralnega hidravličnega omrežja uporaba električnih vodnikov in kompaktnih hidravličnih aktuatorjev.

Nadaljnji velik prihranek na teži pa omogoča dvig nivoja tlaka v preosta-

lih hidravličnih vodih. Ideja izhaja že iz leta 1942, ko so vojaška in nekatera potniška letala že uporabljala tlak, višji od tipičnih 210 bar (DC4 Skymaster). Pri Airbusu so testiranja v letu 1999 pokazala, da se z uporabo visokotlačne hidravlike, ki deluje na tlaku približno 345 bar (5000 psi), občutno zmanjša teža izvedbe. Zelena izvedba z vseelektričnimi aktuatorji je bila zavrnjena zaradi nezrelosti za prenašanje obremenitev. V takšni izvedbi bi pristajalno ogrodje tehtalo več kot 20 ton. Končna rešitev je uporaba delno decentraliziranega sistema, ki vsebuje hidravlični rezervoar za napajanje več elektrohidravličnih aktuatorjev, kar omogoča povprečen prihranek na teži okoli 100 kg.

Povečanje tlaka od 210 na 345 bar posledično omogoča tudi uporabo komponent manjših izmer. Na ta način niso manjše samo uporabljene komponente, temveč tudi celotno cevno omrežje, količina potrebne tekočine, instalacija pa lažja. Za primerjavo omenimo, da že sedaj znaša premer sesalne cevi okoli 50 mm, v primeru sistema z nižjim tlakom pa bi bil veliko večji. Pretočne količine so pri 345-barskem sistemu za 40 % manjše kot pri 210 bar, saj se namesto črpalke kapacitete 265 l/min. lahko uporabijo s 160 l/min. Že na ta način je Airbus dosegel 20 % zmanjšanje teže samo na račun črpalk manjših izmer in pretočnih količin.

Vsesplošna korist je jasna: izboljšana zanesljivost in vzdrževalnost, zmanjšana teža, večji prihranek stroškov, nenazadnje tudi večja varnost zaradi uporabe različnih vrst uporabljenih energije. Kombinacija višjega hidravličnega tlaka in »več električnega« nadzora sta pripeljali do zmanjšanja mase tega letala za približno 1500 kg.

Tudi na snovanju arhitekture pogonov in sistemov na A380 so letalski inženirji delali več kot desetletje. Rezultat tega dela je arhitektura »dva plus dva«: aktuatorski sistem nadzora leta je izveden z neodvisnim napajanjem iz štirih neodvisnih virov energije – dveh hidravličnih in dveh električnih. Primer različnih virov

energije in pogonov na letalu Airbus A 380 – električni servoaktuator, elektrohidrostatični aktuator EHA ali elektromehanski servoaktuator s hidravlično podporo EBHA – prikazuje *slika 4*.

S spreminjanjem konceptov gradnje letal in arhitekture pogonov ter sistemov za krmiljenje leta se je spreminjala tudi vloga hidravlike na letalu. Tako se je hidravlika v desetletjih razvoja preoblikovala iz centralno napajanih aktuatorjev v obliko z decentraliziranimi kompaktnimi hidravličnimi sistemi, ki delujejo z višjim delovnim tlakom. Osnovno vodilo »preobrazbe« je bilo zmanjšati težo in s tem porabo goriva oz. pridobiti več na koristnem tovoru. Vse večjo vlogo pa dobiva uporaba elektrike.

Danes uporabljeni koncept upravljanja letala »po žici« – Fly-by-Wire – je samo uvod v t. i. vseelektrično letalo, pri katerem vse površine, pomembne za let, premikamo zgolj s pomočjo električne energije ob optimalni porabi moči. Ob uvajanju teh konceptov pa je vloga hidravlike na letalih vse manjša.

Literatura

- [1] Faleiro, L.: Beyond the More Electric Aircraft; Aerospace America, september 2005; American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- [2] Jones, R. I.: The More Electric Aircraft – The Past and The Future?; College of Aeronautics, Cranfield University; The Institution of Electrical Engineers. Printed and published by the IEE, Savoy Place, London WC2R, 1999.
- [3] Wheeler, P.: The More Electric Aircraft, Why Aerospace Needs Power Electronics; University of Nottingham, Nottingham, UK, 2008.
- [4] Rosero, J. A., Ortega, J. A., Aldabas, E., Romeral, L.: Moving Towards a More Electric Aircraft, IEEE A & E SYSTEMS MAGAZINE, MARCH 2007.
- [5] N. N.: <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/> (25. 07. 2009).

Brezkontaktni merilnik pomika za vgradnjo v hidravlične in pnevmatične cilindre

Merilniki pomika TIM, ki jih izdeluje nemško podjetje *Novotechnik*, so primerni za vgradnjo neposredno v tlačni prostor cilindra, s čimer omogočajo enostavno rešitev za merjenje njegovega giba.

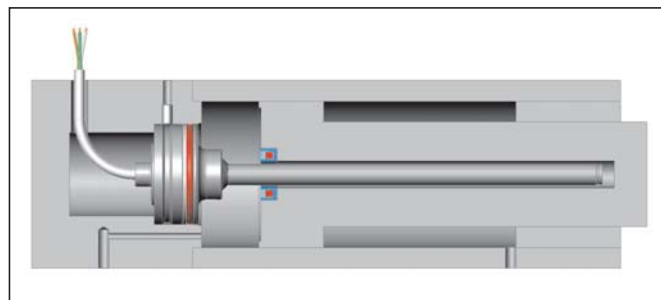
Merilnik sestavlja prirobnica iz nerjavnega jekla, zvarjena s palico, neobčutljivo na tlak, in dajalnik položaja. Elektronska obdelava signala je v celoti integrirana v prirobnici. Palica kot odjemnik gibanja se prilega v vstavljeno batnico. Dajalnik položaja je vstavljen v dno batnice. Celotni merilnik je vgrajen v notranjost cilindra in zaščiten pred zunanjimi vplivi. Zaradi tega in zaradi njegove trpežnosti je primeren za neprijazna okolja in mobilne aplikacije.

Odlikujeta ga velika točnost meritve in visoka dinamičnost, merilni postopek pa je neobčutljiv na okolje oziroma na hidravlično tekočino v cilindru. Velika mehanska neobčutljivost odjemnika gibanja in način delovanja zagotavljata visoko odpornost sistema na udarce in vibracije.

Merjenje poteka s pomočjo obročastega dajalnika položaja, ki se prosto giblje po palici. Brezkontaktna sklopitev poenostavi montažo, odsotnost trenja pa tako omogoča neomejeno življenjsko dobo mehanskih delov in neomejeno hitrost dajalnika položaja na merilni razdalji do 2500 mm. Stopnja ponovljivosti 0,01 % je neodvisna od merilne razdalje.

V merilnik je vgrajen sistem za obdelavo signala, tako da dobimo stan-

dardne tipe izhodnih signalov, kar pomeni, da v povezavi s krmiljenjem ni več potrebe po dodatnih napravah za obdelavo signala.



Slika 1. Namestitev merilnika v cilindru – izvedba s čepno prirobnico

Merilnik ustreza običajnim predpisom o elektromagnetni združljivosti v mobilnih aplikacijah in je odporen na visoko frekvenčno polje do 200 V/m.

Poleg navojne prirobnice M18 x 1,5 ali čepne prirobnice $\varnothing 48$ mm, ki sta standardni izvedbi, modularna zgradba omogoča različne tipe prirobnic in načine vgradnje glede na potrebe stranke. Priključitev je lahko izvedena z vtičnico ali s kablom.



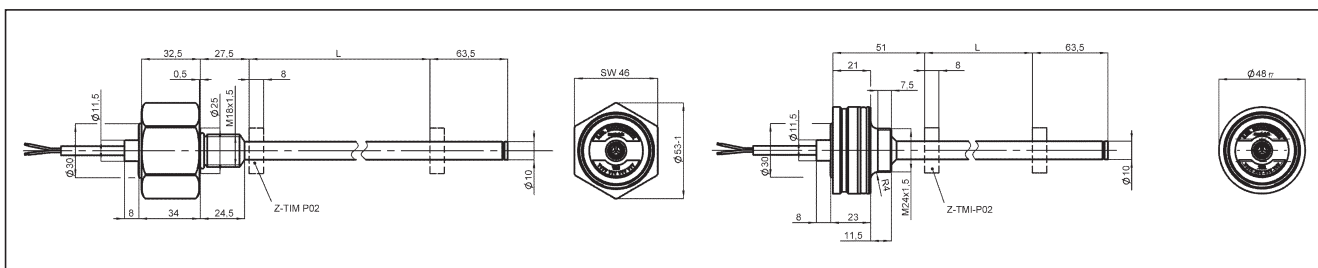
Slika 2. Primera uporabe. Merilniki so vgrajeni v hidravlične cilindre za manipulacijo z vrati in kontejnerjem in v cilindru za nastavitev višine kose kombajna.

Magnetostrikcija

Elastična deformacija molekularne strukture feromagnetnih materialov (železo, nikelj, kobalt) in njihovih zlitin se imenuje magnetostrikcija. Mikromehanska deformacija se zgodi ob spremembi magnetizma. Magnetna struktura feromagnetnih materialov je sestavljena iz vsote nešteti-

lementarnih magnetov. Tisti z enako magnetno usmerjenostjo so zbrani v omejenih območjih, imenovanih Weissove domene ali območja. Magnetna usmerjenost teh Weissovih območij je v nenamagnetnem stanju neurejena in poljubna. Ob delovanju zunanjega magnetnega polja se določeno število območij usmeri v smeri magnetnega polja.

Število tako usmerjenih območij je odvisno od jakosti zunanjega mag-



Slika 3. Izvedba z navojno prirobnico (a) in s čepno prirobnico (b)

netnega polja in mehanskih lastnosti feromagnetnega materiala. Sprememba magnetizma teh območij povzroči mehansko spremembo oblike, pri čemer nastanejo mehanski valovi. Mehanski val je vzvojni val, ki nastane na območju vzbujanja zaradi zunanjega magneta. Torzijski val se v feromagnetnem materialu širi s hitrostjo 2.800 m/s. Ta fizikalna lastnost je osnova magnetostriksijskega detektorja premika oz. lege.

Način delovanja merilnika

Feromagnetni material z oblikovanimi magnetostriksijskimi lastnostmi (valovod) se nahaja vzdolž merilne proge v robustnem ohišju v obliki palice. Zunanje magnetno polje (dajalnik položaja) določa merilno mesto. Spontana sprememba v magnetizaciji nastane ob sodelovanju zunanjega magnetnega polja in zelo kratkega tokovnega impulza, ki steče skozi valovod. Torzijski val se širi po valovodu. Čas med vzbujanjem

in sprejemom torzijskega vala v valovnem pretvorniku se z elektroniko pretvori v ustrezno vrednost pozicije.

Več informacij na: <http://www.novotechnik.de/>

Vir: *Adept plus, d. o. o., Hrašče 5, 6230 Postojna, tel.: 05-75-36-136, faks: 05-75-36-138, www.ad-avtomatizacija.si, g.Boštjan Krošelj*

IRT 3000
inovacijerazvojtehnologije
www.irt3000.si


strojnistvo.com
križišče strojnikov



Projektiranje in izdelava strojev, krmilnih elektro omaric in prodaja komponent s področja avtomatizacije.

Celotna strokovna ekipa pod eno streho omogoča kratke odzivne čase!


avtomatizacija
industrijskih procesov

Adept plus d.o.o.
Hrašče 5, SI-6230 Postojna
www.ad-avtomatizacija.si



IFAM
international trade fair of
automation & mechatronic
27.-29.01.2010
hall K, Celje, Slovenia www.ifam.si

Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo, robotiko, mehatroniko, ...

International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...

icmw
PASSION FOR PERFECTION
ifam@icmw.si

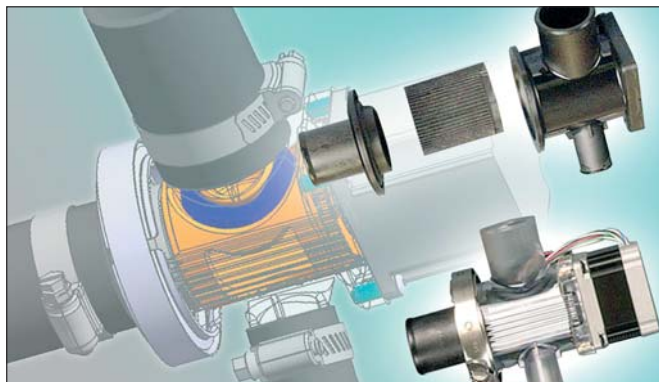
Nova izvedba digitalnega zasučnega krmilnega ventila

Pri DuPontu ocenjujejo, da bo tradicionalno »analogno« termostatsko krmiljenje temperature na vozilih kmalu preteklost. Tako vsaj meni njihov inovator *Tom Hollis*. Prehod na digitalno krmiljenje kritičnih fluidnih sistemov je lahko pot k povečanju gospodarnosti izrabe pogonskih goriv, zmanjšanju škodljivih emisij motorjev in podaljšanju trajnosti sestavnih delov in delovnih fluidov.

Zanimivo je, da sodobni sistemi na vozilih še vedno analogno krmilijo interakcijo motorja in hladilnega sistema. Delovni fluidi med drugim ščitijo sestavne dele motorja in prenosnih mehanizmov pred obrabo. Pri prehitrem ali prepočasnem delovanju pa razmetavajo z energijo.

Nova izvedba digitalnega krmilnega zasučnega ventila (angl. Digital Rotary Control Valve-DRCV) bo omogočila pogonski verigi optimalno krmiljenje temperaturnih razmer v celotnem obratovalnem območju. Računalniško vodeni sistem regulacije lahko nadzoruje temperaturo v vseh ustreznih točkah pogonskega motorja in prenosnega mehanizma in s krmiljenjem posameznih DRCV-jev vzdržuje njihove optimalne vrednosti.

Izvedba DRCV je prijavljena na mednarodno nagradno tekmovanje za nove izvedbe sestavin iz plastičnih mas (Plastic Design Competition People's Choice Award).



Novi ventil, ki ga je zasnoval T. Hollis, izdeluje firma *Minco Group* za inovacijsko družbo *MileageMatrix™ Inc.* Izdelan je iz plastične mase *DuPont™ Zytel® HTN PPA*, ki je odporna na dolgotrajno hladilo pri temperaturah do 130 °C in visoko vlažnost; v primerjavi s kovinami je pomembno lažja.

Za zanesljivost delovanja je pomembno zagotavljanje preciznega krmiljenja temperature v vseh ustreznih točkah med motorjem/prenosnikom in radiatorjem.

Rezultati začetnega triletnega programa preskušanja kažejo večjo gospodarnost pri izkoriščanju goriva za 8 % pozimi in okoli 5 % vse leto. Preskušanje je opravljeno v soglasju s specifikacijami OEM. Osnova gospodarnosti izkoriščanja goriva in znatno manjših emisij je učinkovito in optimalno krmiljenje temperature v posameznih točkah sistema.

V industriji analogni termostatski sistem krmiljenja deluje zadovoljivo. Toda novi digitalni sistem že pri hladnem startu (sedaj pri standardni temperaturi 23 °C) lahko optimalno deluje tudi pri precej

širšem temperaturnem območju.

Z novimi ventili se tudi temperatura olja v motorju vzdržuje na optimalni vrednosti, kar zagotavlja manjšo porabo in učinkovitejše delovanje oljnih filtrov.

Digitalna tehnologija z novimi DRCV-ji tako obeta večjo gospodarnost delovanja in manjše emisije CO₂. Njen razvoj se usmerja v izboljšave delovanja in sočasno zagotavljanje prilagodljivosti vsem vrstam motorjev z notranjim zgorevanjem. Idealna je tudi za hibridne pogonske agregate. Digitalna tehnologija krmiljenja je torej tu!

Vir: *Reimer, H. U.: New Digital Rotary valve to Boost Economy, Reduce Emissions – DuPont Press-Release; e-pošta: Horst-Ulrich.Reimer@dupont.com; internet: <http://automotive.dupont.com>*

Pripravil: A. Stušek



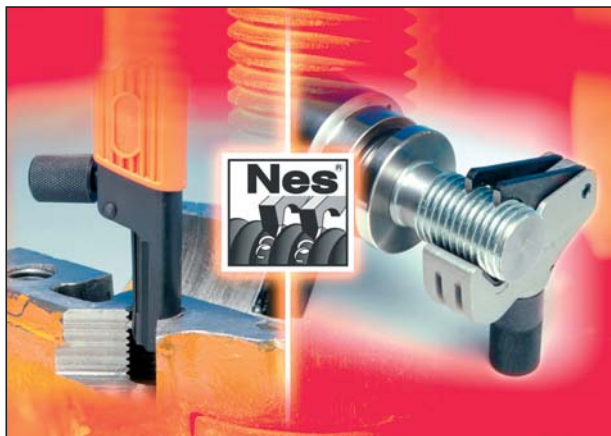
TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

t: 01 477 66 13
f: 01 426 18 79
e: info@tp-lj.si
www.tp-lj.si

Tehnološki park Ljubljana d.o.o.
Teslova ulica 30
SI-1000 Ljubljana

Popravilo poškodovanih navojev

V izraelskem podjetju Shilo Technologies so razvili in patentirali NES[®], orodje za popravilo poškodovanih navojev.



Orodje NES[®]

Kot veliko izumov je tudi ta v svoji osnovi zelo enostaven. Gre za orodje, ki ga sestavljata dve specialno oblikovani rezili, brušeni pod kotom 60°, kar ustreza trikotnemu profilu večine vsakodnevno uporabljenih navojev. Ker sta rezili prosto vpeti v ohišje orodja, se razmak med njima samodejno prilagodi koraku navoja (fini, grobi) in koničnim navojem (R, NPT, ...).

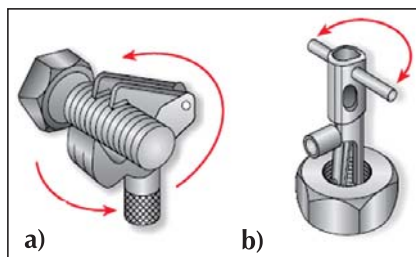
S klasičnim navojnim svodom ali rezalno čeljustjo je pri popravilu skoraj nemogoče popolnoma točno ujeti korak obstoječega navoja, kar povzroča nemalo težav in poslabša tehnične lastnosti navoja. Z orodjem NES[®] je to popolnoma enostavno, saj rezilni noži sledijo sledi obstoječe vijačnice. Tako enostavno očistimo in popravimo poškodovani navoj in ob tem izboljšamo kvaliteto njegove površine. Tehnične lastnosti navoja ostanejo nespremenjene.

Pri delu z orodjem NES[®] zaradi majhne rezalne hitrosti ni potrebno uporabljati rezalnih olj oziroma emulzij. Kljub temu se zaradi lažje obdelave njihova uporaba pri nekaterih materialih priporoča.

Orodje NES[®] je namenjeno vsakomur, ki pri svojem delu uporablja vijake in matice naslednjih standardov: ISO, UNC, UNF, NPT, BSW, BSF, BSP. Popravljamo lahko navoje v naslednjem dimenzijskem območju:

- zunanji navoji 4–128 mm; $\frac{5}{32}$ "– $4\frac{1}{2}$ "
- notranji navoji 5–68 mm; $\frac{13}{16}$ "– $2\frac{5}{8}$ "

Orodje se lahko uporablja tako za desne kot leve navoje. Za navoje s 55-stopinjskim profilom navoja (BSP, ...) so na voljo dodatna rezila, brušena pod kotom 55°.



Poškodovani del navoja se odstrani z vrtenjem orodja NES[®] za popravilo zunanjih (a) in notranjih navojev (b) v smeri puščice

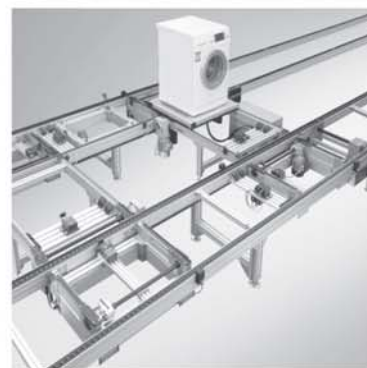
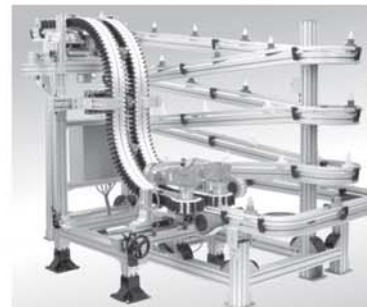
V primerjavi s klasičnimi orodji za popravilo navojev imamo vse na enem mestu. Zaradi prilagodljivosti orodja ni več presenečenj na terenu. Vedno imamo pri roki »pravo« orodje.

Z uporabo NES[®], orodja za popravilo notranjih in zunanjih navojev, smo dobili univerzalno orodje za popravilo različnih vrst navojev, prihranimo čas in denar in povečamo kvaliteto naših storitev! Dolgo življenjsko dobo zagotavljajo noži, izdelani iz HSS-jekla.

Vir: NRG trgovina in zastopanje, d. o. o., Tehnološki park 19, 1000 Ljubljana, tel.: +386 1 620 46 70, fax.: +386 1 620 46 79, e-mail: andrej.drobez@nrg.si internet: www.nrg.si

Rexroth

Bosch Group



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

Kompresorji z »nično skupno porabo energije«

Z Oddelka za brezoljni zrak podjetja Atlas Copco so sporočili, da je njihova serija ZR vodno hlajenih brezoljnih zračnih kompresorjev z vgrajenim sistemom za vnovično uporabo energije prva na svetu, ki ji je TÜV izdal certifikat za »nično skupno porabo energije« v določenih pogojih. Dokazano je bilo, da je mogoče 100-odstotkov vhodne električne energije uporabiti v obliki vroče vode. S kompresorji serije Carbon Zero je mogoče v industrijskih obratih, kjer se uporablja veliko vroče vode in pare (npr. predelava hrane in pijače, industrija mlečnih izdelkov, industrija celuloze in papirja, farmacevtska industrija, kemična in petrokemična industrija, elektrarne, čiste sobe in tekstilna industrija), zelo zmanjšati stroške za energijo.

Prihranki energije pri sistemih s komprimiranim zrakom so zelo pomembni, saj poraba energije predstavlja več kot 80 % stroškov v življenjski dobi kompresorja. Če sistemi s komprimiranim zrakom v poprečju predstavljajo približno 10 % industrijske porabe elektrike, lahko ta odstotek v podjetju naraste tudi do 40 % računa za elektriko. Zaradi tega podjetje Atlas Copco že vrsto let uvaja inovacije na področju komprimiranega zraka. Novi certifikat je le še en mejnik v dolgi zgodovini inovacij podjetja Atlas Copco.



stopkih nenehno potrebujejo vročo vodo in paro. Vročna voda ali para se ponavadi pridobivata z industrijskimi grelniki za vodo, ki porabljajo elektriko ali goriva,

Neodvisno združenje Technische Überwachungs-Verein (Nemško združenje za tehnično kontrolo ali TÜV) je v začetku leta nadziralo testiranje vodno hlajenega brezoljnega vijáčnega kompresorja ZR 55-750 podjetja Atlas Copco, ki ima vgrajene sisteme za vnovično uporabo energije. Postopek testiranja je vključeval meritve vhodne in izhodne električne energije v obliki vroče vode. Meritve pa so nato primerjali. Dokazali so, da je mogoče v določenih pogojih (40 °C in 70-odstotna relativna vlažnost) povrniti 100 % vhodne električne energije.

V večini vrst industrije je vročo vodo mogoče uporabiti za ogrevanje prostora, tuše in podobne aplikacije. Največ koristi pa bodo imele tiste industrijske panoge, ki pri svojih po-

kot so kurilno olje ali zemeljski plin. Z uporabo vroče vode neposredno iz kompresorja ali v obliki predhodno ogrete vode za grelnike lahko drastično zmanjšate ali odpravite porabo goriv. Rezultati tega so občutni prihranki energije.

Chris Lybaert, predsednik Oddelka za brezoljni zrak pri podjetju Atlas Copco pravi: »Če povzamem, kompresor serije Carbon Zero našim strankam nudi dvostransko korist z ogromnimi okoljskimi prednostmi skupaj s povečanim dobičkom.«

Vir: Atlas Copco, d. o. o., Dunajska 159, Ljubljana, tel.: 01 2342 713, faks: 01 2342 722, e-mail: daniel.cesko@si.atlascopco.com, internet: www.atlascopco.com, g. Daniel Česko

Visokotlačne hidravlične cevi shieldmaster/6000 za nizekotemperaturna abrazivna okolja

Novost v prodajnem programu podjetja Hidex predstavljajo tehnološko posodobljene hidravlične cevi Shieldmaster/6000 proizvajalca Manuli Rubber Industries. Visokotlačne cevi, ojačane z do šestimi spiralnimi ovoji iz jeklene žice, premerov od 6 do 51 mm, vzdržijo delovne tlake do 420 barov in več kot 1.000.000 tlačnih pulzov pri 125 % največjega delovnega tlaka. Do tlačnega prebo-



ja cevi pride šele nad 1680 bari (pri vseh premerih cevi). Posebnosti cevi Shieldmaster/6000 so njihova izredna odpornost na abrazijo in ozon ter velik temperaturni razpon v njihovem delovanju, ki sega vse od -45°C do +100°C, zato so te cevi še posebej primerne za delovanje v območjih z nizkimi temperaturami, za pretoke običajnih hidravličnih mineralnih olj, bioloških in sintetičnih esterskih olj ter za tekočine na glikolni osnovi in vodo ter drugimi vodnimi emulzijami.

Vir: HIDEX, d. o. o., Ljubljanska c. 4, 8000 Novo mesto, tel.: 07 / 33 21 707, faks: 07 / 33 76 171, splet: www.hidex.si, e-pošta: info@hidex.si

Obsežen HYDAC-ov program hidravličnih črpalk

Podjetje *HYDAC* je na trgu prisotno z obširnimi programom hidravličnih črpalk različnih tipov, namenjenih za uporabo v vseh vejah industrije: aksialne batne črpalke s spremenljivo iztislino, krilne črpalke s konstantno in spremenljivo iztislino ter zobniške črpalke.

Nekaj karakteristik:

- batne črpalke: iztislina od 16,3 cm³/obrat do 2 x 280 cm³/obrat in tlak do 350 bar,
- krilne črpalke: iztislina od 5,8 cm³/obrat do 237 cm³/obrat in tlak do 210 bar,
- zobniške črpalke: iztislina od 1 cm³/obrat do 60 cm³/obrat in tlak do 220 bar.



Celoten program črpalk bo podrobneje predstavljen na dnevu odprtih vrat podjetja HYDAC, d. o. o., 19. in 20. novembra 2009.

Vir: Hydac, d. o. o., Zagrebška 20, 2000 Maribor, tel.: +386 2 460 15 20, faks: +386 2 460 15 22, info@hydac.si, www.hydac.com

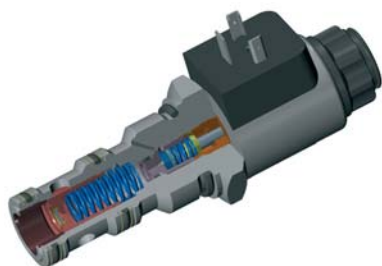
HYDAC

Dan odprtih vrat

19. in 20. novembra 2009
na sedežu podjetja v Mariboru, Zagrebška cesta 20

Ekipa **HYDAC** vam bo z veseljem predstavila novosti iz proizvodnega programa:

Program Industrijski ventili



Program Hladilniki



Program Industrijske črpalke

Dobrodošli!

HYDAC d.o.o., tel. 02 460 15 20, fax. 02 460 15 22, info@hydac.si

Enkoderji na potezno vrvico EcoLine so nekaj posebnega

SICK/STEGMAN ponuja nove priložnosti za merjenje linearnih premikov: z enkoderji na potezno vrvico iz serije EcoLine. Med posebnimi značilnostmi naprave so lahko in kompaktno ohišje, visoka prilagodljivost vgradnje v kontrolni sistem in analogni vmesnik z intuitivno funkcijo učenja.

Mehanizem enkoderjev s potezno vrvico pretvarja linearne premike, npr. dviganje ali spuščanje vilic pri viličarju, v krožne premike s pomočjo navijanja vrvice na merilni boben, ki jih zaznava enkoder in prenaša krmilniku, npr. avtomatsko vodenege vozila ali hidravlične preše. Glede na področje uporabe se pojavljajo različne potrebe po merilnem sistemu glede na merjeno dolžino, velikost ohišja ali vmesnika s krmilnikom.

EcoLine – kombinacija dokazane učinkovitosti

Serijska EcoLine – razvita za merjenje dolžin do 5 m – združuje številne

prednosti SICK/STEGMAN-ove vrhunske BTF/PRF-linije s kompaktnimi ohišji serije KKS/PKS/XKS.

Tak koncept modularnega sistema se odraža v tem, da je na voljo veliko število različnih tipov enkoderjev – kar omogoča lažjo integracijo v najrazličnejša krmilna okolja. Obstaja tudi različica v povezavi z analognim enkoderjem in območjem merjenja, ki je intuitivno nastavljivo s pomočjo tipk. Enkoderji EcoLine s potezno vrvico kompaktnih dimenzij, nizke teže in stroškovno učinkovite zasnove (v smislu proizvodnje in sestave) so najprimernejši za ekonomično merilno rešitev pri različnih aplikacijah, npr. detekcija višine dvizne ploščadi ali na drugih industrijskih transportnih vozilih z voznikom ali brez njega. Tudi druge aplikacije, npr. avtomatizirane mize za paciente ali ostale medicinske aplikacije, lahko izkoristijo enostav-



no vgradnjo in delovanje enkoderjev EcoLine na potezno vrvico.

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

Miniaturni senzori

Podjetje Baumer ima v svojem programu najrazličnejše natančne in zanesljive miniaturne senzore, ki so še posebej primerni za vgradnjo v omejenem prostoru.



Induktivni senzori – IWRM 04 za merjenje razdalje – s premerom 4 mm in dolžino ohišja le 30 mm so najkompaktnější analogni induktivni senzori na trgu. S kratkim odzivnim časom 0,50 ms in visoko resolucijo 1 µm nimajo konkurence v svojem razredu.

Miniaturni optični senzor – FHDK 04 – odlikuje velika zmogljivost dušitve ozadja. Baumerjevi strokovnjaki so uspeli razviti senzor v okrovu velikosti 4 x 6 x 45 mm. Z nosilcem za profile je lahko senzor varno

nameščen v katerem koli komercialnem aluminijastem profilu. Več senzorjev, nameščenih drug zraven drugega, lahko deluje brez medsebojnih vplivov. Še več: senzor podpira komunikacijski standard IO-Link.

Ultrazvočni senzori serije SONUS z analognim ali digitalnim izhodom in maso manj kot 4 grame so ukrojeni za montažo v lahke, hitro se premikajoče ročne enote. Razdalja zaznavanja teh miniaturnih enot je 200 mm. Ultrazvočna tehnologija omogoča zaznavanje objektov ne glede na barvo ali prosojnost.

Vir: Vial automation, d. o. o., Gotovlje 57, 3310 Žalec, tel.: 03 713 27 96, faks: 03 713 27 94, internet: www.vial-automation.si, www.baumerelectric.com/en/331.html, e-mail: bostjan.pelko@vial-automation.si



DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS

Najavljamo
20. Tehniško
posvetovanje
vzdrževalcev
Slovenije

Rogla,
14. in 15. oktobra 2010!

Nova kinematika robotov EPSON

Borut POVŠE, Darko KORITNIK

Družina robotov EPSON RS SCARA

Standardni roboti SCARA so imeli vse do sedaj razmeroma velik mrtev prostor v sredini svojega delovnega prostora. To pomanjkljivost je Epson odpravil z neverjetno enostavno rešitvijo, implementirano v novi seriji robotov RS SCARA. Patentirana kinematika nima več mrtvega prostora in omogoča optimalno uporabo celotnega prostora v dosegu robotske roke.

Z zmožnostjo spretnega premikanja robota pod samim seboj, namesto dolge poti okoli sebe, lahko robot z visoko hitrostjo doseže katerokoli točko v cilindričnem delovnem prostoru. Noben drug proizvajalec robotov nima v ponudbi robota z roko velikosti 350 mm, ki pokriva celotno palet velikosti 494 mm x 494 mm. Za posluževanje takih palet bi potrebovali standardni robot SCARA z dolžino roke 750 mm.



Slika 1. Robot EPSON RS SCARA

Nov, edinstven delovni prostor robota RS

Nova družina robotov RS učinkovito uporabi celoten delovni prostor pod robotsko roko z inovativno struktu-

ro mehanizma, s čimer učinkovito premosti omejitve mrtvega prostora standardnih robotov SCARA.

Primerjava delovnih prostorov in tlorisov robota RS, kartezičnega robota in robota SCARA

Zaradi stropne pritrditve in 100-odstotne izkoriščenosti delovnega prostora je družina robotov RS odlična alternativa kartezičnim in standardnim robotom SCARA, pri čemer je prihranjen dragocen prostor, potreben za montažo robotov z večjim tlorisom.

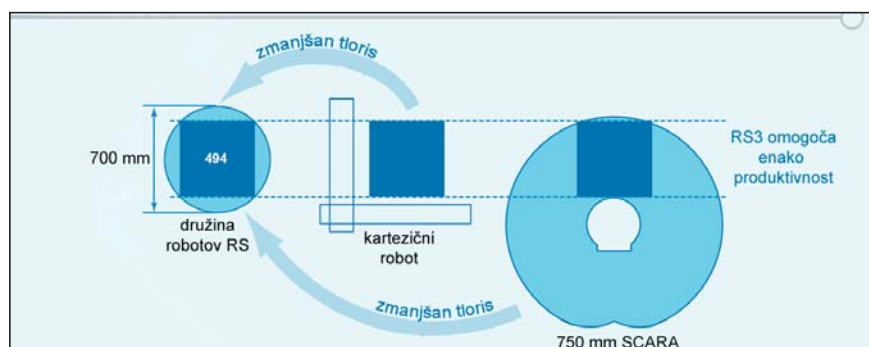
Samostojna robotska celica

Robot RS3 omogoča izredno prilagodljivost konstruiranja robotske celice z zmožnostjo vrtenja zadnje osi preko 360° za potrebe vsestranskega dostopa do perifernih naprav.



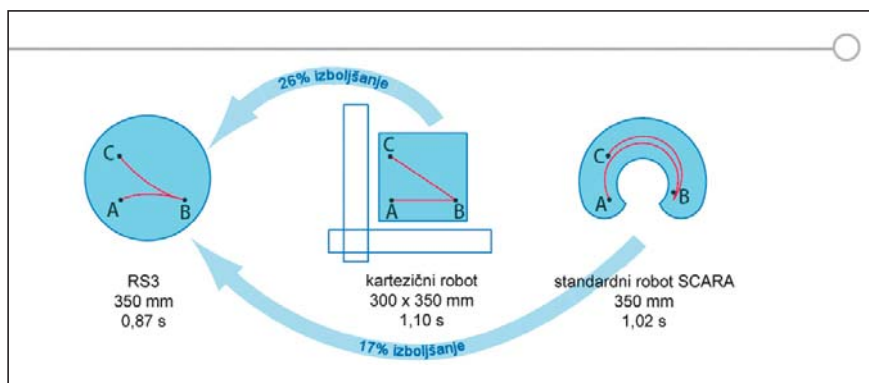
Slika 2. Delovni prostor robota RS SCARA

Edinstvena kinematika robotov RS omogoča tudi bistveno krajši taktični čas v primerjavi s standardnimi roboti SCARA. Roboti Epson RS so zato še posebej primerni za časovno kritične operacije z omejenim prostorom. Robot je na voljo tudi v izvedbi, primerni za vgradnjo v čiste prostore.



Slika 3. Tloris in delovni prostor robotov RS, kartezičnega in standardnega robota SCARA

Borut Povše, univ. dipl. inž., Darko Koritnik, univ. dipl. inž., DAX, d. o. o, Trbovlje

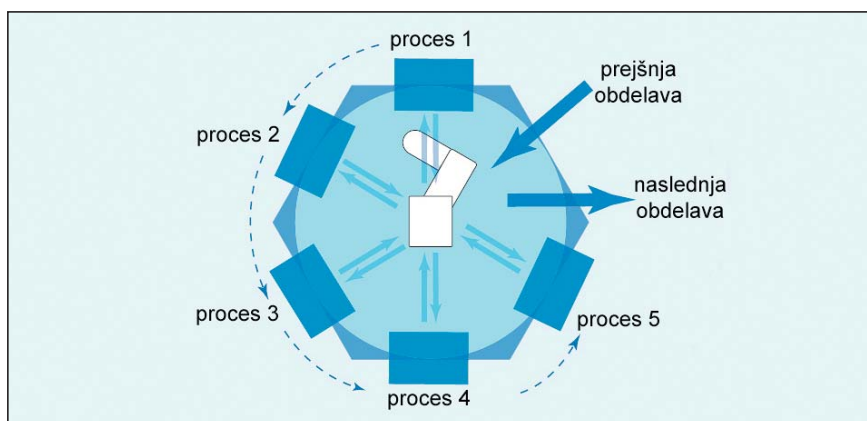


Slika 4. Primerjava taktnih časov RS, kartezičnega in standardnega robota SCARA

Robot RS3 je torej odlična izbira za zahtevne aplikacije, kjer je potrebno operirati z velikim številom obdelovancev in procesnih postaj.

Več palet v delovnem prostoru robota

Oblika delovnega prostora robota RS3 omogoča razporejanje palet čez celotni delovni prostor, s čimer se zmanjša prostor, potreben za postavitve robotske celice [1].



Slika 5. Samostojna robotska celica z velikim številom obdelovancev in procesnih postaj

Ključne lastnosti robota RS3

Tabela 1. Lastnosti robota RS3 SCARA

Konstrukcija	notranje usmerjen vodoravna roka
Doseg	350 mm
Nosilnost	nazivna 1 kg, najvišja 3 kg
Potisna sila zadnje osi	150 N
Masa manipulatorja	20 kg
Robotski krmilnik	RC180
Ponovljivost	± 0,01 mm
Standardni taktni čas	0,34 s

Robot EPSON C3

Šestosni robot EPSON ProSix C3 je rezultat EPSON-ove inovativnosti in dolgoletnih izkušenj pri gradnji robotov. Robot C3 je uporaben predvsem v prehranski, farmacevtski in avtomobilski industriji ter za sestavo

električnih komponent. Na voljo sta dva robotska krmilnika, in sicer kompaktni RC180 ali krmilnik RC620 PC.

Robot je primeren za vgradnjo v majhne prostore, zahvaljujoč napredni konstrukciji robotskega mehanizma

z razmerjem prostornina – doseg 1 : 44. Mogoče ga je namestiti na tla, steno, strop ali nagnjeno površino. Na voljo je tudi izvedba, primerna za čiste prostore.

Ključne lastnosti robota C3

Z vsemi omenjenimi lastnostmi spadajo roboti EPSON med najbolj prilagodljive, vsestranske in zanesljive robote na trgu. C3 je najhitrejši šestosni robot v razredu [2].



Slika 6. Šestosni robot EPSON C3

Tabela 2. Lastnosti šestosnega robota EPSON C3

Doseg	655 mm
Nosilnost	nazivna 1 kg, najvišja 3 kg
Masa manipulatorja	27 kg
Robotski krmilnik	RC180, RC620
Ponovljivost	± 0,02 mm
Čista soba	ISO 3 (glede na ISO14644/1)
Standardni taktni čas	0,37 s (breme 1 kg)

Viri

- [1] http://www.robots.epson.com/downloads/brochurefiles/EPSON_RS_SCARA_Robots.pdf.
- [2] http://www.epson.jp/e/products/robots/support/pdf/c3_rev2_e.pdf.

Problematika izdelave hidravlike, vgrajene v plovila

Vinko FALADORE

■ 1 Uvod

Hidravlika za plovila mora izpolnjevati vrsto posebnih zahtev. Največji problem predstavljata slano okolje oziroma morska voda in pomanjkanje električne energije. Proizvajalci plovil pa pogosto zahtevajo oblikovne rešitve, ki naj imajo določeno kinematiko in čim manjšo maso. Hidravlična oprema mora zagotavljati plovilu zanesljivo upravljanje in manevriranje v zelo različnih pogojih na morju in ima v primerjavi z električnimi pogoni prednost zaradi enostavne regulacije hitrosti in sistema varovanja pred preobremenitvami

Problem za proizvajalca hidravličnih komponent je predvsem v tem, da proizvajalci plovil zahtevajo posebne rešitve in o kakšni serijski proizvodnji ni mogoče razmišljati. Večja plovila so vedno prestižna (slika 1) in tako lahko vsem tem željam in zahtevam sledi samo strokovno in razvojno usmerjeno podjetje.

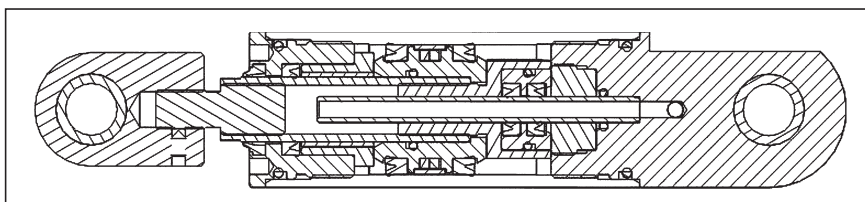
Hidravlika se že zelo dolgo uporablja na plovilih, najprej smo jo srečali na jahtah z motornim pogonom, na jadrnicah pa šele v zadnjem obdobju. Potreba po hidravličnih pogonih se je pojavila z razvojem plovil – jadrnic z dolžino med 45 in 150 čevlji. V začetku je bil hidravlični pogon uporabljen za navijalna vitla, pozneje pa se je hidravlika počasi uveljavila še za druga opravila. Zrcalo na krmi lahko postane kopalna ploščad. To odpiranje je izvedeno s hidravličnim pogonom. Težko sidro na premcu,



Slika 1. Jadrnica Shipman 72 – Seaway, ki je v vrhu tovrstne tehnologije in vsebuje: sistem sidra, sistem bočnega pogona, navijalna vitla, dvizžno kobilico z blokirnim sistemom, mostiček za prehod na kopno – pasarela, kopalno ploščad, cilindre za trimanje, centralni hidravlični tristopenjski agregat kot vir hidravlične energije, hidravlične ventile in napeljavo za prenos energije in krmiljenje sistemov.

ki v času plovbe samo ovira delo na krovu, je izvedeno tako, da se skrrije pod palubo in ga dvignemo samo v primerih sidranja v neopremljenih predelih plitvega morja. Novejše rešitve pa so povezane s premikanjem kobilice – uteži. Tukaj nastane določen paradoks. Za stabilnost plovila je pomembno ravnotežje med silo vetra v jadrih na celi dolžini jambora in kot protiutež masa kobilice – utež na določeni dolžini krila.

Istočasno pa je težnja, da je zaradi trenja pri gibanju plovilo čim manj v vodi. Na koncu je zelo pomembna tudi hitrost, ki jo plovilo doseže v vetru. Zato so postala krila kobilice zelo dolga in utež čim manjša. Ko želimo v pristanišče, je treba zaradi majhnih globin kobilico dvigniti. Hidravlični pogon omogoča dviganje kobilice ter varovanje v obeh položajih. Pokazalo se je tudi, da krmna klop lahko postane mostiček za prehod na



Slika 2. Cilinder z votlo batnico, izdelan iz lahkih materialov, oba priključka sta zadaj

Vinko Faladore, dipl. inž.,
Hypex, d. o. o., Lesce



Slika 3. Namenski agregat kot centralni izvor hidravlične energije za vse porabnike

kopno – pasarela. Hidravlični pogon je pogosto zelo kompleksen predvsem zaradi zahtevanega gibanja in zahtev oblikovalcev plovil. Seveda je še nekaj drugih zelo posebnih zahtev za uporabo hidravlike, ki se rešujejo skupaj z naročniki.

■ 2 Cilindri

Pomembna komponenta hidravličnega sistema na plovilih so cilindri, ki morajo biti lahki in neobčutljivi na slano vodo, oblikovno pa seveda primerni za uporabo na plovilih. Pri svojih rešitvah smo se glede na izkušnje odločili za tipizacijo premera in internega napajanja. Enoten premer je mogoče na videz precej neekonomična rešitev, vendar je problem nabava posebnih materialov, ki zaradi količin naročenih cilindrov niso ravno privlačne za potencialne dobavitelje. Ta rešitev nam prihrani probleme z dobavnimi roki in ceno vhodnih materialov. Poenotenje sistema internega napajanja, kot je prikazano na *sliki 2*, pomeni lepšo obliko in odpravo neestetskih priključkov, ki so na ta način lahko zakriti.

Za zmanjšanje mase hidravličnega pogona sta mogoči dve rešitvi: visoki tlaki in zaradi tega manjši elementi ali zamenjava jekel z lažjimi materiali, kot sta aluminij ali celo titan. Odločili smo se za uporabo lahkih materialov, ker je visokotlačna hidravlika zahtevnejša in tudi dražja.

Z uporabo aluminijevih zlitin AlMg5 in površinsko obdelavo trde anodne oksidacije lahko dosežemo dovolj visoko korozivno odpornost in tudi ustrezen estetski videz, saj je že vrsta opreme na plovilih izdelana iz teh materialov in tako obdelana. Že sama konstrukcija cilindra z notranjim napajanjem povratnega voda pa nas usmerja v uporabo votle batnice. Tako smo dosegli vse potrebne zahteve trga in odprli še možnost uporabe tovrstnih cilindrov na drugih področjih.

Ker je notranjost kobilice izjemno težko zatesniti, se v spodnjem delu nabira kaluža morske vode, ki je odličen elektrolit. Tukaj nastaja problem uporabe materialov, ki imajo različen elektro-kemični potencial. Ko enkrat nastane proces tovrstne korozije, se

lahko pojavijo izjemno veliki problemi. Njihova rešitev ni enostavna, ker je povezana z obremenitvami, samim gibanjem in omejitvami z izvedbo plovila in njegovih sestavnih delov. Tako je mogoče zadnji del cilindra vpeti v konstrukcijo pod palubo in batnica sega v notranjost krila z gibljivim vpetjem na koncu pri dnu kobilice, cylinder je lahko integriran v krilo kobilice in konec batnice gibljivo vpeti v konstrukcijo pod palubo ali pa je pogon s hidromotorjem in navojnim vretenom.

Na plovilu je hidravlični cylinder vključen v sistem kobilice, ki vsebuje še spodnji in zgornji vpenjalni cylinder, ročno črpalko, blok hidravličnih ventilov, električni krmilni sistem in celotno povezavo v sistem pasarele, ki omogoča dvig klopi, zasuk za določen kot, nagib za doseganje nivoja pomola ter prosti hod za kompenzacijo plimovanja morja. Ta zadnji sistem vsebuje še hidravlični krmilni blok, električni krmilni sistem z vgrajenim protokolom gibanja in daljinskim brezžičnim upravljanjem.

■ 3 Izvor energije – agregati

Hidravlični agregati so specifični. Na velikih plovilih se običajno uporablja centralni agregat, ki pa ima vsaj tri vzporedno vezane enote, ki se vključujejo glede na trenutne potrebe. S tem se optimizira poraba energije, ki je na plovilu omejena. Na *sliki 3* je prikazana takšna izvedba agregata. Uporabljeni material mora biti v največji možni meri ko-



Slika 4. Prirejen mini agregat za potrebe lokalnih porabnikov z ročno črpalko

rozijsko odporen, vendar vsega le ni možno tako narediti. Elektromotorji so standardni in kar pogosto žrtve povečane korozijske ogroženosti zaradi okolice, četudi so nameščeni v notranjosti. Še večji problem predstavljajo električne povezave, kjer se soočamo z vodniki iz bakra in celo vrsto manj plemenitih materialov v obliki spojnih členov, vijakov in drugih elementov – od stikal do relejev.

Na *sliki 4* je prikazan mini agregat, ki se pretežno uporablja na manjših plovilih, ki nimajo celovite hidravlike in rešujejo na ta način samo lokalne zahteve. Tako rešitev ima Elan, ki kot opcijo nudi hidravlično kopalno ploščad,

hidravlične stopnice in hidravlično pasarelo. Če se kupec odloči poleg osnovne izvedbe za eno od teh malo bolj prestižnih opcij, je izvor energije mini agregat. Razen motorja je v celoti izdelan za delovanje v morskem okolju. Nadgradnja ventilskega bloka se določi glede na zahteve sistema plovila. Tukaj zaradi majhnosti ni potrebno prilagajati oblike rezervoarja obliki trupa oziroma omejenega prostora v plovilu, kot je pri centralnih agregatih.

■ 4 Zaključek

Zaključiti je mogoče, da so hidravlični pogoni uporabni tudi na tako pre-

stižnem področju, kot so plovila. Vse rešitve zahtevajo nadgradnjo znanja hidravlike še z drugimi področji in upoštevanje zahtev oblikovalcev plovil, ki pogosto niso enostavne.

Iz tega je nastalo kar nekaj spoznanj in izkušenj, ki nam omogočajo bistveno lažjo pot pri razvoju teh sistemov. Začetki niso bili lahki, razmere in pogoji delovanja so težko določljivi. Vedno znova nas preseneti kakšen nov pojav, ki ga večkrat zelo težko zadovoljivo rešimo. To je osnovni razlog za iskanje rešitev, ki morajo biti zelo zanesljive. ■



Hypex

FLUIDNA TEHNIKA - AVTOMATIZACIJA - INDUSTRIJSKA OPREMA

INDUSTRIJSKA PNEVMATIKA

cilindri, enote za vodenje, prijemala, ventili, priprava zraka, fittingi, spojke, cevi in pribor



MERILNA TEHNIKA IN SENZORIKA

senzorji in merilci sile, temperature, tlaka, magnetnega polja ter indukcijski senzorji



PROCESNA TEHNIKA

krogelni in loputasti ventili, ploščati zasuni, pnevmatski in električni pogoni, varnostni ventili



LINEARNA TEHNIKA

tirna vodila, okrogla vodila, kroglična vretena, blažilci sunkov, regulatorji hitrosti



PROFILNA TEHNIKA IN STROJEGRADNJA

konstrukcijski alu profili, delovna oprema, ogrodja strojev



STORITVE

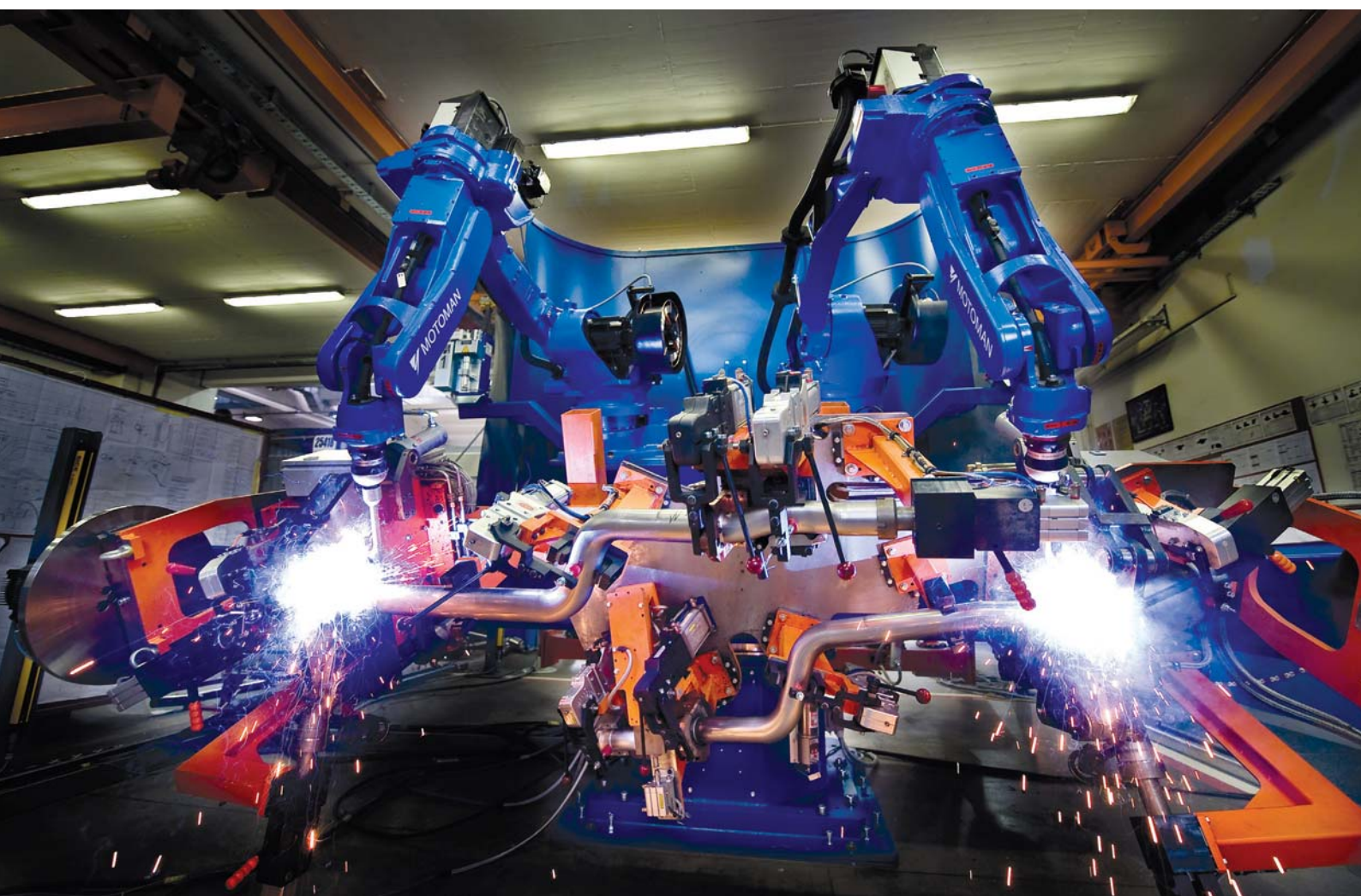
konstrukcija in obdelave na klasičnih in CNC strojih



- TRADICIJA
- KVALITETA
- SVETOVANJE
- PARTNERSTVO
- FLEKSIBILNOST
- VELIKE ZALOGE
- POSEBNE IZVEDBE
- KONKURENČNE CENE
- KRATKI DOBAVNI ROKI

Hypex, Lesce, d.o.o.
 Alpska 43, 4248 Lesce
 Tel.: +386(0)4 53-18-700 Internet: www.hypex.si
 Fax.: +386(0)4 53-18-740 E-Mail: info@hypex.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!**



MOTOMAN

Motoman Slovenija, Lepovče 23, 1310 Ribnica
T: + 386 (0)1 83 72 410, E: info@motoman.si
www.motoman.eu

LE-TEHNIKA[®]

**VSE ZA HIDRAVLIKO
IN PNEVMATIKO**

**ODGONI ZA
KAMIONE**

LE-TEHNIKA d.o.o.
Šuceva 27, KRANJ
tel.: 04 20 20 200, 041 660 454
faks: 04 204 21 22

NOVO MESTO tel.: 041 785 798
MARIBOR tel.: 02 300 64 70
041 774 688

http://www.le-tehnika.si
e-mail: hydraulic@le-tehnika.si

Nove knjige

- [1] Jousten, K. (ed): **Handbook of Vacuum Technology** – To je prvi angleški prevod devete nemške izdaje knjige: *Wutz: Handbuch Vakuumtechnik* (prevedel: Nackhosteen, C. B.). Po uvodni besedi prevod v vsem sledi zadnji nemški izdaji razen poglavja analitične in numerične kalkulacije toka ustreznega plina (ki bo v nemščini objavljeno šele v 10. izdaji). Knjiga se začne z zgodovino razvoja znanosti in tehnike o vakuumu in nadaljuje s pregledom njegove uporabe. Nadaljnja poglavja obravnavajo teorijo in zakonitosti delovanja različnih črpalk in kondenzatorjev, vprašanja in izvedbe tesnjenja in tesnilk ter značilnosti in standardizacijo sestavin in sestavnih delov v vakuumski tehniki. Priročnik je namenjen študiju in praktični industrijski uporabi tovrstne tehnike. – *Zal.:* Willey VCH Verlag GmbH & Co., Weinheim, Germany; a Unit of John Willey and Sons, 111 River St. Hoboken, NJ 07030, USA; 2008; *ISBN:* 978-3-527-40723-1; *obseg:* 1040 strani; *cena:* 275,00 USD.
- [2] Kutz, M. (ed.): **Esbach's Handbook of Engineering Fundamentals** (peta izdaja) – Minilo je kar dvajset let od četrte izdaje uveljavljenega priročnika o osnovah tehnike. Med tem se je mnogo spremenilo. Posamezna poglavja so zato ustrezno dopolnjena in razširjena. Nekatera pa so pri tem tudi skrčena zaradi prehoda na digitalno obravnavo posameznih vprašanj. 250 strani podatkov o materialih je zamenjalo le eno poglavje o »virih podatkov o materialih na internetnih straneh«. 46 avtorjev prispeva 26 različnih poglavij, med katera npr. spadajo: mehanika deformacijskih teles, neporušne preiskave, matematično modeliranje dinamike sistemov in inženirska ekonomija z analizo stroškov, poslovanjem in finančnimi zadevami. – *Zal.:* John Willey & Sons, 111 River St., Hoboken, NJ 07030, USA; 2009; *ISBN:* 978-0-470-08578-3; *obseg:* 1320 strani; *cena:* 225,00 USD.

Seznam oglaševalcev

ATLAS COPCO, d. o. o., Ljubljana	387	LEOSS, d. o. o., Ljubljana	401
ADEPT PLUS, d. o. o., Postojna	463	LE-TEHNIKA, d. o. o., Kranj	476
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	453	LOTRIČ, d. o. o., Selca	404
DOMEL, d. d., Železniki	431	MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	387
DVS, Ljubljana	469	MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	475
ENERPAC GmbH, Düsseldorf, ZRN	410	OLMA, d. d., Ljubljana	452
FESTO, d. o. o., Trzin	387, 478	OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	387, 465
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	390	PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	387
HIB, d. o. o., Kranj	457	PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	403
HYDAC, d. o. o., Maribor	467	PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	408, 413
HYPEX, d. o. o., Lesce	474	PS, d. o. o., Logatec	405
ICM, d. o. o., Celje	463	SICK, d. o. o., Ljubljana	387
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	387	TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	464
Iskra ASING, d. o. o., Šempeter pri Gorici	477	UL, Fakulteta za strojništvo	417
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	449		
KLADIVAR, d. d., Žiri	388		

Unikatne tehnološke rešitve

F L E K S I B I L N E M O N T A Ž N E C E L I C E



FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEMI

Iskra ASING d.o.o., je priznani ponudnik celostnih rešitev projektiranja, izdelave in tehnološkega inženiringa na sledečih programskih sklopih:

- Navijalni stroji in naprave
- Montažne linije in sistemi
- Namenski obdelovalni stroji
- Merilne naprave in sistemi

 **Iskra**
Iskra Avtoelektrika Group
ASING d.o.o.

Vrtojbenska cesta 62
SI-5290 Šempeter pri Gorici
Telefon: 05 33 93 412, 33 93 401
asing@iskra-ae.com
www.iskra-ae.com



FESTO

Znižajte stroške!

Z vgrajenimi podsistemi Festo dokumentirate,
preverite in znižate tudi nevidne stroške, ki
nastajajo pri razvoju, načrtovanju in pri delovanju.

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8

SI-1236 Trzin

Telefon: 01/530-21-00

Telefax: 01/530-21-25

Hot line: 031/766947

info_si@festo.com

www.festo.si