



- Intervju
- Ventil na obisku
- Vodni hidravlični valj
- Proizvodnja kamene volne
- Porazdelitve zaostalih napetosti
- Prihranki v proizvodnji
- Merjenje karakteristike elektromagneta
- Hrup v univerzitetnem delovnem okolju
- Podjetja predstavljajo

OPL

FESTO

LOTRIČ
METROLOGY

OLMA
LUBRICANTS

PH
POCLAIN HYDRAULICS

HYDAC

Parker

NORGREN

SICK
Sensor Intelligence.

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

MARPO
HYDRAULIC MOVEMENT

HBM
Test & Measurement

Elektronske rešitve

SMARTDRIVE™

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

KRMILNA PALICA



ARMATurna PLOŠČA

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



ZAVORNI VENTIL
- zaznavalo tlaka



ZAZNAVALO
HITROSTI

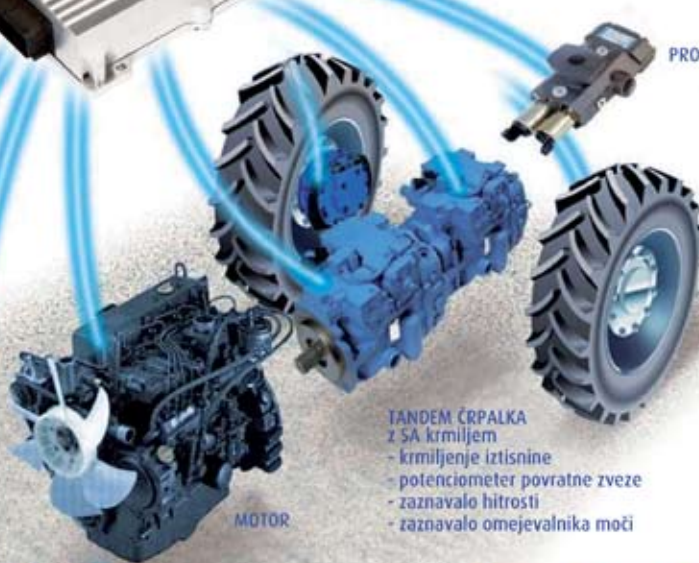
SPREMINJANJE
HITROSTI



KRMILNIK
SD Premier



PROTIZDRSNI VENTIL



- TANDEM ČRPALKA
z 5A krmiljem
- krmiljenje iztisnine
 - potenciometer povratne zveze
 - zaznavalo hitrosti
 - zaznavalo omejevalnika moči

MOTOR

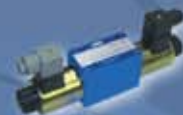
PROTIZDRSNI
VENTIL

PH
POCLAIN HYDRAULICS

www.poclain-hydraulics.com

Hidravlične sestavine Hidravlični sistemi Storitve

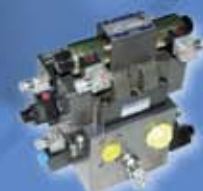
Potni, tlačni in tokovni ventili
za odprte tokokroge



Zavorni ventili in izplakovalni
ventili za zaprte tokokroge



Posebni ventili in bloki



Hidravlične naprave



Motorji in črpalke



Elektronske sestavine



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

Kladivar, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, d.o.o., Industrijska ulica 2 - SI - 4226 ŽIRI, SLOVENIJA

Tel.: +386 (0)4 51 59 100 - Fax: +386 (0)4 51 59 122 - info-slovenia@poclain-hydraulics.com - A Poclain Hydraulics Group Company

Vsebina	259	■ INTERVJU	
Impresum	261	Prof. dr. Monika Ivantysynova – Globalization in the Field of Fluid power	266
Beseda uredništva	261	■ VENTIL NA OBISKU	
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	268	Kladivar – Poclain Hydraulics – Mednarodno usmerjena fluidna tehnika iz Žirov	280
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	272	■ VODNA HIDRAVLIKA	
■ ALI STE VEDELI	326	<i>Franc MAJDIČ, Jožef PEZDIRNIK, Mitjan KALIN:</i> Zmanjšanje izgub znotraj vodnega hidravličnega valja	284
Seznam oglaševalcev	338	■ PROIZVODNJA KAMENE VOLNE	
Znanstvene in strokovne prireditve	267	<i>Brane ŠIROK, Benjamin BIZJAN, Robert AGNIČ, Tom BAJCAR:</i> Razvlaknjenje taline kamene volne na disku centrifuge	290

Naslovna stran:

Kladivar, d. o. o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (0)4 51 59 100 Fax: +386 (0)4 51 59 122 kladivar@poclainhydraulics.com http://www.kladivar.com	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.) NORGREEN 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 2000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.si
LOTRIČ, d. o. o. Selca 163, 4227 Selca Tel.: + (0)4 517 07 00 Fax: + (0)4 517 07 07 internet: www.lotric.si	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel.: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si www.omron-automation.com
OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 e-mail: komerciala@olma.si	MAPRO d. o. o. Industrijska ulica 12, 4226 Žiri Tel.: 04 510 50 90 Fax: 04 510 50 91 www.mapro.si
HYDAC, d. o. o. Zagrebska c. 20 2000 Maribor Tel.: + (0)2 460 15 20 Fax: + (0)2 460 15 22 www.hydac.si	TRC Ljudmila Ličen, s. p. Vrečkova 2 SI-4000 Kranj Tel.: +386 4 2358310 Fax: +386 4 2358311 http://www.trc-hbm.si



■ NITRIRANJE IN ZAOSTALE NAPETOSTI	
<i>Bojan PODGORNİK Vojteh LESKOVŠEK:</i> Profil porazdelitve zaostalih napetosti v nitriranem orodnem jeklu	296
■ OPTIMIRANJE PROIZVODNJE	
<i>Tomaž BERLEC, Marko STARBEK:</i> Z izkoriščanjem obstoječih sredstev do velikih prihrankov v proizvodnji – 2. del	304
■ MERILNE METODE IN NAPRAVE	
<i>Jernej BRADEŠKO, Jožef GARTNAR:</i> Naprava za merjenje karakteristike elektromagneta	310
■ HRUP – KONCENTRACIJA	
<i>Katjuša PIBER, Zvone BALANTIČ:</i> Vpliv kombiniranih učinkov hrupa na zmanjšano uspešnost dela pri študentih v univerzitetnem delovnem okolju	316
■ ROBOTIKA – IZOBRAŽEVANJE	
<i>Janez POGORELC, Suzana URAN:</i> Robotska tekmovanja in tehniško izobraževanje	324
<i>Janez ŠKRLEC:</i> Zaključilo se je najsodobnejše e-izobraževanje na področju mehatronike v okviru projekta E-Pragmatic	328
■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE	
Standardni valj DSBC po ISO 15552 s pametnim blaženjem (<i>FESTO</i>)	332
Industrijski termični tiskalniki s kapaciteto folije do 450 m (<i>LEOSS</i>)	333
Natančna krožna vodila (<i>TULI</i>)	334
■ NOVOSTI NA TRGU	
Nova HYDAC-ova pretočna stikala serije HFS 2000 (<i>HYDAC</i>)	335
Omronova barvna senzorja (<i>MIEL Elektronika</i>)	336
Vizualni senzor Inspector PI50 (<i>SICK</i>)	337
■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO	
<i>Tomaž PERME:</i> Električni pogoni in električna mobilnost (<i>FESTO</i>)	338

Visoke delovne norme? Nova generacija jih preseže z levo roko. In z desno tudi.



DVOROČNI ROBOT SDA 10

število osi: 15
max. polmer dosega: R=970 mm
nosilnost: 10 kg
ponovljiva natančnost: ± 0.1 mm
teža: 220 kg
delovna temperatura: 0 do 45 °C
vlažnost: 20 do 80 % (ne kondenzirana)
priključna moč: 4,2kVA

Dvoročni robot SDA 10 je predstavnik nove generacije humanoidnih robotov in hkrati edini dvoročni robot na svetu. Veliko število premičnih osi (sedem na vsaki roki in ena v trupu) mu omogoča izjemno fleksibilnost in spretnost.

Zaradi optimiziranih dimenzij, (ozka širina ramen) pa je še posebej primeren za delovna mesta, kjer je prostor omejen, operacije pa težko dostopne.

Dvoročni robot SDA 10 lahko deluje samostojno ali v ekipi z zaposlenimi. Obvladuje široko paleto aplikacij - od strege strojev, sestavljanja, transporta bremen... Odlikuje se tudi v hitrosti, saj delovne operacije opravi v le 2/3 običajnega deavnega časa!*

Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

Izboljšajte produktivnost vašega podjetja!
Naredite več, bolje in v krajšem času!

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

Za več informacij obiščite spletno stran www.motoman.si ali nas pokličite na številko 01 8372 410.

 **YASKAWA**
MOTOMAN

*Trditev se nanaša na primerjavo z običajnim delovnim časom, potrebnim za opravljanje specifičnih delovnih operacij po Yaskawinih modelih in vzorcih.

© Ventil 18 (2012) 4. Tiskano v Sloveniji.
Vse pravice pridržane.
© Ventil 18 (2012) 4. Printed in Slovenia.
All rights reserved.

Impresum

Internet:
www.revija-ventil.si

e-mail:
ventil@fs.uni-lj.si

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

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

Letnik	18	Volume
Letnica	2012	Year
Številka	4	Number

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

Ustanovitelja:
SDFIT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstven-strokovni svet:
izr. prof. dr. Maja ATANASJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule
Aschaffenburg, ZR Nemčija
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor
prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
izr. prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT
izr. prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Ziri
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. Gojko NIKOLIC, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo,
Škofja Loka
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
Janez ŠKRLEČ, inž., Obrtno-podjetniška zbornica
Slovenije
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

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

Tisk:
LITTEA 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.

Podjetniško vedênje univerz



V zadnji reviji Ventil smo lahko prebrali poročilo s posvetovanja ministrov držav evropske skupnosti, ki je bilo letos spomladi na Danskem. Iz njega razberemo dve zelo zanimivi ugotovitvi, ki predstavljata novost v dosedanem razmišljanju evropskih politikov o terciarnem izobraževanju. Prva ugotovitev pravi, da morajo fakultete in visoke šole, ki izobražujejo za poklic, svoj študijski program prilagoditi potrebam lokalne skupnosti oziroma lokalne industrije. In druga, da morajo fakultete in visoke šole skrbeti za študente med časom študija do uspešnega zaključka šolanja in jim pomagati priti do prve službe.

Oba zaključka sta med seboj tesno povezana in predvsem pravita, da se morajo izobraževalne ustanove tesno povezati z industrijo, ki deluje v njihovem okolju (pokrajina, regija, država in podobno).

Če so politiki držav evropske skupnosti prej navedeni ugotovitvi resno razumeli in ju bodo skušali vpeljati v svojih državah, bo to za Fakulteto za strojništvo v Ljubljani predstavljalo velik izziv in veliko priložnost.

Kako se lotiti uresničevanja obeh navedenih sklepov? V našem okolju je možnih več načinov. Prav gotovo bo prvi korak, da dobro spoznamo slovensko strojno industrijo. In drugi, da se z njo tesno povežemo na strokovnem in raziskovalnem področju, kar smo počeli že do sedaj, pa tudi na pedagoškem področju, kar bi bila novost.

Naj tu navedenem nekaj konkretnih primerov naših razmišljanj v tej smeri.

Nuklearna elektrarna v Krškem ima zaposlenih več sto inženirjev z različnih strokovnih področij. Z naravnim odhodom teh inženirjev v pokoj bo to podjetje ob enostavni reprodukciji moralo vsako leto na novo zaposliti več deset inženirjev. Če je med njimi samo deset inženirjev strojništva, je to za Fakulteto za strojništvo v Ljubljani 10 % vseh diplomantov na drugi stopnji študija.

Drugi primer je podjetje Hella Saturnus v Ljubljani, ki spada v nemški koncern Hella. To je korporacija, ki jo sestavlja preko 60 podjetij po celem svetu in ima le pet razvojnih centrov. Ti so locirani v Nemčiji, ZDA, Južni Koreji, na Japonskem in v Sloveniji. Tudi to podjetje je v Ljubljani v zadnjih letih zaposlilo več deset diplomantov Fakultete za strojništvo. To pomeni, da bo verjetno tako tudi v bodoče.

Kot tretji primer naj omenimo slovensko livarstvo in orodjarstvo. To je tipično strojniško področje, ki v Sloveniji zelo uspešno deluje. V zadnjem desetletju se je tu zaposlilo zelo veliko inženirjev strojništva. Zaradi svojega znanja, kakovosti in zelo dobre povezave z evropsko avtomobilsko industrijo to področje pri nas praktično v zadnjih dvajsetih letih ni doživelo resne krize.

Našteli smo tri področja, na katerih se bo v bodoče zaposlovalo veliko strojnikov. Teh področij je še mnogo več. Kako se lahko Fakulteta za strojništvo v Ljubljani poveže s temi podjetji oziroma kako izobraževalni program prilagodi potrebam prej naštetih področij? Po naši oceni je več možnosti. Ocenjujemo pa, da bi bila najboljša rešitev sodelovanje med fakulteto, prej navedenimi podjetji in celo s srednjimi šolami iz okolja, kjer je locirano podjetje.

Zavedamo se, da je študijske programe izredno težko spreminjati. Predlagamo, da se za prej naštetih področja uvede dodaten semester študija takoj po zaključku rednega študija. Program v tem dodatnem semestru bi bil prilagojen posameznim podjetjem ali posameznim področjem. Oblikovalci in izvajalci tega dodatnega študijskega programa bi bili zaposleni z izkušnjami iz teh podjetij in profesorji s fakultete. Stroške izvajanja bi moralo nositi podjetje, za katero je program namenjen. Študentom pa bi se ta semester delno priznal kot obvezna praksa v podjetju in delno lahko tudi kot študij na tretji stopnji po bolonjskem programu.

Če se vrnemo h konkretnim primerom. Z nuklearno elektrarno in s srednjimi šolami v okolici Krškega bi sklenili dogovor o sodelovanju: o novačenju dijakov v srednjih šolah, štipendiranju študentov in skupnem izvajanju dodatnega študijskega semestra za vse, ki bi se po zaključku srednje šole zaposlili v nuklearni elektrarni.

Podoben dogovor bi sklenili s podjetjem Hella Saturnus. Pri programu livarstvo in orodjarstvo pa bi morali dogovor skleniti z več podjetji, kar pa verjetno ni posebna ovira. Z uvedbo dodatnega semestra bi pridobili vsi. Nekaj stroškov bi bilo le za podjetja, ki bi morala financirati dodaten semester. Vendar bi v zameno dobilo strokovno usposobljen kader. Celotno več: v tem dodatnem semestru bi podjetja lahko naredila dodatno »selekcijo« in v svoje podjetje pridobila res strokovnjake, ki ustrezajo njihovim zahtevam. S tem sistemom bi pridobila fakulteta, ker bi imela zagotovljen kakovosten priliv dijakov iz srednjih šol in dolgoročno sodelovanje z industrijo.

Poleg navedenih dveh podjetij in enega področja bi v Sloveniji našli še kar nekaj podjetij in področij, ki bi jim opisani sistem izjemno koristil.

Janez Tušek

Globalization in the Field of Fluid power

Jožef PEZDIRNIK, Franc MAJDIČ

An interview with Prof. Dr. Monika Ivantysynova, one of the most prominent experts in the field of Fluid Power worldwide, and Head of the Maha Fluid Power research Center on Purdue University, USA.

Ventil: Dear Prof. Dr. Ivantysynova, it is a great honor for our fluid power engineering journal Ventil to be able to conduct an interview with you, as one of the most prominent professors and experts in the field of fluid power worldwide. What were the main reasons that you started working in the field of fluid power?

Prof. Ivantysynova: I like physics a lot and when I started studying mechanical engineering I liked fluid mechanics and thermodynamics the most. I decided to do some undergraduate research during my 3rd year of study. During that time I developed a first simulation model to calculate the dynamic pressure

field between a piston and a cylinder. I won the first prize in a student competition in Czechoslovakia with this research study. I think this motivated me a lot and so I decided not only to do my master's thesis in the field of fluid power, but also my PhD. After completing my PhD thesis I started my carrier in the fluid power industry. Then, after 10 years in industry I moved back to academia and continued my research in fluid power.

Ventil: If we look backwards, you finished your PhD study in the Slovak Technical University of Bratislava in 1983. How did your professional career develop from the time of your PhD study in Bratislava until today, when you are in charge of the Maha Fluid Power Research Center at Purdue University?

Prof. Ivantysynova: If I look backwards it might look like everything was well planned, but that is not true. After I finished my PhD I started working in industry as a design engineer for hydraulic systems. I was also involved in pump design. When I started working in industry I did not have any plans to become a professor one day. However, after seven years spent in industry I moved back to academia, where I first did research on new primary flight-control systems for large commercial aircraft. In 1996 I became Professor for Fluid Power and Control at Duisburg University in Germany. I started building my own lab and hired my first PhD students. After three years at Duisburg University I received a faculty position at the Institute for Aircraft Systems at Technical University of Hamburg-Harburg. I moved my lab from Duisburg to



Prof. Dr. Monika Ivantysynova

Hamburg-Harburg and took all my PhD students with me. In 2003 I was asked if I would be interested in joining Purdue University in the USA. I found that a wonderful opportunity and agreed to move my laboratory from Hamburg, Germany to Purdue, where I became the Maha Professor of Fluid Power Systems and Director of Purdue's newly established Fluid Power Research Center.

Ventil: Please, can you shortly describe Your Maha Fluid Power Research Center.

Prof. Ivantysynova: After my arrival at Purdue I established the Maha Fluid Power Research Center in August 2004. Otto Maha, a former Executive of Parker Hannifin, had given \$4 million to Purdue for an Endowed Chair position in the field of fluid power to promote research and education. The Maha Fluid Power Research Center has grown continuously since 2004. We are performing fundamental and applied research in fluid power with the main focus of new energy-saving actuation and drive-system solutions, hydraulic hybrid systems and computational design of pumps and motors. In 2010 Prof. Andrea Vacca joined the Maha team. Our external research funding reached \$2.6 million last year. Currently, more than 30 researchers work in the Maha lab. For more info please visit our website <https://engineering.purdue.edu/Maha/>



A building of Maha Fluid Power Research Center and all current Maha researchers, i.e. PhD students and MS students doing research at Maha

Ventil: Your main research focus is hydraulic pumps and motors, especially the axial piston type. When did you start working on the field of hydraulic pumps/motors and what was the reason for that?

Prof. Ivantysynova: As I already mentioned, I did my first student research study on modeling the piston/cylinder interface of a swash-plate-type axial piston pump. I continued my research through my master's thesis study and my PhD study. Later on I worked as a designer of pumps and motors. After my return to academia I continued

this research as a professor. I built my own research group and hired my first PhD students. Approximately half of them worked on research in the field of axial piston machines. Computer power had grown rapidly since I finished my PhD thesis and I saw the opportunity to discover the secret of pumps and motors, which all had been designed by very experienced designers but based on trial and error.

Ventil: Can you compare the research success in the field of fluid power in the United States with EU and Asia? Which country/region do you think



Picture is taken inside the lab of MAHA showing members and PhD students with Matteo Pelosi in a Piston costume after his PhD defense day

now has the dominant role in the field of fluid power?

Prof. Ivantysynova: This is not an easy question to answer. During the 1970s, 80s and 90s, only very little research was being conducted in the field of fluid power in the USA and many more activities were on-going in Europe and Asia. After my move to the US and especially since the establishment of the National Science Foundation funded Engineering Research Center for Compact and Efficient Fluid Power (CCEFP) things have changed drastically. Today, more than 50 faculties are involved in fluid power research in the USA. Therefore, I would answer your second question by saying that we have a relatively balanced situation in research output between Europe, Asia and the USA at the moment, however efforts in China are growing continuously.

Ventil: Do you think that the axial piston type of hydraulic pumps/mo-

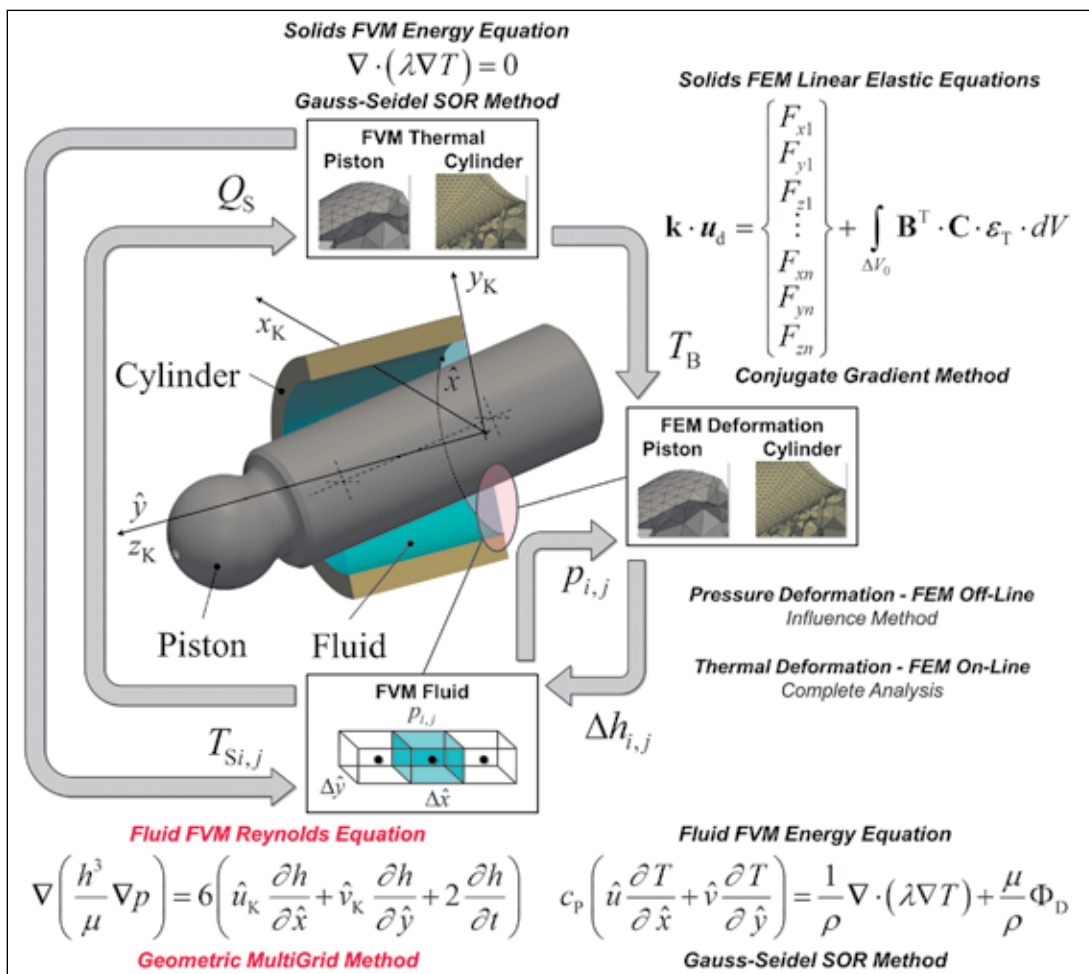
tors is the most promising type for the future? If yes, why do you think so?

Prof. Ivantysynova: The future belongs to piston machines and among them axial piston pumps and motors (both swash-plate type and bent axis) will have their place. There are several reasons for this. Swash-plate-type machines can work at high pressures, are easily designed as variable displacement units and achieve relatively high efficiency, excellent dynamic performance and are very compact and have a through-shaft ability. On the other hand, bent-axis machines can achieve the highest efficiencies and have higher maximum speeds than swash-plate type units. However, the bent-axis design is a more complex design, resulting in higher production costs. We will also see radial piston pumps and motors. The shorter length of radial piston machines allows the easy packaging of multiple units in one machine. This can be an advantage for several

future applications of pump-controlled actuation.

Ventil: People often compare fluid power drives with electrical power drives. Which branch, in your opinion, has a better future?

Prof. Ivantysynova: First of all we need to differentiate between hydraulic drives and electric drives. Electric drives can get the energy from the electric grid or batteries and are therefore more suitable for stationary applications. Hydraulic drives should be used in combination with combustion engines, i.e., for applications in the transportation sector, mobile machinery, etc. The power-to-weight ratio of electric machines to hydraulic is approximately 1:10, i.e., a hydraulic motor is 10 times lighter and smaller compared to an electric motor of the same power. This difference in power density is given by the fundamental physics of the operation of both machines, i.e., the



Fully coupled fluid structure interaction model for piston cylinder interface

basic principle of the transfer of energy in both types of machines. Unfortunately, many engineers do not know this fundamental difference.

Society will need more actuation and drive systems in the future and we will see both technologies competing; however, for off- and on-road vehicles, airplanes and all kinds of mobile machinery, an electric drive is not the right choice. Hydraulic drives and actuation systems will have a bright future in all movable equipment and machinery, because of the high power den-

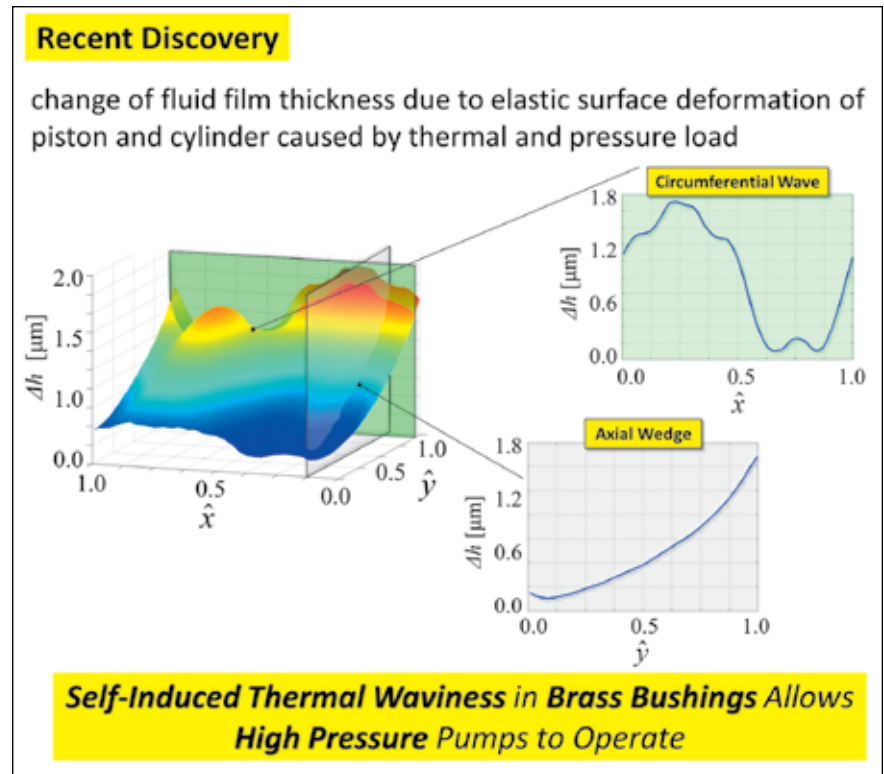
sity resulting in a lower weight, smaller size, higher dynamics and also lower costs.

Ventil: Efficiency in general is nowadays one of the most important themes. In fluid power we have a lot to do to improve the efficiency of fluid power components and systems. One of your mottos is to use as few hydraulic components as possible to get better efficiency. If we look forward into the future, what do you think about the possible expected efficiency of hydraulic pumps/motors?

Prof. Ivantysynova: Our current hydraulic pumps and motors have a relatively poor efficiency for two major reasons. The first reason is that in current valve-controlled systems a large portion of the energy is wasted. In many machines more than 50% of the energy is transferred into heat. In such an environment the lower efficiency of the pumps and motors does simply not matter. Once we eliminate throttling as a control principle in hydraulic actuation systems we will see that suddenly the efficiency of pumps and motors determines the overall system efficiency, like is the case already in the field of hydrostatic transmissions. The second reason is that the improvement of pump and motor efficiency is not a cheap engineering task, especially if the current state of the art of pump and motor design is used. The future, however, in pump design is computational design and this approach will allow us to apply multi-parameter optimization schemes within the design process. This will open a complete new potential for an increase of efficiency over the entire range of operating conditions.

Ventil: Do you believe in general that it is possible to calculate/predict the efficiency of hydraulic pumps and motors numerically?

Prof. Ivantysynova: The majority of losses are generated in the rotating group of pumps and motors. We have made major breakthroughs in understanding and modeling the complex physical phenomena tak-



Fluid Film between piston and cylinder in axial piston pumps for unwrapped gap

ing place in the rotating group. With that we will be able to predict the major losses of pumps and motors; however, there are additional losses contributing to the overall efficiency, like churning losses and losses in the shaft bearings, which are difficult to predict numerically. That is why I think it is, and will remain also in the future, difficult to accurately predict a pump's efficiency numerically. But I think it is more important to state that we have the models that allow us to design pumps and motors with the highest possible efficiencies or lowest losses created in the pump or motor. Figure 1 shows the structure of our newest model for the piston cylinder interface. Figure 2 shows some of our newest discoveries about self-induced surface waviness due to thermal deformation of piston and cylinder surface in the case of the use of brass bushings pressed into a cylinder block made from steel.

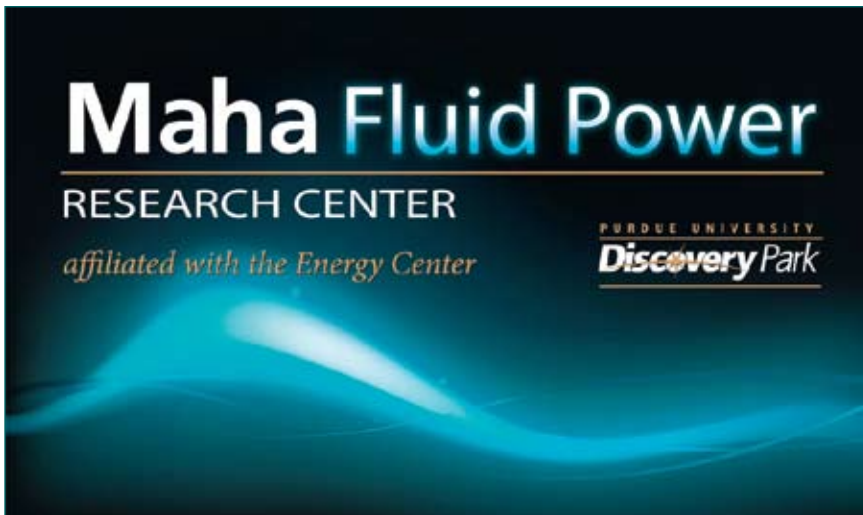
Ventil: Your book *Hydrostatics Pumps and Motors*, New Delhi, 2000, was one of the first books in this field in the English language, and which was also translated into German. Do you plan to prepare new edition of it?

Prof. Ivantysynova: The book was first published in German and English in 2000. I have plans for a new version with a special focus on piston pumps and motors, but it might take some more time.

Ventil: You are also Editor-in-Chief, from the beginning, of the very well-known *International Journal of Fluid Power*. Do you plan to obtain an SCI index for the Journal?

Prof. Ivantysynova: Yes, I am working hard on that. We applied already twice and failed, for one simple reason. We fulfilled all the criteria except for the number of citations. Many of our authors are not very used to this practice and therefore our citation numbers are still low.

Ventil: In the past five years we have together participated in five scientific-professional conferences all over the world (Tampere 2007 and 2011, Toyama 2008, Aachen 2010 and Dresden 2012) and you have probably observed that our laboratory for Power-Control Hydraulics (PCH) is researching and developing on the field of tap-water



PCH too. Taking into account the increased demands relating to protection of the natural environment, what do you think about the pos-

sibilities of tap water in PCH, especially for machines working in the natural environment.

Prof. Ivantysynova: I believe that this is the long-term future of fluid power; however, we will need to accomplish a lot of fundamental research in order to allow component design and especially pump and motor design with a comparable power density. I am personally convinced that this goal can be reached.

Ventil: Prof. Ivantysynova, in the name of our journal Ventil and ourselves, we thank you very much for your answers and the time you took for us. We also wish you a successful continuation of your work in the future.

Jožef Pezdirnik and Franc Majdič,
University of Ljubljana, Faculty
of Mechanical Engineering

Razširjeni povzetek:

Globalizacija na področju Fluidne tehnike

Na vprašanje, kje so bili razlogi, da je začela delati na področju fluidne tehnike (FT), prof. Ivantysynova odgovarja, da ji je vseč fizika in ko je začela študirati strojništvo, je najbolj vzljubila mehaniko fluidov in termodinamiko. Za razvojno-raziskovalno delo na področju FT je kot študentka doma v Češkoslovaški dobila prvo nagrado, ki jo je tako motivirala, da je na tem področju magistrirala in doktorirala na Tehnični univerzi v Bratislavi leta 1983. Po doktoratu se je zaposlila v industriji kot inženirka projektantka hidravličnih sistemov in sodelavka pri snovanju črpalk. Tedaj ni načrtovala profesorske kariere, a se je po 10 letih dela v industriji vrnila na akademijo in nadaljevala z raziskavami na področju FT, in sicer na razvoju krmilnih sistemov za veliko komercialno letalo.

Leta 1996 je postala profesorica za fluidno tehniko in krmilja na univerzi v Duisburgu, ustanovila laboratorij in pridobila prve študente doktorskega študija. Tri leta kasneje je dobila mesto na Inštitutu za letalske sisteme na Tehnični univerzi Hamburg-Harburg ter tja vzela tudi vse svoje doktorande. Že leta 2003 pa je dobila povabilo za delo na Purdue University v ZDA. To je imela za čudovito priložnost. Tja je preselila tudi svoj laboratorij, in sicer v na novo ustanovljeni Raziskovalni center za fluidno tehniko, katerega direktorica je od samega začetka, od avgusta 2004. Temu centru je Otto Maha, bivši izvršni direktor Parker Hannifina, dodelil 4 milijone US dolarjev za promocijo in izobraževanje na področju FT. Maha Fluid Power research Center izvaja temeljne in aplikativne raziskave s področja varčevanja z energijo, hidravličnih hibridnih sistemov ter računalniškega snovanja črpalk in hidravličnih motorjev. Center ima stalno rast od leta 2004, zunanje financiranje je lani doseglo 2,6 milijona dolarjev, trenutno dela v laboratorijih več kot 30 raziskovalcev.

Glede primerjave razvojnih uspehov na področju fluidne tehnike med ZDA, EU in Azijo prof. Ivantysynova odgovarja, da je bil v 70-tih, 80-tih in 90-tih letih razvoj v ZDA zelo skromen v primerjavi z EU in Azijo. Po njenem prihodu v ZDA je bila za področje FT ustanovljena fundacija CCEFP, kar je razmere drastično spremenilo. Danes je več kot 50 fakultet v ZDA vključenih v raziskovalno delo na področju FT. Razmere so se približno izenačile, vendar Kitajska vlaga vse več naporov na področju FT.

Glede prihodnosti črpalk in hidravličnih motorjev (hidrostatičnih enot – HSE) z vidika konstrukcijske izvedbe prof. Ivantysynova napoveduje vodilno vlogo batnim enotam. HSE z nagibno ploščo (NP) imajo relativno dobre izkoristke, so primerne za različna krmiljenja in imajo odlične dinamične karakteristike. HSE z nagibnim bobnom (NB) imajo v primerjavi s HSE z NP boljše izkoristke in višje maksimalne hitrosti delovanja, vendar so zahtevnejše

za snovanje, kar se odraža tudi v višjih stroških izdelave. Prednost radialnih HSE je predvsem krajša dolžina, kar je včasih pomembno zaradi omejenega vgradnega prostora v stroju.

Glede vprašanja prihodnosti »rivalstva« med hidrostatičnimi in električnimi pogoni (HP in EP) prof. Ivantysynova napoveduje svetlo prihodnost hidrostatičnim pogonom predvsem zaradi njihove izrazito večje gostote moči. Ob isti moči kot EP imajo HP približno 10-krat manjšo maso. To je še posebej pomembno za transportni sektor, mobilne stroje itd.

Izboljšanje izkoristkov sestavin in sistemov FT je danes ena najpomembnejših tem. Eden od motov prof. Ivantysynove je, da snovalec sistema FT uporabi čim manj sestavin, da s tem doseže boljši izkoristek sistema. Mnenje prof. Ivantysynove je, da imajo zdaj uporabljane HSE razmeroma slabe izkoristke, isto velja za sisteme FT. V številnih strojih se več kot 50 % energije pretvori v toploto; ob teh razmerah relativno nizek izkoristek HSE sploh nima posebnega pomena. Ko bomo odpravili dušenje kot princip krmiljenja izvršilnih sestavin (aktuatorjev), bo pomembno vlogo igral izkoristek HSE, kar je danes že aktualno na področju hidrostatičnih pogonov. Izboljšanja izkoristka HSE pa ne dosežemo s »cenenim inženirstvom«; prihodnost je v računalniškem snovanju, optimizaciji številnih parametrov in krmilnih shem.

Prof. Ivantysynova pravi, da povzročajo glavne izgube v HSE rotirajoči sklopi. V centru, ki ga vodi, delajo veliko na razumevanju fizikalnih pojavov v teh sklopih in modeliranju, vendar misli, da bo tudi v bodoče težko točno numerično napovedati izkoristek HSE. Delček teh raziskav je prikazan na slikah 1 in 2.

Njena knjiga *Hydrostatic Pumps and Motors* je bila objavljena v nemščini in angleščini leta 2000. V prihodnosti načrtuje novo verzijo te knjige s poudarkom na batnih HSE.

Prof. Ivantysynova je od samega začetka glavna urednica zelo dobro znane revije *International Journal of Fluid Power*. Na vprašanje, če namerava pridobiti SCI-indeks zanjo, je odgovorila, da intenzivno delajo na tem in da je edina pomanjkljivost prenizko število citatov, ker mnogo avtorjev nima izkušenj na tem področju.

Prof. Ivantysynovo smo spomnili, da smo bili skupaj soudeleženci na petih svetovno znanih konferencah s področja FT; naš laboratorij večinoma s prispevki o raziskavah s področja uporabe pitne vode v pogonsko-krmilni hidravliki (PKH). Zanimalo nas je njeno mnenje glede prihodnosti tega področja, predvsem za stroje, delujoče v naravnem okolju. Odgovorila je, da dolgoročno verjame v prihodnost uporabe pitne vode v PKH, vendar bo potrebnih še veliko temeljnih raziskav sestavin in še posebno HSE, da bomo dobili primerljivo gostoto moči. Osebnostno pa verjame, da je ta cilj možno doseči.

Prof. Ivantysynovi se v imenu revije Ventil in najinem osebnem imenu zahvaljujeva za odgovore in ji želiva uspešno nadaljevanje njenega že doslej nadvse uspešnega dela.

Jožef Pezdirnik, Franc Majdič
Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo

Znanstvene in strokovne prireditve

13th Mechatronics Forum International Conference – 13. Forum mehatronike – mednarodna konferenca

17.–19. 09. 2012
Linz, Avstrija

Informacije:

– e-pošta: office@mechatronics2012.com
– internet: www.mechatronics2012.com

SAE 2012 – Commercial Vehicle Engineering Congress and Exhibition (SAE COMVEC 2012) – SAE 2012 Kongres in razstava komercialnih vozil

02.–04. 10. 2012
Rosemont, Illinois, ZDA

Informacije:

– e-pošta: niorfido@sae.org
– internet: www.sae.org.events.eve

5th Workshop on Digital Fluid Power (DFP12) – 5. delavnica o digitalni fluidni tehniki

24.–25. 10. 2012
Tampere, Finska

Informacije:

– e-pošta: dfp@tut.fi
– internet: www.tut.fi.dfp

CETOP-ovih petdeset

Let namreč. Združenje CETOP, ki je bilo ustanovljeno v Stockholmu junija leta 1962, je svoj jubilej povežalo z generalno skupščino, ki je bila 14. in 15. junija letos v Parizu.

Združenje je sledilo povezovanju evropskih držav, ki so kmalu po koncu druge svetovne vojne spoznale, da brez sodelovanja pravega napredka ne bo. Tako so se še včerajšnji smrt-

ni sovražniki kar hitro dogovarjali o enotnih standardih pri hidravličnih in pnevmatičnih elementih. Kasneje so pričeli zbirati tudi statistične podatke o proizvodnji in prodaji, zadnje čase pa je največ aktivnosti na področju izobraževanja. Ob ustanovitvi se je v CETOP vključilo 12 zahodnoevropskih držav, potem pa je članstvo počasi naraščalo, tako da je danes 18 članic. Članici sta tudi Turčija in Rusija, ki se z Evropsko skupnostjo šele spogledujeta.

Aktivnosti posameznih članic združenja so odraz tako splošnega gospodarskega stanja kakor tudi personalnih razmer in pripravljenosti za sodelovanje. Vse pa kaže, da razvoj brez sodelovanja na daljši rok ni možen.

Slovenija je pri CETOP-u prvič sodelovala leta 1992, redna članica je postala 1994, dvakrat pa smo že organizirali generalno skupščino. Udeležencem je zlasti Bled leta 1995 ostal v lepem spominu, čeprav je od takrat minilo že skoraj dvajset let.

Kot je običajno na takšnih srečanjih, se nekaj časa nameni tudi ogledu lokalnih znamenitosti in teh je v Parizu res veliko. Tokrat so nam pokazali podzemlje Eifflovega stolpa, kjer so nameščeni hidravlični pogon dvigal in telekomunikacijske naprave. Zlasti podatki o hidravličnem pogonu so bili za našo stroko izjemno impresivni in skupno mnenje udeležencev je bilo, da takšna življenjska doba močno prekaša vsa zdajšnja pričakovanja.



Spominska plošča o stoletnem delovanju hidravlične naprave – od leta 1899 – ter njeni obnovi in avtomatizaciji – leta 1986 – na Eifflovem stolpu v Parizu

Mag. Franc Jeromen
Uredništvo revije Ventil



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

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

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

Najavljamo posvet

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2012 – ASM '12

v decembru 2012

v Ljubljani

www.posvet-asm.si

Tematski sklopi na posvetu

Avtomatizacija strege in montaže 2012 bodo:

- avtomatizacija,
- cenovno ugodna oprema za avtomatizacijo,
- pogoni za manipulatorje,
- robotika v strežnih in montažnih procesih,
- nadzor strežnih in montažnih procesov,
- krmiljenje in sensorika,
- računalniški vid,
- povečanje učinkovitosti strežnih in montažnih sistemov ter procesov,
- inteligentni nadzorni sistemi,
- proizvodna logistika,
- vitka proizvodnja,
- transport pri stregi in montaži,
- energijska varčnost avtomatiziranih naprav,
- varnostni standardi,
- podjetja predstavljajo - primeri iz prakse.

Glavni organizator posveta

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



LASIM
LABORATORIJ ZA STREGO, MONTAŽO
IN PNEVMATIKO

Dodatne informacije:

Laboratorij LASIM, UL, FS, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
tel.: 01/47-71-726(725); fax.: 01/47-71-434
e-mail: asm.lasim@fs.uni-lj.si ali niko.herakovic@fs.uni-lj.si
Internetna stran: www.posvet-asm.si

Pokrovitelji in sponzorji

FESTO

VENTIL
REŠENJA ZA PNEVMATIKO, AVTOMATIZACIJO IN MONTAŽNO ROBOTIKO

IRT3000
inovacije v razvoju tehnologije
www.irt3000.com

SICK
Sensor Intelligence.

YASKAWA
MOTOMAN

MIEL omron
www.miel.si
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

OPL **Rexroth**
Rexroth Group
Automation

LOTRIČ

FANUC
ROBOTICS EUROPE

HALDER
NORM+TECHNIK

espro
inženiring

TEHNA
Avtomatizacija

DAX

ABB

RIKO

OLMA
www.olma.si

45. MOS: Tradicionalna največja poslovno-sejemska prireditev regije letos vsebinsko osvežena in še bolj mednarodna

Največja poslovno-sejemska prireditev regije, tradicionalni MOS, letos obeležuje pomemben 45. jubilej. 45. MOS bo razstavljalce in obiskovalce gostil med 12. in 18. septembrom. Iz Celjskega sejma pa sporočajo, da so sejem osvežili z novo vsebinsko porazdelitvijo razstavnih programov, obetajo se še večja mednarodna zastopnost ter tematsko obarvani dnevi s posebnimi ugodnostmi za posamezne ciljne skupine. MOS bo na željo razstavljalcev tudi dan krajši in bo tako trajal sedem dni, od srede do torka.

»V Celjskem sejmu smo se odločili čim bolj prisluhniti željam in predlogom naših razstavljalcev in obiskovalcev, zato pripravljamo pomembne dopolnitve na razstavnem delu sejma, pa tudi v spremljajočem programu se obetajo številna preseženja in ugodnosti za posamezne ciljne skupine obiskovalcev,« pojasnjuje izvršna direktorica družbe Celjski sejem, d. d., **Breda Obrez Preskar**.

Osvežena podoba sejma se bo po besedah izvršne direktorice med drugim izražala v novi vsebinski porazdelitvi razstavnih programov. To pomeni, da so v Celjskem sejmu v sejemskih dvoranah in na zunanjih razstavnih površinah tematsko združili razstavljalce glede na dejavnost. V Celju so prepričani, da so se razstavniki pogoj tako še izboljšali, obenem pa bodo obiskovalcem in poslovnim partnerjem olajšali iskanje posameznega razstavljalca oz. programa in storitve, ki ju bo predstavil na sejmu. Spremembe so pozitivno sprejeli tudi razstavljalci, ki so pozdravili tudi dan krajši sejem.

45. MOS bo namreč trajal sedem dni, od srede do vključno torka, kar je dan manj kot leto prej. S krajšanjem so v Celjskem sejmu prisluhnili več kot polovici razstavljalcev na zadnjem sejmu, ki želijo izgubiti manj delovnih dni v pisarnah in proizvodnji. Kljub vsemu pa bodo tako poslovni kot tudi zasebni obiskovalci imeli dovolj časa, da se seznanijo s sejemsko ponudbo, saj zanje v Celjskem sejmu pripravljajo številna nova komunikacijska orodja, s katerimi si bodo lahko ustrezno organizirali obisk sejmišča. Do septembra

bo zaživel portal za organizacijo sestankov, mobilna različica spletne strani za pametne telefone, že na majskih sejmih pa je bil dobro sprejet tudi virtualni sejem, t. i. e-CE sejem.

Na 45. MOS vsi tuji ekonomski predstavniki za našo državo

Posebej izstopa mednarodna nota sejma, saj poleg tradicionalnih mednarodnih poslovnih srečanj letošnji MOS prinaša priložnost za srečanje s predstavniki več kot 30 držav, ki imajo s Slovenijo vzpostavljene diplomatske odnose in vidijo možnosti za spodbujanje gospodarskega sodelovanja. »Naši razstavljalci in obiskovalci si lahko zato obetajo številne nove poslovne priložnosti,« poudarja Breda Obrez Preskar in dodaja, da ne le tradicionalne države partnerice sejma (Avstrija, Hrvaška, Nemčija, Srbija), posebne dneve s predstavitevjo gospodarskih priložnosti pripravljajo Češka in Madžarska, pa tudi bolj oddaljene dežele, kot so Gruzija, Katar, Indija, Indonezija in Tajsko, bodo predstavile možnosti za gospodarsko sodelovanje. To pa pomeni še več poslovnih priložnosti na trgih, ki jim gospodarsko kaže bolje kot domačemu.



Sejemski utrip – MOS 2011



Sejem najboljših blagovnih znamk - Tradicionalne panoge dopolnjujejo nove tehnologije

Na 45. MOS, katerega generalni pokrovitelj je že četrto leto zapored Hypo Alpe Adria, se bo razstavnih program razprostiral v 17 sejmskih dvoranah in na zunanjih razstavnih površinah. Tradicionalno bodo na sejmu najbolj zastopana podjetja, ki so ponudniki izdelkov in storitev na področju zaključnih del v gradbeništvu (stavbno pohištvo, strešne kritine itd.), energetske učinkovitosti in izkoriščanja obnovljivih virov. Energetska učinkovitost na vseh področjih bivanja je vroča tema, številni razstavljalci pa za september napovedujejo še nove ugodnosti za končne kupce.

Obiskovalci pa bodo lahko poiskali tudi najboljšo ponudbo na drugih vsebinskih področjih, ki jih že tradicionalno pokriva MOS. V Celjskem sejmu nadaljujejo s strategijo predstavitev najboljših domačih in tujih blagovnih znamk, najbolj perspektivnih in inovativnih podjetij ter podjetniških pobud. Letošnji MOS pa ne bo

minil brez novih tehnologij, ki bistveno olajšajo poslovanje. Računalništvo v oblakih, pametni telefoni in druge inovativne rešitve poslovnega in zasebnega življenja bodo pomembno zaznamovale sejmske dneve v Celju.

Priložnost za brezplačno predstavitev na sejmu pa bodo dobili tudi trije najboljši podjetni talenti, ki se bodo prijavi na 2. razpis Celjskega sejma za inovativne podjetniške ideje. MOS-ovi podjetni talenti bodo letos poleg brezplačne predstavitve dobili še letni dostop do spletne pisarne, ureditev Facebook profila oz., če ga že imajo, njegov pregled in optimizacijo, izdelana jim bo videopredstavitev ter omogočeno svetovanje pri pripravi poslovnega načrta. Skupna vrednost paketa je ocenjena na 4000 evrov.

Strokovni program o najbolj aktualnih podjetniških temah - V zabavnem delu dvorana doživetij

Pomemben del sejmskega dogajanja bodo znova strokovne spremljajoče prireditve, ki bodo obravna-

vale najbolj aktualne teme. Med drugim bo v okviru 45. MOS govor o kreditnem krču, energetske učinkovitosti, znova bo potekalo srečanje županov oz. predstavnikov lokalnih oblasti, ki se bodo na problemski okrogli mizi dotaknili najbolj aktualnih vprašanj, s katerimi se trenutno soočajo lokalne skupnosti (financiranje projektov v času gospodarske krize, kakšne občine sploh potrebujemo ipd.).

Zanimivo pa bo tudi v bolj zabavnem delu sejmskega dogajanja, saj bodo obiskovalci lahko obiskali dvorano doživetij in spoznali okuse sveta, pa tudi čisto pravo avtohtono kulinariko. Med tem, ko se bodo starši pozanimali o zdravem načinu preživljanja prostega časa ali obiskali multimedijški kotiček, se bodo otroci zabavali v sejmskem vrtcu. Športno-glasbeno bo obarvano dogajanje na osrednjem odru v atriju sejmišča, novost 45. MOS pa je še adrenalinski poligon, ki prinaša adrenalinske vragolije na dveh in več kolesih, pa tudi prikaze varne vožnje.

www.ce-sejem.si

DOBRE VIBRACIJE ZA PRIHODNOST



MOS

Sejem vseh sejmov

EVROPA, SLOVENIJA, CELJE
12.-18. SEPTEMBER 2012

- NAJVEČJA POSLOVNO-SEJEMSKA PRIREDITEV REGIJE.
- NAJBOLJ CELOVIT PREGLED PONUDBE MALIH IN SREDNJE VELIKIH PODJETIJ SLOVENIJE, EVROPE IN SVETA.
- ZA NAJBOLJ PODJETNE, INOVATIVNE IN POGUMNE.
- ZA NOVE POSLE IN NOVE PRILOŽNOSTI.

www.ce-sejem.si

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

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



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

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

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

www.hbm.com



Zastopnik za SLO: TRC, Vrečkova 2,
SI - 4000 Kranj, tel: + 386 4 2358310,
fax: + 386 4 2358311, GSM: + 386 41 344071,
ljudmila.licen@siol.net, www.trc-hbm.si

General Motors je izbral nCode DesignLife™ kot rešitev za trdnostne analize znotraj podjetja

10. maja je HBM kot ponudnik najsodobnejših postopkov merilne in preskusne tehnike za optimiranje proizvodnih ciklusov objavil, da se je svetovno uveljavljeni General Motors odločil za HBM-ovo programsko opremo nCode DesignLife™ pri izvajanju preskušanja trajne trdnosti in trdnostnih analiz CAE. Vse inženirske skupine, dejavne na področju avtomobilske tehnike v ZDA, Kanadi, Mehiki, Nemčiji, Braziliji, Indiji, Koreji in Avstraliji, uporabljajo nCode DesignLife kot pomembno orodje za tehnične analize pri zanesljivem ugotavljanju, ali trajnost novih vozil in njihovih sestavin ustreza najzahtevnejšim standardom.

»Po neverjetni rasti uporabe programske opreme nCode DesignLife v letu 2010 ta pomembna investicija pri General Motorsu potrjuje vodilno vlogo HBM-a na področju programske opreme za obratovalno trdnost«, je poudaril Steve Tudberry, podpredsednik HBM-nCode-Software. Analize utrujenosti in obratovalne trdnosti na številnih področjih tehnike postajajo odločujoči faktorji zmanjševanja stroškov pri validaciji izdelkov, povezanih s predčasnimi okvarami v garancijskih obdobjih.

Programska oprema nCode DesignLife sodi v najnovejšo generacijo tovrstne opreme. »Že več kot 10-letna uporaba programske opreme nCode za analize utrujenosti in obratovalne trdnosti je pri General Motorsu omogočila šolanje in pridobivanje izkušenj več kot 300 inženirjev. Saj so tovrstne analize pomembna sestavina naših razvojnih procesov«, je poudaril dr. A. K. Khosrovaneh, tehnološki vodja strukturne trajnosti pri General Motorsu, odgovoren za področje obratovalne trdnosti.

»Zahvaljujoč preverjeni tehnologiji in izboljšavi procesov z uporabo programske opreme nCode DesignLife lahko ocenjujemo obratovalno trdnost še pred fizično izdelavo prototipov.«

Kaj je HBM-nCode?

Produkte nCode nudi HBM, svetovno uveljavljeno podjetje za virtualno in fizikalno merilno tehniko. Že več kot 25 let je nCode vodilna znamka za rešitve na področju obratovalne trdnosti in analize tovrstnih podatkov. Tehnologija omogoča optimiranje izdelkov, pospeševanje njihovega razvoja in izboljšave konstrukcijskih lastnosti. Učinkovitost in uporaba tehnologije HBM sta rezultat prvovrstnih razvojnih procesov, ocen in mnogih izkušenj z različnih industrijskih področij. Razvoj nCode je certificiran po standardu ISO9001. Uporabnikom zagotavljajo podporo hčerinska podjetja v Evropi, Severni Ameriki in Aziji. Dodatne informacije so na voljo na spletnem naslovu: www.hbm.com/ncode.

Vir: HBM Pressemitteilung; HBM, Inc. (HBM-nCode), Travelers Tower One; 26555 Evergreen Road, Suite 700; Southfield, MI 48076, USA; tel.: +1-248-350-8300, faks: +1-248-350-1678, e-pošta: kim.hurt@hbmncode.com.

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

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

Bosch Rexroth – razvojni cilji krepko preseženi

Bosch Rexroth AG je svoje razvojne cilje v letu 2011 v veliki meri presejal. Svetovno uveljavljen dobavitelj strojne industrije je v preteklem letu dosegel promet v višini 6,443 milijard evrov. To pomeni porast v višini 27,2 odstotka v primerjavi z letom 2010 in je najvišji v njegovi zgodovini. Leta 2010 na novo zastavljena strategija razvoja podjetja se je več kot dobro izkazala. »Na vseh področjih in v vseh

enotah poslovanja smo lahko dodali vidne dosežke,« je izjavil predsednik družbe dr. Karl Tragl na poslovni konferenci ob hannovrskem sejmu. Porast naročil je dosegel letno vrednost v višini 7,2 milijardi evrov, kar je za 22 % več kot v zelo uspešnem letu 2010. Tako je Bosch Rexroth štartal v novo poslovno leto 2012 s pomembno vrednostjo naročil. Kljub temu pa v podjetju ocenjujejo novo poslov-

no obdobje previdno optimistično. Vzroka sta zadržan razvoj strojne industrije v Nemčiji v prvem četrtletju 2012 in občutna upočasnitev rasti na Kitajskem. »Toda izhajamo iz ocene, da bomo že v drugem polletju v Nemčiji spet pričeli nove rasti,« je poudaril Tragl.

Po Fluid 45(2012)06 – str. 9

Kitajska dosegla uvoz že skoraj ene milijarde evrov nemške fluidne tehnike

Med državami BRIC-a je Kitajska v preteklih letih na področju strojne industrije postala najhitreje se razvijajoči trg. Vendar tudi upočasnitev takšnega razvoja v prihodnje predstavlja obetajočo rast prometa na tem področju. Dodatni pozitivni razvojni impulzi pa sočasno prihajajo iz Brazila, Rusije in Indije ter zaradi okrepanja gospodarstva iz ZDA. Ob takšnih razmerah tudi pri Bosch Rexrothu pričakujejo v letu 2012 nadaljnjo rast prometa.

Lani je rast prometa v Nemčiji zaradi konjunkturo strojne industrije dosegla skoraj 25 odstotkov. V Evropi je bila ta rast celo 33-odstotna, v Aziji skoraj 26-odstotna, samo v Indiji pa 34-odstotna. Tako se je promet od leta 2005 skoraj potrojil. Na Kitajskem pa je bil prvič dosežen prag v vrednosti skoraj ene milijarde evrov. Tudi Severna in Južna Amerika sta dosegli pozitivno rast v višini okoli 20 odstotkov.

Pri Bosch Rexrothu pravijo, da so takšno rast v kriznih časih lahko dosegli zahvaljujoč vlaganjem v strokovne kadre in nove proizvodne zmogljivosti v preteklem obdobju. Tudi v neposredni prihodnosti načrtujejo investicije v raziskave in razvoj v višini 312 milijonov evrov.

Po Fluid 45(2012)06 – str. 9

Slovensko društvo za tribologijo vabi na enodnevno mednarodno posvetovanje

SLOTRIB 2012,

ki bo potekalo

15. NOVEMBRA 2012 v HOTELU MONS v LJUBLJANI.



Letošnje posvetovanje, ki je že enajsto po vrsti v seriji uspešnih mednarodnih konferenc Slotrib, bo posvečeno mazivom in hladilnim tekočinam v kovinskopredelovalni industriji, omenjeni dve tematiki pa bodo smiselno dopolnili še prispevki s področja nanotehnologije, tehnične diagnostike in ekologije.

S posvetovanjem želimo strokovni javnosti, predstavnikom slovenske industrije in ostali zainteresirani javnosti predstaviti smernice na omenjenih področjih ter s tem pripomoči k povečevanju konkurenčnosti in razvoju slovenske kovinskopredelovalne industrije. Ob robu posvetovanja bo pripravljena tudi razstava, na kateri se bodo predstavila podjetja in izdelki, povezani s tematiko letošnjega Slotriba.

Kotizacija za posvetovanje znaša 150,00 EUR in vključuje program, zbornik referatov, kosilo, udeležbo na predavanjih in ogled razstave.

Vsi, ki jih sodelovanje na posvetu ali razstavi zanima, naj se čim prej informativno javijo organizatorju, prav tako smo na voljo ostalim udeležencem za vsa dodatna pojasnila na e-pošto: jozi.strle@tint.fs.uni-lj.si ali telefon: 01/4771-460.

Več na www.tint.fs.uni-lj.si.

Parker pridobil skupino Olaer

Parker Hannifin Corporation je pred kratkim pridobil pod svoje okrilje skupino Olaer, ki je na tržišču poznana kot vodilni proizvajalec pnevmohidravličnih akumulatorjev in hladilnih sistemov.

Skupino Olaer je leta 1936 ustanovil Jean Mercier, izumitelj akumulatorjev z mehomo, ki so še vedno njen glavni proizvod. Olaer je s 500 zaposlenimi globalno razdeljen na 22 lokacij, sedež pa ima v Chesterju, Velika Britanija.

Olaerjev proizvodni program poleg že omenjenih akumulatorjev in hla-

dilnikov obsega še klimate, hidravlične in procesne filtre, vijačne črpalke in rotacijske pogone.

Olaer je s svojimi proizvodi osredotočen predvsem na aplikacije, povezane z naftno, plinsko in avtomobilsko industrijo ter vetrno energijo.

Vir: Parker Hannifin Corporation,
Velika Bučna vas 7, 8000 Novo mesto,
tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51,



Pnevmohidravlični akumulatorji



Hladilni sistemi



e-mail: parker.slovenia@parker.com,
Miha Šteger

Vabilo na 5. mednarodno Konferenco o prenosu tehnologij, ki bo potekala 26. in 27. septembra 2012 na Institutu »Jožef Stefan« in na Kemijskem inštitutu

Institut »Jožef Stefan« v sodelovanju s Kemijskim inštitutom in Technocentrom Univerze v Mariboru že petič zapored organizira mednarodno Konferenco o prenosu tehnologij. Cilja konference sta **povečanje zavedanja o nujnosti prenosa tehnologij v gospodarsko rabo**

in raziskovalnih institucij, oblikovalcem nacionalnih politik, zasebnim investitorjem, inovatorjem, podjetnikom in **študentom s podjetniškimi ambicijami. Več o konferenci si lahko preberete na spletni strani:** <http://tehnologije.ijs.si/5ittc>.

o nagradi, sestavljajo neodvisni tuji predstavniki tveganega kapitala. Rok za oddajo vlog je 1. september 2012. Dokumentacija in pogoji sodelovanja so objavljeni na spletni strani konference: <http://tehnologije.ijs.si/5ittc/conference-prize.html>.



in izmenjava znanj in izkušenj o teh procesih. Kot vsako leto smo na konferenco povabili ugledne tuje predavatelje in strokovnjake. Konferenca bo namenjena raziskovalcem iz javnih visokošolskih

Na konferenci vsako leto podelimo nagrado za inovacijo z največjim komercialnim potencialom po izboru predstavnikov domačega in tujega tveganega kapitala v višini 3.000 EUR. Komisijo, ki bo odločala

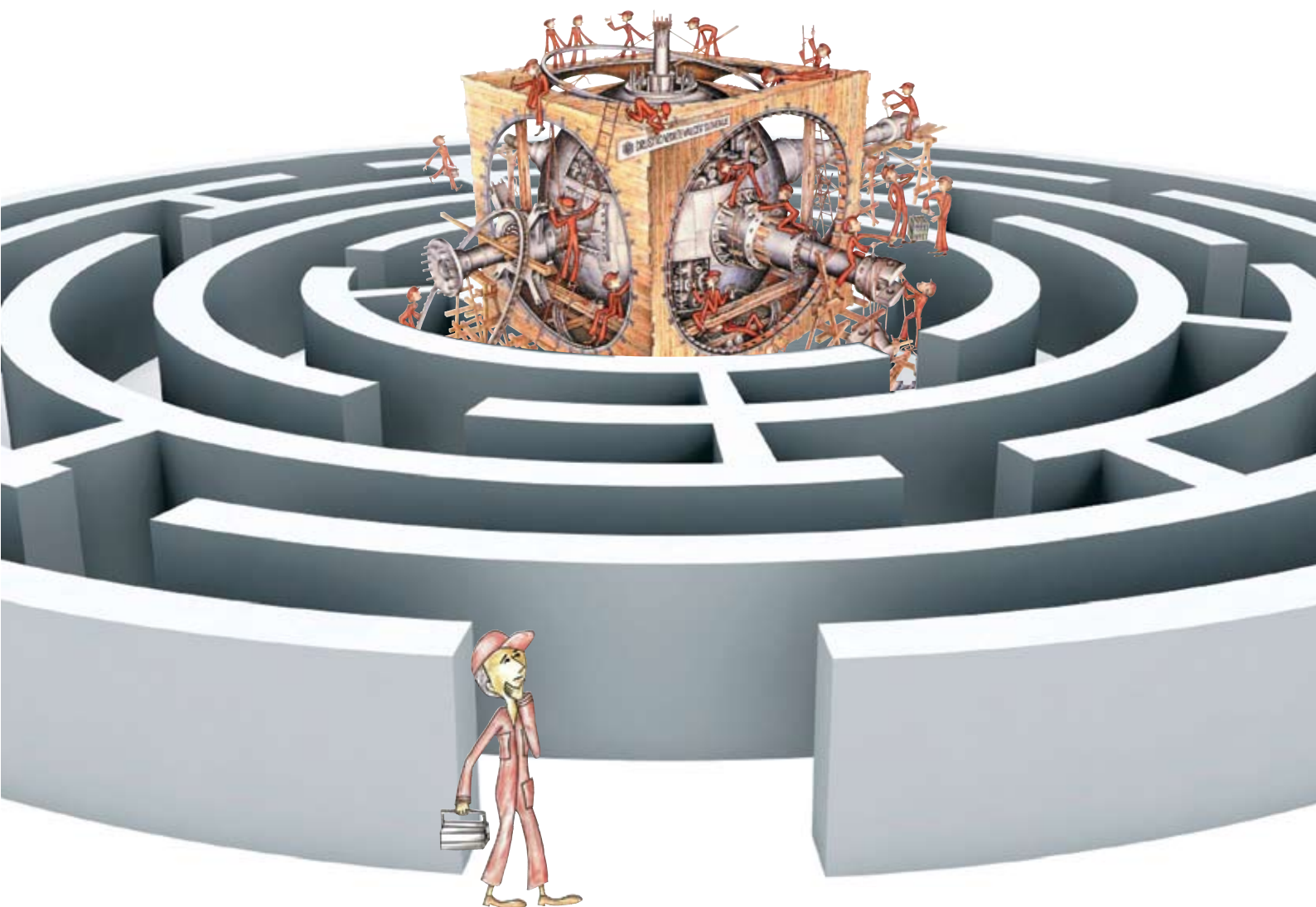
Za dodatne informacije obiščite spletno stran konference: <http://tehnologije.ijs.si/5ittc>, pišite nam na tehnologije@ijs.si, ali nas pokličite na telefonsko številko **00386 1 477 3224**.





DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS



IZZIVI SODOBNEGA VZDRŽEVANJA

Otočec, 18. in 19. oktober 2012 | www.tpvs.si

22. TEHNIŠKO POSVETOVANJE VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

Mednarodno usmerjena fluidna tehnika iz Žirov

Anton STUŠEK

Minilo je pet let, odkar je uspešno slovensko podjetje za izdelavo elementov in sistemov oljne hidravlike Kladivar iz Žirov postalo član mednarodne skupine Poclain Hydraulics Group. To je bil tehten razlog za obisk in pogovor z direktorjem mag. Milanom Kopačem. V pogovoru je najprej predstavljena njegova dosedanja strokovna pot, potem pa so opisani vključevanje, današnji način in vsebina delovanja podjetja v mednarodni skupini PH.

Ventil: Preden pričneva z vsebinskimi vprašanji o vašem podjetju Kladivar – Poclain Hydraulics, Žiri, vas prosim, da se na kratko predstavite kot strokovnjak in vodja podjetja.

Mag. Kopač: Po tolikih letih vodenja družbe zagotovo nisem več strokovnjak, ampak bolj generalist.

Po končani fakulteti za strojništvo sem se zaposlil v razvojnem oddelku v Kladivarju in razvijal tako imenovane strežne naprave – podajalne enote za avtomatizacijo strege in montaže. To je bila tudi tema moje diplomske naloge pri prof. Seljaku.

in računalniška podpora proizvodnji, tako da je bilo delo zelo pestro. V tem času sem opravil tudi poslovodsko šolo na Brdu.

V času politične in ekonomske krize leta 1991, ko so v podjetjih vladali še delavci, me je delavski svet imenoval za v. d. direktorja. Vse to se je dogajalo še v Jugoslaviji.

Nato sem bil poklican v obrambo mlade domovine. Ko smo opravili tudi to, sem začel voditi družbo Kladivar, kar še vedno opravljam. Na prelomu tisočletja sem zaključil magistrski študij poslovedenja in organizacije dela na Ekonomski fakulteti v Ljubljani. Lahko rečem, da sem v svoji karieri obiskoval dobre šole, če k navedenim prištejem še srednjo tehnično šolo strojne stroke v Ljubljani.

Ventil: Kladivar – Poclain Hydraulics, prvi stiki, vzroki in osnove sodelovanja, dosednji dosežki, stanje in načrti za prihodnost?

Mag. Kopač: Prvi stiki z družbo Poclain Hydraulics so bili že leta 1989. Po kakšni poti je prišlo do njih, niti ne vem, ker takrat nisem bil vključen v te projekte. Vzrok za to je bila predvsem želja podjetja Poclain Hydraulics, da v svoj program hidravličnih motorjev doda še ventile. Obstajajo pisni dokumenti o nameravanem sodelovanju na področju trženja ventilov pod skupno blagovno znamko Poclain Hydraulics – Kladivar iz leta 1989. Ker

Moja želja je bila študirati naprej pri prof. Pekleniku, ker sem na dodiplomskem študiju študiral na njegovi katedri. Veselili so me kibernetični sistemi – sistemi s povratno zvezo – kamor so na nek način spadali tudi prihajajoči proporcionalni hidravlični ventili. S profesorjem sva bila že dogovorjena za »sodelovanje«, zataknilo pa se je na drugih ravneh odločanja.

Po nekaj letih dela v razvojni enoti sem se preselil v proizvodnjo, ki sem jo vodil 7 let. Takrat sta se še vedno uvajali CNC-tehnologija



Mag. Milan Kopač

je takratno vodstvo Kladivarja imelo smelega načrte za samostojni nastop z lastno blagovno znamko Kladivar na takrat še komercialno težko dostopnem »zahodnem trgu«, pogodba ni bila podpisana.

Pričelo pa se je sodelovanje pri izdelavi novega ventila, ki je preprečeval zdrs kolesa, gnanega s hidravličnim motorjem. Ta ventil z izboljšanimi karakteristikami izdelujemo še danes.

Leta 1999 je Poclain Hydraulics kupil francosko družbo za razvoj in izdelavo zavornih ventilov in tako resneje vstopil tudi na področje ventilov.

Tako je leta 2007 kupil še Kladivar in postal njegov 100-odstotni lastnik. Od takrat naprej so ventili v Poclain Hydraulics eden od štirih stebrov, na katerih se gradi nadaljnji razvoj družbe, in sicer so to motorji, črpalke, ventili in elektronika.

V prihodnosti se bo področje ventilov še krepilo in predvsem globaliziralo, saj ima Poclain Hydraulics 18 prodajnih družb na treh kontinentih in 150 distributerjev po celem svetu.

Razvoj ventilov bo šel v smeri razvoja zavornih ventilov, posebnih sestavin in večfunkcijskih hidravličnih blokov. Tekmovanju na področju standardnih ventilov, ki se proizvajajo v velikih količinah, se bomo izogibali.

Prav tako bomo nadaljevali s projektiranjem in izdelavo hidravličnih naprav, ki jim kombinacija z motorji daje nove možnosti za trženje v ožjih segmentih trga, kjer je konkurenca manjša.

Ventil: Kakšna je organizacijska struktura družbe Poclain Hydraulics in mesto Kladivarja v njej? Pomembne vsebine in načini sodelovanja?

Mag. Kopač: Poclain Hydraulics je družinska delniška družba zaprtega tipa. Nastala je iz družbe Poclain, ki je bila v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja velika proizvajalka bagrov, njena intelektualna vrednost pa je bila inovacija hidravličnega počasno-gibnega motorja za neomejeno dvo-



Poslovna stavba Poclain Hydraulics v Žireh

smerno vrtenje bagra okrog svoje osi. Kasneje je tovarna prišla v težave in bila prodana. Iz Poclaina so prvotni lastniki nato razvili družbo Poclain Hydraulics, ki je izdelovala predvsem hidravlične sestavine za bage.

Kladivar je danes ena od osmih proizvodnih tovarn in eden od petih razvojnih centrov sedanje korporacije Poclain Hydraulics. Po številu zaposlenih je med največjimi družbami skupine. V skoraj petih letih delovanja v skupini je Kladivar že v celoti prevzel standarde poslovanja korporacije in se kot razvijalec in proizvajalec ventilov vključil v njene strateške cilje.

Skratka, osrednji področji Kladivarja sta razvoj in proizvodnja hidravličnih ventilov in naprav za potrebe celotne korporacije, ki sta bila iz drugih tovarn preseljena v Žiri. Tako je vsaj za nekaj časa varna tudi »slovenska oljna hidravlika«, saj je Kladivar najpomembnejši igralec na tem področju v Sloveniji.

Globalno usmerjena korporacija poleg globalnega prodajnega trga nudi »globalni trg dela«. Zaposleni imajo možnost začasnega dela v drugih tovarnah ali prodajnih enotah po vsem svetu. V korporaciji je jezik sporazumevanja angleščina.

Ventil: Kakšen del razvoja pripada Kladivarju?

Mag. Kopač: V Žireh sedaj razvijamo tri osnovne družine ventilov in hidravlične naprave, ki jih glede na program družbe delimo na:

- ventile za odprte tokokroge, to so ventili iz programa Kladivarja,
- zavorne ventile,
- ventile za zaprte tokokroge, to so ventili za krmiljenje motornih pogonov, pri katerih je delovni tlak do 450 bar, ter
- hidravlične naprave.

Razvoj ventilov se je v zadnjem letu reorganiziral in predvsem pojačal. V bistvu se je razdelil na dve pomembni področji:

- razvoj in
- validiranje ventila.

V celotni razvojni enoti je zaposlenih 28 delavcev. Poleg čistega konstrukterstva se s pomočjo računalniških aplikacij razvija tudi področje »izračunov in simulacij«. Pomembna faza v razvoju proizvoda je njegovo validiranje oziroma potrditev, da so cilji razvoja ventila oziroma njegove aplikacije v praksi doseženi. V ta namen se gradi nov testni laboratorij za funkcijske in trajnostne preskuse z močjo do 380 kW.

Poleg razvoja proizvodov je zelo pomemben tudi razvoj procesov izdelave. Za te naloge se je okrepila ekipa inženirjev. Strategija družbe Poclain Hydraulics je, da ključne tehnologije obvladuje sama. V Žireh med te spadajo izdelava vseh ohišij iz jekla in litine, raziglanje, čiščenje – pranje, površinska zaščita, brušenje, honanje ter montaža in preskusi. V bližnji prihodnosti bo ponovno uvedena tudi termična obdelava.

Razvoj procesov sledi modernim trendom organizacije proizvodnje in logistike.

Ventil: *Značilnosti zagotavljanja kakovosti, kako poteka nadzor principala?*

MAN, Claas, Agco ..., je jasno, da moramo v celoti spoštovati »avtomobilske« standarde zagotavljanja kakovosti.

Vse sestavine so 100-odstotno funkcionalno preskušene. Celotni proces zagotavljanja kakovosti moramo obvladovati sami. Korporacija skrbi za razvoj celotnega sistema kakovosti in enotne standarde.

Poleg kakovosti so zelo pomembni tudi stroški izdelave. Cenovna vojna traja neprestano in tudi mi se ji ne moremo izogniti v celoti. Za izboljšanje stanja pri obvladovanju stroškov in predvsem njihovega zmanjševanja teče večletni projekt »sPHere« – pro-

principalu. Če so rezultati dobri, potem smo zaposleni udeleženi tudi pri dobičku, saj imamo podpisano pogodbo o udeležbi delavcev pri dobičku v skladu s slovensko zakonodajo.

Ventil: *Trenutna konjunktura in možnosti v bližnji prihodnosti?*

Mag. Kopač: Na to vprašanje težko odgovorim. Poclain Hydraulics trži globalno, zato so vplivi krize posameznega območja manjši. Toda glede na to, da se je upočasnila rast tudi v državah BRIC, v drugi polovici leta 2012 ne pričakujem cvetočih trgov. Dolgoročna rast družbe pa je planirana na stopnji 10 % na leto. To je optimistična rast. Sicer pa pravi pregovor, da je »za dobre vedno delo«, tako da vemo, kako se je treba boriti s konjunkturnimi trendi. No, včasih tudi to ni dovolj.

Čeprav je okolje zelo nepredvidljivo, smo pravkar pričeli z gradnjo četrte proizvodne hale, prostorov za razvojni inženiring in laboratorij. Razen za investicijo v nove prostore bo del sredstev namenjen tudi novi opreми za površinsko zaščito sestavin in logistiki. Celotna investicija bo vredna okoli 4 milijone evrov.

Planirana je še dodatna investicija v prostore za izdelavo posebnih sestavin za motorje. Poleg zahtevne mehanske obdelave bo del procesa tudi zahtevna termična obdelava. V celoti gledano smo optimisti, sicer ne bi investirali.

Ventil: *Kako je z mednarodnim povezovanjem? Ali Kladivar še samostojno nastopa v CETOP-u? Je Poclain Hydraulics aktiven v ISO in drugih strokovnih organih EU?*

Mag. Kopač: Kladivar še vedno sodeluje s CETOP-om, a samo pri izmenjavi statističnih podatkov. Prav letos je CETOP praznoval 50 let obstoja, a se žal zaradi obveznosti tega slavlja nisem udeležil. Veseli pa me, da se ga je na posebno povabilo udeležil naš dolgoletni član g. Franc Jeromen, ki je eden tistih, ki so zgodbo s CETOP-om leta 1992 tudi začeli.



Krmilni modul KVM

Mag. Kopač: Zagotavljanje kakovosti poteka po določenih standardov ISO 9001 in ISO TS 16949.

Prične se že v fazi razvoja proizvoda in nato v vseh fazah izdelave in nabave oziroma v celotni dobavni verigi. Na tem področju nimamo nikakršnih posebnosti. Glede na to, da Poclain Hydraulics dobavlja proizvode družbam, kot so Caterpillar, John Deer, CNH, Volvo, Renault,

jekt poslovne odličnosti. V njegovem okviru tečejo podprojekti, kot so VMS (Value Stream Mapping), ZORA LEAN (SMED, 5S, TPM, ...), ter drugi projekti, kot npr. »Cleanliness«. Čistoča proizvoda se stalno nadzoruje. V ta namen je bil pravkar opremljen namenski laboratorij.

Tako o stanju kakovosti kot o stanju v ostalih procesih poslovanja moramo tedensko ali mesečno poročati



Počasnogibni radialni batni motor, tip MS

Poclain Hydraulics je aktiven v francoskem združenju *Artema*, eden od lastnikov pa je sedaj tudi član predsedstva CETOP. Ni mi znano, da bi kdo aktivno sodeloval v telesih EN, ISO ipd.

Ventil: *Kladivar je bil od vsega začetka med najbolj aktivnimi v združenju FTS/OFT in v okviru drugih skupnih prizadevanj na področju fluidne tehnike v Sloveniji. Ste za ta sodelovanja še vedno zainteresirani in ali ste glede tega samostojni ob upoštevanju obvez do principala?*

Mag. Kopač: Kladivar je v teh združenjih aktivno sodeloval od vsega

začetka v zgodnjih osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Takrat so bili pomembni igralci velike družbe kot so Litostroj, Metalna, Riko, LIV, TAM idr. Kladivar je bil majhen, a aktiven.

Danes lahko zapišem, da se delo predhodnikov in tudi delo naše generacije na področju fluidne tehnike ne nada-

ljuje več. Je »zamrznjeno«. Dvakratni sklic skupščine je bil neuspešen, zato smo prisotni – dva člana in predstavnik GZS kot tajnik – sprejeli sklep, da delovanje obeh združenj začasno zamrznemo in počakamo na nove ambicioznejše direktorje in podjetnike. Osebnostno sem se zavezal, da bom še vedno pošiljal statistične podatke na CETOP in v zahvalo prejemal povzetke stanja na globalnem trgu, čeprav lahko vse to dobim v Poclain Hydraulics.

Kot kaže, se bo poleg Evrope moralo preoblikovati še kaj, saj so se nekatere stvari očitno izpele. Namreč tudi CETOP ni več to, kar je bil. Sodelova-

nje Kladivarja v takih združenjih pa je vsekakor zelo zaželeno tudi s strani Poclain Hydraulics.

Ventil: *In kako ocenjujete našo revijo – vaše pripombe, želje, predlogi?*

Mag. Kopač: Glede na to, da me še vedno navajate v kolofonu, bi moral o reviji govoriti samo dobro. In taka je tudi moja iskrena ocena.

V enem od intervjujev za revijo Ventil sem zapisal:

»Kot najboljši rezultat tega obdobja pa je nedvomno revija Ventil. Razvila se je iz predhodnika Biltena OFT. Mirno lahko rečem, da je bil idejni in izvedbeni oče te revije mag. Anton Stušek. Za rojstvo te revije smo na odborih OFT preživeli kar nekaj težkih ur glede financiranja, a se je splačalo.« Pri tem ostajam. Dodajam le iskrene želje, da sedanji ustvarjalci ohranite to energijo in izdajate Ventil tudi v prihodnje. Dokler bo le mogoče, ga bomo z oglasi tudi finančno podpirali.

Ventil: *Za izčrpne in nadvse zanimive odgovore se vam iskreno zahvaljujemo in želimo vam osebno in Poclain Hydraulics – Kladivarju še obilo uspehov v prihodnosti.*

*Mag. Anton Stušek,
Uredništvo revije Ventil*

Abstract:

Internationally Oriented Fluid Power from Žiri, Slovenia

On the fifth anniversary of being a member of the Poclain Hydraulics Group, the enterprise Kladivar Žiri, Slovenia, was a real challenge for us to visit, and to conduct an interview with the manager general Mr Milan Kopač.

In the first part of the interview, Mr Kopač and his professional career up until now is presented, and the organisation and business relationship between the principal corporation Poclain Hydraulics and the Slovenian member company were discussed in more detail. Mr Kopač presented details of the production program, the way of cooperating with the principal, and how they are dealing with the quality-assurance problems. The future development of the company and their production programs were also presented.

Concluding the interview, Mr Kopač also expressed the facts and his ideas about the activities of Poclain Hydraulics and his company with the international professional and standardisation associations like CETOP, ISO, EU and other international institutions. He also expressed his appreciation about the concept and activities of our journal Ventil.

*Mag. Anton Stušek
Editorial board of the journal Ventil*

Zmanjšanje izgub znotraj vodnega hidravličnega valja

Franc MAJDIČ, Jožef PEZDIRNIK, Mitjan KALIN

Izveček: Predpisi o zaščiti naravnega okolja postajajo vedno strožji. Z uporabo vode namesto mineralnega hidravličnega olja v pogonsko-krmilni hidravliki lahko naredimo pozitiven korak v smeri teh predpisov. Prispevek predstavlja dva različna hidravlična valja. Prvi razviti hidravlični valj preproste konstrukcije je bil najprej merjen z uporabo mineralnega hidravličnega olja in nato, pri enakih parametrih, še z uporabo vode brez dodatkov. Izkazalo se je, da je trenje v obeh primerih uporabljenih hidravličnih kapljevih visoko, zato je bil zasnovan in izdelan modularni hidravlični valj. Zaradi raziskave tribološko-hidravličnih drsnih kontaktov je konstrukcija novega hidravličnega valja taka, da lahko enostavno zamenjamo njegova tesnila in/ali vodila. Na omenjenem hidravličnem valju so bile izvedene meritve z dvema različnima serijsko izdelanima kombinacijama tesnil. Ugotovljeno je, da je trenje pri tesnilih iz PTFE (poli-tetrafluor-etilena) z dodatkom bronca izrazito nižje kot pri tesnilih iz PU (poliuretana).

Ključne besede: hidravlični valj, konstrukcija, oljna, vodna pogonsko-krmilna hidravlika, vrste tesnil

1 Uvod

Ena izmed možnih alternativ glede zaščite naravnega okolja v pogonsko-krmilni hidravliki je uporaba vode kot hidravlične kapljevine. Ko govorimo o vodni hidravliki, imamo v mislih uporabo vode brez dodatkov. Problem uporabe mineralnega olja je v nevarnosti onesnaževanja okolja, predvsem pitne vode in zemlje. Dosedanje stanje tehnike glede razpoložljivosti sestavin vodne hidravlike še vedno ne prepriča uporabnikov, da bi jih začeli širše uporabljati [1].

Da bi raziskali in razvili vodno hidravliko, je bilo v preteklosti razvito in izdelano dvojno hidravlično preizkuševališče, vodno in oljno [2–4]. Prav tako je bil razvit, izdelan in dinamično ter trajnostno preizkušen nov vodni proporcionalni 4/3-potni ventil [5]. V nadaljevanju raziskav je bilo eksperimentalno in analitično primerjano obnašanje vodnega in ekvivalentnega oljnega hidravličnega sistema [6].

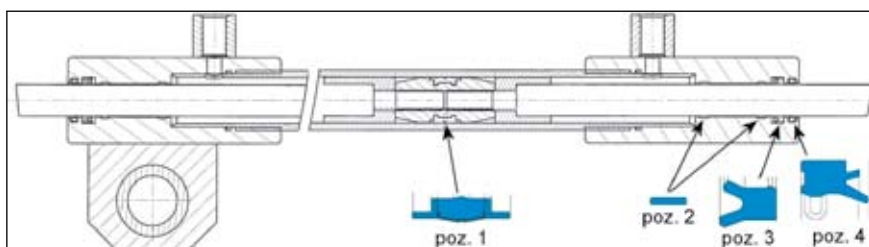
V prispevku najprej prikazujemo dve različni konstrukcijski izvedbi hidravličnih valjev s skožno batni-

ličnih tlakih varnostnega ventila (70, 110 in 150/160 bar). Pri meritvah se je uporabljala demineralizirana voda brez dodatkov. Temperatura vode med meritvami je znašala med 30 in 35 °C.

2 Hidravlični valj s skožno batnico

2.1 Prva konstrukcija vodnega in oljnega hidravličnega valja

Pri začetnih raziskavah na področju vodne hidravlike smo poleg omejenega vodnega in oljnega preizkuševališča razvili tudi preprost vodni in ekvivalentni oljni hidravlični valj [4]. Hidravlična valja sta konstrukcijsko podobna, razlika je le v materialih. Vodni hidravlični valj je izdelan iz nerjavnega jekla. Tesnila in vodila so bila enaka, podobna je bila tudi hrapavost drsnih površin. V prvi konstrukciji vodnega in oljnega hidravličnega valja smo uporabili standardna tesnila. *Slika 1* prikazuje prerez hidravličnega valja, uporabljena tesnila in vodila. Po kataloških podatkih proizvajalca so vsa v tem hidravličnem valju uporabljena te-



Slika 1. Prva konstrukcijska izvedba vodnega in oljnega hidravličnega valja

Dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., doc. dr. Jožef Pezdirnik, univ. dipl. inž., prof. dr. Mitjan Kalin, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

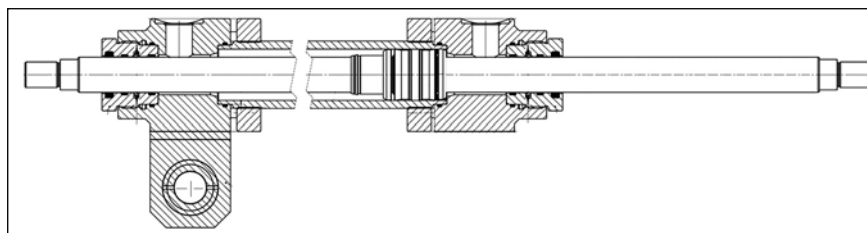
co. Sledijo rezultati uporabe različnih elastičnih tesnil in vodil iz različnih materialov, ki igrajo eno bistvenih vlog pri izkoristkih hidravličnih valjev. Meritve so se izvajale pri različnih pretokih (1, 11 in 22 l/min) in raz-

snila in vodilni obroči primerni za uporabo tako v oljni kot tudi v vodni hidravliki. Tesnilo bata (sl. 1, poz. 1) je izdelano iz oljeodporne sintetične gume (NBR). Oblikovano je tako, da služi tudi kot vodilo bata. Vodilna obroča batnice (sl. 1, poz. 2) sta iz trde tkanine, tesnilo batnice (sl. 1, poz. 3) in posnemalni obroč (sl. 1, poz. 4) pa sta iz poliuretana (PU).

2.2 Izboljšana konstrukcija vodnega hidravličnega valja

Prve raziskave delovanja vodne hidravlike so pokazale, da enostavna izvedba hidravličnega valja ni najboljša za nadaljnje raziskave, zato smo zasnovali in izdelali modularni vodni hidravlični valj (slika 2 in 3), ki je bil zasnovan tako, da je mogoča enostavna menjava tesnil na batu in v prirobnicah.

Ta prispevek prikazuje rezultate raziskav na izboljšanem hidravličnem valju z dvema različnima kombinacijama tesnil/vodil, A oz. B (preglednica 1). V kombinaciji tesnil/vodil A so tesnila iz poliuretana (94 AU 925) s trdoto 94 Sh, v kombinaciji tesnil/vodil B pa so tesnila iz poli-tetrafluor-etilena z dodatkom bronu (PTFE B602).



Slika 2. Prerez izboljšane konstrukcije vodnega hidravličnega valja

Kataloško podana dopustna hitrost za prva (poliuretanska) tesnila znaša 0,5 m/s, za druga (poli-tetrafluor-etilenska) tesnila pa je dopustna hitrost desetkrat večja (5 m/s).

3 Eksperimentalni del raziskav

3.1 Preizkuševališče

Meritve na prvem hidravličnem valju (sl. 1) so se izvajale na vodnem in oljnem preizkuševališču [2–4], na izboljšanem vodnem hidravličnem valju (sl. 2 in 3) pa le na vodnem







preizkuševališču. Glavne sestavine vodnega hidravličnega preizkuševališča so: visokotlačna črpalka, varnostni ventil, tokovni ventil s tlačno kompenzacijo, proporcionalni potni ventil, tlačni senzorji, rezervoar, cevni razvod in hidravlični valj (preizkušavec). Za konstantno temperaturo in ustrezno čistočo hidravlične kapljavine skrbi obtočni filtrirno-hladilni sistem.

Vodno in oljno preizkuševališče sta si med seboj funkcionalno podobni, zato oljnega preizkuševališča ne bomo posebej opisovali.



Slika 3. Videz izboljšane vodnega hidravličnega valja

Preglednica 1. Različna kombinacija tesnil/vodil za hidravlični valj s skožno batnico

Kombinacija A		+		+	
	priroba [A]		bat [A]		priroba [A]
Kombinacija B		+		+	
	priroba [B]		bat [B]		priroba [B]

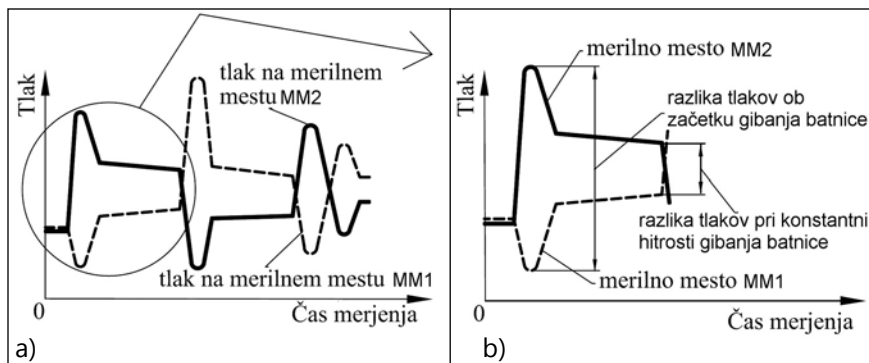
3.2 Postopek merjenja

Meritve za določitev razlike tlakov med priključkoma hidravličnega valja brez zunanje obremenitve v odvisnosti od različnih vstopnih tlakov in pretokov smo izvedli po sledečem postopku:

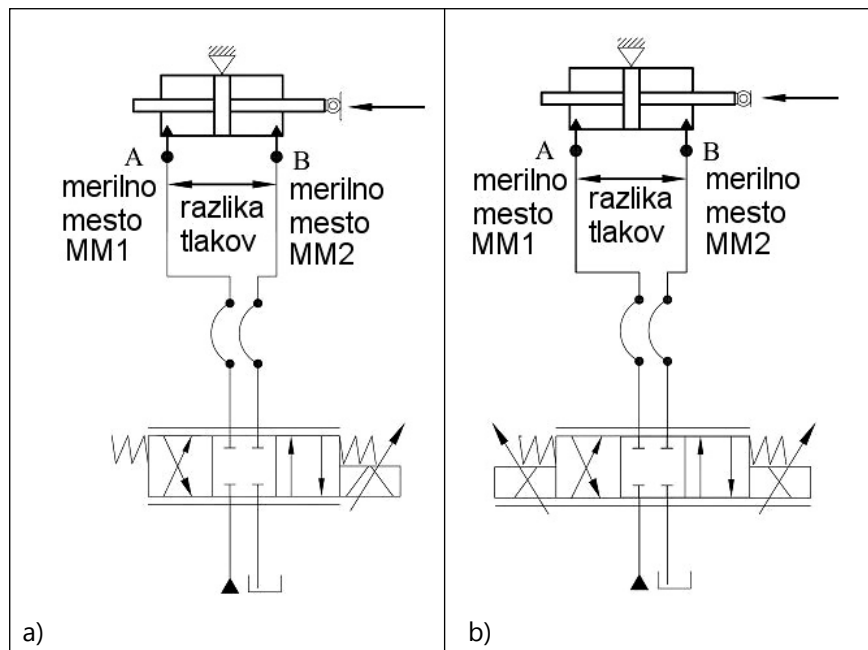
- nastavitev ustreznega tlaka na varnostnem ventilu (70, 110 ali 150/160 bar);
- nastavitev ustreznega pretoka na tokovnem ventilu s tlačno kompenzacijo (1, 11 ali 22 l/min);
- samodejna izvedba meritve po zagonu krmilno-merilnega programa v programskem okolju LabView. Batnica se pri meritvi premakne iz notranjega izhodiščnega položaja navzven in se po preklopu ventila vrne nazaj v izhodiščni položaj;
- zaradi doseganja ponovljivosti rezultatov se vsaka meritev izvede dva krat.

3.3 Vrednotenje rezultatov meritev

Merili smo tlak na obeh priključkih tik pred vstopom (*slika 4*, merilno mesto MM2 oz. B) in izstopom iz hidravličnega valja (sl. 4, merilno mesto MM1 oz. A). Razlika tlakov med priključkoma A in B je prikazana na sl. 4 in sl. 5 za križni delovni položaj ventila. *Slika 5a* prikazuje načelna poteka tlakov na priključkih A in B hidravličnega valja za celotno meritve. *Slika 5b* pa prikazuje povečana poteka tlakov na priključku A in B za začetni del meritve (križni položaj). Prvi tlačni skok pomeni potreben delovni tlak za speljevanje. Na sl. 5b



Slika 5. Potrebni delovni tlak hidravličnega valja ob začetku gibanja in pri gibanju batnice s konstantno hitrostjo: a – celoten potek sprememb tlaka, b – podroben prikaz spremembe tlaka ob vklopu in izklopu križnega delovnega položaja ventila



Slika 4. Merilna mesta za merjenje razlik tlakov med priključkoma hidravličnega valja na oljnem – a in vodnem preizkuševališču – b

je kotirana tlačna razlika, potrebna za konstantno gibanje batnice hidravličnega valja. Iz posameznih meritev smo odčitali ti dve prikazani vrednosti in vrednotili rezultate (pogl. 4).

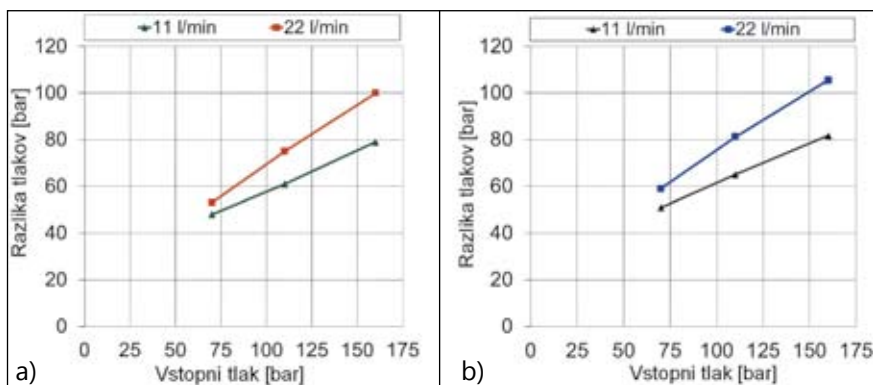
4 Rezultati meritev

4.1 Prva izvedba hidravličnega valja

Rezultate meritev razlike tlakov med vtočnim in iztočnim priključkom hidravličnega valja s skoznjo batnico brez bremena v horizontalnem položaju, ob začetku gibanja oz. pospeševanju batnice iz mirujočega stanja do končne hitrosti, prikazuje *slika 6*. Na

sliki 6a je prikazana razlika tlakov za oljni hidravlični valj v odvisnosti od pretoka in vstopnega tlaka. Razvidno je, da znaša najmanjša razlika tlakov ob začetku gibanja batnice oljnega hidravličnega valja 48 bar v primeru pretoka 11 l/min in pri vstopnem tlaku 70 bar, največja izmerjena razlika tlakov pri oljnem hidravličnem valju pa 100 bar pri pretoku 22 l/min in vstopnem tlaku 160 bar.

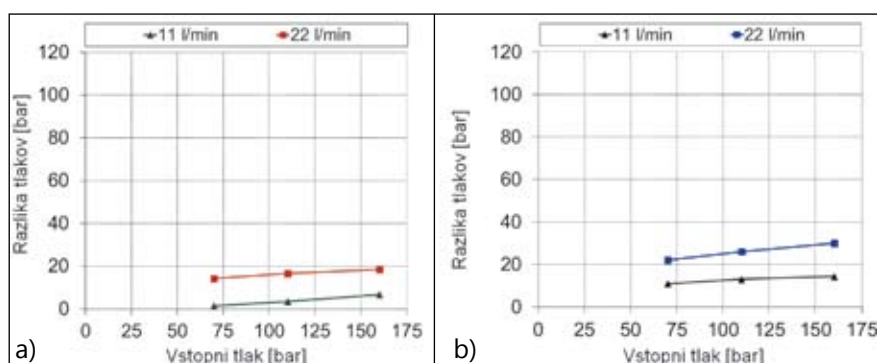
Slika 6b pa prikazuje razlike tlakov pri vodnem hidravličnem valju s skoznjo batnico, ki je konstrukcijsko ekvivalenten oljnemu. Najmanjša razlika tlakov ob začetku gibanja batnice vodnega hidravličnega valja 51 bar se je pojavila v primeru pretoka 11 l/min pri vstopnem tlaku 70 bar, največja izmerjena razlika tlakov pri vodnem hidravličnem valju pa je znašala 105,5 bar pri pretoku 22 l/min in vstopnem tlaku 160 bar. Če primerjamo rezultate meritev razlike tlakov med vtočnim in iztočnim priključkom oljnega in vodnega hidravličnega valja, ugotovimo, da je pri vodnem hidravličnem valju ob začetku gibanja (pospeševanju) neobremenjene batnice razlika tlakov, potrebna za pospeševanje med 3 in 6 bar, višja kot v primeru oljnega hidravličnega valja pri enakih parametrih. Razlog za višje tlačne razlike pri vodnem hidravličnem valju je verjetno v več-



Slika 6. Rezultati meritev razlike tlakov med vstopnim in izstopnim priključkom prvega hidravličnega valja pri speljevanju batnice brez bremena v horizontalnem položaju v odvisnosti od pretoka in tlaka nastavitve varnostnega ventila (vstopni tlak); a – oljna hidravlika, b – vodna hidravlika

jem trenju oziroma v izrazitejšem »lepljenju« tesnil pri začetku gibanja batnice (ang. »stick-slip« efekt).

Rezultate meritev razlike tlakov med vtočnim in iztočnim priključkom hidravličnega valja s skožno batnico brez bremena v horizontalnem položaju pri konstantni hitrosti gibanja batnice prikazuje slika 7. Na sliki 7a je prikazana razlika tlakov za oljni hidravlični valj v odvisnosti od pretoka in vstopnega tlaka. Najmanjša razlika tlakov na oljnem hidravličnem valju 1,6 bar je bila izmerjena pri pretoku 11 l/min in vstopnem tlaku 70 bar, največja razlika pa je znašala 18,5 bar. Pojavila se je pri pretoku 22 l/min in vstopnem tlaku 160 bar. V primeru ekvivalentnega vodnega hidravličnega valja je najmanjša izmerjena razlika tlakov znašala 11 bar pri pretoku 11 l/min in vstopnem tlaku 70 bar, največja pa 30 bar pri pretoku 22 l/min in vstopnem tlaku 160 bar. Pri vodnem hidravličnem valju so razlike tlakov pri konstantni hitrosti gibanja neobremenjene batnice za 7 do 11 bar višje kot v primeru oljnega hidravličnega valja pri enakih pogojih. Tudi v tem primeru je verjetno glavni razlog

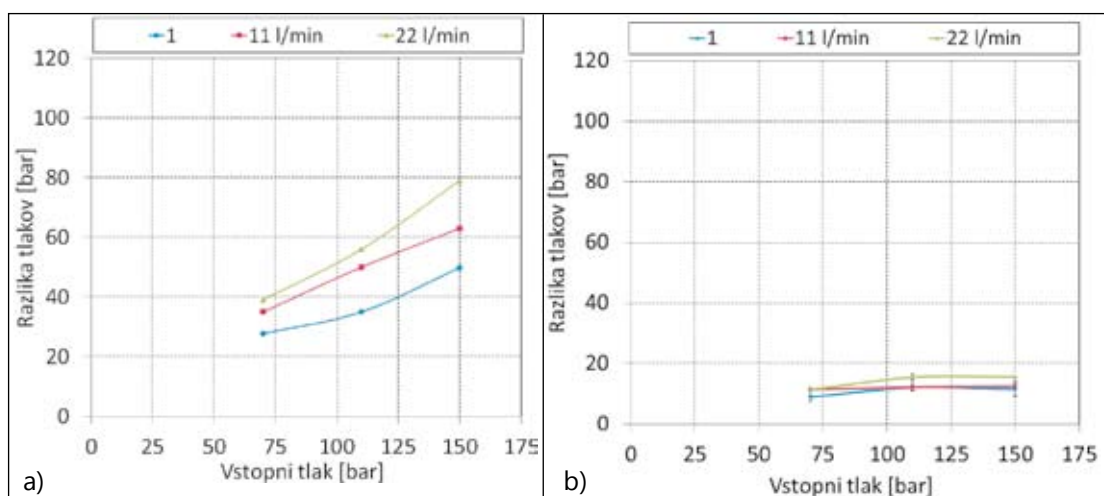


Slika 7. Rezultati meritev razlike tlakov med vstopnim in izstopnim priključkom prvega hidravličnega valja pri konstantni hitrosti batnice, brez bremena, v horizontalnem položaju, v odvisnosti od pretoka in tlaka nastavitve varnostnega ventila (vstopni tlak); a – oljna hidravlika, b – vodna hidravlika

za večjo tlačno razliko pri vodnem hidravličnem valju večje trenje.

Na podlagi izmerjenih relativno visokih tlačnih razlik, ki se pojavljajo pred-

nost. To je bil tudi razlog, da smo v nadaljevanju preizkušali samo vodni hidravlični valj, pri različnih parametrih in z dvema različnima kombinacijama tesnil (preglednica 1).



Slika 8. Rezultati meritev razlike tlakov med vstopnim in izstopnim priključkom izboljšanega vodnega hidravličnega valja ob začetku gibanja batnice, brez bremena, v horizontalnem položaju, v odvisnosti od pretoka in tlaka nastavitve varnostnega ventila (vstopni tlak); a – kombinacija tesnil A, b – kombinacija tesnil B

Slika 8 prikazuje rezultate meritev razlike tlakov med vtočnim in iztočnim priključkom izboljšanega vodnega hidravličnega valja s skožno batnico ob začetku gibanja batnice v odvisnosti od pretoka in vstopnega tlaka. Slika 8a prikazuje rezultate meritev za vodni hidravlični valj s kombinacijo tesnil A. Najmanjša razlika tlakov 28 bar se je pojavila v primeru pretoka 1 l/min in vstopnem tlaku 70 bar, največja razlika 79 bar pa pri pretoku 22 l/min in pri vstopnem tlaku 150 bar. V primeru uporabe kombinacije tesnil B pa so potrebne razlike tlakov ob začetku gibanja batnice izrazito nižje kot pri tesnilih kombinacije A. Razlike tlakov v primeru uporabe kombinacije tesnil B se ob začetku gibanja neobremenjene batnice zelo malo spreminjajo s pretokom in vstopnim tlakom in znašajo okoli 12 bar (± 2 bar).

Slika 9 prikazuje izmerjene razlike tlakov med vtočnim in iztočnim priključkom izboljšanega vodnega hidravličnega valja s skožno batnico za primer gibanja batnice s konstantno hitrostjo v odvisnosti od pretoka in vstopnega tlaka. Slika 9a prikazuje rezultate meritev za vodni hidravlični valj s kombinacijo tesnil A. Najmanjša razlika tlakov 10 bar se je v tem primeru pojavila pri pretoku 1 l/min in vstopnem tlaku 70 bar, največja razlika 73 bar pa pri pretoku 22 l/min in vstopnem tlaku 150 bar. V primeru uporabe kombinacije tesnil B so, po-

dobno kot v primeru pospeševanja batnice, tudi v primeru gibanja batnice s konstantno hitrostjo razlike tlakov ob začetku gibanja batnice izrazito nižje kot pri tesnilih kombinacije A. Razlike tlakov v primeru uporabe kombinacije tesnil B se pri konstantni hitrosti gibanja batnice zelo malo spreminjajo s pretokom in vstopnim tlakom in znašajo okoli 5 bar (± 2 bar).

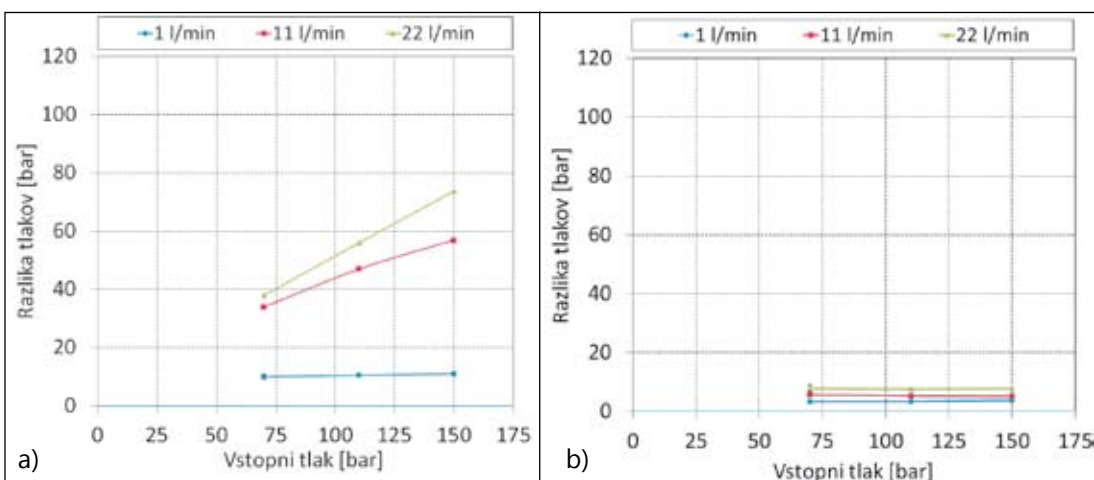
■ 5 Zaključki

Zasnovana, izdelana in testirana sta bila dva konstrukcijsko različna hidravlična valja. Izkazalo se je, da je v primeru prve, običajne konstrukcijske rešitve hidravličnega valja razlika tlakov, potrebna tako za pospeševanje kot tudi gibanje batnice s konstantno hitrostjo, nesprejemljivo visoka tako v primeru oljnega kot tudi vodnega hidravličnega valja.

Rezultati raziskav novega, modularnega vodnega hidravličnega valja kažejo, da je mogoče tudi v primeru vodnega hidravličnega valja z izbiro ustreznih tesnil zmanjšati izgube, tj. potrebno tlačno razliko na 3 do 8 % od nazivnega tlaka pri premeru bata 32 in batnice 22 mm. Pri uporabljanih tesnilih iz poli-tetrafluor-etilena z dodatkom bronca so za naš primer vodnega hidravličnega valja s skožno batnico znašale tlačne izgube med 3 in 14 bar, kar je nekajkrat manj kot v primeru uporabe poliuretanskih tesnil.

Literatura

- [1] K. Koskinen, T. Leino & H. Riipinen. Sustainable development with water hydraulics – possibilities and challenges, Proceedings of the 7th JFPS International Symposium in Fluid Power, Toyama, Japan (1) (2008) 11–18.
- [2] F. Majdic & J. Pezdernik. Advances in Water Power-Control Hydraulics Experimental Research, Journal of Mechanical Engineering 54 (12) (2008) 841–849.
- [3] F. Majdic, J. Pezdernik & M. Kalin. Experimental validation of the life-time performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water, Tribology International 44 (2011) 2013–2021.
- [4] F. Majdič. Voda kot kapljevina v pogonsko-krmilni hidravliki, doktorska disertacija, Ljubljana 2010.
- [5] F. Majdic, J. Pezdernik & M. Kalin. Lifetime test of new water hydraulic proportional directional control valve, The Seventh International Conference on Fluid Power, Aachen, Germany, 7th IFK (2010).
- [6] F. Majdic & J. Pezdernik. Oscillations of Cylinder Piston Rod – Comparison of Amplitudes and Frequencies Resulting the Transient Phenomena in Tap Water and Oil-based PCHS, Journal of Vibroengineering 14 (1) (2012) 352–362.



Slika 9. Rezultati meritev razlike tlakov med vstopnim in izstopnim priključkom izboljšanega vodnega hidravličnega valja pri konstantni hitrosti batnice, brez bremena, v horizontalnem položaju, v odvisnosti od pretoka in tlaka nastavitve varnostnega ventila (vstopni tlak); a – kombinacija tesnil A, b – kombinacija tesnil B

Zahvala

Raziskave je delno sofinancirala Slovenska raziskovalna agencija (ARRS), proj. L2-9407.

Reduction of the losses inside a water power-control hydraulic cylinder

Abstract: Environmental protection regulations are becoming increasingly strict. By using water instead of a hydraulic mineral oil in power-control hydraulic systems we can make a very positive step towards complying with these regulations. However, introducing water instead of oil in power-control hydraulics is a rather novel and difficult task. The reason and risk lie in several specifics of water compared to the relatively well-known properties of hydraulic mineral oil. A combined, water and oil, test rig was built up and used in our laboratory (Laboratory for Power-Control Hydraulics (LPCH)) for the comparative tests of a water and an oil hydraulic system. The combined test rig and the two functionally adequate valves, using two different fluids, served for an analytical comparison of the parameters and properties. In this paper we present the measurement results of two different, newly designed water hydraulic cylinders developed and researched in our LPCH. The first design of the water hydraulic cylinder is simple, it has standard, on the market accessible sealings and guidings which allowed to use both, with water and with mineral hydraulic oil. The main piston sealing and guiding was from nitrile rubber (NBR) with a fabric reinforcement. The first type of water hydraulic cylinder was tested and compared with a similar oil hydraulic cylinder at the same tested parameters. The first results were not very promising, owing to a too high pressure drop as a consequence of probably too high friction. This was the reason for a redesign of the hydraulic cylinder. The second, modular water hydraulic cylinder was developed and tested. Its construction was such that we could simply exchange its sealings and/or guiding to investigate the tribological and hydraulic behaviour of the sliding contacts. Combinations of two different types of special, serial produced sealings for the water hydraulic cylinder were tested and compared. The first sealing combination contains sealings from Polyurethane (94 AU 925) with a hardness of 94 Sh, the second was from Polytetrafluoroethylene with a bronze compound (PTFE B602). The results show significant differences between the different sealings in the water hydraulic cylinder. The most promising sealing is the second one. Its behaviour is acceptable for use in a water hydraulic cylinder and it is comparable to those generally used in oil hydraulic cylinders.

Keywords: Hydraulic Cylinder, Design, Oil, Water Power-Control Hydraulics, Sealings type



DOMEL[®]
Ustvarjamo gibanje

DOMEL d.o.o., Otoki 21, 4228 Železniki, Slovenija
T: +386 (0)4 51 17 358; F: +386 (0)4 51 17 357;
E: brane.ozebek@domel.si; I: http://ozi.domel.si/sl/pc_oz



Rexroth
Bosch Group

Zastopamo in prodajamo proizvode podjetja **Bosch Rexroth** s področja servo pogonov in krmilne tehnike.

Nudimo:

- servo pogone
- krmilnike
- SPS IndraLogic sisteme
- avtomatizirane sisteme
- varnostno tehniko
- servis in pomoč pri zagonu

Razvlaknjenje taline kamene volne na disku centrifuge

Brane ŠIROK, Benjamin BIZJAN, Robert AGNIČ, Tom BAJCAR

Izvleček: Prispevek opisuje tvorjenje mineralnih vlaken na kolesih centrifuge v realnem proizvodnem procesu kamene volne. Predstavljeni rezultati navajajo na prisotnost nestabilnosti taline, ki se oblikuje kot kompleksno kvaziperiodično osciliranje struktur na površini filma. Poleg oscilacije taline, ki sovpada z vrtilno frekvenco kolesa in višjimi harmoniki, so zaznane tudi aperiodične strukture taline kot posledica Taylorjeve nestabilnosti, ki je lastna gibanju kapljevine in je ena od osnovnih mehanizmov tvorjenja ligamentov taline, iz katerih se oblikujejo vlakna kamene volne. Dobljeni rezultati navajajo na značilen vpliv dinamike filma taline na nastajanje vlaken in posredno na kvaliteto končnega proizvoda.

Ključne besede: kamena volna, centrifuga, razvlaknjenje taline, Taylorjeva nestabilnost, nihanja struktur

■ 1 Uvod

Kamena volna je splošni izraz za različne tipe anorganskih izolacijskih materialov. Delijo se na različne tipe surovin, kot so kamena, steklena in keramična volna. Pri kameni volni se kot surovina najpogosteje uporabljajo bazalt, diabaz, dolomit, granit... Vlakna tvorijo homogeno anizotropno strukturo, ki ima odlične zvočno- in toplotno-izolacijske lastnosti.

Med najpogostejše proizvodne procese kamene volne se uvršča postopek razvlaknjenja mineralne taline na hitro vrtečih diskah centrifuge [1]. Mineralna talina pri temperaturi cca 1450 °C izstopa iz kupolne peči skozi sifon v dovodne kanale nad prvim kolesom centrifuge. Iz rotirajočega filma taline se preko kapljevityh ligamentov na površini filma oblikujejo

vlakna, ki jih zračni tok odpiha transportira v usedalno komoro, kjer se oblikuje homogena primarna plast kamene volne.

Osnovne mehanizme nastajanja ligamentov iz rotirajočega filma taline je podal že Eisenklam [2]. Na nastanek in gibanje vlaken odločujoče vplivajo vztrajnostne in viskozne sile ter sile površinske napetosti. Solidifikacija vlaken pa je značilno odvisna tudi od termodinamskih karakteristik taline in karakteristik zračnega toka odpiha, v katerem vlakna nastajajo [3]. Za praktično aplikacijo napovedi debeline vlaken so bili razviti statistični multiregresijski modeli [4], ki so bili usmerjeni predvsem v oblikovanje fenomenoloških modelov vplivov procesnih parametrov, kot so: geometrijski, kinematični parametri koles centrifuge, aerodinamske lastnosti odpiha, masni pretok taline ter snovne lastnosti taline, kot so gostota, viskoznost in površinska napetost. Izvedene so bile tudi raziskave toka taline v obliki prosto padajočega curka s ciljem vrednotenja časovnih fluktuacij masnega toka taline [5], ki navajajo na dejstvo, da je masni tok taline nestacionaren in da so značilne frekvence fluktuacij toka taline v padajočem curku taline mnogo manjše od vrtilne frekvence rotorja centrifuge.

V prispevku je raziskan vpliv vrtilne frekvence kolesa centrifuge na dinamične lastnosti toka taline in vlaken v opazovanem polju eksperimenta. Razumevanje tokovnih razmer v filmu taline na rotirajočem disku centrifuge temelji na primerjavi tipičnih razdalj med zarodnimi mesti ligamentov, ki so določene z računalniško podprto vizualizacijo in primerjavo s poznanimi fenomenološkimi modeli razvlaknjenja [6].

■ 2 Proces razvlaknjenja kamene volne

Zaradi omejenih eksperimentalnih možnosti so poznani modeli nastajanja vlaken in njihove rasti zasnovani predvsem na teoretičnih predpostavkah in v manjši meri na eksperimentalno dobljenih podatkih. Poenostavljen teoretični model je v svojem delu podal Eisenklam [2], pri čemer začetno fazo razvlaknjenja pojasnjuje kot posledico nestabilnosti, ki se pojavijo na površini taline mineralne volne na vrtečih se kolesih centrifuge. Pri tem curek taline nateka navpično na vrteče se kolo centrifuge, kjer se zaradi viskoznih sil v točki dotika curka taline z rotirajočim kolesom talina pospeši. Tok taline preide v rotacijsko gibanje v tankem filmu na rotirajočem kolesu. Na obodu kolesa se oblikuje plast

Prof. dr. Brane Širok, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Benjamin Bizjan, univ. dipl. inž., Robert Agnič, univ. dipl. inž., KNAUF INSULATION, d. o. o., Škofja Loka
dr. Tom Bajcar, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

oziroma film taline, na površini tega pa prihaja do več vrst nestabilnih tokovnih struktur. Kot posledica zdrsa na mejni površini med talino in zrakom se pojavi Kelvin-Helmholtzeva nestabilnost, ki skupaj z ostalimi pojavi (npr. nestacionarnim tokom taline, mehanskimi vibracijami kolesa centrifuge, pulzirajočim zračnim tokom odpiha, ...) povzroči motnje na površini filma taline. Glavni vir nestabilnosti pa je Rayleigh-Taylorjeva nestabilnost, ki povzroča formiranje ligamentov iz filma taline, v nadaljevanju poimenovan kot razvoj vlaknaste strukture. Nastajanje ligamentov povzroča centrifugalna sila na mejni plasti med fluidoma različnih gostot. Pojav nestabilnosti določa pogoj, $\sigma^2 > 0$, kjer je:

$$\sigma^2 = \left[\omega^2 R - \frac{k^2 \gamma}{\rho} \right] \cdot k \cdot \tanh(kh) \quad (1)$$

R polmer kolesa centrifuge

ω kotna hitrost kolesa

k valovno število

h debelina filma taline v radialni smeri

ρ gostota kapljevine (taline)

γ površinska napetost med talino in zrakom

Mejna vrednost valovnega števila, kjer postajajo vztrajnostne sile dominantne in se nestabilnosti ne zadušijo v silah površinske napetosti, je podana z izrazom:

$$k_m = \left(\frac{\rho}{\gamma} \omega^2 R \right)^{1/2} \quad (2)$$

Enačbi (1) in (2) sta izpeljani za nevskozen tok kapljevine. Uporabimo pa jo lahko z določenim odstopanjem tudi za realne, viskozne fluide [2] (Westerlund), kjer površinska napetost in viskoznost taline delno oslabita Taylorjeve nestabilnosti. Pri tem obstaja najmanjša valovna dolžina motnje λ_{\min} , ki jo določa mejna vrednost valovnega števila k_m :

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi}{k_m} \quad (3)$$

λ_{\min} je v odvisnosti od debeline filma taline h na kolesu podana z izrazom:

$$\lambda_{\min} = \frac{\pi}{\omega} \sqrt{\frac{2\gamma}{R\rho}} \quad \text{za } h \geq \frac{\lambda_{\min}}{\pi} \quad (4)$$

oziroma

$$\lambda_{\min} = \frac{\pi}{\omega} \sqrt{\frac{8\gamma}{R\rho}} \quad \text{za } h \leq 0.2 \frac{\lambda_{\min}}{\pi} \quad (5)$$

Taylorjeve nestabilnosti so predstavljane kot najmanjše možne motnje – »zarodna mesta« za oblikovanje ligamentov taline na rotirajočem filmu. Te motnje se superponirajo na motnje večjih razsežnosti, ki so posledica nestacionarnosti toka taline in mehanskih vibracij kolesa centrifuge. Vsota navedenega tvori kompleksno dinamiko taline na površini rotirajočega filma. Iz predstavljenih relacij lahko zaključimo, da se število zarodnih mest s povečano površinsko napetostjo in viskoznostjo manjša in pri tem razdalja med ligamenti narasča. Nasprotno pa se število zarodnih mest povečuje s povečano vrtilno frekvenco.

Za opazovano talino, izbrani premer kolesa centrifuge in nominalno vrtilno frekvenco kolesa je pričakovano področje valovnih dolžin motenj v mejah $\lambda_{\min} = \{2 \text{ do } 20 \text{ mm}\}$.

Enačbe 1–5 predstavljajo teoretične relacije med naborom parametrov na centrifugi in velikostjo nestabilnosti. Obstajajo pa tudi polempirične enačbe, npr. Hinze in Milborn [6] sta iz eksperimentalno dobljenih podatkov izpeljala relacijo za razmik med ligamenti s (enačba 6), ki upošteva tudi učinek viskoznosti:

$$s = 10.9 R^{-5/12} \gamma^{1/4} \rho^{-7/12} \omega^{-5/6} \mu^{1/3} \quad (6)$$

Relacija je bila preizkušena le na rotirajočih valjih z značilno manjšim premerom kolesa centrifuge, kar navaja na pričakovano odstopanje med rezultati na opazovanem primeru in izračunanimi vrednostmi po enačbi 6. Enačba bo uporabljena predvsem za primerjavo z rezultati eksperimenta.

Da bi ocenili predstavljeni model v realnem proizvodnem procesu, je v nadaljevanju predstavljen ekspe-

riment, ki temelji na računalniško podprti vizualizaciji kinematike filma taline na rotirajočem disku. Cilj prispevka je raziskati značilne dinamične pojave, ki se odražajo v fluktuacijah strukture filma taline.

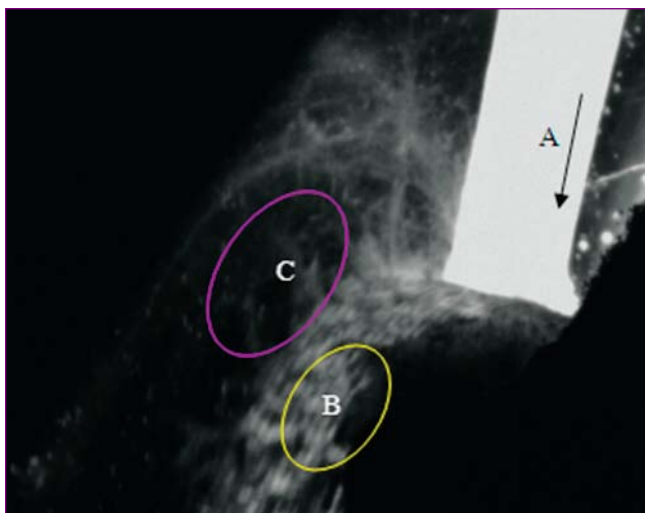
■ 3 Eksperiment

Vizualizacija tokovnih razmer v toku taline na 1. kolesu štirikolesne centrifuge je bila izvedena z uporabo visokofrekvenčne digitalne kamere in prirejene programske opreme, ki omogoča analizo topoloških struktur taline na površini gibajočega se filma. Pri konstantnih integralnih parametrih procesa, ki zajemajo kemično sestavo, temperaturo in masni pretok taline ter masni tok odpiha, je bila izvedena študija vpliva vrtilne frekvence kolesa 1, ki se je spreminjala v mejah od 5000 do 6500 min^{-1} , na tokovne razmere na površini filma taline in na kinematiko vlaken v področju njihovega nastajanja.

Vizualizacija je bila izvedena s kamero Fastec Imaging HiSpec4 2G mono (CMOS senzor 1696 × 1710 slikovnih točk, z ločljivostjo 0,3 mm/piksel, frekvenco zajemanja slike $f = 12000 \text{ s}^{-1}$ in ekspozicijskim časom 2 μs). Kamera je bila postavljena pod kotom 45 °C glede na os vrtenja kolesa centrifuge na oddaljenosti 4,5 m od kolesa centrifuge. V štirih izbranih obratovalnih točkah, ki so bile določene z vrtilno frekvenco kolesa centrifuge, so bile posnete serije 1024 časovno zaporednih slik za posamezno meritev. Na *sliki 1* je predstavljena struktura toka taline, ki vsebuje tako razmere v področju natoka taline na kolo (A) kot tudi tokovne razmere v filmu taline (B) in v področju nastajanja vlaken ter njihovega transporta z zračnim tokom odpiha (C).

V prispevku se omejimo samo na analizo toka taline na površini filma taline (področje B na *sliki 1*) in na analizo kinematike vlaken v področju C.

Za določitev količinskih lastnosti tokovnih vzorcev na opazovanem procesu vpeljemo celoštevilčno spremenljivko $A(k,t)$:



Slika 1. Značilna področja nastajanja vlaken kamene volne na kolesu centrifuge

$$A(k, t) = \frac{1}{l} \cdot \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m E(i, j)$$

$$(i, j) = \{0, 1, 2, 3, \dots, 255\} \quad (7)$$

S skalarno celoštevilčno spremenljivko $A(k, t)$ je podana prostorsko povprečna intenzivnost sivine v opazovanem oknu k v času t . Opisani model povezuje intenzivnost svetlobe v opazovanem oknu. Časovni interval je definiran s frekvenco zajema slik na kameri in s številom zaporednih slik poljubno izbranega časovnega intervala. Intenzivnost svetlobe $E(i, j)$ zaznavamo v 256 nivojih sivine, od popolnoma črne z vrednostjo 0 pa vse do popolnoma bele z vrednostjo 255. Časovne vrste lokalno krajevno povprečnega nivoja sivine so bile dobljene za vsa izbrana okna. Zanimajo nas fluktuacije tokovnih struktur na površini filma taline, ki odražajo tako hitrostne fluktuacije kot tudi frekvenco pojavljanja iskanih nestabilnosti. Fluktuacije so bile raziskane tako v časovnem kot krajevnem prostoru in jih zaznamo kot spreminjanje svetlosti slike v opazovanem območju, pri čemer se predpostavi, da je optična intenziteta (v našem primeru svetlost slik, izražena v sivinah) sorazmerna s koncentracijo – deležem taline. Podatke o svetlosti sivinskih slik smo zajeli s pomočjo programa Dynascan, ki za vsako izmed zaporednih slik v sekvenci zapiše matriko povprečnih sivin, in sicer za obliko, velikost in položaj matrike, kot jo definira upo-

rabnik. Pri analizi fluktuacij optične intenzitete je bila uporabljena spektralna analiza, s katero so predstavljene tipične fluktuacijske lastnosti filma taline in vlaknaste strukture v področju njihovega nastajanja. Pri analizi razmikov med ligamenti – zarodnimi mesti na površini filma taline – pa je bil razvit algoritem za statistično vrednotenje značilnih razdalj med tipičnimi strukturnimi vzorci na površini filma taline.

■ 4 Analiza rezultatov

Analiza značilnih dinamskih lastnosti filma taline, vključno z izračunanimi povprečnimi razmiki med nestabilnostmi na filmu taline in značilnimi frekvencami fluktuacij v območju filma in vlaken, je podana za štiri različne delovne točke, ki jih podaja tabela 1 (razlikujejo se v vrtilni frekvenci koles, ostali parametri so enaki):

Dinamika filma taline in vlaknaste strukture je bila opazovana v področju, kjer je tok taline usmerjen pretežno vertikalno (slika 2), zato lahko prizmujemo, da je ravnina opazovanja paralelna z dejansko tangencialno ravnino na rotirajočem disku centrifuge.

Na sliki 2 je lepo vidna struktura filma taline, ki ga pospešuje rotirajoči disk centrifuge. Značilna je ponavljajoča se struktura svetlejših področij, ki so posledica lokalnih odebelitev filma taline, ki prehajajo v področja tvorbe ligamentov. Na mejah filma taline (v levem in desnem področju filma taline) pa so vidni ligamenti, ki prehajajo v vlaknasto strukturo v skladu s teorijo, predstavljeno v poglavju 2.

Tabela 1. Obratovalne točke

Meritev $i(-)$	1	2	3	4
Vrtilna frekvenca f_0 (s^{-1})	120,2	111,6	99,16	86,9

V oknu 1 (film taline) in oknu 2 (območje nastajanja vlaken) na sliki 2 je bila merjena optična intenziteta (sivine) v odvisnosti od časa. V oknu (1b) pa so bile posnete časovno-krajevne vrste, sestavljene iz zaporednih vrednosti sivin po enačbi (7) od okna 1 do okna 15 za vsako opazovano sliko. Tako dobljena krajevno-časovna vrsta je predstavljala osnovo za ocenno tipičnih razdalj med nastajajočimi ligamenti na filmu taline.

Dinamika filma taline in nastajajočih vlaken v oknih 1 in 2 na sliki 2 je podana na slikah 3 do 6 v obliki močnostnih spektrov strukturnih fluktuacij (optične intenzitete) za obravnavane delovne točke iz tabele 1.

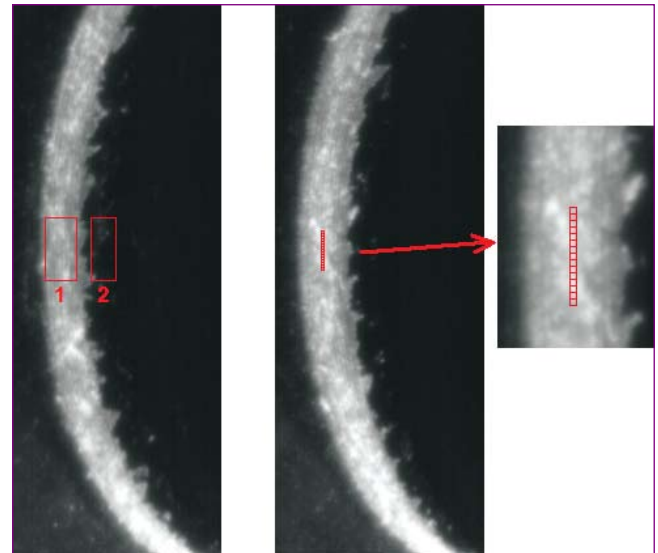
V vseh delovnih točkah se pojavijo izrazite fluktuacije optične intenzitete v strukturi filma taline, ki pripadajo osnovnim vrtilnim frekvencam kolesa centrifuge. Odražajo se kot vrhovi v močnostnem spektru v bližini osnovnih frekvenc f_0 ter višjih harmonskih frekvenc. V delovni točki 2 so te fluktuacije najizrazitejše. V ostalih točkah pa so najizrazitejše pri frekvenci okrog 1000 Hz, kar je najverjetneje posledica hidrodinamskih pojavov na filmu taline (npr. lastnih nihanj), ki jih povzročijo nestacionarnost toka taline, odpih vlaken in mehansko vzbujanje filma kot posledica mehanskih vibracij na uležajenju vretena kolesa centrifuge. V točki 4, kjer je vrtilna frekvenca najnižja, se te fluktuacije pojavijo pri nekoliko nižji frekvenci (600–700 Hz) in so bistveno močnejše kot v ostalih točkah. Zaradi počasnejšega vrtenja pri enakem masnem toku taline se ta namreč kopiči v debelejšo plast, katere debelina pa je po obodu kolesa zelo neenakomerna, od tod velike fluktuacije v svetlosti opazovanega območja.

Dinamiki filma taline sledijo tudi fluktuacije v področju nastajanja in transporta vlaken. Pojav je pričakovani in navaja na ugotovitev, da je produkcija vlaken neenakomerna in da je variiranje koncentracije vlaken (masa vlaken na enoto volumna)

kvaziperiodično, kar v proizvodnem procesu vpliva na kvaliteto omočnosti vlaken z vezivom v zračnem toku odpiha. V vseh delovnih točkah z izjemo četrte se vrhova v spektru za območje vlaken in filma v bližini vrtilne frekvence kolesa dobro ujemata, ravno tako pri 2. in 3. harmonični frekvenci in nekoliko slabše v frekvenčnem območju okrog 1000 Hz. Sklepamo lahko, da se kvaziperiodična generacija vlaken kamene volne pojavlja v celotnem obravnavanem področju.

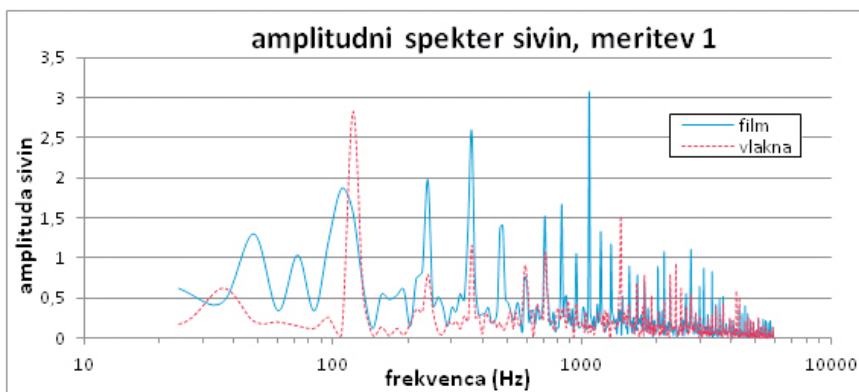
Z zniževanjem vrtilne frekvence kolesa centrifuge se pojavi zamik – zmanjšanje osnovne frekvence fluktuacij filma taline in vlaken glede na vrtilno frekvenco kolesa. Poleg tega se na nastajajočih vlaknih pojavijo strukturne fluktuacije v nižjem in višjem frekvenčnem območju od osnovne vrtilne frekvence kolesa. Amplitude oscilacij v območju vlaken pa se z izjemo merilne točke 3 v področjih osnovne frekvence značilno zmanjšujejo. V točki 4 je intenzivnost fluktuacij vlaknaste strukture minimalna, kar navaja na

časovno zaporednih slik, je 6 kHz. Z namenom ugotoviti prisotnost fluktuacij pri višjih frekvencah oziroma na manjših dolžinskih skalah se omejimo na vrednotenje strukture površine filma, ki temelji na krajevno-časovni analizi optične intenzitete (sivin). V ta namen so določene porazdelitve sivin za serijo 15-tih oken, ki so razvrščena v vertikalni smeri, kot je predstavljeno na sliki (1b na sl. 2). Velikost posamezne celice znaša 2×2 piksela, pri čemer je velikost enega piksela 0,56 mm. V vsaki od celic $i = 1$ do 15 je bila za izbrano sliko izmerjena in v datoteko zapisana sivina $A(i)$, sivi-



Slika 2. Opazovana območja na kolesu centrifuge (za primer delovne točke 2). Levo: Območje opazovanja časovnih fluktuacij optične intenzitete na segmentu filma taline (1) in v področju že oblikovanih vlaknastih struktur, ki se gibljejo v zračnem toku odpiha nad kolesom centrifuge (2). Desno: Območje opazovanja profilov optične intenzitete na filmu taline na zaporednih slikah (1b), 15 celic velikosti 2×2 piksela.

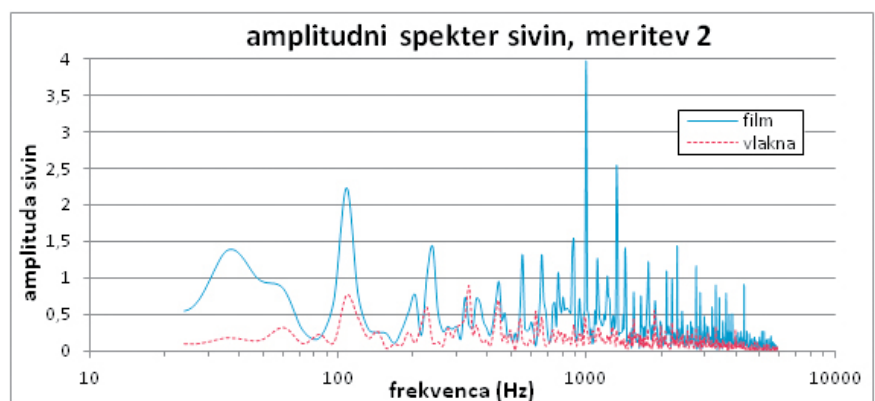
ne vseh celic pa tvorijo profil sivin. Postopek je bil ponovljen na seriji 1024 zaporednih slik, tako da se je oblikovala časovna vrsta, kjer si v časovnem zaporedju sledijo profili sivin s posameznih slik. Zaradi po višini neenakomerne osvetlitve slike smo od vrednosti vsake celice odšteli povprečno sivino vseh slik v seriji na isti celici, s čimer smo dobili normalirane profile fluktuacij sivin. Fluktuacije na najmanjših skalah (manjših od pričakovane velikosti λ_{\min} , npr. med sosednjima točkama na profilu) so bile interpolirane s polinomsko regresijo. Posnetim profilom smo prilegali polinome 4. stopnje in slednje uporabili v nadaljnjih izračunih. Slika 7 prikazuje profile fluktuacij sivin za



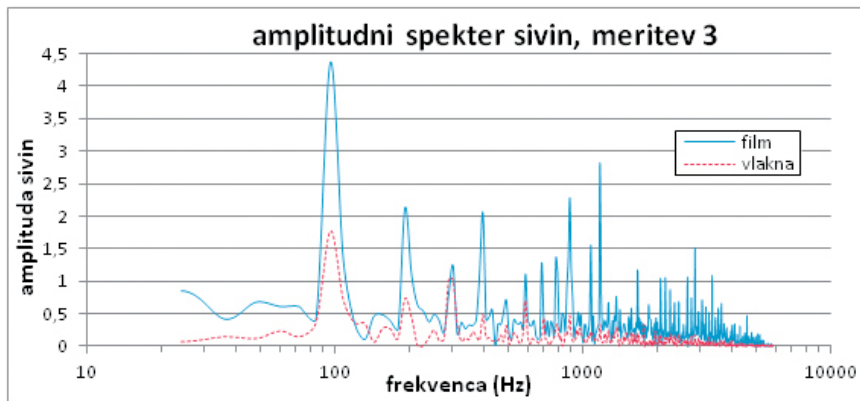
Slika 3. Spekter strukturnih fluktuacij: vrtilna frekvenca kolesa $f_0 = 120$ Hz

manjšo produkcijo vlaken na kolesu centrifuge v opazovanem režimu. Taylorjeve nestabilnosti, opisane v poglavju 2, so superponirane na topološki strukturi filma taline in prav tako na opazovanem signalu $A(k,t)$. V frekvenčnem prostoru jih »pričakujemo« v višjem frekvenčnem področju (nekaj 10 kHz), kar presega frekvenčno področje, ki ga lahko opazujemo na časovnih vrstah $A(k,t)$ v knjih 1 in 2 na sliki 2.

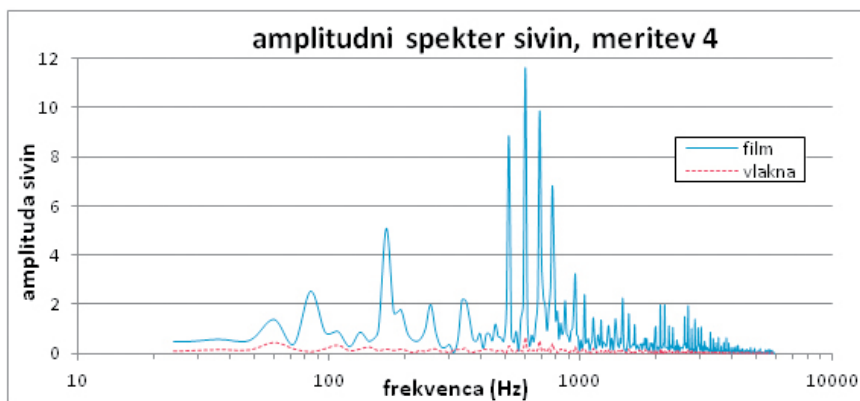
Najvišja še določljiva frekvenca, ki je določena s frekvenco zajemanja



Slika 4. Spekter strukturnih fluktuacij: vrtilna frekvenca kolesa $f_0 = 112$ Hz



Slika 5. Spekter strukturnih fluktuacij: vrtljna frekvenca kolesa $f_0 = 99$ Hz



Slika 6. Spekter strukturnih fluktuacij: vrtljna frekvenca kolesa $f_0 = 87$ Hz

dve različni sliki v seriji za merilno točko 2.

Valovno dolžino oziroma razmik med dvema motnjama oz. nestabilnostma na profilu smo določili kot dvakratno vrednost razdalje med točko minimalne (d_{\min}) in maksimalne (d_{\max}) vrednosti fluktuacij sivin na posameznem (z regresijo zglajenem) profilu:

$$s = 2|d_{\max} - d_{\min}| \quad (8)$$

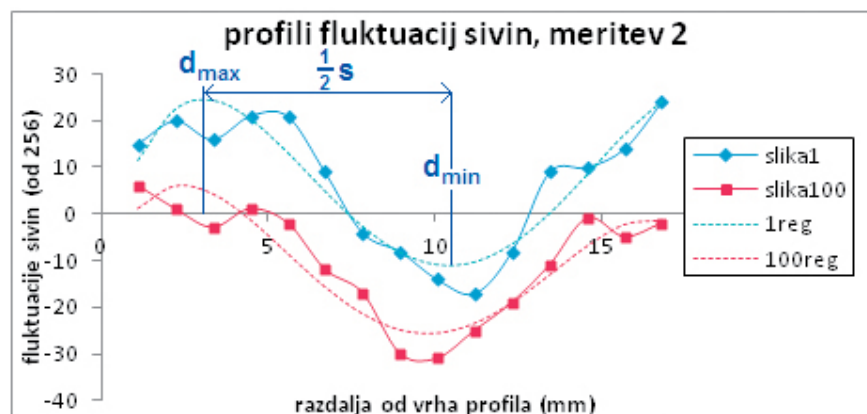
Ker se je razmik s med posameznimi slikami razlikoval oziroma je bil opazen določen raztros podatkov, smo izdelali diagrame porazdelitve gostote verjetnosti za velikost razmika (slika 8).

Najpogosteje se pojavlja razmik v velikosti 14–16 mm, odvisno od merilne točke. Višja, kot je vrtljna frekvenca, manjši je razmik med motnjami na filmu, kar se sklada s teorijo o Taylorjevi nestabilnosti, predstavljeno v poglavju 2. Manjša vrhova se pojavita tudi pri polovični in dvakratni vrednosti tega razmika, in to

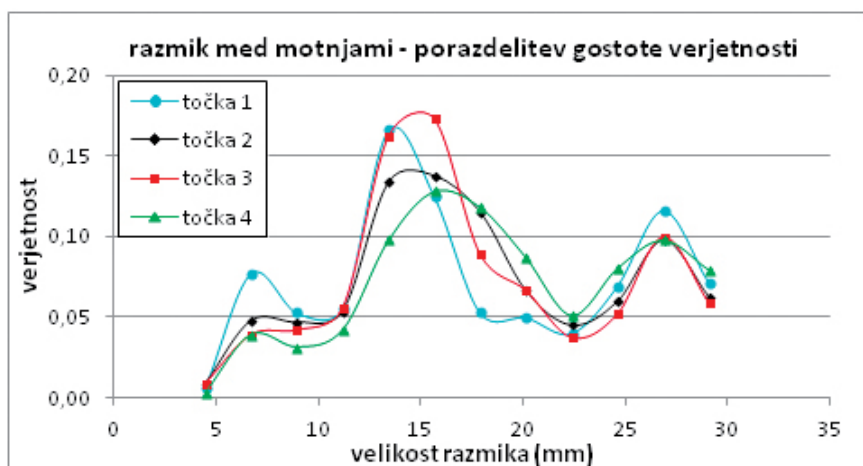
za vse meritve pri enakih vrednostih velikosti razmika s , kar navaja na pojav prve višje harmonske frekvence, ki ga lahko povežemo z bifurkacijo motnje, ki ima za posledico njeno delitev v dve manjši motnji. Pojav subharmonske – polovične frekvence, ki ima za posledico ponavljanje vzorca na večji valovni dolžini, pa se lahko poveže z mehanskimi motnjami, ki so predstavljene v diagramih na slikah od 3 do 6. Za primerjavo po

enačbi 6 ocenimo minimalni razmik med zarodnimi mesti ligamentov, ki so posledica Taylorjevih nestabilnosti. Za tipične lastnosti taline (pri 1450 °C) – gostoto 2600 kg/m³, viskoznost 70 Pas, površinsko napetost 400 mN/m – in premer kolesa 280 mm so po en. 6 izračunani razmiki s , podani v tabeli 2 in primerjani z eksperimentalno dobljenimi rezultati.

Iz tabele 2 je razvidno, da je eksperimentalno dobljen razmik s sorazmerno vrednostim, izračunanim po en. 6 in je od slednjega približno 4-krat večji oziroma je frekvenca pojavljanja 4-krat manjša. Razlika med ocenjeno in izmerjeno vrednostjo razmika je do neke mere posledica neidealne strukture površine kolesa, ker ta ni gladka, ampak so po obodu kolesa zareze, zato je debelina filma neenakomerna (tega vpliva enačba 6 ne upošteva). Poleg tega je temperatura taline v opazovanem območju na obodu kolesa zaradi ohlajanja filma že precej nižja od tiste na iztoku iz peči, za katero veljajo vrednosti, uporabljene v en. 6. Predvsem viskoznost s padanjem temperature zelo hitro narašča, zaradi česar bi bil razmik po en. 6 ob poznavanju in upoštevanju dejanskih lastnosti taline na opazovanem mestu precej večji. Ne glede na navedeno lahko zaključimo, da so dobljeni rezultati in zaključki pomembni za razumevanje procesa nastajanja vlaken kamene volne. Ocenjeni so vplivi na tvorbo in število zarodnih mest in podana je metodologija diagnostike nastajanja vlaknaste strukture v proizvodnji kamene volne.



Slika 7. Profila sivin za 1. in 100. zaporedno sliko pri meritvi 2, posneta v Dynascanu (slika-, polna črta) in polinomska regresija (-reg, črtkana črta)



Slika 8. Porazdelitev gostote verjetnosti za velikost razmika med motnjami

5 Zaključki

Podani so osnovni mehanizmi tvorjenja vlaken kamene volne iz rotirajočega filma taline na kolesu centrifuge. Uporabljena eksperimentalna metoda temelji na analizi časovno zaporednih slik – topoloških struktur taline na površini filma. Predstavljeni rezultati navajajo na prisotnost nestabilnosti taline, ki se oblikuje kot kompleksno kvazi-periodično osciliranje struktur taline na površini filma. Poleg oscilacije taline, ki sovпада z vrtilno frekvenco kolesa in višjimi harmoniki, so zaznane tudi

aperiodične strukture taline kot posledica Taylorjeve nestabilnosti, ki je lastna gibanju kapljevine in je ena od osnovnih mehanizmov tvorjenja ligamentov taline, iz katerih se oblikujejo vlakna kamene volne. Dobljeni rezultati navajajo na značilen vpliv dinamike filma taline na nastajanje vlaken in posredno na kvaliteto procesa nastajanja vlaken kamene volne.

6 Literatura

[1] Širok, B., Blagojević, B., Bullen, P., Mineral Wool, Production and

Properties, Cambridge, Woodhead Publishing in Materials, 2008.

- [2] Eisenklam, P., On ligament formation from spinning discs and cups, Chemical Engineering Science, 1964, Vol. 19, str. 693–694, Pergamon Press Ltd., Oxford.
- [3] Blagojević, B., Širok, B., Štremfelj, B. Simulation of the effect of melt composition on mineral wool fibre thickness. Ceramics – Silikáty, 2004, Vol. 48, No. 3, str. 128–134.
- [4] Širok, B., Blagojević, B., Bullen, P. R. The influence of the spinning disc film temperature on the fibre diameter distribution in mineral wool produced by a doubledisc spinning machine. Glass Technol., 2005, Vol. 46, No. 5, str. 334–340.
- [5] Širok, B., Bajcar, T., Orbanič, A., Eberlinc, M. Melt mass flow measurement in mineral wool production. Glass Technol., Oct. 2011, Vol. 52, No. 5, str. 161–168.
- [6] Hinze, J. O., Milborn, H. Atomization of Liquids by Means of a Rotating Cup. Journal of Applied Mechanics, June 1950, Vol. 17, No. 2, str. 145–153.

Tabela 2. Primerjava eksperimentalno in po en. 6 dobljenega razmika s med motnjami

Meritev	1	2	3	4
$s_{teoreticna}$ (en. 6.), mm	3,30	3,51	3,87	4,32
$s_{izmerjena}$ (sl. 8), mm	13,8	14,5	15,0	16,2
$s_{izmerjena}/s_{teoreticna}$	4,2	4,1	3,9	3,8

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

Mineral-wool melt fiberisation on the disc of a spinner

Abstract: In this article the formation of mineral-wool fibers is studied on a real industrial production process. The results presented indicate the presence of a melt instability that is formed as a complex quasi-periodic oscillation of the structures on the surface of the film. In addition to the melt oscillation, which coincides with the rotating frequency of the spinner wheel and its higher harmonics, aperiodic melt structures also appear. These structures result from the Taylor instability, which is inherent to liquid movement and is one of the basic mechanisms for the formation of melt ligaments that solidify into mineral-wool fibers. The results indicate the characteristic influence of melt film dynamics on the fiber formation and, indirectly, on the quality of the end product.

Key words: Mineral wool, Spinner, Fiberisation process of molten rock, Taylor instability, Structural oscillations

Profil porazdelitve zaostalih napetosti v nitriranem orodnem jeklu

Bojan POGORNIK, Vojteh LESKOVŠEK

Izvleček: Zaostale napetosti se pojavljajo v inženirskih komponentah kot posledica izdelovalnega procesa, lahko pa jih vnašamo tudi namerno s postopki inženiringa površine. V primeru preoblikovalnih orodij in dinamično obremenjenih strojnih elementov sta še posebej pomembna postopka nitriranja in nitrocementacije, ki z generiranjem tlačnih zaostalih napetosti izboljšujeta lastnosti površine, kot so obrabna in korozijska odpornost ter odpornost na utrujanje.

Poznavanje vrednosti, predvsem pa porazdelitve zaostalih napetosti v inženirskih komponentah je ključnega pomena za razvoj in kontrolo kvalitete izdelkov kakor tudi za natančno napoved odpornosti elementov na utrujanje. Če so maksimalne tlačne zaostale napetosti v območju koncentracije Hertzevih kontaktnih napetosti, bodo le-te znatno izboljšale odpornost površine na utrujanje. Za določitev polja zaostalih napetosti zatorej potrebujemo zanesljive metode, pri čemer pa ima vsaka tehnika merjenja zaostalih napetosti svoje omejitve.

Cilj predstavljenega dela je bil povezati porazdelitev zaostalih napetosti v nitriranem in nitrocementiranem orodnem jeklu s profilom porazdelitve mikrotrdote. S tem smo želeli ugotoviti, ali je možno relativno enostaven parameter, kot je mikrotrdota oz. njena porazdelitev z globino, uporabiti za napoved lege maksimalnih zaostalih napetosti in na ta način optimizirati parametre nitriranja za dane kontaktne pogoje.

Ključne besede: zaostale napetosti, mikrotrdota, modeliranje, nitriranje, nitrocementacija

■ 1 Uvod

V inženirskih komponentah se zaostale napetosti pojavljajo kot posledica lokalnih volumskih sprememb v materialu, ki lahko nastopijo zaradi termične ekspanzije, plastične deformacije ali fazne transformacije [1]. Zaostale napetosti se tako pogosto pojavljajo med samo izdelavo komponent s postopki, kot so struženje, freziranje, kovanje, varjenje itd. [2, 3]. Zaostale napetosti pa lahko vnašamo tudi namerno kot del postopka priprave površine, kamor spadajo

postopki peskanja, hladne ekspanzije ali kemotermične obdelave. Na ta način v površinski sloj uvajamo tlačne zaostale napetosti, ki se nato uprejo Hertzevim cikličnim obremenitvam [4]. Določitev vrednosti in porazdelitve zaostalih napetosti je tako ključnega pomena za razvoj in kontrolo komponent, predvsem pa za natančno napoved odpornosti površine na utrujanje [5–7].

V primeru orodnih in konstrukcijskih jekel sta nitriranje in nitrocementacija kemotermična postopka, ki igrata izjemno pomembno vlogo pri inženiringu oz. pripravi kontaktnih površin. Najpomembnejše prednosti so močno izboljšana obrabna in korozijska odpornost površine ter odpornost na utrujanje [8, 9]. Med postopkom nitriranja ali nitrocementacije se na površini elementa tvori relativno

debela difuzijska plast in tanka spojinska plast. Spojinska plast, ki jo mehansko podpira spodaj ležeča difuzijska plast, izboljša obrabne lastnosti površine in odpornost na zajedanje, medtem ko difuzijska plast izboljša nosilnost elementa in odpornost na utrujanje [10, 11]. Pri tem je stopnja izboljšanja odvisna od strukture površine, predvsem od globine nitriranja ter nivoja zaostalih napetosti [12]. Raziskave so pokazale, da pri nitriranih jeklih odpornost na utrujanje narašča s povečevanjem globine nitriranja in vrednosti tlačnih zaostalih napetosti [5–7, 12], katerih maksimum bi moral biti lociran v področju koncentracije Hertzevih kontaktnih napetosti [13, 14]. Za optimizacijo parametrov kemotermične obdelave površine je tako nujno poznavanje polja zaostalih napetosti v materialu.

Izr. prof. dr. Bojan Podgornik, univ. dipl. inž.,
prof. dr. Vojteh Leskovšek, univ. dipl. inž.,
Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana

Za meritev zaostalih napetosti obstajajo različne metode [15], ki zajemajo mehanske ali destruktivne metode, metode na osnovi rentgenskih žarkov ali nevtronov ter akustične in magnetne metode. Seveda ima vsaka od teh tudi svoje omejitve, pa naj si bo to zaradi destruktivnosti, dolgotrajnosti, neprenosljivosti, globine ali natančnosti. Na drugi strani pa se je izkazalo, da je tlačna odpornost nitriranih jekel v sorazmerju s trdoto površine [16].

Zatorej je bil cilj predstavljenega dela raziskati povezavo med porazdelitvijo zaostalih napetosti in mikrotrdoto v nitriranem in nitrocementiranem orodnem jeklu in ugotoviti možnosti uporabe relativno enostavnega merjenja porazdelitve mikrotrdote za napoved porazdelitve zaostalih napetosti in s tem optimizacijo parametrov kemotermične obdelave za dane kontaktne pogoje.

■ 2 Eksperimentalni podatki

2.1 Priprava preizkušancev

V raziskavi je bilo uporabljeno komercialno orodno jeklo za delo v vročem AISI H11 (electro-slag remelted – ESR) s sledečo nazivno kemijsko sestavo: (wt. %) 0,39 % C, 0,34 % Mn, 1,07 % Si, 0,013 % P, 4,93 % Cr, 1,26 % Mo, 0,35 % V. Vzorci premera 25 mm in dolžine 75 mm so bili vakuumsko toplotno obdelani pri tlaku 0,5 MPa (N_2) in parametru ohlajanja $\lambda_{800-500}$ 8,11 °C/sek. Po predgrevanju na 850 °C je sledilo segrevanje na temperaturo avstenitizacije (1000 °C; 10 °C/min), po 30 minutah plinsko gašenje na 100 °C in nato dvojno štirirno popuščanje pri 540 °C in 585 °C.

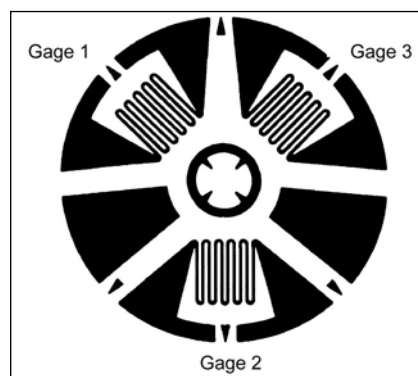
Vakuumsko toplotno obdelani vzorci so bili nadalje mehansko obdelani (\varnothing 25 mm x 15 mm) in izpostavljeni kemotermičnim postopkom v napravi Metaplas Ionon HZIW 600/1000. Nitriranje v plazmi pri 480 °C in 540 °C ter nitrocementacija pri 580 °C so bili izvedeni pri štirih različnih časih, podrobnosti kemotermičnih postopkov pa so podane v preglednici 1.

Preglednica 1. Parametri kemotermičnih postopkov

	Proces	Pulz [kHz]	Plinska mešanica	Tlak [hPa]	Nap. [V]	Temp. [°C]	Čas [h]
A1	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	490	480	8
A2	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	490	480	16
A3	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	490	480	24
A4	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	490	480	32
B1	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	530	540	8
B2	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	530	540	16
B3	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	530	540	24
B4	Nitriranje v plazmi	2	75 % H_2 /25 % N_2	3,3	530	540	32
C1	Nitrocementacija	2	11 % H_2 /87 % N_2 /2 % CO_2	4,3	570	580	8
C2	Nitrocementacija	2	11 % H_2 /87 % N_2 /2 % CO_2	4,3	570	580	16
C3	Nitrocementacija	2	11 % H_2 /87 % N_2 /2 % CO_2	4,3	570	580	24
C4	Nitrocementacija	2	11 % H_2 /87 % N_2 /2 % CO_2	4,3	570	580	32

2.2. Meritev mikrotrdote in zaostalih napetosti

Meritev profila mikrotrdote je bila izvedena z napravo Fischerscope H100C in uporabo Vickersove metode ter obremenitve 0,02 N (~ 0,002 kg). Porazdelitev zaostalih napetosti pa smo izmerili z metodo vrtnja luknjice po standardu ASTM E 837 [17] in uporabo naprave HBM MTS3000. Metoda vrtnja luknjice temelji na merjenju deformacij površine, ki nastopijo pri sproščanju napetosti med vrtnjem luknjice premera do 2 mm v površino [18], in izračunu pripadajočih zaostalih napetosti. Za merjenje deformacij se uporablja posebna rozeta, sestavljena iz treh merilnih lističev, prikazana na sliki 1.



Slika 1. Merilna rozeta za merjenje zaostalih napetosti po metodi vrtnja luknjice

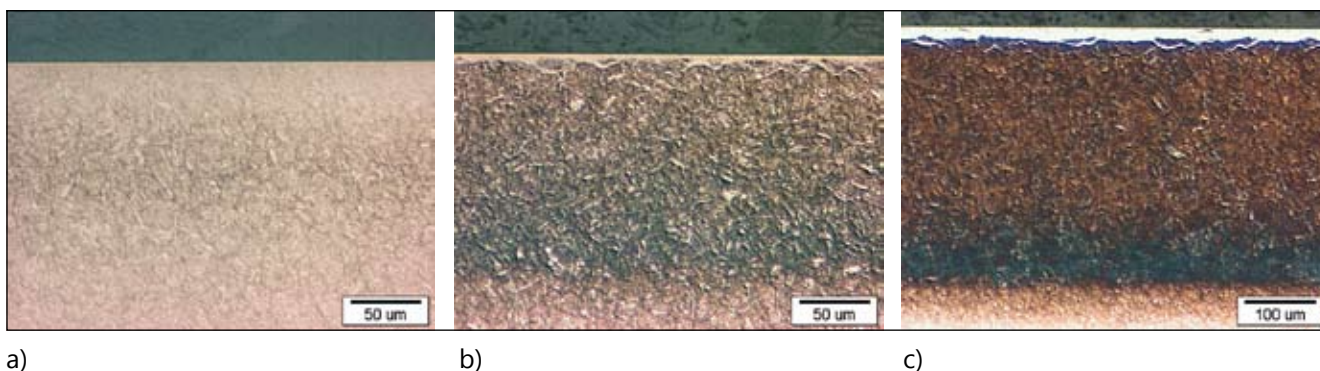
■ 3 Rezultati in diskusija

3.1 Mikrostruktura

Nitriranje v plazmi v plinski mešanici 75 % H_2 in 25 % N_2 in temperaturi nitriranja 480 °C je privedlo do nastanka zgolj difuzijske cone ali plasti (slika 2a), katere debelina je odvisna od časa nitriranja. Po 8 urah nitriranja v plazmi je bila debelina difuzijske cone enaka 109 μ m, po 16 urah 118 μ m, po 24 urah 120 μ m in po 32 urah 127 μ m. Povišanje temperature nitriranja na 540 °C je poleg debelejših difuzijskih cone povzročilo tudi nastanek γ' (Fe_4N) spojinske plasti, debeline do 6 μ m (slika 2b). Tudi uporaba nitrocementacije in višje temperature postopka (580 °C) privede do nastanka debelejših difuzijskih cone, debeline do 400 μ m, in relativno debele spojinske plasti (slika 2c), ki je v primeru nitrocementacije mešanica γ' in ϵ ($Fe_{2-3}(N,C)_{1-x}$) faze. Podaljšanje časa postopka pa v obeh primerih privede do povečanja debeline difuzijske in spojinske plasti. Rezultati so zbrani v preglednici 2.

3.2 Porazdelitev mikrotrdote

Profili porazdelitve mikrotrdote z globino so za nitrirano in nitrocementirano orodno jeklo za delo v vročem prikazani na slikah 3 in



Slika 2. Mikrostruktura orodnega jekla AISI H11 po (a) 32 urah nitriranja v plazmi pri 480 °C (A4), (b) 32 urah nitriranja v plazmi pri 540 °C (B4) in (c) 8 urah nitro-cementacije pri 580 °C (C1)

Preglednica 2. Debelina spojinske in difuzijske plasti

Vzorec	Difuzijska plast [μm]	Spojinska plast [μm]	Sestava spojinske plasti
A1	109	–	–
A2	118	–	–
A3	120	–	–
A4	127	–	–
B1	115	3,5	$\gamma' (Fe4N)$
B2	150	5,5	$\gamma' (Fe4N)$
B3	260	4,5	$\gamma' (Fe4N)$
B4	260	5,7	$\gamma' (Fe4N)$
C1	320	16	$\gamma' (Fe4N) + \epsilon (Fe2-3(N,C)1-x)$
C2	320	19	$\gamma' (Fe4N) + \epsilon (Fe2-3(N,C)1-x)$
C3	370	19	$\gamma' (Fe4N) + \epsilon (Fe2-3(N,C)1-x)$
C4	410	20	$\gamma' (Fe4N) + \epsilon (Fe2-3(N,C)1-x)$

4. Nitiranje v plazmi pri 480 °C in 540 °C daje podobne vrednosti trdote površine (~1300 HV_{0,1}), medtem ko višja temperatura nitiranja vodi do večjih globin, kjer dosežemo trdoto osnovnega materiala. V primeru temperature nitiranja 480 °C dosežemo trdoto osnovnega materiala na globini 75–150 μm in pri 540 °C na globini 120–250 μm, pri

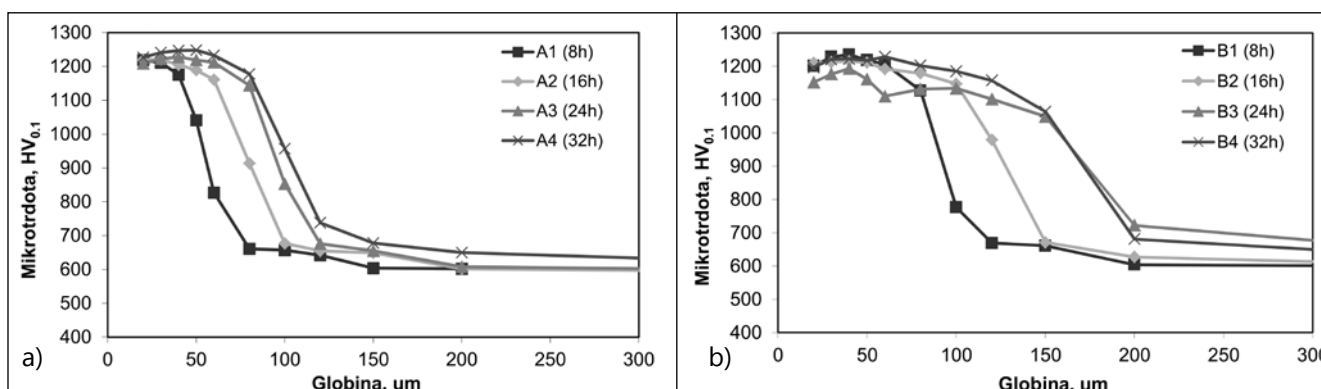
čemur so večje globine dosežene pri daljših časih nitiranja. Na drugi strani pa nitro-cementacija vodi do nižjih vrednosti mikrotrdote na površini (~1100 HV_{0,1}) in precej bolj zmerne padca trdote z globino. Razen 8-urne nitro-cementacije, ki daje nekoliko nižje vrednosti mikrotrdote, čas nitro-cementacije bistveno ne vpliva na profil in vrednosti mi-

krotrdote orodnega jekla za delo v vročem, kot je razvidno s slike 4.

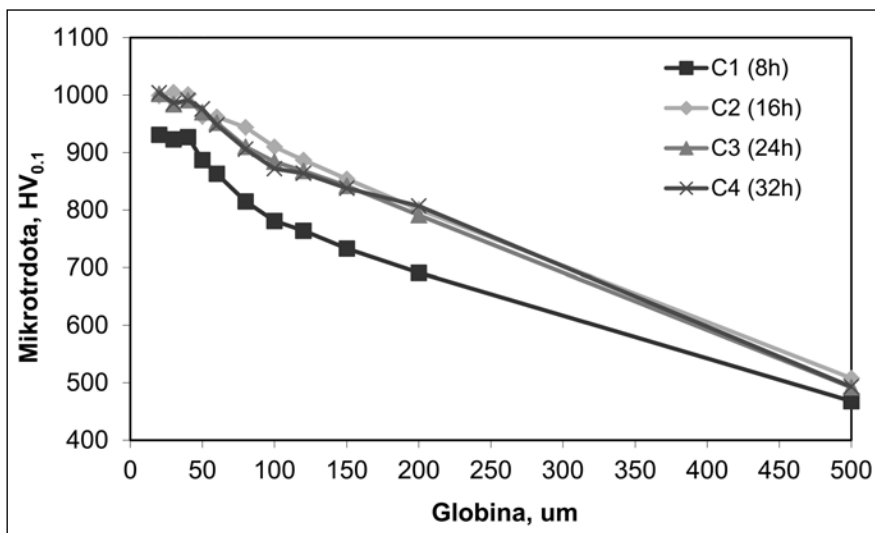
3.3 Porazdelitev zaostalih napetosti

Sliki 5 in 6 prikazujeta porazdelitev zaostalih napetosti z globino za nitrirano in nitro-cementirano orodno jeklo za delo v vročem. Za oba postopka in vse raziskovane parametre (čas, temperatura) se v površini orodnega jekla pojavi polje tlačnih zaostalih napetosti, katerih maksimalne vrednosti so locirane na določeni globini pod kontaktno površino. Po doseženem maksimumu se tlačne zaostale napetosti z globino zmanjšujejo, dokler na meji med difuzijsko cono in jedrom ne preidejo v natezno področje (sliki 5 in 6).

V primeru nitiranja v plazmi pri temperaturi 480 °C se maksimalne tlačne zaostale napetosti vrednosti 400–700 MPa pojavijo na globini, manjši od 100 μm. Povišanje temperature nitiranja privede tako do



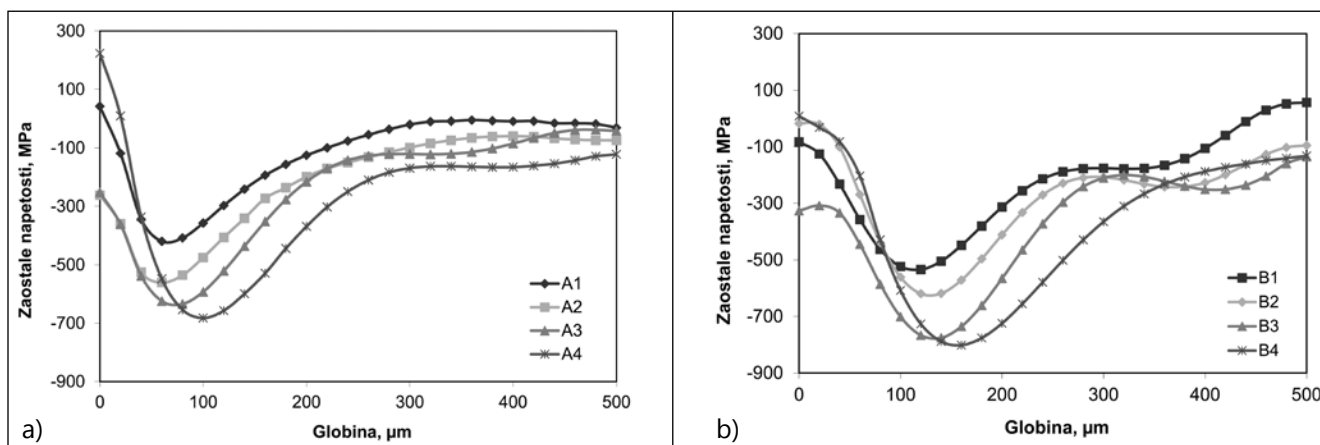
Slika 3. Porazdelitev mikrotrdote pri orodnem jeklu AISI H11 po nitriranju pri temperaturi (a) 480 °C in (b) 540 °C



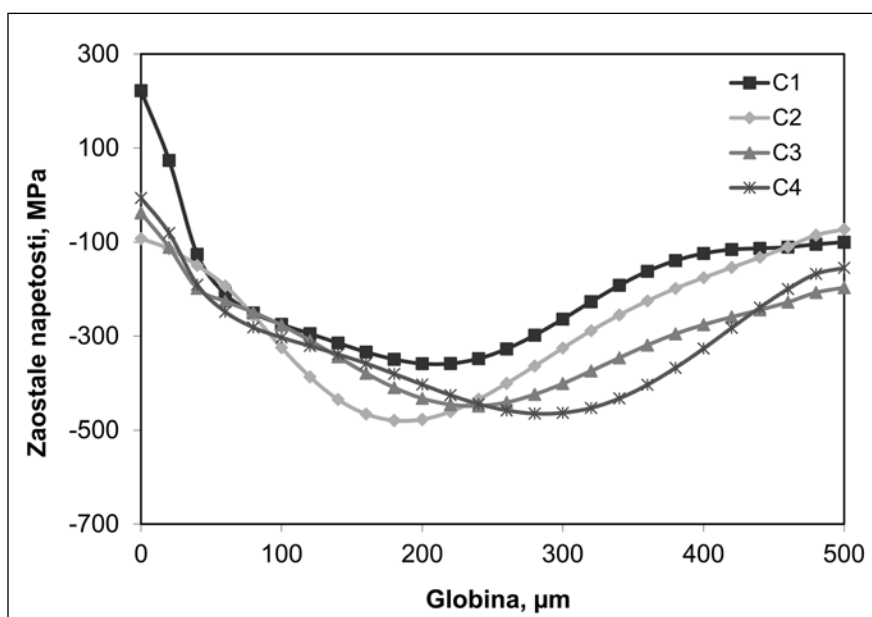
Slika 4. Porazdelitev mikrotrdote pri orodnem jeklu AISI H11 po nitrocementaciji pri temperaturi 580 °C

višjih vrednosti zaostalih napetosti (500–800 MPa) kakor tudi do večjih globin, kjer se pojavi maksimum tlačnih zaostalih napetosti (120–170 µm). Pri tem daljši časi nitriranja pomenijo višje vrednosti tlačnih zaostalih napetosti in večje globine, kjer se te pojavijo (slika 5). Nitro cementacija na drugi strani privede do nižjih vrednosti zaostalih napetosti (300–450 MPa), ki so prav tako kot pri nitriranju tlačne, a do večjih globin, kjer se pojavijo maksimalne vrednosti (200–300 µm), slika 6.

Primerjava izmerjenih profilov mikrotrdote in zaostalih napetosti nakazuje možno korelacijo med obema. Kot je razvidno s slike 7, strm padec mikrotrdote z globino sovpada s strmim



Slika 5. Porazdelitev zaostalih napetosti pri orodnem jeklu AISI H11 po nitriranju pri temperaturi (a) 480 °C in (b) 540 °C

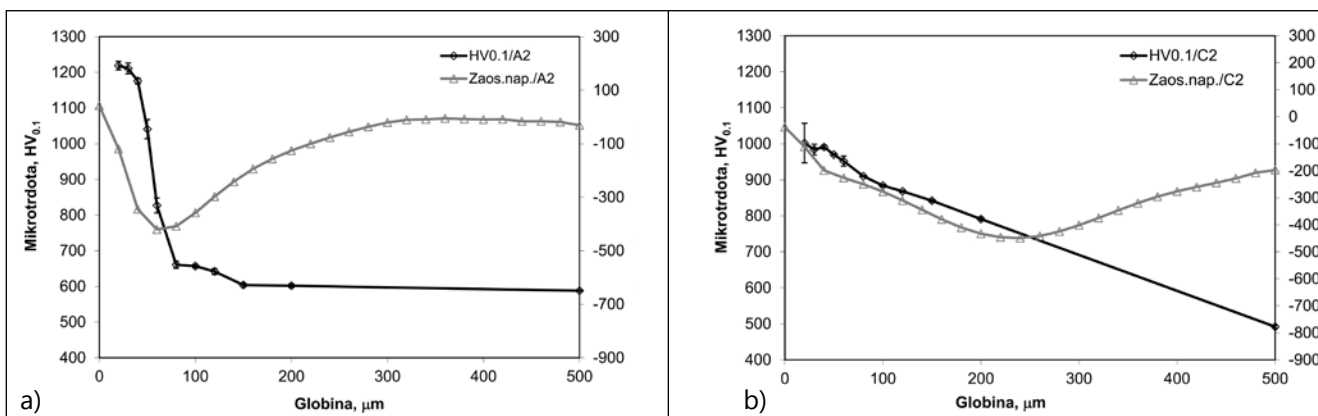


Slika 6. Porazdelitev zaostalih napetosti pri orodnem jeklu AISI H11 po nitro cementaciji pri temperaturi 580 °C

povečanjem tlačnih zaostalih napetosti in obratno. Zmerno zmanjšanje mikrotrdote ustreza zmernemu povečanju zaostalih napetosti. Nadalje se pri nitriranih vzorcih maksimalne tlačne zaostale napetosti pojavljajo ravno na mestu, kjer se prične strm padec mikrotrdote.

3.4 Modeliranje zaostalih napetosti

Očitna korelacija med profilom mikrotrdote in porazdelitvijo zaostalih napetosti (slika 7), kakor tudi poročila o povezavi med tlačno trdnostjo in trdoto orodnih jekel [16] kažejo na možnost modeliranja zaostalih napetosti kot funkcije mikrotrdote. Z odvodom profila mikrotrdote po globini dobimo novo serijo profilov, ki izkazujejo podobnost s porazde



Slika 7. Primerjava izmerjenih profilov mikrotrdote in zaostalih napetosti pri (a) nitriranem in (b) nitrocementiranem orodnem jeklu AISI H11

litvijo zaostalih napetosti, kakor je razvidno s slike 8. Odvodi profila mikrotrdote po globini so za različne temperature in čase kemotermske obdelave orodnega jekla prikazani na sliki 9.

V primeru orodnega jekla, nitriranega 8 ur pri temperaturi 480 °C, je pod površino viden izrazit padec vrednosti odvoda profila mikrotrdote, ki doseže minimum na globini 50 µm. Pri istem vzorcu se maksimalne tlačne zaostale napetosti pojavijo na isti globini, kot je razvidno s slike 9a. S povečanjem časa (slika 9a) ali temperature nitriranja (slika 9b) se minimum odvoda profila mikrotrdote pomakne bolj v globino, kar sovпада z lego maksimalnih tlačnih zaostalih napetosti. Na drugi strani pa odvod profila mikrotrdote po

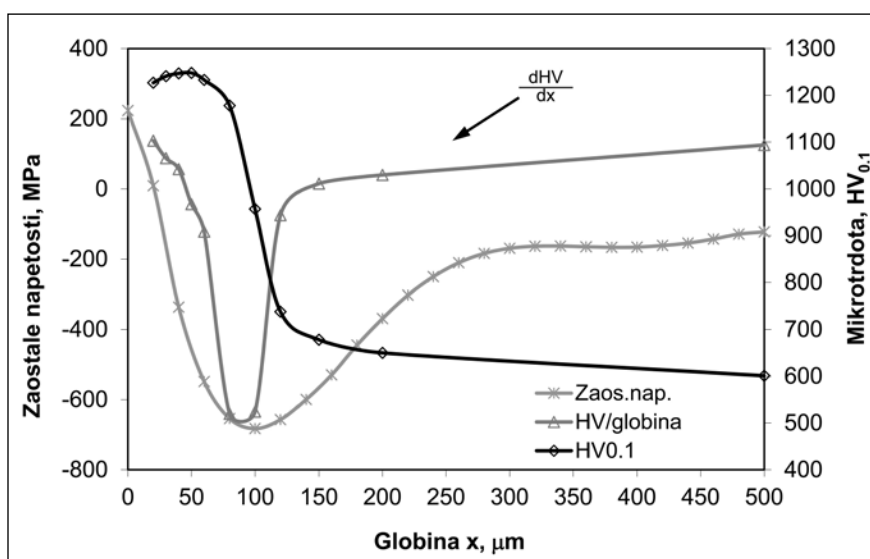
globini pri nitrocementiranem orodnem jeklu kaže izrazit padec vrednosti v prvih 50 µm pod površino, medtem ko je profil porazdelitve zaostalih napetosti precej drugačen, z bolj blago odvisnostjo od globine (sliki 6 in 9c).

Z upoštevanjem rezultatov za nitrirano orodno jeklo lahko opazimo očitno korelacijo med odvodom profila mikrotrdote po globini in porazdelitvijo tlačnih zaostalih napetosti. Pri vseh časih in temperaturah nitriranja se minimum odvoda profila mikrotrdote pojavlja na mestu maksimalnih tlačnih zaostalih napetosti, ki pa se s povečevanjem časa in/ali temperature nitriranja pomikajo globlje od površine (sliki 5 in 9). To pomeni, da bi z določitvijo profila mikrotrdote lahko napovedali lego maksimalnih

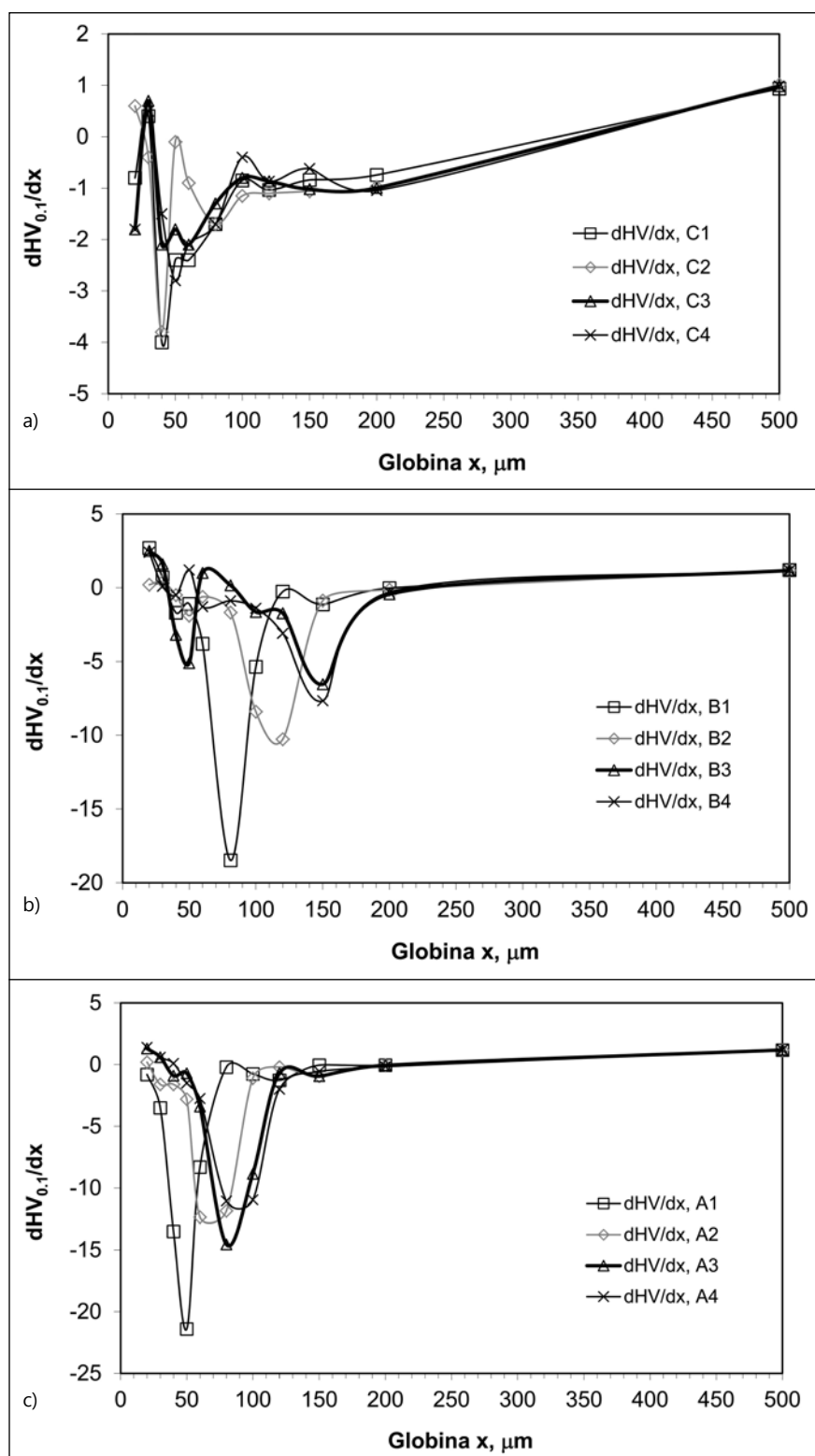
tlačnih zaostalih napetosti, ne da bi jih dejansko izmerili. Žal pa nismo odkrili nikakršne povezave med profilom mikrotrdote in zaostalimi napetostmi pri postopku nitrocementacije, pri čemer razlog ni povsem jasen. Možno je, da hkratno delovanje ogljika in dušika pri oblikovanju mikrostrukture v difuzijski coni vpliva tudi na zvezo med mikrotrdoto in zaostalimi napetostmi. Predpostavljamo pa se, da bi opisano metodologijo lahko uporabili pri postopkih nitriranja in kaljenja.

4 Zaključki

- Sprememba parametrov nitriranja, kot so plinska mešanica, čas in temperatura, vodi do sprememb v globini nitriranja, profilu mikrotrdote in legi maksimalnih tlačnih zaostalih napetosti.
- Daljši časi nitriranja dajejo debelejšo difuzijsko cono in višje tlačne zaostale napetosti, ki se pomikajo globlje od površine. Višje temperature nitriranja imajo podoben vpliv. Nitrocementacija pa na drugi strani daje nižje trdote in nižje vrednosti zaostalih napetosti, a globljo difuzijsko cono in bolj enakomeren profil mikrotrdote in zaostalih napetosti.
- Odvod profila mikrotrdote nitriranega orodnega jekla po globini kaže zelo dobro korelacijo z izmerjeno porazdelitvijo zaostalih napetosti, pri čemer minimum odvoda profila mikrotrdote sovпада z lego maksimalnih tlačnih zaostalih napetosti. To pa žal ne velja za postopek nitrocementacije.



Slika 8. Korelacija med profilom mikrotrdote in porazdelitvijo zaostalih napetosti pri nitriranem orodnem jeklu AISI H11



Slika 9. Odvod profila mikrotrdotne po globini za orodno jeklo po (a) nitriranju v plazmi pri 480 °C, (b) nitriranju v plazmi pri 540 °C in (c) nitrocementaciji pri 580 °C

– S poznavanjem profila mikrotrdotne, dobljenega z meritvami ali modeliranjem procesa nitriranja, lahko napovemo lego maksimalnih tlačnih zaostalnih napetosti oz. izberemo ustrezne parametre

nitriranja, da maksimalne tlačne zaostale napetosti lociramo na mestu koncentracije Hertzevih kontaktnih napetosti in na ta način izboljšamo obstojnost kontaktne površine na utrujanje.

Literatura

- [1] B. Kämpfe and E. Auerswald: Determination of Residual Stresses in Microsystems Using X-RAY Diffraction, Materials week 2000, Munich, Germany (2000), p. 1.
- [2] G. Bernstein and B. Fuchsbaue: Werkstofftechnik Vol. 13 (1979), p. 103.
- [3] C. Achmus: FEM-Berechnung von Festwalzeigenschaften, 8. Deutschsprachiges ABAQUS – Anwender-Treffen, Hannover, Germany (1996), p. 55.
- [4] L. Vergani: *Meccanica dei Materiali* (McGraw Hill, NY, 2001).
- [5] M. D'Acunto: Characterization of residual stress and roughness of steel components, 3rd AIMETA Int. Tribology Conference, Salerno, Italy (2002), p. 9.
- [6] G. A. Webster: Mater. Sci. Forum Vol. 347–349 (2000), p. 1.
- [7] J. Grum: J. Mat. Processing Technology Vol. 114 (2001), p. 212.
- [8] T. Bell, V. Korotchenko: Heat Treat. Met. Vol. 4 (1978), p. 88.
- [9] B. Edenhofer: Heat Treat. Vol.1 (1974), p. 23.
- [10] B. K. Jones, J. W. Martin: Met. Technol. Vol. 5 (19778), p. 217.
- [11] T. Bell, N. L. Loh: J. Heat Treat. Vol. 2 (1982), p. 232.
- [12] T. Bell, Y Sun: Surf. Eng. Vol. 6 (1990), p. 133.
- [13] P. Buchhagen, B. L. Mordike: Surf. Eng. Vol. 11 (1995), p. 152.
- [14] J. Zurn, C. Razim, J. Gosch: The effect of residual stress in case hardening, 6th International Congress on Heat Treatment of Materials (1988), p. 279.
- [15] F. A. Kandil, J. D. Lord, A. T. Fry, P. V. Grant: A Review of Residual Stress Measurement Methods, Measurement of Residual Stress in Components, NPL Report, UK (2002).
- [16] J. Frankel, W. Scholz: Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation, Vol. 6 (1986), p. 1577.
- [17] ASM E 837 Standard: Determining Residual Stresses by the Hole Drilling Strain-Gage Method (ASTM, 1983).
- [18] C. Ruud: Handbook of Residual Stresses and Deformation of Steel (ASM, 2002), p. 99.

Residual stress distribution in nitrided tool steel

Abstract: Residual stresses may be present in engineering components as an unintended consequence of manufacturing processes, but they may also be introduced deliberately to beneficial effect during surface engineering procedures. Plasma nitriding and nitrocarburizing are such processes, which are of particular importance for tool-steel components used in tool, die and machine applications. These processes afford significant advantages, such as greatly improved wear and corrosion resistance, as well as fatigue strength resulting from the generation of near-surface compressive residual stresses.

A precise knowledge of the level and distribution of the residual stresses that exist in such engineering components is necessary for product development and quality-control purposes, as well as for the accurate prediction of a component's fatigue resistance. If located at the same depth as the Hertzian stress concentrations, compressive residual stresses can greatly improve the fatigue properties of loaded surfaces. Therefore, reliable methods for residual stress determination are required, with residual stress measurement techniques having their limitations.

The aim of the present paper was to correlate the residual stress distribution in plasma-nitrided and nitrocarburized tool steel with the microhardness depth profile, in order to determine whether a relatively simple microhardness-related parameter could be used to predict the depth of the maximum compressive residual stresses, and to thereby to enable optimization of the nitriding parameters for specific contact conditions.

Key words: Plasma nitriding, Nitrocarburizing, Residual stress, Microhardness, Modelling

 **JAKŠA**
MAGNETNI VENTILI

od 1965

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



www.jaksa.si



ROHR- UND SCHLAUCHVERBINDUNGEN / EDELSTAHL
PIPE AND HOSE CONNECTORS / STAINLESS STEEL

>> Quality connects – with certainty ...

Our strengths ...

Highly-qualified employees, know-how gained over many years of experience, processing of high-quality materials in accordance with international norms and standards, continuous quality management.

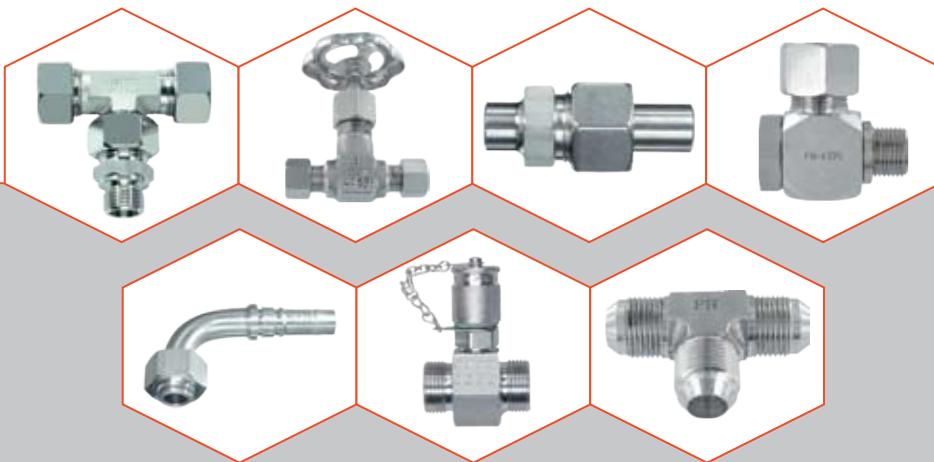
... your advantage

Maximum process reliability with concurrent minimisation of machine downtimes.

- Chemical plants
- Foundry and rolling mill technology
- Paper machines
- Hydraulic engineering and shipbuilding
- Offshore technology
- Fluid media
- Aggressive media

PH Industrie-Hydraulik:

Your manufacturer for stainless steel fittings and connectors.



PH products are approved by the following certification companies:

- Germanischer Lloyd (GL)
- Lloyd's Register of Shipping (LR)
- Det Norske Veritas (DNV)
- Rina
- UkrSEPRO
- GOST

• We are certified in accordance with ISO 9001 through Lloyd's Register



PH Industrie-Hydraulik

Gewerbegebiet-Stefansbecke 37 • D-45549 Sprockhövel (Haßlinghausen) • Germany

Telefon: +49 (0) 23 39 - 60 21 | 60 22 • Telefax: +49 (0) 23 39 - 45 01 • info@ph-hydraulik.de • www.ph-hydraulik.de

Z izkoriščenjem obstoječih sredstev do velikih prihrankov v proizvodnji – 2. del

Tomaž BERLEC, Marko STARBEK

Izveček: Trajajoča globalna kriza je za podjetje idealen čas za izboljšanje lastne proizvodnje v smislu znižanja transportnih stroškov od 20 do 50 %, in to ne z velikimi vlaganji, temveč na osnovi izkoriščanja lastnih sredstev v podjetju.

Kako? Odgovor je preprost. Na osnovi prave razmestitve proizvodnih sredstev podjetja.

Z optimalno razmestitvijo delovnih sredstev in opreme se skrajšajo transportne poti, s tem se prihrani delovni čas (v tem času lahko delavec dela nekaj učinkovitega – kar je kupec pripravljen tudi plačati), sprostijo transportna sredstva in skrajšajo pretočni časi izdelave izdelkov (hitrejši pretok materiala, manj čakanj, krajša vezava finančnih sredstev v material).

V prispevku bodo prikazani potrebni koraki za prehod iz obstoječega v optimalno razmestitev opreme.

Ključne besede: razmestitev opreme, optimiranje proizvodnje

■ 3 Primer optimizacije razmestitve proizvodnih sredstev

V podjetju Kovinska Bled, d. d., smo vzeli kot cilj optimiranja transportne stroške. S skrajšanjem transportnih poti seveda skrajšamo tudi pretočne čase, zaposleni imajo manj dela s transportom, torej lahko v tem času opravljajo drugo delo, s tem pa dvignemo tudi rentabilnost podjetja in povečamo dobiček.

■ 1. in 2. korak: Popis tehnologije in izdelava matrike OD-KAM

Podjetje nam je podalo tehnologijo po pozicijah za štiri reprezentativne izdelke, s pomočjo katerih opišemo glavnino njihovega proizvodnega programa.

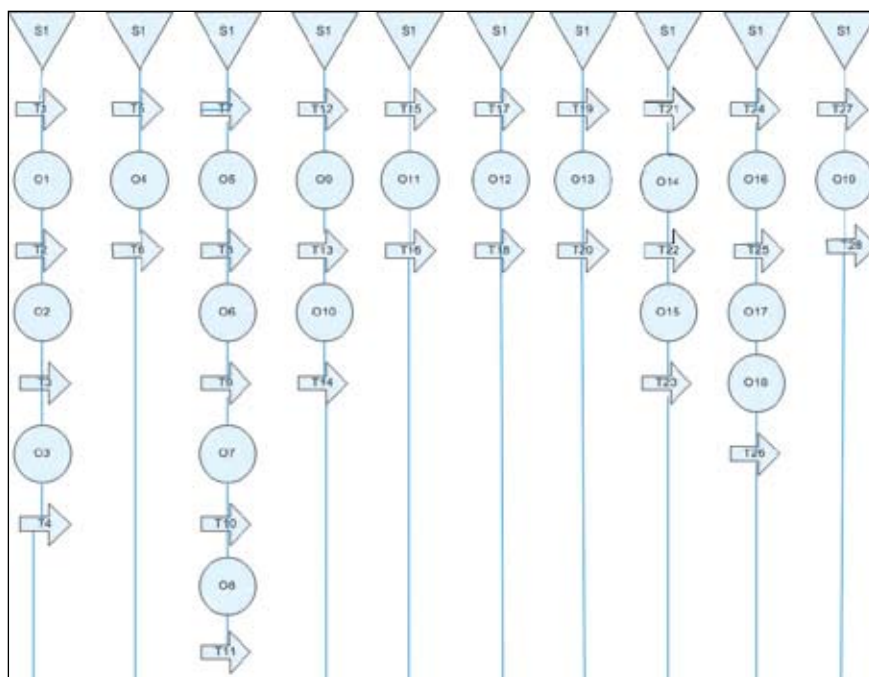
Dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž.,
prof. dr. Marko Starbek, univ.
dipl. inž., Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo

Slika 11 prikazuje primer proizvodnega postopka enega od reprezentativnih izdelkov podjetja.

Na osnovi proizvodnega postopka in letnega proizvodnega plana smo iz-

delali blokovni diagram poteka dela za vse izdelke.

Slika 12 prikazuje blokovni diagram poteka dela za enega od reprezentativnih izdelkov podjetja.



Slika 11. Primer proizvodnega postopka enega od izdelkov podjetja

Tabela 2. Matrika toka materiala v kosih OD-KAM

IZ / V	Vh. Skl.	Koop.	1	2	5	4	16	12	9	10	SV1	7	6	15	13	14	Iz. Skl.	
Vh. Skl.		3540	900	45	180	4445	29395		90	2475	21380							
Koop.						1920		135			3180		4020			1920	45	
1					90						675			180				
2											45							
5								90	45	45	270		90					
4								90	135	90	2210							
16									1710	3360	3735	20090	890		1440	1920		
12										315	90	11655	810					
9											810	1620	900			1920		
10												5340	1485					
SV1													11870	71045	25830	1440	1920	49185
7																		
6																		16280
15																		
13																		
14																		
Iz. Skl.																		

Na osnovi letnega proizvodnega plana in poznane tehnologije blokovnih diagramov poteka dela smo izdelali matriko OD-KAM toka materiala.

Tabela 2 prikazuje matriko podjetja OD-KAM v kosih.

■ 3. korak: Popis obstoječega stanja

S pomočjo programa VisTable smo izrisali obstoječo razmestitev opreme podjetja (prikazano na *sliki 13*), ki bo služila kot primerjava z novimi predlogi razmestitve.

Slika 14 prikazuje 3D obstoječo razmestitev opreme pred optimizacijo.

Pri risanju obstoječe razmestitve opreme smo poenostavili lokacijo kooperantov (izdelujejo določene faze obdelave) – postavitev zunaj ograje podjetja.

V nadaljevanju so prikazani grafi intenzitete materiala v odvisnosti od razdalje in ovrednotenje razmestitve opreme, ki podaja skupno transportno dolžino in produkt intenzitete ter dolžine.

Slika 15 prikazuje intenziteto toka materiala v odvisnosti od transportirane razdalje.

Cilj je, da poskušamo te razdalje transporta čim bolj skrajšati, s

tem prihraniti transportne stroške in skrajšati pretočne čase izdelkov. Posebej pomembno je skrajšanje transportnih poti pri velikih količinah materiala.

Slika 16 prikazuje ovrednotenje obstoječe razmestitve opreme.

Kot je razvidno s *slike 16*, znaša celotna transportna dolžina pri obstoječi razmestitvi opreme 2819,88 m.

Stopnja kooperativnosti :

$$\kappa = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{m} = \frac{9 + 7 + 2 + 4 + 8 + 6 + 9 + 10 + 10 + 9 + 4 + 3 + 2 + 22 + 12 + 3 + 9}{17} = 7,59$$

- κ – stopnja kooperacije,
- k_i – število mikrosistemov, s katerimi je i -ti mikrosistem v neposredni povezavi,
- m – število mikrosistemov znotraj makrosistema.

Iz rezultata računanja stopnje kooperativnosti smo s pomočjo diagrama na *sliki 17* ugotovili, da gre za delavniški princip poteka dela, kar je bilo iz narave programa podjetja tudi pričakovati.

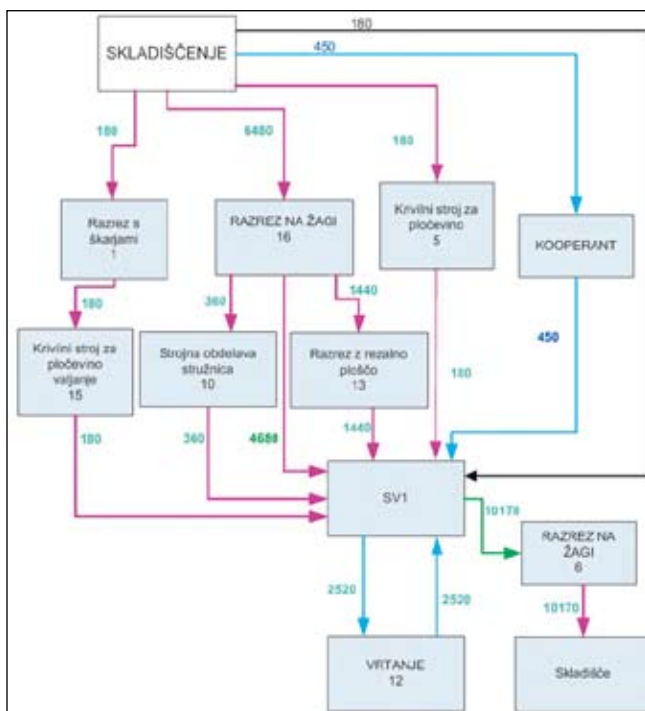
Na osnovi potrjene domneve, da gre za delavniški princip dela, smo izvedli razmestitev opreme v podjetju. To pomeni optimiranje in ureditev proizvodnih, skladiščnih in upravnih površin tako, da se zmanjšajo stroški notranjega transporta pri upoštevanju podanih omejitev

in s tem seveda poveča dobiček in prihrani čas.

■ 4. korak: Predlog izboljšane razmestitve opreme

S programom VisTable smo izdelali predlog nove razmestitve opreme podjetja, ki se od obstoječe razlikuje v naslednjih točkah:

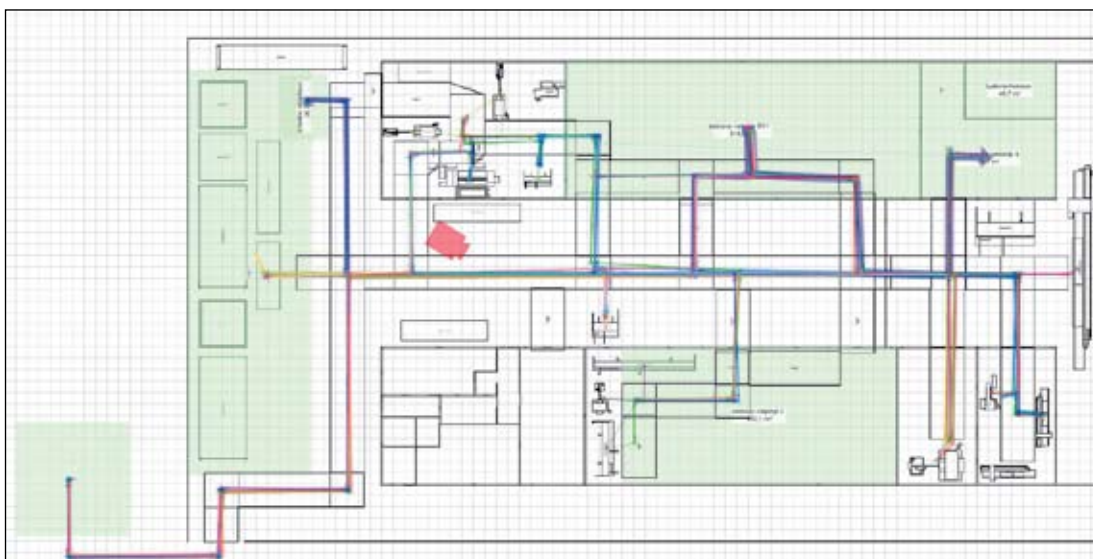
- na mesto avtogenega razreza smo postavili krivilni stroj za pločevino 15;
- znotraj istega prostora smo predstavili še škarje, krivilni stroj 5 in prebijalni stroj 3, pri čemer je šel slednji na mesto krivilnega stroja, škarje na mesto prebijalnega stroja 3 in krivilni stroj 5 na mesto škarij;
- avtogeni razrez smo postavili v prostor spodnjega sestavljanja in varjenja;
- vrtalni stroj 12 smo prestavili v prostor s CNC
- vrtalno-rezkalnim strojem;
- stružnici 10, 11 in razrez z rezalno ploščo 13 smo postavili v prostor, kjer je bil prej vrtalni stroj 12;
- stiskalni stroj 14 je ostal v istem prostoru, kot je bil, le na drugi strani, poleg njega pa smo postavili še rezkalni stroj 9;
- žaga je ostala v nadstrešku, le na drugi strani;



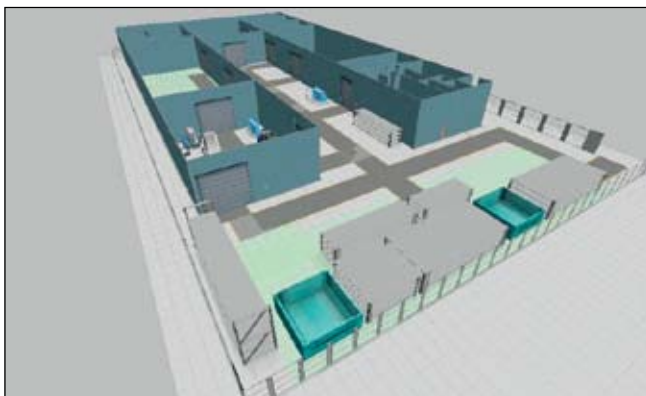
Slika 12. Blokovni diagram poteka dela za enega od izdelkov

- vsi izdelki prihajajo na sestavo in varjenje na
- zahodni strani in potujejo proti vzhodu, kjer zapustijo SV1 in gredo na pripravo na lakiranje.

S temi spremembami smo prišli do prihranka $\Delta T = 792,89$ m oziroma 31 % produkta intenzitete materiala-



Slika 13. Obstoječa razmestitev opreme pred optimizacijo (dolžina transportnih poti: 2819,88 m)



Slika 14. Obstoječa 3D-razmestitev opreme pred optimizacijo

la in transportne dolžine.

Slika 18 prikazuje predlog nove razmestitve opreme.

Slika 19 pa prikazuje 3D-predlog nove razmestitve opreme.

Na sliki 20 je prikazano ovrednotenje nove razmestitve opreme, na sliki 21 pa graf intenzitete toka materiala v odvisnosti od transportirane razdalje pri novi razmestitvi opreme.

vedno prava rešitev. Poleg tega v večini podjetij, kjer se odločijo za investicijo v nov stroj, tega kupijo in ga postavijo na lokacijo, kjer je prostor. In ko to ponovijo za nekaj strojev, v proizvodnji hitro nastane neurejen materialni tok. Izgublja se veliko časa in s tem se ustvarjajo nepotrebni stroški, ki jih ne pokrije noben kupec izdelka.

V večini primerov ima vsako podjetje še veliko rezerv, ki jih lahko izkoristi. Potrebno jih je le odkriti.

Zato predlagamo metodo štirih korakov optimizacije materialnega toka in s tem celotne proizvodnje.

Na prikazanem primeru podjetja Kovinska Bled, d. d., smo z optimizacijo toka materiala z obstoječih $T_{\text{obst}} = 2819,88$ m transportnih poti transportno pot skrajšali na $T_{\text{opt}} = 2026,99$ m, kar pomeni skrajšanje

■ 4 Zaključek

Vse močnejša konkurenca na trgu in potrebe po čim cenejših in hitreje dostavljenih izdelkih nas silijo v optimizacijo proizvodnje.

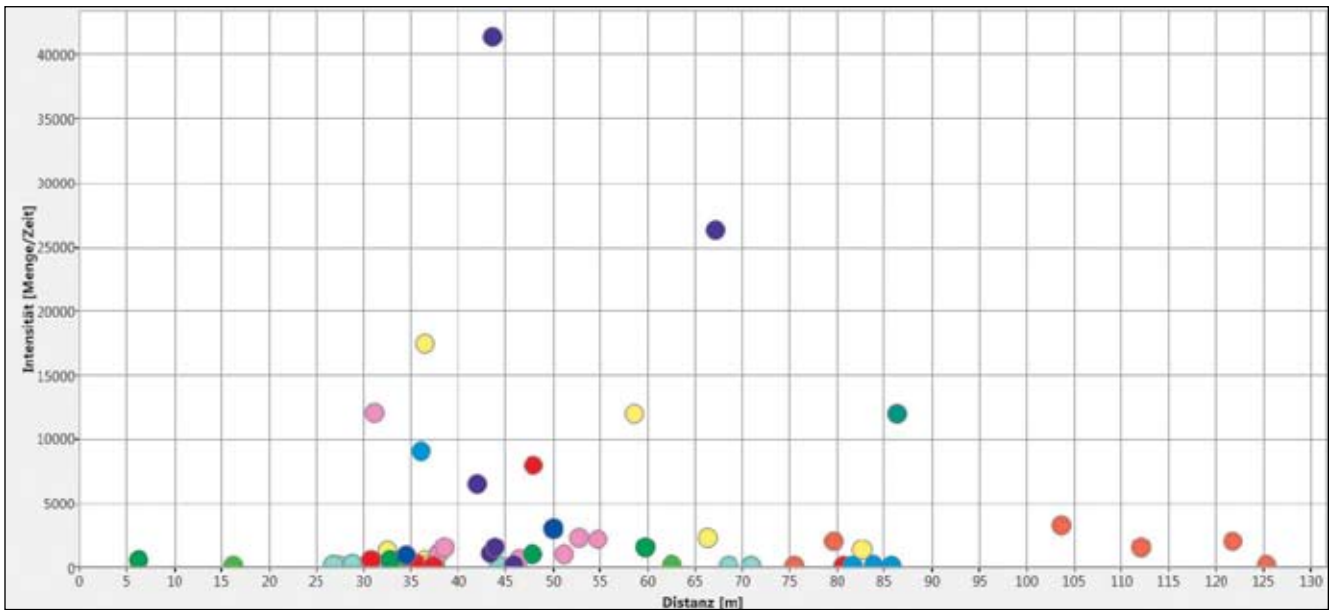
Nakup novega, zmogljivejšega in dragega stroja pa zdaleč ni

poti za $\Delta T = 792,89$ m oziroma za 31 % produkta intenzitete materiala in transportne dolžine.

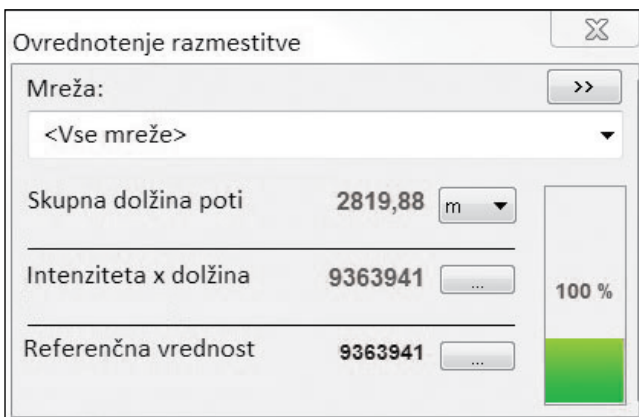
Skrajšanje transportnih poti smo dosegli le z boljšo razmestitvijo trinajstih strojev in z usmerjenim materialnim tokom na sestavi in varjenju.

Sama investicija v prestavitev strojev bi bila povrnjena že prej kot v pol leta.

Tej optimizaciji materialnega toka lahko sledi še standardizacija transportnih poti, tehnologije ..., s čimer

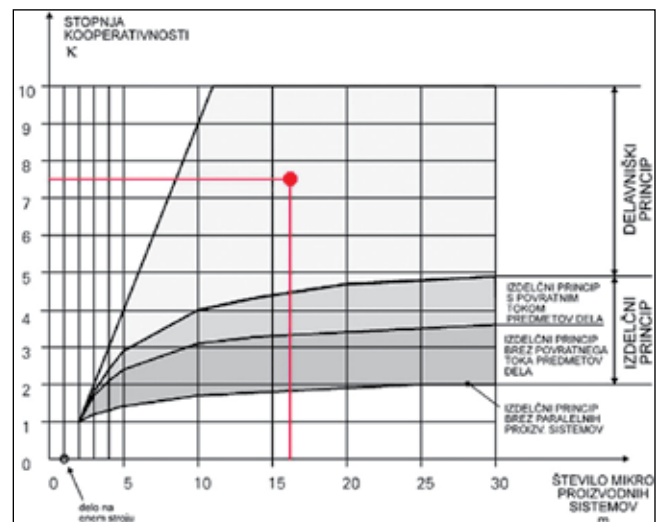


Slika 15. Graf prikazuje intenziteto toka materiala v odvisnosti od transportirane razdalje pred optimizacijo

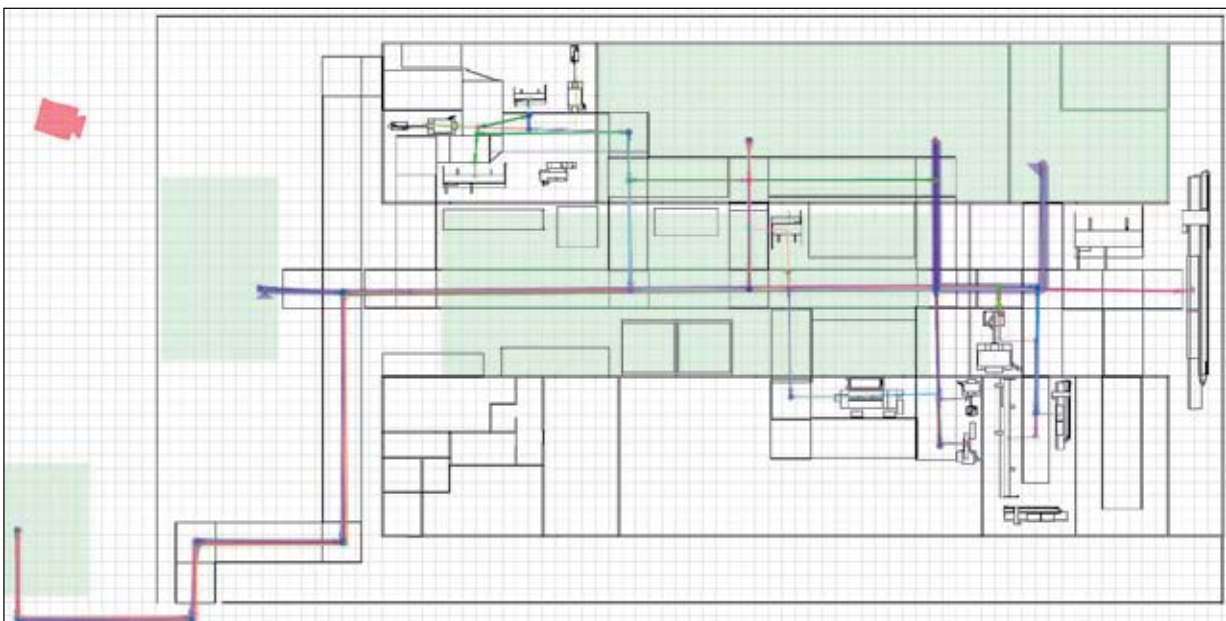


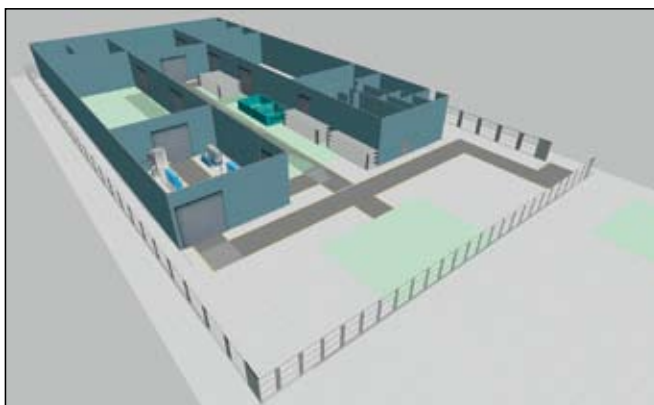
Slika 16. Ovrednotenje obstoječe razmestitve opreme

Slika 18. Predlog nove razmestitve opreme v podjetju (dolžina transportnih poti: 2026,99 m)

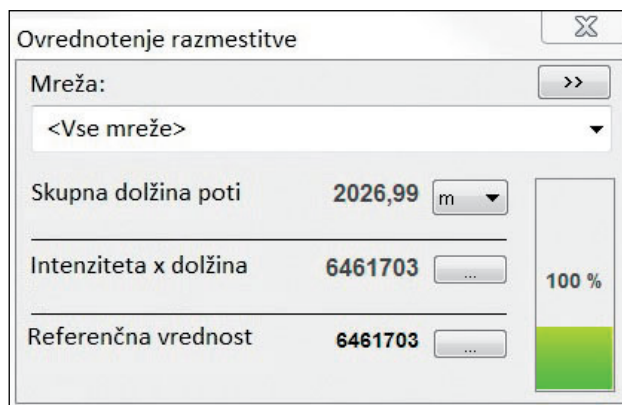


Slika 17. Diagram κ - m za določitev principa poteka dela [3]

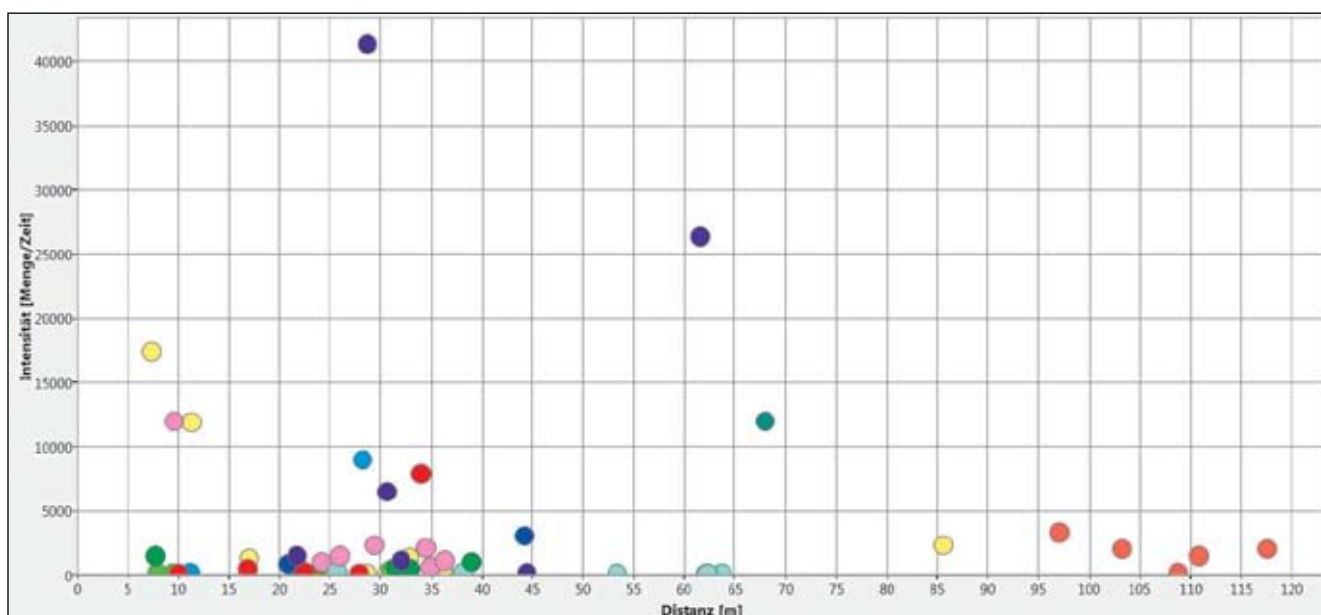




Slika 19. 3D-predlog nove razmestitve opreme



Slika 20. Ovrednotenje nove razmestitve opreme



Slika 21. Graf prikazuje intenziteto toka materiala v odvisnosti od transportirane razdalje pri novi razmestitvi opreme

dosežemo še dodatno optimiranje proizvodnje in krajše pretočne čase.

Viri

- [1] Andrej Polajnar, Borut Buchmeister, Marjan Leber: Proizvodni menedžment, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2005.
- [2] Andrej Polajnar, Borut Buchmeister, Marjan Leber: Simulationsvergleich von Modellen für die Layoutplanung, Elektrotechnik und InformatioEreichischen Verbandes für Elektrotechnik, Springer Verlag, 1994, str. 277–279.
- [3] Vistable: <http://www.vistable.de/>, dostopano 18. 1. 2012.
- [4] Claus Gerold Grunding: Fabrikplanung, Carl Hanser Verlag München, 2009.

With exploitation of existing resources to large savings in production – Part 2

Abstract: The long-lasting global crisis is an ideal time to improve the company production in terms of reducing transportation costs from 20 to 50% on the basis of exploitation of existing resources in the company and not with large investments.

The question is how to do it? The answer is simple. Based on a good business layout. With an optimal layout of workplaces and equipment, the transportation routes are shortened, thereby the time of employee is saved (at this time they can do something effective - what the buyer is willing to pay for), transport means are released and production lead times are shortened (faster material flow, less waiting, less opportunity cost of capital). The paper shows the necessary steps for transition from existing to the optimal layout of workplaces and equipment.

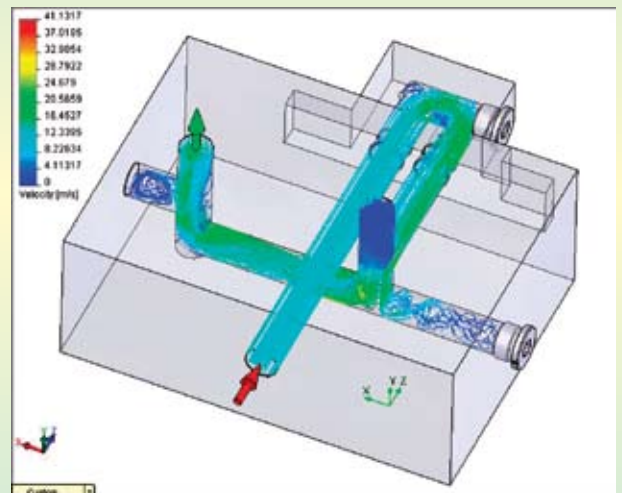
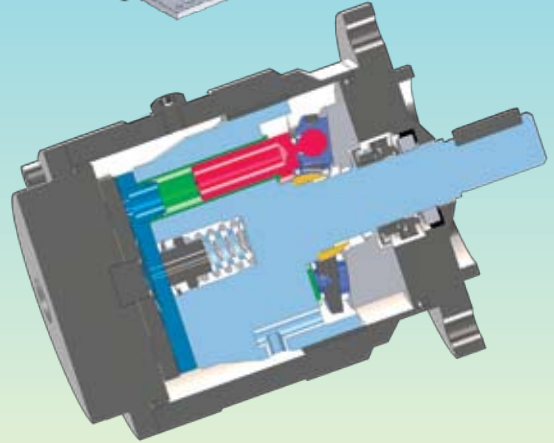
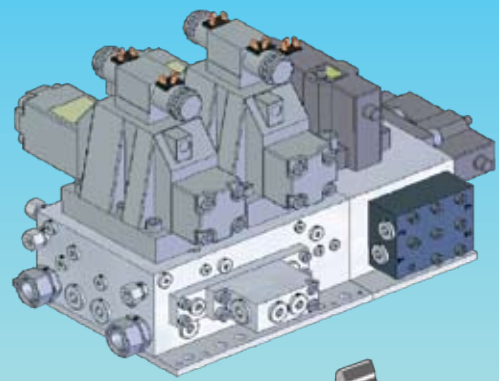
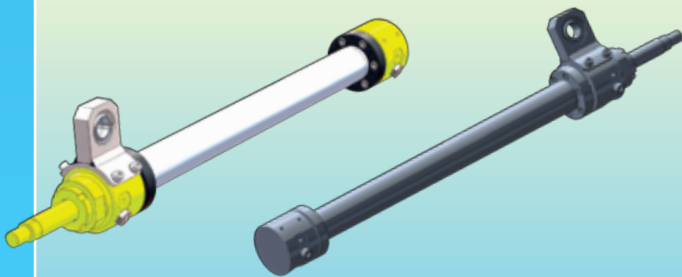
Keywords: layout, optimization of production

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



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO

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



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

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

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

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



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO (LPKH)

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Telefon: 01/4771 115

E-pošta: lpkh@fs.uni-lj.si

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

Naprava za merjenje karakteristike elektromagneta

Jernej BRADEŠKO, Jožef GARTNAR

Izveček: V prispevku sta opisana razvoj in izdelava naprave za merjenje karakteristike elektromagnetov, ki se uporabljajo na hidravličnih ventilih. Karakteristika elektromagneta predstavlja velikost sile, ki jo elektromagnet proizvede v odvisnosti od giba kotve, tj. od razdalje med jedrom elektromagneta in kotvo, ob določenem napajalnem toku.

Naprava je izdelana za potrebe meritev elektromagnetov, ki se proizvajajo in vgrajujejo na hidravlične ventile v podjetju Kladivar, Poclain Hydraulics.

Ključne besede: merilna naprava, karakteristika elektromagneta, hidravlični ventili

1 Uvod

Razvoj tehničnega proizvoda predstavlja iskanje rešitev za podane zahteve, ki jim mora proizvod ustrezati. Pogoj za dobre razvojne rešitve so dobro popisane zahteve in natančni vhodni podatki. Pri razvoju elektromagnetno krmiljenih hidravličnih ventilov je eden takih podatkov karakteristika elektromagneta, ki predstavlja velikost sile v odvisnosti od giba kotve elektromagneta, tj. od razdalje med kotvo in jedrom. Gib kotve je prikazan na *sliki 1*. Za potrebe meritve karakteristike je bila v podjetju Kladivar, Poclain Hydraulics, zasnovana in izdelana namenska naprava [1].

2 Elektromagnet

Elektromagnet je vrsta magneta, ki izkorišča fizikalni pojav ustvarjanja magnetnega polja okoli vodnika, po katerem teče električni tok. Osnova je navita žica oz. navitje, ki ustvari

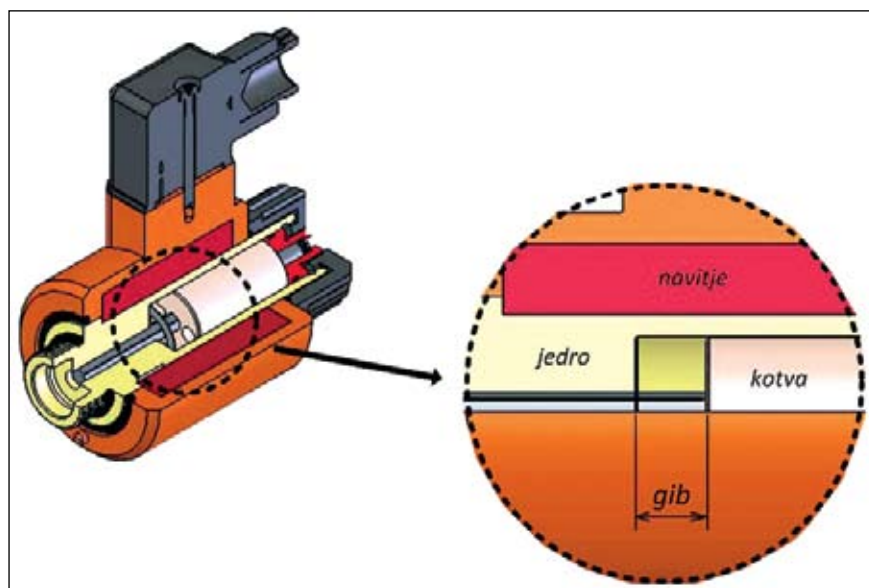
magnetno polje. Z vstavljanjem jedra iz feromagnetnega materiala v navitje lahko dosežemo veliko močnejše magnetno polje. Faktor ojačanja magnetnega polja v jedru popiše lastnost materiala, imenovano magnetna permeabilnost.

Po načinu delovanja in krmiljenja delimo elektromagnete na stikalne in proporcionalne. Naloga stikalnega tipa EM je preklon ventila iz enega v drug položaj. Pri tem mora elektromagnet zagotavljati dovolj sile. Delovanje proporcionalnih elektro-

magnetov je drugačno v tem, da se uporabljajo tudi kot regulacijski element v tem smislu, da poleg osnovnih položajev (npr. odprto-zaprto) ob primernem krmilju omogoča tudi sorazmerno (proporcionalno) odprtje ventila.

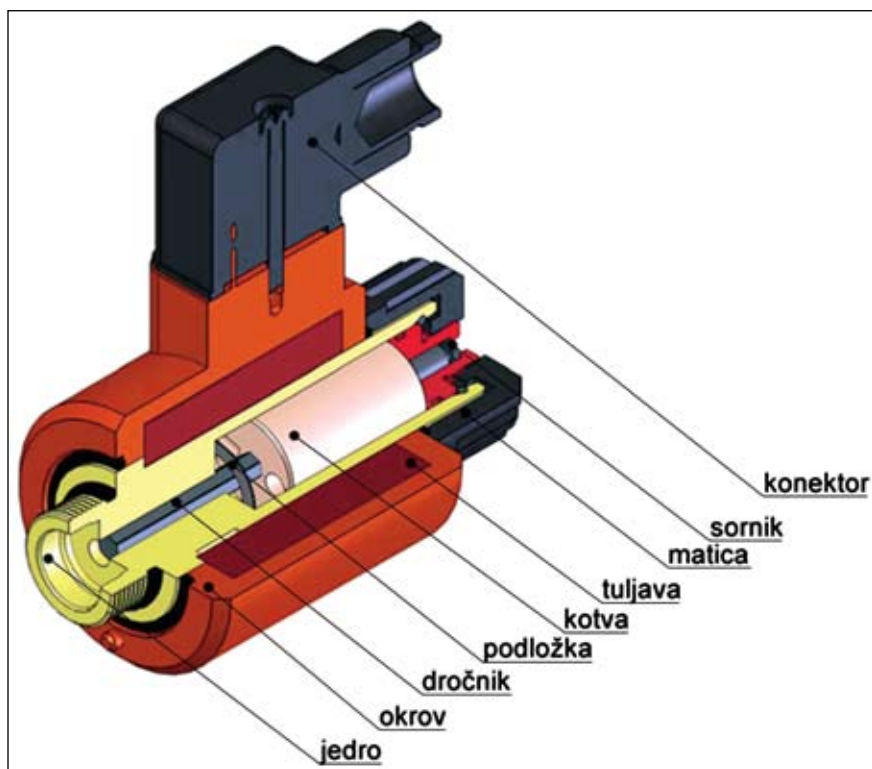
2.1 Sestava elektromagneta

Sestava elektromagneta (*slika 2*) je v nadaljevanju predstavljena na primeru Kladivarjevega elektromagneta MR 045 kot tipičnem merjencu na napravi [2, 3].



Slika1. Gib kotve elektromagneta

Jernej Bradeško, univ. dipl. inž.,
Poclain Hydraulics Group – Kladivar Žiri, Žiri
Jožef Gartnar, univ. dipl. inž.,
Poclain Hydraulics Group – Kladivar Žiri, Žiri



Slika 2. Osnovni sestavni deli elektromagneta

Konstruktivsko so elektromagneti primerni za napajanje z enosmerno napetostjo. Priklon na izmenično napetost je možen ob uporabi konektorja z vgrajenim usmerniškim mostičem. Električni tok steče po tuljavi in ustvari magnetno polje. Njegove silnice povzročijo premik kotve, ki potisne dročnik. Ta pritiska ob bat ventila. Podložka je vgrajena zato, da zmanjša pojav lepljenja kotve ob jedro ob zamenjavi smeri gibanja (izklop elektromagneta). Posebnost elektromagnetov v hidravliki je še v tem, da morajo biti na ventil vgrajeni oljetesno, zaradi česar je v konstrukciji predviden prostor za tesnila. Ker se v elektromagnetu med delovanjem lahko zadržuje tudi olje pod tlakom, je kotva po sredini prevrtana, da se tlak na obeh straneh izenači.

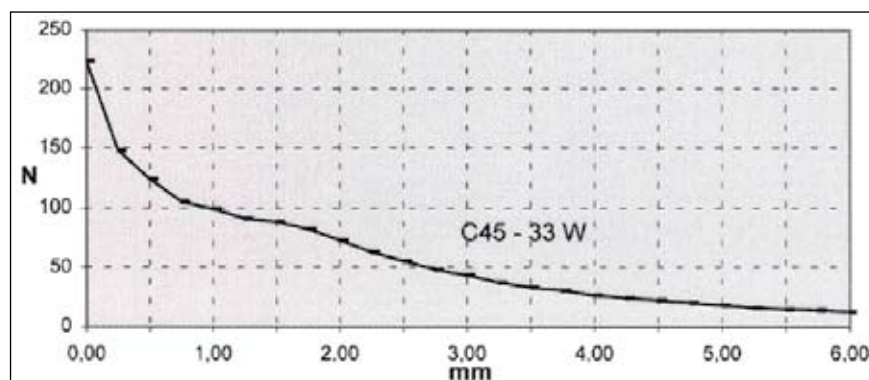
2.2 Karakteristika elektromagneta

Elektromagnet lahko popišemo z več različnimi karakteristikami, ki se največkrat prikažejo v obliki grafa. Pri tem je odvisna spremenljivka običajno velikost sile, ki jo proizvede aktuator. Podaja se v odvisnosti od giba, električnega toka ali temperature. Odvisnost od giba se podaja

za določeno vrednost napajalnega toka, odvisnost od el. toka pa se običajno meri na sredini delovnega giba kotve. S spremljanjem napajalnih parametrov po času lahko razberemo lastnosti, kot sta vklopni in izklopni čas aktuatorja.

Primarna naloga naprave je popis karakteristike sila-gib, kar se obravnava tudi v tem prispevku. Primer karakteristike iz kataloga proizvajalca je prikazan na *sliki 3*.

Karakteristika proporcionalnega elektromagneta se podaja za obe smeri giba kotve, s tem se prikaže tudi histereza. Običajno se na istem



Slika 3. Primer grafičnega prikaza karakteristike elektromagneta

diagramu pokaže večje število karakteristik, izmerjenih pri različnih vrednostih napajalnega toka. S tem dobimo t. i. polje karakteristik.

2.3 Vloga karakteristike v razvoju ventilov

Razvoj ventila se začne z definiranjem osnovnih zahtev delovanja ventila. Ti parametri so največji tlak, največji pretok in funkcija ventila, ki se predstavi s simbolom.

Med razvojem ventila za preklopno delovanje, torej preklapljanje med položaji, moramo gledati na to, da je sila elektromagneta večja od ostalih sil, ki delujejo na krmilni bat, da bo ta lahko preklopil. Te sile so sila vzmeti, ki vrača bat v osnovni položaj, tokovne sile, sila trenja itd. Pri razvoju proporcionalnih ventilov iz polja karakteristik dobi odvisnost sile od nastavljenega toka. V tem primeru mora biti karakteristika čim bolj konstantna preko celotnega delovnega giba elektromagneta, saj kontrolirana sprememba napajalnega toka le tako lahko povzroči kontrolirano spremembo v delovanju (odprtju) ventila.

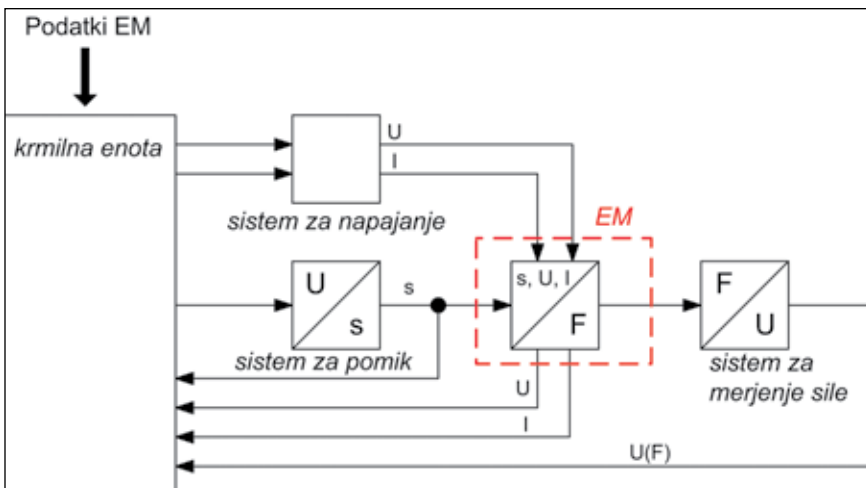
3 Zasnova naprave

Po definiciji, kot je predstavljena v prejšnjem poglavju, karakteristika elektromagneta pomeni velikost sile v odvisnosti od giba kotve elektromagneta. Na podlagi definicije lahko že določimo glavne funkcijske dele naprave, s katero bo možno karakteristiko pomeriti:

- merjenje sile,
- krmiljenje pomika,

- merjenje položaja,
- nastavljanje in merjenje napajalnih parametrov.

Posamezne funkcijske dele naprave med seboj poveže ustrezna krmilna enota, kot je prikazano na *sliki 4*.



Slika 4. Funkcijska shema naprave

Pred izbiro delov naprave je potrebno z več vidikov analizirati nabor elektromagnetov, ki jih moramo meriti z napravo. Preverimo, za kakšne napajalne parametre so grajeni elektromagneti, kako velike sile proizvedejo, velikost giba in gabaritne mere. Zadnji trije parametri se načeloma pojavljajo v sorazmerju, kar pomeni, da večji, kot je magnet dimenzijsko, večjo silo proizvede in ima običajno tudi večji gib.

3.1 Sistem za merjenje sile

Karakteristika elektromagneta je po svoji naravi statična, zato temu primerno zasnujemo sistem za merjenje sile. Nekateri merilniki, npr. piezoelektrični, so namenjeni izrazito dinamičnim meritvam, saj se jim s časom naboj zmanjšuje. Tak merilnik tukaj ne pride v poštev. Za namene meritve se zato odločimo za merjenje sile po principu odklonskega Wheatstonovega mostiča. Za potrebe naprave zadostuje, da z merilnikom merimo tlačno silo, saj so vsi elektromagneti iz nabora za merjenje potisne izvedbe.

3.2 Sistem za pomik

Linearni premik, potreben za meritve, naredi elektromagnet ob miru-

jočem merilniku sile. Premik mora biti relativno natančno in enostavno kontroliran. Kot široko uveljavljena rešitev za namene pozicioniranja se uporabi koračni motor. Pretvorbo iz vrtenja v premo gibanje opravi linearni modul, ki je v osnovi navojno

nost merjenja položaja na 0,01 mm, merjenje sile pa z natančnostjo 2 N na območju od 0 do 500 N.

4 Izdelava naprave

Glede na odločitve pri zasnovi smo poiskali ustrezne komponente in izdelali napravo.

4.1 Strojna oprema

Pri gradnji strojne opreme smo upoštevali dejstvo, da bo naprava postavljena v laboratorijsko okolje, v katerem se ne pričakuje večjih temperaturnih nihanj, vibracij, prahu itd.

Ključne komponente naprave so naslednje:

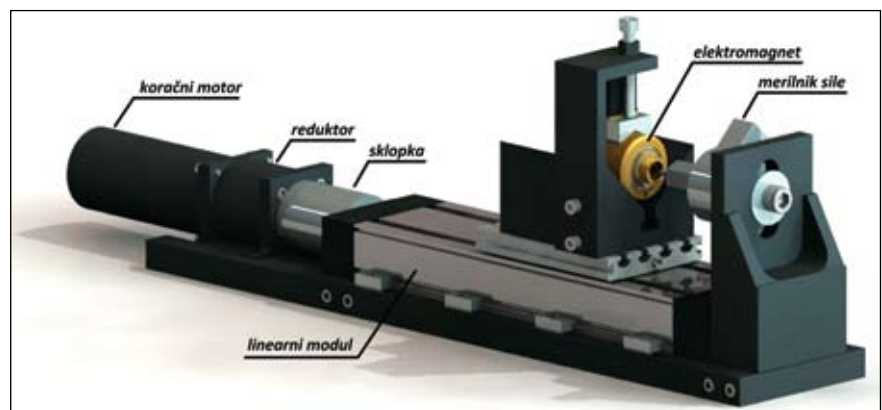
- koračni motor (200 korakov na vrtljaj, držalni moment 1,25 Nm),
- reduktor (prestavno razmerje 1 : 8),
- sklopka,
- linearni modul (korak navoja 2 mm),
- napajalnik elektromagneta (nazivna napetost 32 V DC, tok 10 A),
- krmilnik koračnega motorja,
- merilnik sile z ojačevalnikom,
- stikala (referenčno in dve končni),
- računalnik s karticama za zajemanje podatkov (DAQ).

Komponente sistema smo poskušali sestaviti čim bolj kompaktno, ker je tako naprava bolj pregledna, primerna za selitev itd. Na *sliki 5* je prikazan osrednji del naprave. Zasnova je predvidela odprtozančni sistem, vseeno pa na napravi potrebujemo neke referenčne točke za položaj. V ta namen smo na linearni modul vgradili tri Hallova stikala, ki jih

vreteno z matico, ki s prednapeto krogljično zvezo omogoča natančno pozicioniranje.

Z uporabo koračnega motorja je sistem možno krmiliti odprtozančno. Pogoja za to sta ustrezno dimenzioniranje komponent glede na obremenitve in primeren krmilni signal, ki mu motor lahko sledi brez izgube korakov. S štetjem pulzov krmilnega signala lahko posledično računamo položaj nosilca linearnega modula in ne potrebujemo absolutnega merilnika položaja.

Pred izdelavo se ocenijo še potrebe po natančnosti merjenja na napravi. Naprava naj bi omogočala natanč-



Slika 5. Model zgradbe naprave

proži magnet, vgrajen v gibajoči se del modula.

Reduktor, vgrajen k motorju, poveča ločljivost pozicioniranja, hkrati pa tudi zmanjša potrebno moč motorja ter s tem njegovo velikost. Sklopka med reduktorjem in vretenom kompenzira montažne netočnosti in preprečuje morebitne sunke. Napajalnik elektromagneta ima analogno-digitalni vmesnik, preko katerega ga nastavljamo in dobivamo tudi povratno informacijo o dejanskem toku in napetosti. S tem dobimo možnost večje avtomatizacije naprave in merilnega postopka.

4.2 Programska oprema

Programska oprema naprave je izdelana v programskem okolju Lab-View.

Program je razdeljen na tri vzporedne zanke, ki se izvajajo z različno periodo. V eni od zank poteka spremljanje vhodnih signalov. Ti signali so stanje stikal, meritev sile in napajalnih parametrov ter spremljanje pozicije (štetje krmilnih pulzov). Vzporedna zanka te signale spremlja in glede na njih usmerja potek programa. Vseh signalov ni potrebno spremljati na vseh delih programa, ampak odvisno od namena le na določenih. Med iskanjem referenčne točke tako na primer meritve napajalnih parametrov nimajo vpliva na potek programa.

Tretja zanka ob programskem ukazu začne shranjevati merjene veličine v začasni pomnilnik (buffer). Shranjevanje se prekine oz zaključí, ko je sprožen ukaz za konec shranjevanja oz. ko je pomnilnik poln.

V nadaljevanju so opisani glavni sklopi programa in s tem tudi merilnega postopka.

Inicializacija

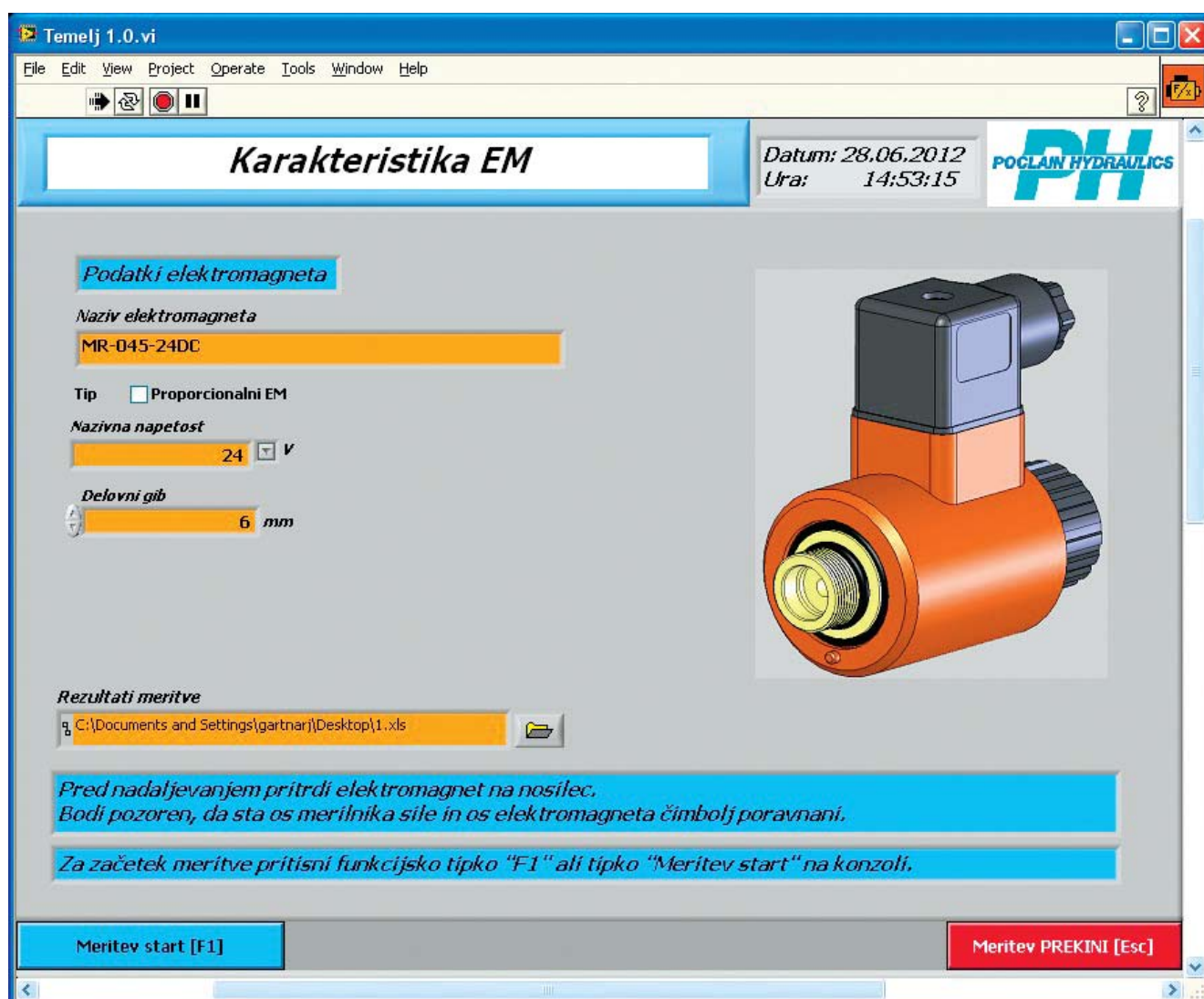
Na začetku se vrednosti spremenljivk v programu nastavijo na začetne vrednosti. Vzpostavi se uporabniški vmesnik.

Iskanje referenčne točke

Postopek iskanja teče glede na stanje stikal na linearnem modulu. Referenčnemu stikalu se nosilec linearnega modula vedno približa z iste strani, da se odstrani vpliv histereze stikala.

Vnos parametrov

V tem koraku uporabnik vpiše podatke elektromagneta in meritve v polja uporabniškega vmesnika, kot kaže *slika 6*.



Slika 6. Vnos parametrov preko uporabniškega vmesnika

Določanje začetne točke

Začetna točka oz. vrednost giba 0 mm ni fiksno določena z nekim položajem glede na stikala, temveč se poišče pri vsaki meritvi posebej. Razlog je v ne povsem ponovljivem načinu pritrditve elektromagneta na nosilec modula in adapterja na merilniku sile. Določimo jo glede na porast sile na merilniku ob počasnem približevanju vklopljenega elektromagneta.

Meritev karakteristike

Postopka meritve karakteristike se za stikalni in proporcionalni tip elektromagneta med seboj razlikujeta. Stikalnemu izmerimo karakteristiko ob približevanju kotve jedru, torej s premikom od vrednosti celotnega giba proti vrednosti giba 0 mm, kakršen je tudi premik kotve ob vklopu elektromagnetov. Sila elektromagneta proporcionalnega tipa se meri tako za gib naprej kot za gib nazaj. S tem dobimo tudi podatek o histerezi delovanja.

Obdelava podatkov

Po končani meritvi obdelamo vsebinsko začasnega pomnilnika. Niz podatkov peljemo čez nizkoprepustni filter. Niz podatkov položaja spremenimo glede na vrednost prej določene začetne točke, da dobimo niz podatkov absolutne vrednosti giba.

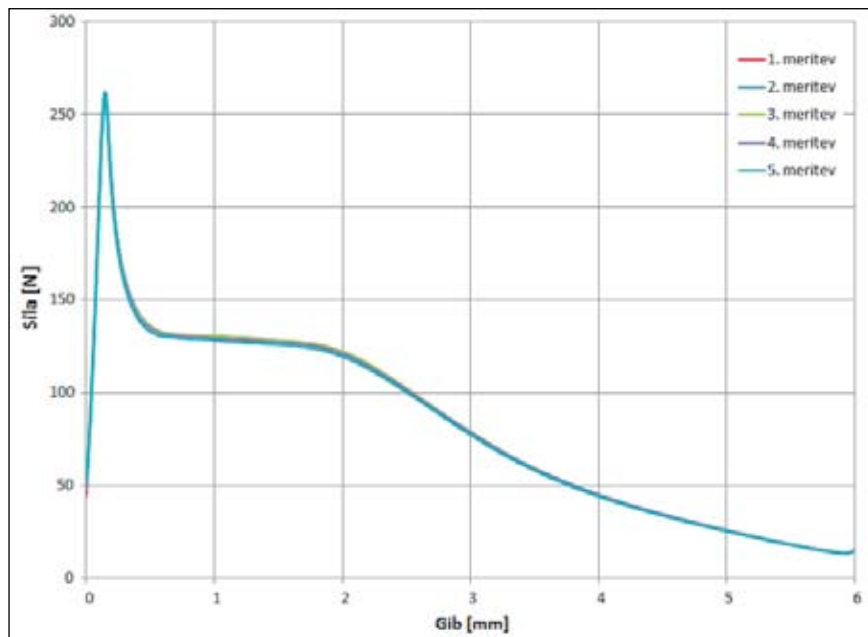
Prikaz

Po meritvi in obdelavi prikažemo karakteristiko v obliki XY-grafa na zaslону. Pri merjenju polja karakteristik proporcionalnega elektromagneta se vsaka meritev doda prejšnjim na isti graf. Dodajanje je enostavno, ker imamo za vsako meritev polje parov vrednosti za gib in silo.

Shranjevanje

Pred shranjevanjem se iz podatkovnega tipa signal (»waveform«), v katerem so zapisane meritve, izberejo polja podatkov (izmerjenih vrednosti). Nizi podatkov se pretvorijo v znakovni niz (»string«) z določenim tabulatorjem.

Podatki se shranijo v tekstovno datoteko. Pred vsakim zapisom meritve se v datoteko zapiše tudi glava



Slika 7. Niz meritev stikalnega elektromagneta

s podatki o meritvi. Zapišejo se naziv merjenega elektromagneta, napajalni parametri in datum ter čas meritve. Ti podatki se zajamejo iz vnosa uporabnika pred meritvijo. Ko so meritve shranjene, se začasni pomnilnik lahko sprazni.

5 Testiranje

S testiranjem smo preverili delovanje naprave med meritvijo obeh tipov elektromagnetov, tako stikalnega kot proporcionalnega. Merilna postopka se med seboj namreč v določeni meri razlikujeta. Na podlagi rezultatov smo ovrednotili ponovljivost merilnega postopka.

Izvedli smo niz zaporednih meritev po enega od predstavnikov obeh vrst elektromagnetov pod vedno enakimi pogoji, tj. pri nespremenjenih napajalnih parametrih. Na *sliki 7* so združene pomerjene karakteristike petih zaporednih meritev stikalnega elektromagneta MR-045 pri napajalni napetosti 24 V DC.

Iz diagrama je razvidno, da se izmerjene karakteristike skoraj popolnoma prekrivajo. Poleg oblike so skladne tudi po mestu na abscisni in ordinatni osi. Iz tega je moč sklepati, da je na napravi zadovoljiva ponovljivost nastavljanja napajalnih parametrov

(napetost ali tok), izvedbe giba v predpisani dolžini, iskanja začetne točke, merjenja sile in pozicioniranja.

Sprememba v napajalnem toku pomeni neposredno spremembo v proizvedeni sili, kar bi se v diagramu poznalo z zamikom karakteristike vzdolž ordinatne osi. Določanje začetne točke oziroma vrednosti giba 0 mm je ponovljivo, na kar kaže skladnost po abscisni osi. Vsako odstopanje bi namreč odčitek sile pripisalo napačnemu položaju (gibu) kotve in posledično zamaknilo karakteristiko na diagramu.

Z uspešnim testiranjem naprave se je kot dobra potrdila tudi odločitev za odprtozračni krmilni sistem pomika na napravi.

6 Zaključek

Naprava za merjenje karakteristike je postala uporaben pripomoček pri razvojnem delu. Ker je merilni postopek avtomatiziran, je upravljanje z njo enostavno in na voljo širšemu krogu uporabnikov. Z modifikacijo programske opreme je napravo možno tudi nadgrajevati glede na potrebe po dodatnih ali spremenjenih meritvah.

Viri

- [1] Bradeško, J.: Naprava za merjenje in analizo karakteristike elektromagneta, diplomsko delo, Ljubljana, 2012.
- [2] Katalog hidravličnih sestavin, Kladivar – Poclairn Hydraulics Group, 2009.
- [3] Temelj, F.: Kladivarjev elektromagnet MR-045, Ventil 4 (vol 2), 1998.

Device for measuring the characteristics of an electromagnet

Abstract: This work presents the development and realisation of a device for measuring the characteristics of electromagnets that are used for actuating hydraulic valves. The characteristics represent a relationship between the magnitude of the force generated by the electromagnet at a certain electric current and the plunger position, i.e., the force-stroke characteristics.

The device is made for measuring electromagnets that are produced or used on hydraulic valves in Kladivar, Poclairn Hydraulics.

Keywords: measuring device, characteristics of an electromagnet, hydraulic valves

VSE KAR MORATE

VEDETI O: TEMPERATURI, VLAGI - 21.9.2012
 DOLŽINI - 25.9.2012
 TEHTANJU - 27.9.2012
 PIPETIRANJU - 17.10.2012
 SISTEMIH VODENJA KAKOVOSTI - 19.10.2012
 TLAKU - 23.10.2012
 ZVOKU - 25.10.2012



LOTRIČ

METROLOGY

LOTRIČ d.o.o., Selca 163, 4227 Selca
 tel: +386 4 517 07 00, fax: +386 4 517 07 07
 info@lotric.si, www.lotric.si



INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem
 za industrijsko in profesionalno
 elektroniko

International Trade Fair
 for industrial and professional
 electronic



30.1. - 01.02. 2013

Slovenija, www.intronika.si

Vpliv kombiniranih učinkov hrupa na zmanjšano uspešnost dela pri študentih v univerzitetnem delovnem okolju

Katjuša PIBER, Zvone BALANTIČ

Izvleček: Hrup kot okoljski problem dobiva vedno večji pomen, predvsem v delovnem okolju. V našem primeru to okolje predstavljajo predavalnice v izobraževalnih ustanovah.

V raziskavi smo uporabili standardno metodo merjenja hrupa z merilnikom ravni hrupa, pri izvajanju meritev pa smo upoštevali slovensko zakonodajo na področju hrupa, in sicer Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 41/2004) in pravilnike ter uredbe, ki se nanašajo na hrup. Glavne usmeritve smo črpali predvsem iz Pravilnika o zvočni zaščiti stavb (Ur. l. RS, št. 14/1999), ki je bil v času raziskave veljaven in je prenehal veljati februarja 2012. S pomočjo ankete smo pridobili subjektivno opredeljene vhodne parametre. Na fakulteti smo v predavalnici simulirali situacijo, ki je bila podobna izvajanju izpita, in vanjo vključili sedem motečih dogodkov, in sicer: hoja profesorja do študenta, šepetanje med študenti in obračanje telesa, odhajanje študentov iz predavalnice, hrup pred predavalnico, zvonjenje ter vibriranje mobilnega telefona, obračanje listov papirja in hrup, ki ga povzroča diaprojektor. Pri vsakem od naštetih dogodkov smo izmerili raven hrupa, študenti pa so v anketnem vprašalniku podali svoje mnenje o tem, koliko jih je posamezni hrupni dogodek motil in koliko je vplival na njihovo zbranost.

Rezultati so pokazali, da študente najbolj zmoti zvok, ki dosega povprečno ekvivalentno raven hrupa med 41 in 57 dB (A) (povprečne aritmetične sredine meritev). V praksi in med meritvijo se pojavijo tudi časovni intervali z višjo ravniho hrupa, ki dodatno prispevajo k dekoncentraciji študentov pri delu.

Glede na anketne vprašalnike smo ugotovili, da moteči dejavnik malo oz. delno vpliva na osredotočenost študentov pri njihovem delu.

Ključne besede: hrup, osredotočenost, študenti

■ 1 Uvod

Človek od 85 % do 90 % svojega časa preživi v notranjih prostorih. Prav zaradi tega si želimo ustvariti pogoje bivanja, ki bi bili najbolj podobni naravnim [1]. Pri ustvarjanju najugodnejših pogojev bivanja in

dela moramo upoštevati temperaturo, osvetljenost, kakovost zraka in akustično okolje [2]. V našem primeru smo se osredotočili na akustično okolje, torej na hrup v predavalnicah na fakulteti.

Zvok ali zvočno valovanje nastane pri mehanskem nihanju materialnih delcev v nekem mediju, ki ima maso ter elastičnost v slišnem področju frekvenc. Vsak zvočni vir ima svojo karakteristiko, ki je podana z zvočno močjo, sliko sevanja, spektrom in časovnim potekom zvočnega

vira. Hrup, ki ga slišimo, je odvisen od več fizikalnih dejavnikov, kraja in časa ter predvsem od poslušalca samega – njegovega psihofizičnega stanja, razpoloženja in časa izpostavljenosti hrupu. Definicija hrupa je tako odvisna od več dejavnikov in je posledica dožemanja oz. percepcije kompleksnega sistema interakcijskih učinkov. Dojemljivost posameznika za hrup je torej odvisna od poslušalca samega in njegovega trenutnega razpoloženja, utrujenosti, zdravstvenega stanja, starosti, spola, socialnega, kulturnega in ekonom-

Katjuša Piber, univ. dipl. org.,
Prof. dr. Zvone Balantič, univ. dipl.
inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede

skega položaja ter časa in kraja [4]. Pri obravnavanju hrupa kot motnje v okolju je torej pomembno predvsem dvoje: posamezniki so različno dovzetni za okvare slušnega organa in različno dojemajo hrup kot motnjo [3].

Pri ocenjevanju obremenjenosti bivalnega in delovnega okolja uporabljamo ekvivalentno raven hrupa L_{eq} [4]. Dovoljena in tipična raven hrupa sta različni glede na namembnost prostorov in vrsto dela, ki se v teh prostorih izvaja. V Sloveniji je Pravilnik o zvočni zaščiti stavb predpisoval, da najvišja raven hrupa ($L_{AF,max}$) in ekvivalentna raven hrupa (L_{eq}) v šolskih prostorih ne sme preseči 40 dB (A). Opravljanje izpita sodi med miselno delo, ki zahteva veliko koncentracije in izključitev iz okolja, zato je dovoljena raven hrupa, ki ga ustvarjajo neproizvodni viri, 40 dB (A) [7].

Poleg merjenja in ocenjevanja obremenjenosti prostorov ugotavljamo tudi učinke, ki jih ima hrup na človeka. Negativni učinki hrupa se v vsakodnevnem življenju kažejo tudi kot motenje zahtevne miselne dejavnosti in nekaterih drugih dejavnosti, ki zahtevajo koncentracijo znanja pri intenzivnem analitičnem delu. Negativni učinki se kažejo tudi pri obdelavi informacij in otežujejo učenje nekaterih vrst spretnosti, ki zahtevajo hitrost in učinkovitost [5].

Vse omenjene elemente srečamo pri zgoščenem miselnem naporu v času opravljanja izpitnih aktivnosti na univerzah in ostalih izobraževalnih institucijah. Želeli smo preveriti mejne hrupne situacije, ki nastanejo pri izvedbi izpita v visokošolski izobraževalni ustanovi in postajajo moteče. Pri proučevanju hrupa smo izhajali iz običajnih opravil, ki izzovejo avdiopercepcijo in že povzročijo prvo zvočno motnjo in s tem zmanjšajo zbranost študentov pri opravljanju primarne naloge. Izsledki želijo opozoriti na izstopajočo vrsto motnje, ki jo je potrebno najbolj radikalno omejiti.

■ 2 Materiali in metode

Osrednji problem raziskave je torej predstavljal hrup, ki negativno vpliva

na študente in na kakovost izvedbe študentskih obveznosti. Raziskavo smo izvedli na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru v predavalnici 303, ki se nahaja v prvem nadstropju stavbe. Predavalnica je ena manjših na fakulteti in je izpostavljena povprečnim zvočnim emisijam iz okolja. Njene dimenzije so 12 m x 6 m x 3,5 m, stene predavalnice so bele barve, brez estetskih elementov, prostor pa je z dveh strani obdan s štirimi okni, saj je v kotu stavbe, pod vsakim od oken pa je nameščena klimatska naprava. Predavalnica je opremljena tudi z diapojektorjem ter računalnikom. Pomembno je poudariti, da je stavba Fakultete za organizacijske vede na robu ruralnega okolja mesta Kranj in leži v dokaj mirnem mestnem predelu. Ravno zaradi mirnejšega okolja je komunalni hrup manjši, kot pa bi bil, če bi se stavba nahajala v središču mesta.

Glavni cilj je bil ugotoviti raven hrupa v predavalnicah in občutljivost študentov na ta moteči dejavnik, vpliv na zbranost študentov in posledično na kakovost njihovega dela. Osredotočili smo se predvsem na to, pri kolikšni ravni študenti zaznajo hrup kot moteči dejavnik in ali ta vpliva na kakovost izvajanja študentskih obveznosti.

Glavno omejitev pri raziskavi je predstavljala izvedba eksperimenta med dejanskim opravljanjem izpita, saj med izvajanjem niso vedno prisotni vsi možni moteči dejavniki. Če bi jih takrat želeli namerno vzpostaviti, bi s tem še bolj motili študente in povzročili nezadovoljstvo. Prav zaradi tega smo se odločili za simulacijo izpita in naključno simulacijo motečih dejavnikov. Poleg tega smo predpostavljali, da bodo poleg hrupa, ki ga bomo namerno izzvali, prisotni tudi drugi viri hrupa, na katere ne bomo imeli vpliva. Na vse moteče dejavnike smo bili med merjenjem pozorni in smo jih spremljali ter kategorizirali. Ena izmed omejitev raziskave oz. neznanca pa ostaja tudi medsebojni vpliv avdio- in videopercepcije.

V raziskavo smo vključili eksperimentalno metodo merjenja hrupa

z merilnikom ravni hrupa Brüel & Kjær, 2250 Light in istočasno dodali še metodo anketiranja. Pri analizi in obdelavi podatkov smo si pomagali s statističnimi metodami programskega okolja SPSS 18.0 in s programskim paketom NoiseAtWork ter programsko opremo merilnika ravni hrupa BZ-5530 Utility Software.

V raziskavi sta sodelovali dve običajno veliki skupini študentov, ki sta šteli 29 oseb v prvi in 12 v drugi skupini. Študentom smo pred dejansko izvedbo posredovali navodila za izvedbo eksperimenta in anketni vprašalnik. Izmed vseh študentov v prvi skupini smo izbrali 5 tistih, ki so povzročali hrupno situacijo, v drugi – manjši – skupini pa smo zaradi manjšega števila udeležencev izbrali le 2 taka študenta. Izbrani študenti so vzpostavili naslednje situacije, ki smo jih razdelili v sedem značilnih dogodkov:

1. hoja profesorja do študenta,
2. šepetanje med študenti in obračanje telesa,
3. odhajanje študentov iz predavalnice,
4. hrup na hodniku pred predavalnico,
5. vibriranje in zvonjenje mobilnega telefona,
6. obračanje listov papirja,
7. hrup, ki ga povzroča LCD-projektor.

Študentom, ki so izvajali posamične motnje, smo dodelili mesta, kjer so sedeli, ostali študenti pa so sedeli tako kot pri dejanskem opravljanju izpita – med vsakim od njih je bilo vsaj eno prazno mesto. Glavna naloga skupine je bila, da se skušajo čim bolj osredotočiti na dodeljeno dejavnost, ki je v največji meri sledila dejavnosti pri dejanskem opravljanju izpita. Čas izpostavljenosti in raven hrupa sta medsebojno povezana, saj pri nižji ravni hrupa potrebujemo daljši čas izpostavljenosti za enak premik praga slišnosti. Npr. predavalnica in časovna izpostavljenost pri pisanju pisnega izpita sta specifični spremenljivki, ki običajno dobivata zelo predvidene okvire, ki jih v grobem lahko klasificiramo v nekaj scenarijev.

Posnetek stanja izvedbe posameznih nalog smo naredili z merilnikom zvoka Brüel & Kjær, 2250 Light, ki je izdelan za merjenje okoljskega hrupa in hrupa na delovnem mestu. V predavalnici smo postavili pet merilnih točk, v katerih smo merili raven hrupa za vsak dogodek posebej. V vsaki točki smo snemali najmanj eno minuto, merilnik pa je bil postavljen na višini 1,25 m, saj je Pravilnik o zvočni zaščiti stavb določal, da se hrup meri na razdalji od 1,2 m do 1,6 m od tal.

Po koncu merjenja so študenti izpolnili anketni vprašalnik, ki je bil sestavljen iz demografskega in problemskega dela. Slednji je vseboval 7 dogodkov in pri vsakem izmed teh smo preverjali stopnjo zaznavanja hrupa in vpliv dejavnika na zbranost pri delu.

3 Rezultati

3.1 Meritve

Vse izmerjene meritve smo prenesli v program BZ-5530 Utility Software,

Tabela 1. Izmerjene ekvivalentne ravni [dB (A)] po dogodkih v petih merilnih točkah pri prvi skupini

		Dogodek						
		1	2	3	4	5	6	7
Merilna točka	1	36,4	37,9	59,6	46,5	41,1	40,8	47,6
	2	36,8	36,8	54,1	40,9	37,4	38,4	37,4
	3	41,6	39,5	58,5	39,9	45,8	40,7	37,2
	4	37,2	38,4	54,0	38,8	46,7	41,0	34,7
	5	38,2	42,1	57,8	41,6	38,2	38,3	39,6
Povprečje		38,0	38,9	56,8	41,5	41,8	39,8	39,3

Tabela 2. Izmerjene ekvivalentne ravni hrupa po dogodkih v petih merilnih točkah pri drugi skupini

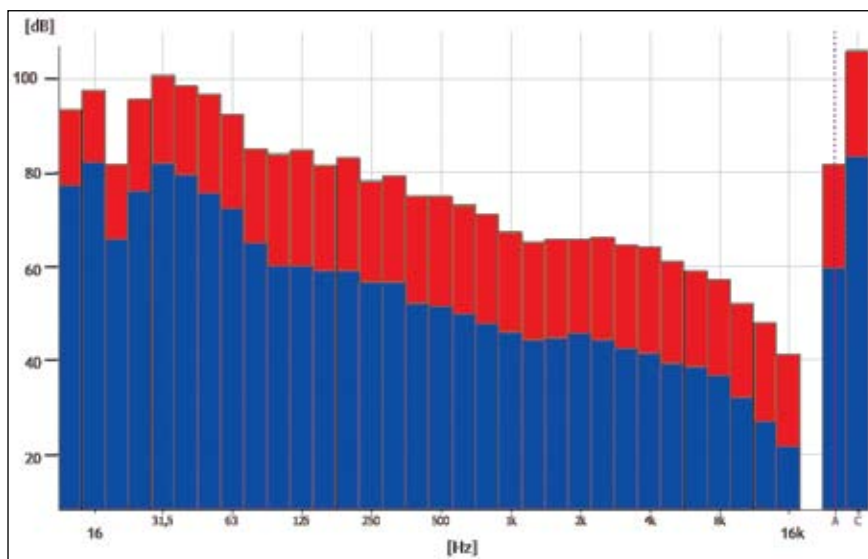
		Dogodek						
		1	2	3	4	5	6	7
Merilna točka	1	41,0	35,8	56,1	40,4	45,8	36,1	39,3
	2	44,5	35,4	53,4	43,2	35,9	38,9	32,7
	3	52,6	38,4	57,3	35,9	50,3	45,2	35,4
	4	43,8	35,3	52,8	33,6	42,9	42,8	34,3
	5	45,5	46,2	56,2	32,7	41,1	38,2	37,4
Povprečje		45,5	38,2	55,2	37,2	43,2	40,2	35,8

ki omogoča predstavitev merilnih rezultatov v grafični obliki za frekvenčno analizo hrupa in pri tem oblikuje časovni zapis dogajanja za

vsako meritev posebej. Iz grafrov lahko razberemo ekvivalentno (L_{Aeq}) in maksimalno vrednost hrupa (L_{AFmax}) glede na celoten čas merjenja.



Slika 1. Časovni zapis hrupa pri prvi skupini v prvi merilni točki (abscisna os: čas [s] in ordinatna os: raven hrupa [dB (A)]). Nižje vrednosti v histogramu prikazujejo ekvivalentne ravni hrupa (L_{Aeq}), višje vrednosti pa maksimalne vrednosti hrupa (L_{AFmax}).

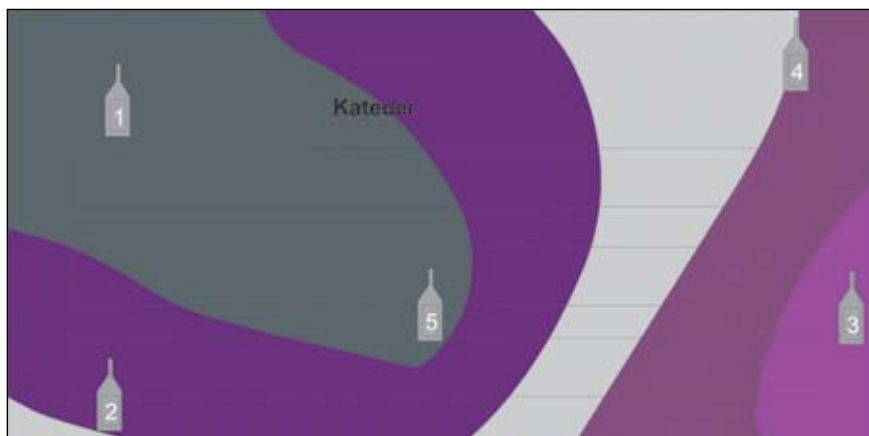


Slika 2. Frekvenčna analiza hrupa pri prvi skupini v prvi točki (abscisna os: frekvenca [Hz] in ordinatna os: raven hrupa [dB (A)])

S programskim paketom Noise AtWork (programska oprema je dostopna na spletni strani <http://www.softnoise.com/naw.htm>) smo izdelali grafični prikaz porazdelitve hrupa za vsako predavalnico glede na dogodek. Na osnovi izmerjenih vrednosti hrupa program v tlorisni postavitvi prostora določi izofonske krivulje (krivulje enake slišnosti).

Tabela 1 in tabela 2 prikazujeta izmerjene ekvivalentne ravni hrupa (L_{Aeq}) pri posameznih dogodkih in v posameznih merilih točkah za vsako skupino posebej. Najvišja izmerjena raven hrupa (L_{Aeq}) je bila pri obeh skupinah zabeležena pri dogodku 3 (odhajanje študentov iz predavalnice) in znaša 59,6 dB (A) pri prvi skupini in 57,3 dB (A) pri drugi skupini. Najnižja izmerjena raven je

bila pri obeh skupinah zabeležena pri dogodku 7 (hrup, ki ga povzroča diaproyektor) in znaša 34,7 dB (A) pri prvi skupini in 32,7 dB (A) pri drugi skupini. Poleg tega je bila najnižja raven hrupa pri drugi skupini izmerjena tudi pri dogodku 4 (hrup na hodniku pred predavalnico), ki prav tako znaša 32,7 dB (A). Iz izmerjenih vrednosti opazimo, da prihaja do razlik pri posameznih dogodkih med preučevanima skupinama. Te razlike oz. odstopanja pripisujemo prisotnosti tudi drugih virov hrupa v času meritev (običajno zunanji vir, ki prihaja s hodnika). Čeprav smo bili v času merjenja pozorni na moteče dejavnike, nismo zabeležili očitnih virov hrupa, ki bi povzročili večje in opazne razlike med meritvami pri posameznih skupinah. Na podlagi vseh izmerjenih ekvivalentnih ravni



Slika 3. Grafični prikaz porazdelitve hrupa pri tretjem dogodku

hrupa smo izračunali še povprečno ekvivalentno vrednost hrupa, in sicer z aritmetično sredino.

Slika 1 in slika 2 prikazujeta graf frekvenčne analize hrupa in časovni zapis hrupa pri prvi skupini pri tretjem dogodku (prva merilna točka), kjer je bila izmerjena najvišja ekvivalentna raven hrupa (L_{Aeq}), in sicer 59,6 dB (A). Maksimalna ekvivalentna vrednost (L_{AFmax}), izmerjena s filtrom A, je znašala 81,6 dB (A). Frekvenčna analiza hrupa kaže na to, da so bili pri tem dogodku prisotni nizkofrekvenčni toni, kar je po hitri oceni posledica premikanja stolov, odpiranja in loputanja z vrati ter hrupa pred predavalnico, kar povzroča omenjeni infrazvok (do 200 Hz). Nizkofrekvenčni hrup (NFH) je stalen in prihaja iz bližnje in tudi iz daljne okolice.

Pri časovnem razporedu hrupa opazimo, da je bila dosežena najvišja ekvivalentna raven (L_{Aeq}) 74,9 dB (A). S slike 1 lahko razberemo, kolikšna je bila ekvivalentna raven hrupa ob določenem času. Posnetek je zelo razgiban, torej hrup dosega tako visoke kot tudi nižje ravni, saj so študenti posamično zupuščali svoja mesta in odhajali iz predavalnice. Točke višje ravni predstavljajo hrup, ki ga je povzročil posamičen študent ob odhodu iz predavalnice. Slika 3 prikazuje grafični prikaz porazdelitve hrupa pri tretjem dogodku, slika 4 pa dopolnjuje sliko 3, kjer je prikazana legenda kontur za grafični prikaz.

Barvni prikaz tlorisa predavalnice prikazuje, da je celotno območje doseglo visoke ravni hrupa. Najvišja vrednost se kaže pri prvi in peti merilni točki, kjer je območje črne barve, in se znižuje proti tretji in četrti merilni točki (svetlo vijolično obarvano območje).

3.2. Anketni vprašalnik

Analiza demografskih vprašanj je pokazala, da so bili vsi anketiranci študenti drugega letnika, kar ustreza starosti od 19 do 20 let. Pri prvi skupini je v raziskavi sodelovalo 14 študentov in 10 študentk, medtem

Tabela 3. Povezanost med povprečno ekvivalentno vrednostjo hrupa in aritmetično sredino motenja zaradi hrupa glede na skupne rezultate

Povprečna LAeq [dB (A)]	n	Aritmetična sredina	Standardni odklon	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost
35,8	10	1,40	0,516	1	2
37,2	10	2,20	1,135	1	5
38,0	24	2,17	0,816	1	4
38,2	10	2,00	0,943	1	4
38,9	24	2,17	0,816	1	4
39,3	24	1,75	0,944	1	4
39,8	24	1,63	0,576	1	3
40,2	10	2,00	0,667	1	3
41,5	24	3,08	1,176	1	5
41,8	24	3,46	1,141	1	5
43,2	10	3,30	1,252	1	5
45,5	10	2,40	0,843	1	4
55,2	10	3,30	1,337	1	5
56,8	24	3,38	1,096	1	5

ko je v drugi skupini sodeloval samo 1 študent in 9 študentk. Skupaj je bilo torej anketiranih 15 moških in 19 žensk.

Drugi del anketnega vprašalnika se je nanašal neposredno na raziskavo hrupnih situacij. Anketno vprašanje za vsak dogodek (1. dogodek: hoja profesorja do študenta, 2. dogodek: šepetanje med študenti in obračanje telesa, 3. dogodek: odhajanje študentov iz predavalnice, 4. dogodek: hrup na hodniku pred predavalnico, 5. dogodek: vibriranje in zvonjenje mobilnega telefona, 6. dogodek: obračanje listov papirja, 7. dogodek: hrup, ki ga povzroča diaproyektor) se je nanašalo na študentovo zbranost pri delu oz. na vpliv hrupa na zbranost. Vpliv je bilo mogoče oceniti s 5-stopenjsko lestvico (ordinatna os na sliki 3):

- 1 – hrup ni nič vplival na zbranost,
- 2 – hrup je malo vplival na zbranost,
- 3 – hrup je delno vplival, delno ni vplival,
- 4 – hrup je vplival na zbranost in
- 5 – hrup je zelo vplival na zbranost.

V povprečju je moteči dejavnik malo oz. delno vplival na osredotočenost študentov pri njihovem delu, saj znaša povprečje na 5-stopenjski lestvici 2,36. Povprečje je enako glede na skupne rezultate in tudi

glede na prvo in drugo skupino študentov.

Subjektivna percepcija se seveda lahko spreminja že pri istem subjektu v različnih časovnih intervalih, razpoloženjih, zdravju, spolu ... Vsak subjekt podaja specifično subjektivno oceno, ki ima izrazite dinamične lastnosti.

Za vsak posamični dogodek smo izračunali povprečne ekvivalentne vrednosti, ki smo jih primerjali z aritmetičnimi sredinami stopnje motenja zaradi hrupa. Anketno vprašanje so anketiranci ocenili z lestvico od 1 do 5:

- 1 – hrup ni nič motil,
- 2 – hrup je malo motil,
- 3 – hrup je delno motil in delno ni motil,
- 4 – hrup je motil in
- 5 – hrup je zelo motil.

S programom SPSS 18.0 smo prikazali povezanost vsake posamezne povprečne ekvivalentne vrednosti hrupa (L_{Aeq}) z aritmetično sredino motenja zaradi hrupa, pri čemer so študenti odgovarjali po 5-stopenjski lestvici. Vse povprečne vrednosti hrupa pri obeh skupinah in pri posamičnem dogodku smo primerjali s subjektivnimi ocenami anketirancev, ki so jih podali pri posamičnem dogodku, in s tem prikazali, koliko v povprečju študente moti hrup pri posamični povprečni ekvivalentni

od	do	barva
0,00	33,0	light green
33,0	34,0	green
34,0	35,0	green
35,0	35,5	green
35,5	36,0	dark green
36,0	37,0	yellow
37,0	37,3	yellow
37,3	37,6	orange
37,6	38,0	orange
38,0	38,3	orange
38,3	38,6	red
38,6	39,0	red
39,0	40,0	light blue
40,0	41,3	blue
41,3	41,6	blue
41,6	42,0	blue
42,0	44,0	dark blue
44,0	45,5	light purple
45,5	46,0	pink
46,0	47,0	purple
47,0	48,5	purple
48,5	51,0	purple
51,0	54,0	dark purple
54,0	57,0	grey
57,0	60,0	black

Slika 4. Legenda kontur za grafični prikaz porazdelitve hrupa pri posameznih ravneh hrupa v dB (A)

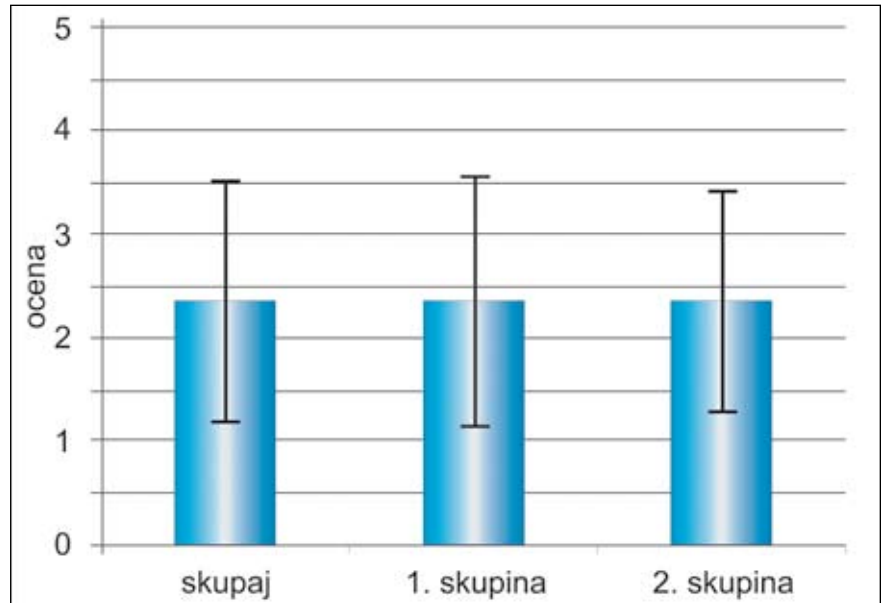
ravni hrupa. Skupni rezultati obeh skupin so pokazali, da študente v povprečju najbolj motijo vrednosti hrupa med 41,5 in 56,8 dB (A), saj so pri teh vrednostih v povprečju odgovorili, da jih je hrup delno motil, delno ni motil oz. jih je motil. Na osnovi analize lahko sklenemo, da začne študente motiti hrup pri 41,5 dB (A).

4 Razprava

Na univerzi in fakultetah se študenti srečujejo z različnimi hrupnimi oko-

liščinami, ki prav gotovo niso tako kritične kot v nekem industrijskem obratu, v katerem je delavec izpostavljen zelo visokim ravnom hrupa. Kljub temu hrupa na izobraževalno-raziskovalnih ustanovah ne smemo kar zanemariti in spregledati, saj je prisoten in povzroča nemalo težav. Študenti se pri študijskih dejavnostih doma ali v predavalnicah ukvarjajo z miselnim delom, ki zahteva visoko pozornost in osredotočenost, kar pa je mogoče vzpostaviti v popolnoma umirjenem okolju. Vsaka motnja iz okolja lahko poruši ravnovesje in vpliva na kakovost opravljenega dela. Še posebej se to opazi pri opravljanju izpita, saj je pri tem dogodku prisoten tudi stres, ki povzroča še večjo dovzetnost za učinke motenj [6].

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kako hrup vpliva na študente pri pedagoški dejavnosti, zato smo izvedli situacijo, ki naj bi bila čim bolj podobna izpitu. Pri tem je pomembno poudariti, da je bila zbranost študentov na nižji stopnji kot dejansko na izpitu. Tudi stres, ki vpliva na zaznavanje hrupa, v tej situaciji ni bil tako zelo močan, kot bi bil sicer. Z meritvami smo želeli pridobiti objektivne podatke, ki smo jih primerjali s subjektivnimi, pridobljenimi z anketnim vprašalnikom. Ugotovili smo, da študente najbolj moti hrup, ki dosega raven med 41 in 57 dB (A). V tem primeru lahko potrdimo maksimalno ekvivalentno raven v predavalnicah – 40 dB (A), ki jo določa pravilnik o zvočni zaščiti stavb. Hrup, ki dosega višjo raven od predpisane, ima torej negativne vplive na zaznavanje pri študentih. Poleg določanja in potrjevanja nivoja moteče zvočne jakosti smo želeli ugotoviti, kolikšen vpliv je imel hrup na njihovo zbranost. Mnenje študentov je sicer pokazalo, da je hrup malo oziroma delno vplival na njihovo osredotočenost. Stopnja koncentracije pa v tej situaciji prav gotovo ni bila tako visoka kot med izpitom. Predvidevamo torej: če je stopnja vpliva v simulirani situaciji izpita dosegla srednjo – indiferentno raven, bi se med dejanskim izvajanjem izpita prav gotovo povzpela višje, torej bi



Slika 5. Grafični prikaz aritmetične sredine in standardnega odklona vpliva na zbranost študentov zaradi hrupa

na osredotočenost hrup že vplival oziroma zelo vplival.

Analiza meritve hrupa kaže, da se raven hrupa v večini situacij giblje zelo blizu zgornje dovoljene meje oz. ponekod celo presega mejo predpisane ekvivalentne vrednosti v predavalnicah (če upoštevamo pravilnik o zvočni zaščiti stavb, ki kot najvišjo dovoljeno raven hrupa v predavalnicah predpisuje 40 dB (A)). Zavedamo se, da na vse dejavnike in vire hrupa ne moremo vplivati, saj je večina odvisna od študentov in profesorjev. Edini možen način zmanjšanja hrupnih situacij bi bil pogovor in dogovor med študenti ter profesorji o tem, kako odpraviti nezaželen hrup. Čeprav bi bil dogovor uspešen in bi vse kazalo na to, da bi bilo med izpiti manj hrupnih razmer, se vse skupaj v praksi verjetno ne bi obneslo. Vedno se najde kdo, ki teh nenapisanih pravil ne bi upošteval ali bi se med izpitom preprosto spozabil. V skrajnem primeru bi študenti pri preveliki občutljivosti lahko uporabili ušesne čepke, ki so namenjeni zaščiti slušnega organa pred hrupom in zmanjšajo raven hrupa od 10 do 15 dB (A).

Pregovor pravi, da je tišina izvir, iz katerega teče kakovost. Pogoj za kakovostno življenje in opravljeno delo je torej tišina, zato si prizadevajmo

za čim bolj mirno okolje brez nepotrebnega hrupa. Pomembno je, da prepoznamo težave, povezane s hrupom, jih delimo z drugimi v okolju in jih s skupnimi močmi poskušamo rešiti in ustvariti ugodnejše okolje.

Viri

- [1] Balantič, Z.: Človek-delo-učinek (elektronski vir), Moderna organizacija, Kranj, 2000.
- [2] Balantič, Z.: Vključevanje ergonomije v poslovne sisteme (elektronski vir), Človek in organizacija / 29. mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti, 24.–26. marec 2010, Portorož, Slovenija.
- [3] Cigale, D., Lampič, B.: Hrup kot okoljski problem, Gospodarski obzornik, 52(2), str. 19–23, 2005.
- [4] Čudina, M.: Tehnična akustika, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2001.
- [5] Kroemer, K. H. E., Grandjean, E.: Fitting the Task to the Human: A Textbox of Occupational Ergonomics, Taylor & Francis Group, London, 1997.
- [6] Piber, K.: Vpliv hrupa na osredotočenost študentov pri pedagoški dejavnosti, diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, 2011.
- [7] Polajnar, A., Verhovnik, V.: Oblikovanje dela in delovnih mest, Fakulteta za strojništvo, Tiskarna tehniških fakultet, Maribor, 2000.

The Impact of Combined Noise Effects on a Reduced Work Performance Among Students in the University Work Environment

Abstract: Noise as an environmental problem is significantly increasing, especially in the working environment. In our case the lecture halls in educational institutions represent the working environment.

In this study a standard method for measuring the level of noise with a noise-measuring device was used. Subjective input parameters were obtained with a survey. In a faculty lecture hall a situation similar to an examination was simulated. It included seven disturbing events, divided into the following groups: professor walking to the student, whispering among students, students shifting in their seats, students leaving the lecture hall, noise in front of the lecture hall, ringing and vibration of mobile phones, noise caused by turning pages and noise caused by the slide projector. The level of noise was measured in each of the above-mentioned events. By using the survey questionnaire students commented on how much each particular noise event distracted them and to what extent it affected their concentration.

The results showed that students were most distracted by sounds that reached an equivalent noise level between 41 and 57 dB (A).

According to the survey questionnaire it was concluded that the disturbing factor has a low or moderate impact and influence on the concentration of students during their work.

Keywords: noise, concentration, students

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 črpalke,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijška ali biorazgradljiva olja.
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumnski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalke.

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 železarnah 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 ...





IFAM

international trade fair of
automation & mechatronic

Sponzorji / Sponsors



Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...

30.01- 01.02.2013

www.ifam.si



Robotska tekmovanja in tehniško izobraževanje

Janez POGORELC, Suzana URAN

■ Uvod

V torek, 15. maja, je bila na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI) Univerze Maribor tradicionalna celodnevna prireditev Mariborski robotski izziv, ki združuje državna tekmovanja v robotiki za osnovnošolce, srednješolce in študente. Državno tekmovanje **ROBObum** za osnovnošolce se tradicionalno izvaja skupaj z državnim tekmovanjem za študente in dijake **RoboT**. Že tretjič smo organizirali državno tekmovanje **RoboCupJunior** v razredu **Reševanje** za osnovnošolce in za dijake srednjih šol. Tekmovanje **RoboCupJunior** se izvaja po pravih svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce.

Na letošnjem finalnem tekmovanju z mobilnimi roboti je v vseh kategorijah sodelovalo 229 učencev OŠ (spremljalo jih je 74 mentorjev), 118 dijakov SŠ (spremljalo jih je 25 mentorjev) in 6 študentov. V predtekmovanjih po regijah so bile te številke še nekajkrat višje. V trinajstih letih se je na robotskih tekmovanjih po Sloveniji zvrstilo več tisoč osnovnošolcev, okrog 500 srednješolcev in okrog 100 študentov [5].

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., doc. dr. Suzana Uran, Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

■ Tekmovanje v vožnji po labirintu RoboT 2012

Na **državnem tekmovanju z mobilnimi roboti RoboT 2012** se je v vožnji avtonomnih **mobilnih robotov** lastne konstrukcije **po labirintu** (velikosti 2,5 x 2 m z več kot 15 m poti, slepimi hodniki in okrog 36 zavoji) pomerilo 6 študentskih in 29 dijaških ekip iz sedmih srednjih tehniških strojnih, računalniških in elektrošol.

V zadnjih trinajstih letih se je tovrstnih tekmovanj udeležilo že okrog 100 študentov ter nad 500 dijakov in mentorjev iz celotne Slovenije in sosednje Hrvaške ter Avstrije [5].

Za lovorike tekmovanja **RoboT 2012** je štela boljša izmed dveh voženj. Najuspešnejšim petim tekmovalcem so bile podeljene svečane diplome, denarne in praktične nagrade sponzorjev. Najhitrejši so bili:

1. mesto: Aleš Stojak, študent UM FERI, 23,91 s,
2. mesto: Jernej Drnovšček, študent FE Ljubljana, 24,24 s,
3. mesto: Sašo Stojak, dijak ŠC Ptuj, 26,19 s,
4. mesto: Gregor Krušič, študent UM-FERI, 26,85 s,
5. mesto: Aleš Tivadar, dijak STPŠ Murska Sobota, 29,50 s.

Tradicionalno so se najbolj vztrajni dijaki srednjih šol že osmič pomerili tudi za lovoriko **RoboLiga 2012** (finalno tekmovanje v seriji Slovenske robotske lige), kajti pred tem sta bili že izvedeni tekmovanja: **RoboERŠ**, 6. aprila v ŠC Velenje, in **RoboMiš**, 26. aprila v TŠC Nova Gorica. Za lovoriko **RoboLiga 2012** sta štela oba teka skupaj, kar smo točkovali v skladu s pravili in temu prišteli točke

prvih dveh tekem. Zmagovalci v seštevku vseh treh tekem (6 voženj) so bili:

1. mesto: Gregor Jeromel, ŠC Velenje, 166 točk,
2. mesto: Aleš Hribar, Klemen Cuznar, TŠC Kranj, 146 točk,
3. mesto: Aleš Tivadar, SPTŠ Murska Sobota, 125 točk.

Finančna sredstva v nagradni sklad so prispevala podjetja **Motoman Robotec, Roboti c. s., Elektrotehniško društvo Maribor** in **Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije**. Praktične nagrade so prispevala podjetja **AX Elektronika, National Instruments Slovenija** in revija **Avtomatika**.

Vsi rezultati, fotografije, videoposnetki in medijski odzivi za zadnjo tekmo kot tudi za prejšnje so na voljo na www.ro.feri.uni-mb.si/tekma/.

ROBObum – robotsko tekmovanje za osnovnošolce

Robotsko tekmovanje **ROBObum** tvorita tekmovanja **LEGObum** in **ROBOsled**, ki se medsebojno dopolnjujeta. Pri tekmovanju **LEGObum** je potrebno mobilnega robota zgraditi iz sestavljanke **LEGOMINDSTORMS**. Pri tekmovanju **ROBOsled** pa morajo učenci OŠ zgraditi mobilnega robota iz pravih elektronskih komponent, ki jih vsebuje sestavljanke za samogradnjo. Pri tem spoznajo mehanske, električne in elektronske komponente, pa tudi vrtanje, spajkanje in montažo.

V letu 2012 je izvedbo **regijskih predtekmovanj ROBObum** podprlo **13 tehniških srednjih šol** po vsej Sloveniji. Seznam vseh sodelujočih tehniških srednjih šol je objavljen na spletni strani <http://www.robotobum>.



Tekmovalci in mentorji ob labirintu

uni-mb.si. Vsem tehniškim srednjim šolam se za izvedbo robotskih regijskih predtekmovanj, za katero sami zagotovijo vsa finančna sredstva, najlepše zahvaljujemo. Upamo, da pripomore k njihovi uspešnejši predstavitvi med osnovnošolci v njihovem kraju in regiji. Vsem srednjim šolam in vodjem regijskih predtekmovanj smo za njihova prizadevanja in trud podelili priznanja.

15. 5. je na FERi v Mariboru na državnem tekmovanju **ROBosled** sodelovalo 48 OŠ ekip (76 tekmovalcev), na državnem tekmovanju **LEGObum** 39 OŠ ekip (100 tekmovalcev) in na državnem tekmovanju **RoboCup Junior** 51 ekip (139 tekmovalcev) iz Slovenije in 4 ekipe (10 tekmovalcev) iz Hrvaške.

Državno tekmovanje **ROBosled** se deli na tri razrede: **DIRKAČ**, **POZNAVALEC** in **INOVATOR**. V razredu **DIRKAČ** zmaga robot, ki v najkrajšem času prevozi tekmovalno progo, označeno s črno črto na beli podlagi. V razredu **POZNAVALEC** se učenci

OŠ pomerijo v poznavanju delovanja mobilnega robota, ki so ga zgradili. V razredu **INOVATOR** pa zmaga tisti, ki je najboljši v samostojni in izvorni nadgradnji svojega mobilnega robota.

Vsi rezultati tekmovanja so objavljeni na spletni strani tekmovanja

ROBObum: <http://www.robobum.uni-mb.si>.

Za uspešno izvedbo tekmovanj **ROBObum** gre posebna zahvala **prof. dr. Miru Milanoviču**, vodji Inštituta za robotiko, in sodelavcem Inštituta za robotiko, vsem sodelavcem po



Na tekmovanju LEGObum



Tekmovanje ROBOSled DIRKAČ

srednješolskih tehniških centrih, ki so pomagali pri izvedbi tekmovanj, in vsem sponzorjem tekmovanja. Med sponzorji velja posebej omeniti **Mladinsko knjigo Trgovino, d.o.o.**, ki je prispevala nagrade za tekmovanje LEGObum, **trgovino ČIP, d.o.o.**, iz Maribora, ki je prispevala nagrade za tekmovanje ROBOSled DIRKAČ in POZNAVALEC, ter **podjetju HTE, d.o.o.**, ki je prispevalo nagrade za tekmovanje ROBOSled INOVATOR.

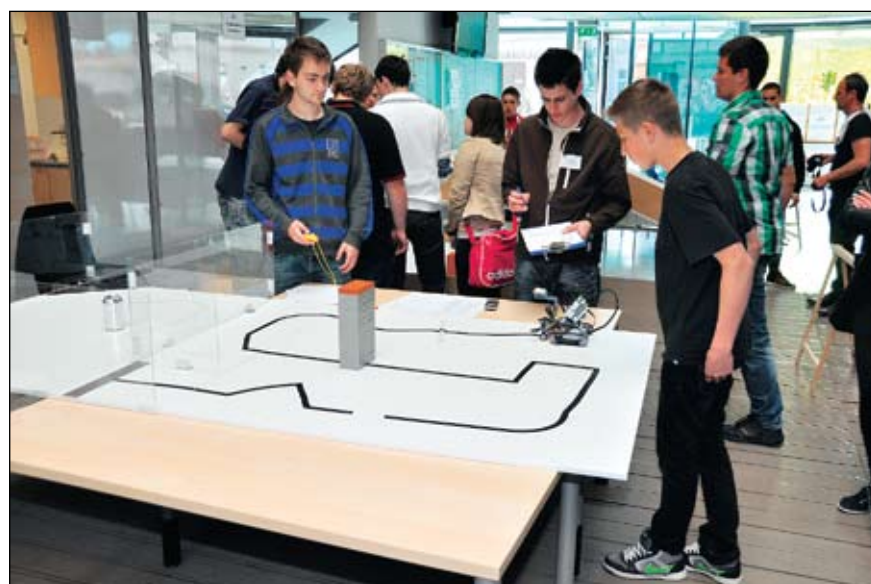
■ Odprto državno tekmovanje RoboCupJunior Slovenija 2012

RoboCupJunior je sestavni del svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce. Osnovna namena tekmovanja RoboCupJunior sta izobraževanje in seznanjanje mladih s področjem robotike. Zato je osnovno vodilo tekmovanj RoboCupJunior: »Pomembno je sodelovati in se veliko novega naučiti, ne zmagati!« Pravila tekmovanj so objavljena na spletni strani tekmovanja **ROBObum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>.

Tekmovanje **RoboCupJunior** ima tri razrede: **nogomet**, **reševanje** in **ples**. Letos se je največje število ekip udeležilo tekmovanja **RoboCupJunior Reševanje A**. Za razliko od leta 2011 se lahko tokrat pohvalimo tudi s številčno udeležbo srednješolskih ekip, med njimi tudi splošnih gim-

nazij. Državnega tekmovanja **RoboCupJunior Reševanje A** se je udeležilo 21 osnovnošolskih in 25 srednješolskih ekip. V letu 2012 smo zgradili ustrezno areno in tudi prvič izvedli tekmovanje **RoboCupJunior Reševanje B** (3 ekipe). Tekmovanja **RoboCupJunior Ples** sta se tudi letos udeležili dve OŠ ekipi. Srednješolci iz ŠC Ptuj pa so poskrbeli tudi za demonstracijo **robotskega nogometa RoboCupJunior**.

Vsi rezultati tekmovanja so objavljeni na spletni strani tekmovanja **ROBObum**: <http://www.robobum.uni-mb.si>. Najboljše ekipe z državnega tekmovanja se bodo lahko pomerile na



Prizorišče tekmovanja RoboCupJunior Reševanje A

svetovnem nivoju na tekmovanju **RoboCupJunior 2013** na Nizozemskem.

Letošnja tekmovanja RoboCupJunior so potekala pod pokroviteljstvom projekta čezmejnega sodelovanja **SI-AT TEDUSAR**, ki je bil tudi generalni pokrovitelj. Ostali pokrovitelji tekmovanja **RoboCupJunior** pa so bili **Obrotno-podjetniška zbornica Slovenije**, **Mladinska knjiga Trgovina, d.o.o.**, in podjetje **National Instruments Slovenija**, ki so prispevali nagrade za najboljše ekipe.

■ Zaključek

Robotska tekmovanja omogočajo [1, 2, 5]:

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

Vendar zgoraj našteti cilji niso edini cilji, ki jih zasledujejo robotska tekmovanja.

Na področju robotskih tekmovanj je olimpijsko vodilo tekmovanj razširjeno z željo po novih znanjih in se glasi: »Pomembno je sodelovati, se naučiti čim več novega in ne

zmagati.« To pomeni, da je cilj robotskih tekmovanj spodbujanje izvirne gradnje robota in aktivno učenje ob tem, ko se trudimo zgraditi novega, boljšega robota po svoji izvirni zamisli [1]. Sam dogodek – tekmovanje – naj bi bil v prvi vrsti priložnost za srečanje, primerjanje in izmenjavo izkušenj, pridobljenih pri gradnji robota. Želja po gradnji čim boljšega in izvirnega robota daje sodelujočim vzpodbudo za aktivno osvajanje novih znanj in vseživljenjsko učenje. Sama narava robotskega tekmovanja postavlja okvire za projektno delo. Gradnja robota je projekt, ki se mora zaključiti na uro tekmovanja. Datum tekmovanja določa rok zaključka projekta. Mnoga svetovna robotska tekmovanja spodbujajo sodelovanje in skupinsko delo s tem, da lahko na tekmovanjih sodelujejo samo ekipe tekmovalcev. Opisane značilnosti robotskih tekmovanj se pokrivajo s pričakovanji družbe znanja, zato predstavljajo robotska tekmovanja

odlično pripravo vsakega udeleženca tekmovanja na uspešno uveljavljanje v družbi znanja. Robotska tekmovanja dopolnjujemo z organiziranjem delavnic za tekmovalce in njihove mentorje, saj te omogočajo hitro prenašanje novih znanj in veščin na vse sodelujoče.

Razen doslej naštetega pa robotska tekmovanja s srečanjem ekip in izmenjavo pridobljenih izkušenj med njimi omogočajo tudi sledenje odprtim raziskovalnim problemom področja tekmovanja in spremljanje trenutnega stanja razvoja področja tekmovanja [2].

Nenazadnje, robotska tekmovanja prav gotovo spodbujajo mnoge učence osnovnih šol, da se odločajo za nadaljevanje šolanja v eni od tehniških strok [6]. Tudi za maturante splošnih gimnazij velja, da se večja delež tistih, ki nadaljujejo študij na eni od tehniških fakultet.

Viri

- [1] B. Erwin, *Creative Projects with LEGO Mindstorms*, Addison – Wesley, New York, London 2001.
- [2] T. Bräunl, *Research relevance of Mobile robot competitions*, IEEE Robotics & Automation Magazine, december 1999.
- [3] S. Uran, *Ukrepajmo za več pouka elektronike in robotike (mehatronike) v šolah 1. in 2. del*, IRT 3000, št. 16 in 17, avgust in oktober 2008.
- [4] A. Hofmann, G. Steinbauer, *The Regional Center Concept for RoboCupJunior in Austria*, Proceedings 1st Int. Conference Robotics in Education, Bratislava, Slovakia, september 2010.
- [5] S. Uran, J. Pogorelc, *Robotska tekmovanja ROBObum in RoboT*, Posvet o poučevanju tehnike, SAZU, marec 2012.
- [6] S. Konečnik, *Stanje srednjega poklicnega in strokovnega izobraževanja*, Posvet o poučevanju tehnike, SAZU, marec 2012.

POT V PRIHODNOST

vrhunski bienalni mednarodni strokovni sejmi

12

FORMA TOOL

orodja, orodjarstvo, stroji

10

PLAGKEM

plastika, guma, kemija

6

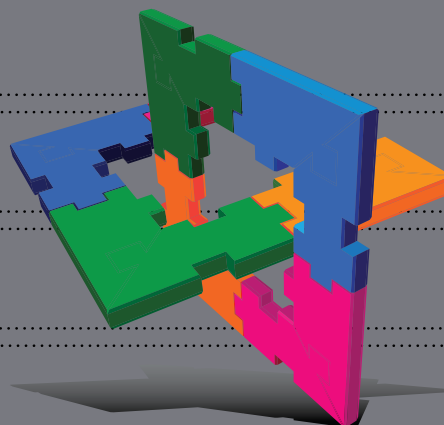
GRAF&PACK

grafika, embalaža, pakiranje

5

LIVARSTVO

livarski stroji, oprema, materiali



4 NAJVEČJI SEJMI NAJPOMEMBNEJŠIH PODROBNOSTI

Sejemska statistika (2011)

- 520 razstavljalcev iz 29 držav
- 11.000 obiskovalcev iz Slovenije, držav južnega Balkana (BiH, Hrvaška, Srbija), EU (Avstrija, Češka, Francija, Italija, Nemčija)
- tematsko obarvani sejmski dnevi z najbolj aktualnimi razpravami ...

EVROPA, SLOVENIJA, CELJE

16.-19. april 2013

UGODNOST za RAZSTAVLJAVCE - NE ZAMUDITE!

Z zgodnjo prijavo na sejem cene ostajajo nespremenjene.

VAŠO PRIJAVO PRIČAKUJEMO DO 14.12.2012!

e CE sejem

e CE novice

f

www.ce-sejem.si



Zaključilo se je najsodobnejše e-izobraževanje na področju mehatronike v okviru projekta E-Pragmatik

Janez ŠKRLEC

Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije (OZS) je eden izmed 16 partnerjev iz sedmih evropskih držav, ki sodelujejo pri projektu E-PRAGMATIC. Glavni cilj projekta, ki ga tvori partnerska mreža izobraževalnih ustanov, OZS, podjetij in združenj podjetij, je bil izvedba strokovnega izobraževanja zaposlenih odraslih na področju mehatronike in sorodnih tehničnih ved, in sicer s posodobljenimi vsebinami in metodami internega izobraževanja industrijskih partnerjev. Najnovejša znanja in učne metode so bile tako prenesene neposredno iz izobraževalnih ustanov v industrijsko okolje.

V juliju se je izobraževalni proces zaključil in v njem je sodelovalo večje število obrtnikov in podjetnikov, še zlasti iz strokovne sekcije elektronikov in mehatronikov. Pri projektu E-PRAGMATIC je sodelovala skupnost strokovnjakov, katere naloge so bile izmenjava znanja in pretok informacij med člani mreže in zunanjimi strokovnjaki.

Projekt je sofinanciran s strani Evropske komisije v okviru programa Vseživljenjsko učenje – Leonardo da Vinci. Partnerji iz izobraževalnih ustanov so v času trajanja projekta pripravili številne visokokvalitetne spletne izobraževalne module z oddaljenimi eksperimenti oziroma z dostopom do oddaljenih delovnih mest. Moduli so podajali tako osnovna kot tudi nekoliko bolj specifična znanja s področja mehatronike in sorodnih področij in so na voljo znotraj sodobnega učnega portala za spletne tečaje e-Campus. Pripravili so tudi

18 učnih modulov, ki so podajali nekatera znanja s področja naprednih oz. alternativnih tehnologij in virov energije. Ti moduli so vključevali možnost izvajanja oddaljenih eksperimentov in dela na oddaljenih delovnih postajah, opremljenih

z najnovejšo industrijsko opremo priznanih proizvajalcev. Posebej za potrebe posameznega industrijskega partnerja sta bila razvita po dva učna modula. Moduli so bili in so še na voljo v nacionalnih jezikih avtorjev posameznih modulov in v



Izobraževanje na področju mehatronike postaja vedno bolj zanimivo tudi za nežnejši spol

Janez Škrlec, inž., Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije, Ljubljana

angleščini. Pilotsko izobraževanje je poteklo z več kot 300 udeleženci iz vseh partnerskih držav. Vsi udeleženci, tudi udeleženci iz OZS, so si sestavili program izobraževanja, prilagojen lastnim potrebam. V sklopu projekta E-Pragmatik pa je potekalo tudi izobraževanje mentorjev, ki so vodili posamezne tečaje. Vodje projekta E-Pragmatik so bili: **dr. Andreja Rojko**, **prof. dr. Karel Jezer-nik** in **dr. Darko Hercog** s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru in **Janez Škrlec**, predsednik Odbora za znanost in tehnologijo in predsednik sekcije pri OZS.

Cilji projekta

(1) Priprava poročila o analizi potreb glede znanja in spretnosti, ki se pričakujejo od strokovnjakov na področju mehatronike in sorodnih ved.

V ta namen so bili v okviru projekta pripravljene tudi vprašalniki, ki so se izvedli pri industrijskih partnerjih mreže iz sedmih držav. (2) Razvoj multimedijskih spletnih učnih vsebin. Pripravljenih je bilo 18 učnih modulov, ki so poleg učnih materialov vsebovali praktične naloge in oddaljene eksperimente ter delo na oddaljenih delovnih postajah z industrijsko opremo. (3) Vzpostavitev večjezičnega spletnega učnega portala z naslednjimi funkcijami: predstavitev učnih materialov in povezava z oddaljenimi eksperimenti; podpora aktivnostim skupnosti strokovnjakov E-PRAGMATIC; vzpostavitev povezave z zunanjimi orodji in s socialnimi omrežji (Facebook, Twitter). (4) Izvedba pilotskega izobraževanja z večjim številom udeležencev. Vsak udeleženec je v času izobraževalnega procesa lahko izbral med vsemi razpoložljivimi učnimi

moduli. Izobraževanje je potekalo v nacionalnih jezikih vključenih držav in v angleščini. Izvedeno je bilo tudi izobraževanje mentorjev, ki so izvajali spletno izobraževanje. (5) Skupnost strokovnjakov E-PRAGMATIC je bila ustanovljena v okviru učnega portala, kjer so na razpolago vsa potrebna orodja. Zunanji strokovnjaki so se lahko aktivnostim skupnosti pridružili brezplačno. (6) Po zaključenem delu projekta bodo lahko projektni produkti uporabljeni za interno izobraževanje za partnerje iz industrije kot tudi za ostala zainteresirana podjetja. Od morebitnih uporabnikov bo zahtevano manjše plačilo za vzdrževanje učnega portala in oddaljenih eksperimentov. Ponujeni bosta tudi možnost priprave nadaljnjih modulov in izvedba izobraževanja po povpraševanju.




HepcoMotion®



LEŽAJI,
SKODELIČNI LEŽAJI,
LINEARNA TEHNIKA,...

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

www.tuli.si
info@tuli.si

Staro s pridihom novega – sončna elektrarna na starejši hiši

V zadnjih letih smo v Sloveniji doživeli razcvet sončnih elektrarn, a te še vedno predstavljajo zelo majhen delež celotne proizvodnje električne energije. Mednje sodijo velike sončne elektrarne na industrijskih objektih, sončni sistemi na javnih stavbah, kmetijskih poslopijih; številčno pa prednjačijo mikroelektrarne velikosti do 50 kilovatov na hišah.

Marsikdo o sončni elektrarni razmišlja ob gradnji nove hiše, vedno bolj se fotonapetostni sistemi nameščajo tudi na starejše objekte. Da je sončnih elektrarn na teh vedno več, zgovorno priča tudi primer z Vrhnike.

Investitor se je letos spomladi zaradi ekoloških vplivov sončne elektrarne, finančnih prilivov in bodoče energetske samozadostnosti odločil na starejšo hišo namestiti sončno elektrarno. Za izvajalca je izbral skupino BISOL Group, tudi fotonapetostni moduli in nosilna konstrukcija so proizvodi tega slovenskega proizvajalca. Izvedba projekta je potekala gladko tudi zato, ker se je lastnik odločil 8,6-kilovatni sončni sistem postaviti "na ključ".

Kot pri vseh investicijah v sončne elektrarne so ogledniki najprej ocenili primernost lokacije. Preverili so, da v njeni okolici ni stavb in drugih objektov, ki bi jo senčili in vplivali na njeno delovanje. Ocenili so, da je 55 let stara opečnata kritina v zadovoljivem stanju, zato njena zamenjava ni bila potrebna. Sončno elektrarno so namestili na tri strešne površine, njihova usmerjenost je jugovzhod in jugozahod, naklon približno 40°.

Na strešne površine so najprej namestili nosilno aluminijasto konstrukcijo s profili BISOL EasyMount 50, ki zagotavlja dolgotrajno vzdržljivost. Konstrukcija omogoča naraven pretok zraka pod moduli in njihovo

učinkovito hlajenje. S profili se lahko določita tudi nagib in postavevtev modulov, zato so na eni od streh naredili t. i. križ konstrukcijo in module pritrtili podolžno.

Želja vsakega investitorja je, da sončna elektrarna brezhibno deluje več desetletij, zato je ta za omenjeno elektrarno izbral elegantne, v celoti črne monokristalne module znamke BISOL, ki imajo preverjeno dolgo življenjsko dobo in zanemarljiv indeks upadanja moči. V dvajsetih letih je ta le 0,5-odstoten.

Marsikoga ob nepričakovanih poletnih nevihtah skrbi vzdržljivost fotonapetostnega sistema. Tako moduli kot druge solarne komponente domačega proizvajalca so odporni na visoke obremenitve. Toča in veter modulov ne poškodujeta, saj sončne celice na sprednji strani varuje visokokakovostno 3,2 milimetra debelo kaljeno steklo in hrbtna folija na zadnji strani. Steklo je tanjše in lažje v primerjavi s konkurenčnimi izdelki ter tako pripomore k manjši obremenitvi strehe med nevihto. Moduli vzdržijo udarce toče premera 25 milimetrov,

ki padajo pravokotno s hitrostjo 83 kilometrov na uro, in močne sunke vetra tudi do 200 kilometrov na uro. Pri močnih nalivih lahko na streho v trenutku pade ogromna količina dežja, zato so pomembna konstrukcijska rešitev fotonapetostnih modulov znamke BISOL odtočne luknjice v aluminijastem okviru modula. Te omogočajo hitro odtekanje vode, pozimi pa preprečujejo njeno zadrževanje in zamrzovanje.

Poleg vrhunskih modulov in nosilne konstrukcije so bistvene tudi ostale komponente elektrarne, ki morajo biti prav tako kakovostne, razsmerniki z visokim izkoristkom, omarici AC in DC, ločilno-merilno mesto in drug elektroinštalacijski material. Ker je imelo poslopje, kot večina starejših hiš, elektriko napeljano preko zračnega voda, so zaradi pogojev elektrodistributerja, navedenih v Soglasju za priključitev, dovodni glavni električni kabel vkopali v zemljo. Elektrarno so priključili na omrežje konec junija.

Inštalirana sončna elektrarna z močjo 8,6 kilovatov bo letno predvidoma



Za nosilno konstrukcijo sončne elektrarne so uporabili vzdržljive aluminijaste profile BISOL EasyMount 50. Nosilna konstrukcija daje sončni elektrarni primerno vzdržljivost in omogoča hlajenje modulov.



Moduli znamke BISOL so lažji od večine konkurenčnih, saj ima eden le 18,5 kg. Estetski, a robustni moduli vzdržijo nenadne vremenske spremembe, tudi točo premera 25 mm, ki pada navpično s hitrostjo 83 km/h.

proizvedla 9261 kilovatnih ur električne energije, kar bi ob zmerni porabi zadostovalo tudi za tri slovenska gospodinjstva. Povedano drugače: s proizvedeno energijo bi lahko v pralnem stroju razreda A pri 40 °C opravili več kot 22.500 pranj. S to količino energije bi lahko celo leto 4-krat na teden pralo kar 108 slovenskih gospodinjstev.

Dolgoročni vpliv elektrarne se kaže tudi v delovanju brez izpustov ogljikovega dioksida ali drugih strupenih snovi. Ta elektrarna bo v 15 letih prihranila več kot 83 milijonov ton ogljikovega dioksida, ki bi ga ob isti

proizvodnji energije proizvedli konvencionalni energetski viri.

Električno energijo, ki jo proizvede sončna elektrarna, lahko uporabimo za lastne potrebe ali jo po višji zagotovljeni odkupni ceni oddajamo v električno omrežje, medtem ko elektriko za lastno porabo še naprej kupujemo po nižji tržni ceni. Lahko se odločimo tudi za obratovalno podporo, pri kateri proizvedeno električno energijo lastnik sam prodaja na trgu, od Centra za podpore pa na podlagi proizvedenih neto količin prejema izplačilo te podpore. Tako obratovalno podporo

kot zagotovljene odkupne cene 15 let od podpisa pogodbe zagotavlja ta Republika Slovenija in Center za podpore (Borzen). Lastnik elektrarne na Vrhniki je izbral sicer manj pogost način prodaje proizvedene električne energije z obratovalno podporo.

Da bo elektrarna na starejši hiši na Vrhniki brezhibno delovala še vrsto let, se je investitor odločil tudi za storitev vzdrževanja in nadzora skupine BISOL Group. V njenem sklopu bo sistem redno servisiran, ob morebitnem izpadu proizvodnje pa se bodo napake odpravile v najkrajšem možnem času. 24 ur na dan bo lahko lastnik spremljal tako ekološke kot finančne doprinose elektrarne, svoje podatke pa bo lahko v obliki javnega profila delil tudi s preostalimi lastniki sončnih elektrarn.

Starost objekta oziroma kritine ob primerni statiki, ohranjenosti ter drugih okoljskih in dejanskih okoliščinah izbrane hiše ali drugega poslopja ni odločilen kriterij za postavitve sončne elektrarne. Investitor se lahko odloči na primerne starejše strešne površine namestiti sončno elektrarno z nosilno konstrukcijo ali pa se ob menjavi kritine odloči tudi za vedno bolj zaželeno integrirano različico sončne elektrarne. Tu fotonapetostni moduli nadomeščajo kritino. Z njimi se lahko lastniku tudi delno zmanjšajo stroški prenove strehe.

www.bisol.si

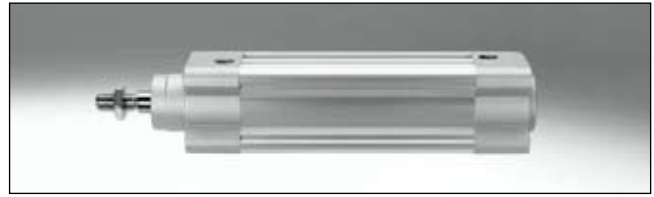
BISOL Group, d.o.o.

BISOL Group je inovativna in mednarodno priznana skupina. Njene družbe proizvajajo fotonapetostne module vrhunske kakovosti in izvajajo projekte sončnih elektrarn na ključ. V skupini posebno pozornost namenjajo lastnim inovativnim rešitvam mehanskih konstrukcij, prav tako ponujajo lastne rešitve za nadzor in vzdrževanje sončnih elektrarn. S svojimi investicijami v sončne elektrarne BISOL postaja vse bolj pomemben akter v Sloveniji na področju proizvodnje zelene energije. Letna zmogljivost proizvodnje fotonapetostnih modulov trenutno znaša 120 megavatov in pomeni vsako leto več kot 79.000 ton zmanjšanja izpustov CO₂. Proizvedeni z najsodobnejšo tehnologijo, BISOL moduli zagotavljajo izredno dolgoročno stabilno delovanje in kljubovanje najbolj rigoroznim načinom delovanja. Zaradi odličnega energijskega izplena in posledično visoke stopnje donosnosti sončnih elektrarn uvršča Photonov test izdelke znamke BISOL v sam svetovni vrh. Blagovna znamka BISOL je sinonim za vrhunsko kakovost, zanesljivost, strankam prijazne storitve in nenehno uvajanje tehnoloških inovacij. Za dodatno okrepitev mednarodne prisotnosti ima BISOL Group predstavništva v Belgiji, Franciji, Italiji, Veliki Britaniji in Nemčiji.

Standardni valj DSBC po ISO 15552 s pametnim blaženjem

FESTO predstavlja nov standardni valj – DSBC, ki ima številne prednosti pred že obstoječimi valji. Serija DSBC je naslednica serij DNC in DNCB. Z dimenzijami, ki so skladne z ISO 15552, lahko DSBC enostavno nadomesti predhodne valje. V primerjavi z valji DNC lahko valji DSBC prevzamejo petkrat večjo energijo pri končnem dušenju. To zaščiti stroje in prihrani denar.

jene komponente. Za valje DSBC je značilno, da delujejo tudi daljši čas brez vzdrževanja, prav tako omogočajo delovanje brez mazanja.

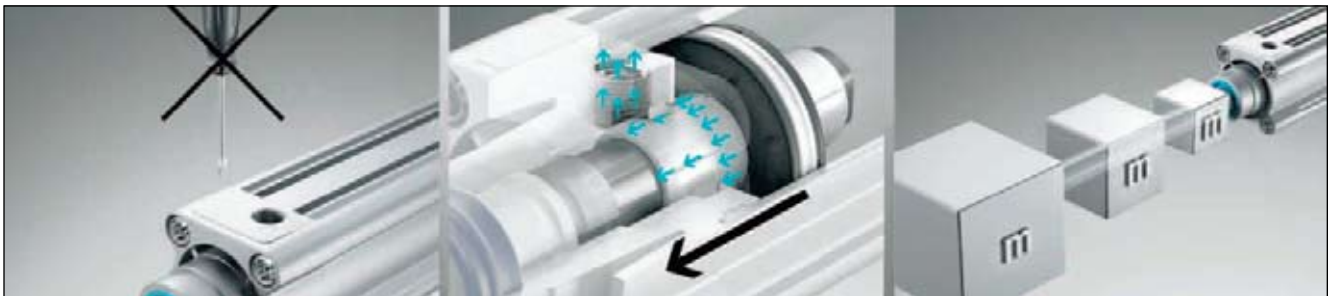


Slika 1. Valj DSBC

Tehnični podatki valjev DSBC:

- velikosti od 32 do 125,
- dolžina giba od 25 do 500 mm, po posebnih zahtevah od 1 do 2800 mm,

Izbira valjev je enostavna in hitra. Hitro iskalno orodje za izbiro preko spleta pomaga pri izbiri in konfiguraciji po lastnih zahtevah. Strategija FESTA pa zagotavlja hitro in zanesljivo dobavo.



Slika 2. Nobenih nastavitev, samonastavljivo končno dušenje in spremenljive mase

Novi standardni valj DSBC s samonastavljivim pnevmatičnim končnim blaženjem se optimalno prilagaja spremembam obremenitve in hitrosti. S tem se prihrani čas pri instalaciji in povečata fleksibilnost in rentabilnost. Ni potrebno dolgotrajno nastavljanje končnega dušenja, ni potrebno nastavljanje končnega dušenja pri spremembi obremenitve, končno dušenje je vedno pravilno nastavljeno.

Valji DSBC so ekonomični, zanesljivi, modularna zgradba zagotavlja visoko fleksibilnost pri konstrukciji strojev, zato so primerni za različne primere uporabe. Modularna gradnja zagotavlja največ možnih kombinacij v primerjavi z drugimi na trgu, odlikuje jih veliko različnih lastnosti, ki jih je mogoče kombinirati za različne namene (tabela 1).

Tehnologija izdelave je najkakovostnejša, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo. Samoprilagodljivo pnevmatično blaženje PPS in patentirana batnica zagotavljajo, da so valji DSBC tehnično odlični in imajo ekstremno majhno obrabo. Zanesljivost delovanja pa zagotavljajo preskušene vgra-

- vgrajen magnet za zaznavanje končnega položaja.

Na posebno zahtevo je na voljo valj z znanim ročnim načinom nastavljanja končnega dušenja.

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

Tabela 1. Oznake variantnih izvedb

P	fleksibilno blaženje
PPV	prilagodljivo pnevmatično blaženje
PPS	ново samonastavljivo pnevmatično blaženje
T	s skožno batnico
T1/T2	toplotno odporna tesnila +120/150 °C
T3	za nizke temperature do -40 °C
U	majhna hitrost
L	majhno trenje
...L	podaljšani navoj na batnici
F	notranji navoj na batnici
M...	batnica s posebnimi navoji
...E	podaljšana batnica
Q	kvadratna batnica
R3	visoka protikorozijska zaščita
A2	zaščita proti prahu z uporabo brisalnika
A3	primeren za uporabo brez mazanja
EX4	eksplozijsko varen
D3	ново: profil z utori na treh straneh

Industrijski termični tiskalniki s kapaciteto folije do 450 m

Termični tiskalniki Zebra ZT200 združujejo lastnosti industrijskih in namiznih tiskalnikov in so primerni za vse, ki opažajo, da jim namizni modeli ne ponujajo dovolj. Priporočamo jih v panogah, kot so proizvodnja, logistika, trgovina in zdravstvo, in sicer za tiskanje etiket do širine 104 mm, pri hitrosti 152 mm/s in z ločljivostjo tiskalne glave 8 pik/mm (203 dpi). Ukazni jeziki: ZPL I, ZPL II in podpora za nabor znakov XML in UNICODE. Vgrajena pomnilnika RAM in FLASH imata kapaciteto 128 MB. Komunikacija: serijski RS-232 in USB 2.0. Prosojni in odbojni senzor. Premer nosilca nalepk, za jedro nalepk, je med 25 in 76 mm.



Zebra ZT230 je termični tiskalnik z možnostjo daljše folije (450 m) in robustnim kovinskim okrovom

Pomembni konkurenčni prednosti sta:

- izboljšana mehanika navijanja folije,
- skladnost z EU standardi Energy-Star (zeleno naročanje).

Na voljo so v dveh različicah, ZT220 in ZT230, ki se razlikujeta po:

- okrovu: ZT220 ima okrov iz odpornih polimerov, medtem ko je okrov ZT230 v celoti kovinski (priporočamo za industrijska okolja),
- kapaciteti tiskalnega traku, ki je dolg 300 m (ZT220) oziroma 450 m (ZT230),
- vgrajenem navijalniku nosilnega traku nalepk (ZT230),
- LCD-prikazovalniku z enostavnim uporabniškim menijskim vmesnikom in dodatnih tipkah (ZT230).

ZT200 najpogosteje uporabljamo za:

- MOBOS skladišče,
- enostavno skladišče – regal,
- inventuro osnovnih sredstev.

Dodatne informacije na leoss@leoss.si ali po telefonu (01) 530 90 20. Za vse izdelke iz našega kataloga zagotavljamo celovito podporo in pomoč kot tudi vzdrževanje v lastnem servisu.

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



Cenejša različica Zebra ZT220 za manj zahtevna okolja (okrov iz odpornih polimerov)

VENTIL
REVIZIJA 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

IRT³⁰⁰⁰
inovacijarazvojtehnologije

**NEPOGREŠLJIV VIR
INFORMACIJ ZA STROKO**

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

Vodnik skozi množico informacij

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

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



Natančna krožna vodila

Angleški proizvajalec HepcoMotion® pošilja na trg novo skupino izdelkov PRT2, ki omogočajo edinstveno reševanje problemov krožnega vodenja. Zaradi robustne in neobčutljive konstrukcije sistema, ki je osnovana na V-ležajih in vodilih, je mogoče s segmenti sestaviti poljubno obliko tirnice v različnih dolžinah (slika 1). Sistem odlikuje tudi nizek koeficient trenja.



Slika 1. Segmenti vodil in voziček za velike obremenitve

Sistem je sestavljen iz vodil ter kombinacije centričnih in ekscentričnih ležajev, s čimer je odpravljena zračnost v vodilih in doseženo rahlo prednapetje. Krožno gibanje je omogočeno z različno postavitvijo ležajev na vozičku. Ležaji na notranjem robu imajo manjšo medosno razdaljo kot tisti na zunanjem robu, kar posledično dovoljuje manjši radij opravljene poti.

Pri sestavljanju tirnice je mogoče uporabiti tudi tandemske postavitev ležajev, kar omogoča vodenje po tirnici oblike S.

Različne velikosti ležajev in vodil dovoljujejo obremenitve do 40.000 N

na voziček. Vodila so dobavljiva z V-robom na notranji, zunanji ali na obeh straneh. V primeru zobniškega pogona pa imajo na notranji ali zunanji strani izdelano ozobje (slika 2).

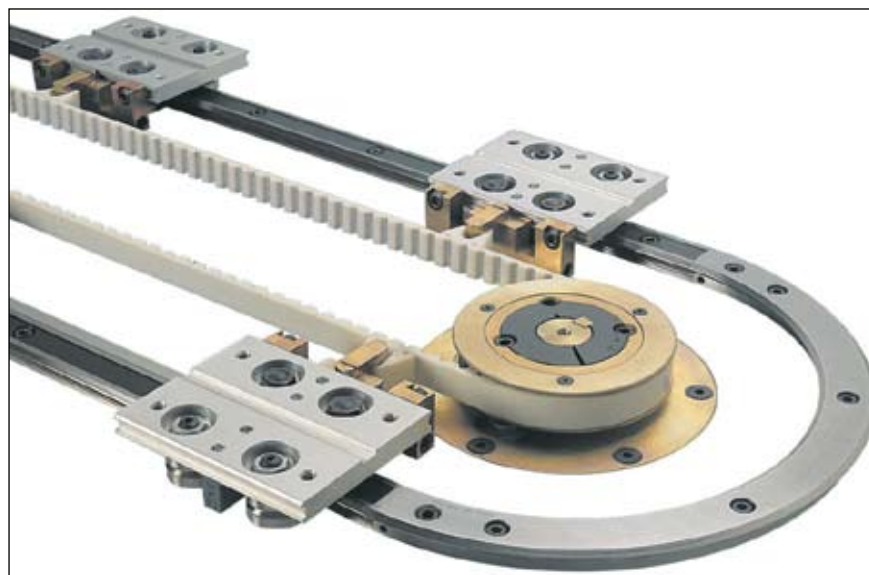


Slika 2. Krožna tirnica z notranjim ozobjem

Krožni segmenti so lahko zaprti ali odrezani pod poljubnim kotom. Premeri segmentov so med 93 mm in 1501 mm.

Vse komponente v standardnem programu so na voljo tudi iz nerjavnega jekla in aluminija. Pogon je z elektromotorjem, ki prenaša gibanje preko jermena, verige, vijačnice ali zobnikov na vozičke oz. vodilo (slika 3). Hitrosti so do 5 m/s. Z uporabo pozicionirnega sistema se vozički pozicionirajo s ponovljivostjo $\pm 0,03$ mm.

Modularno grajen transportni sistem se lahko uporabi pri razvoju in izdelavi tekočih trakov poljubnih oblik, pri sistemih tiskanja polkrožnih površin, skladiščnih sistemih ovalnih oblik pri robotskih linijah, pri pakirnih linijah, polkrožnem gibanju varilne glave in podobnih primerih.



Slika 3. Transport vozičkov z zobatim jermenom

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

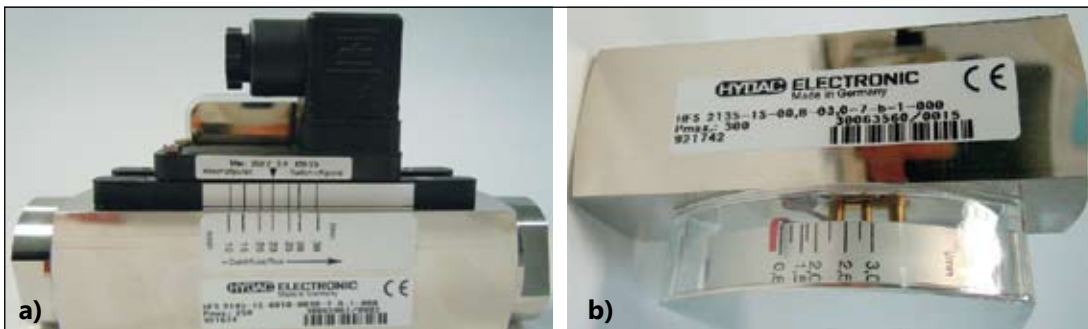
Vir: Tuli, d. o. o., Ljubljana, Pot čez gmajno 7, 1000 Ljubljana, tel.: 01 257 24 84, faks: 01 256 25 55, e-pošta: jure.plesko@tuli.si, <http://www.tuli.si>, g. Jure Pleško

Tuli
www.tuli.si

HepcoMotion®

Nova HYDAC-ova pretočna stikala serije HFS 2000

Razmeroma enostavna pretočna stikala so se v mnogih primerih nadzora toka izkazala kot dovolj dobra in cenovno ugodnejša alternativa sicer natančnim, a dražjim merilnim turbinam toka.



Tokovno stikalo – a) in tokovno stikalo z analognim prikazovalnikom – b)

Zato smo pri HYDAC-u razvili novo družino izdelkov HFS 2000 (Hydac Flow Switch), ki omogoča cenovno ugodno izvedbo nadzora pretoka hidravličnega medija.

Stikalo deluje na principu t. i. lebdečega telesa v cevi. Hidravlična tekočina, ki teče po cevi, pritiska lebdeče telo proti vzmeti, ki jo, odvisno od pretoka, bolj ali manj stiska. Zunanaj naprave je v okrovu nameščeno magnetno stikalo (kontakt Reed), ki sklene kontakt, ko lebdeče telo doseže določeno deformacijo vzmeti.

Nastavitev zelene točke vklopa dosežemo s premikom okrova magnetnega stikala glede na skalo na napravi (slika a).

Stikalo je dobavljivo tudi z analognim prikazom pretoka v l/min (slika b).

Pretočna stikala serije 2000 so zasnovana tako, da je natančnost tudi pri spremembi viskoznosti od 30 do 600 cSt še vedno $\pm 10\%$. Dobavljiva so v dveh merilnih območjih, in sicer od 0,5 do 1,5 l/min in od 35 do 110 l/min, z 0,02–0,4 bar padca tlaka skozi stikalo in, odvisno od materiala okrova, do 350 bar. Dobavljiva so tudi v izvedbah za vodo in v izvedbi ATEX.

Vir: HYDAC, d. o. o., Zagrebška c. 20, 2000 Maribor,
tel.: 02 460 15 20;
faks: 02 460 15 22,
internet: www.hydac.com,
e-mail: info@hydac.si,
g. Dejan Glavač



LABORATORIJ
ZA
LOTRIČ[®]
MERO SLOVJE

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

OVERITVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

PERIODIČNI PREGLEDI

AKADEMIJA



DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

Omronova barvna senzorja

Omron predstavlja dva nova izdelka: barvni senzor E3X-DACLRL in barvni senzor FQ-CLR za kamero. Oba senzorja sta enostavna za uporabo in tudi cenovno dostopnejša. Nepogrešljiva sta v pakirni industriji kakor tudi povsod tam, kjer je potrebno razpoznavanje barv, npr. pri preverjanju barve pokrovčka na plastenki, ustrezne barve embalaže in etiket, pravilnosti tiska in podobno.

Barvni senzor E3X-DACLRL lahko prepozna eno samo ali pa štiri različne barve. Vse izvedenke ojačevalnika E3X-DACLRL so zelo enostavne za uporabo. Nastavitev prepoznavanja ustrezne barve se izvede z enostavnim »one-touch« načinom učenja, z dvotočkovnim učenjem pa se nastavi tako, da prepozna dobre in slabe izdelke.



Senzor E3X-DACLRL

Ti senzorji so v primerjavi s tradicionalnimi barvnimi senzorji cenovno ugodnejši. Senzor je sestavljen iz ojačevalnika in optičnega vlakna, kar omogoča fleksibilnejšo vgradnjo. Senzorsko glavo je mogoče vgraditi

tam, kjer je prostor omejen, optični signal pa potuje do ločenega ojačevalnika po optičnem vlaknu. Novi barvni senzor FQ-CLR za kamero je idealen za uporabo, če področje nadzora ni vedno na istem mestu. Kompaktni barvni senzor ima vse v enem: kamero, osvetlitev, krmilno enoto in V/I-vmesnik. Na voljo sta dva tipa, in sicer za detekcijo ene ali pa 32 barv.

Bistvena prednost barvnega senzorja FQ-CLR je možnost definiranja določenega področja merjenja in ni omejen na fiksno pozicijo. Izbira takšnega senzorja je nepogrešljiva tam, kjer se spreminjata velikost in oblika merjenec, npr. pri pakiranju. Oba senzorja sta zelo enostavna za uporabo. Izbirati je mogoče med dvema načinoma učenja, in sicer z

uporabo dobrih vzorcev in določljivo tolerančnega odstopanja oziroma z uporabo dobrih in slabih vzorcev. Če je treba oceniti barve na oddaljenem mestu, lahko pošilja senzor RGB-vrednosti preko vmesnika



Senzor FQ-CLR

Ethernet, ki je vgrajen v senzorju FQ-CLR. Senzor FQ-CLR se parametrira z uporabo parametrirnega terminala ali pa z brezplačnim programskim orodjem *PC tool for FQ*.

Oba barvna senzorja E3X-DACLRL in FQ-CLR sta zaradi enostavnega naročanja dobavljiva v kompletu z eno naročniško številko. V kompletu so vse potrebne komponente, potrebne za priklop in zagon sistema.

Senzorski komplet E3X-DACLRL vsebuje senzorsko glavo z optičnimi vlakni, senzorski ojačevalnik, priključni kabel in navodila za uporabo. Barvni senzorski komplet FQ-CLR pa sestavljajo senzorji, I/O-kabel, kabel Ethernet in navodila za uporabo. Pri izvedbi z 32 barvami je v kompletu še terminal za parametriranje z ustreznim napajalnikom.

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

Vizualni senzor Inspector PI50

SICK ponuja nov vizualni senzor iz družine Inspector, ki omogoča lažjo integracijo na stroje in ga je mogoče uporabiti pri integratorjih OEM in vision, ki imajo visoke zahteve fleksibilnosti. Z Inspector PI50 si lahko uporabnik sam zgradi vmesnik in upravlja z vizualnim senzorjem iz kateregakoli računalnika ali panela, ki uporablja standardni spletni brskalnik.

Inspector PI50 je idealna rešitev pri preverjanju poškodb in pozicije solarnih celic, preverjanju in poravnavi izdelkov ali komponent v elektroniki, vodenju robotov v avtomobilski industriji, kontroli položaja v proizvodnji ter pri integrirani kontroli kakovosti pri pakirnih strojih.

Fleksibilnost za izdelovalce strojev in druge integratorje

S pomočjo vgrajenega spletnega strežnika lahko vsak uporabnik enostavno dostopa in nastavlja Inspector PI50 iz računalnika ali operatorskega panela preko navadnega brskalnika. Napredni uporabniki si lahko izdelajo v celoti svoj vmesnik za operaterja z zmogljivim in fleksibilnim API-vmesnikom. API-programske knjižnice ponujajo ukaze za oblikovanje funkcij po meri, kot so ogled tekočih slik za nadzor, izbira konfiguracij pri zamenjavi izdelka, spreminjanje parametrov za posebne primere ter izbira naprave in konfiguracije pri kloniranju in drugih nalogah.

Preverjanje + pozicioniranje z isto napravo:

Inspector PI50 vsebuje dodatna programska orodja za iskanje objekta in pozicioniranja na osnovi naučenega vzorca bodisi proste oblike ali linijskih ter večkotnih oblik objektov. Poleg orodij za pozicioniranje vsebuje še orodja za preverjanje kakovosti, kot so »blob«, »pattern«, »edge« in »pixel counting«.

Poenostavljena komunikacija s PLC-jem:

Inspector PI50 podpira prenos rezultatov in ukazov preko protokolov Ethernet/IP in TCP/IP. To omogoča enostavno komunikacijo z namenским PLC-jem ali enostavno na računalnik, ki deluje kot gostitelj. Z uporabo številčnih rezultatov sta možni kontrola stroja ali zamenjava parametrov pri različnih izdelkih, kakor tudi proženje pri zajemu slike, zunanje učenje ter izbira referenčnih objektov na centralizirani kontrolni napravi.



Nova funkcija za kalibracijo

Nova funkcija za kalibracijo podpira zajem slike in zagotavlja, da so rezultati na sliki pravilno poravnani z zunanjim okoljem na stroju. Prav tako zagotavlja zanesljivo sliko, če je stiska s prostorom in je kamera montirana z velikim nagibom, kjer bi bila slika drugače močno popačena. Funkcija omogoča bolj dosledno preverjanje in enostavno uporabo izhodnih podatkov v milimetrih.

Možno je izbrati med belo in IR-osvetlitvijo

Inspector PI50 je dobavljiv z vgrajeno belo ali krožno osvetlitvijo IR LED. Obe različici sta oblikovani v SICK-ovem »Flex« ohišju, ki omogoča hitro izmenjavo leč, barvnih filtrov in dodatne kopolaste osvetlitve za različne optične zahteve.

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

IRT 3000
inovacijerazvojt tehnologije
www.irt3000.si


strojnistvo.com
križišče strojnikov



Električni pogoni in električna mobilnost

Tomaž PERME

Festo, eno od vodilnih podjetij na področju proizvodne avtomatizacije, je sredi junija v proizvodnem, logističnem in izobraževalnem središču St. Ingbert-Rohrbach v Nemčiji organiziralo že deseto mednarodno konferenca za medije. Osrednja tema dvodnevne dogodka so bili električni pogoni in nove možnosti na področju električne mobilnosti, pokazali pa so tudi proizvodno in logistično središče, ki z avtomatizacijo in sodobno organizacijo uspešno tekmuje z deželami s cenejšo delovno silo. podlaga

Predstavitev podjetja Festo

V uvodni predstavitvi je dr. Claus Jessen, član upravnega odbora, zadolžen za dobavo izdelkov, predstavil podjetje in njihovo svetovno proizvodno in logistično mrežo.

Festo ima 15.500 zaposlenih v 176 državah, leta 2011 pa so ustvarili 2,1 milijardo evrov prometa. Prodajni program obsega več kot 30.000 izdelkov, s katerimi oskrbujejo približno 300.000 kupcev. V razvoj in raziskave vlagajo devet odstotkov od prodaje, zato ne preseneča, da imajo več kot 2900 patentov po vsem svetu.

Od pnevmatike do elektrike

Zgodovina podjetja Festo gre od pnevmatičnih sestavin do zapletenih električnih sistemov za rokovanje z materialom. Pomembnejši mejniki razvoja so prvi pnevmatični delovni valji (1955), pnevmatične linearne osi (1993), sestavine električnih pogonov s servomotorji, krmilniki in električnimi osmi (2001) in kompleksni sistemi za rokovanje z materialom (2010). Razvoj nadaljujejo z naprednimi sistemi za rokovanje z materialom,

med katerimi je največji poudarek na krmilnih sistemih, visokohitrostnih sistemih in XY-ravninskih mostnih sistemih. Za izobraževanje in urjenje na področju pnevmatičnih in električnih sestavin in sistemov razvijajo in ponujajo obsežno opremo programa Festo Didactic.

jev in naprav. Sestavine ali rešitve so lahko pnevmatične, električne ali kombinirane. Poleg v proizvodno avtomatizacijo v zadnjih sedmih letih vlagajo tudi v razvoj procesne avtomatizacije.



Slika 1. Dr. Claus Jessen, član upravnega odbora, zadolžen za dobavo izdelkov (foto: Festo)

Ponudba za avtomatizacijo proizvodnje, ki so jo zasnovali na individualnosti kot standardu, vključuje sestavine, standardizirane sisteme in po meri narejene rešitve, ki so pripravljene za uporabo. Pri slednjem je treba poudariti, da ne gre za rešitve za končnega uporabnika, temveč za rešitve podsistemov, ki jih njihovi kupci vgrajujejo v svoje rešitve stro-

Svetovna proizvodna in logistična mreža

Festo ima enajst svetovnih proizvodnih središč GPC (angl. *Global Production Centres*) v Evropi, na Kitajskem, v Indiji in Južni Ameriki. V letih od 2010 do 2014 bodo v njihovo posodobitev vložili več kot 100 milijonov evrov in povečali proi

Doc. dr. Tomaž Perme, univ. dipl. inž., DRP, Perme Tomaž, s. p., Zgornje Gorje



Slika 2. Proizvodno, logistično in izobraževalno središče na lokaciji St. Ingbert-Rohrbach se razteza na približno 500.000 kvadratnih metrih površin.

zvodne površine za več kot polovico. Strategije razvoja in proizvodnje se lotevajo sistematično od strategije na ravni podjetja do metodologije načrtuj-izvedi-preveri-ukrepaj na ravni operativnega poslovanja. Razvili so Festov sistem proizvodnje vrednosti FVP (angl. *Festo Value Production*), ki velja za proizvodnje po vsem svetu. Sistem FVP temelji na trajnostnem procesu nenehnih izboljšav, učinkoviti in sistematični komunikaciji med vsemi tovarnami po svetu, učeči organizaciji in povezovanju vseh zaposlenih v celoto.

Logistično mrežo sestavlja pet področnih podpornih oziroma logističnih središč RSC (angl. *Regional Service Centres*) v Severni in Južni Ameriki, Evropi, Aziji in na Kitajskem. Glede na področje omogočajo najhitrejšo dobavo izdelkov v 24, 48 oziroma 72 urah. Logistično središče (angl. *logistic hub*) za Evropo je v Rohrbachu v Nemčiji in je namenjeno neposredni dostavi kupcem na evropskem trgu in svetovni oskrbi. V Evropi in v drugih delih sveta izdelane sestavine dostavijo v RSC v Rohrbachu, od tam pa jih dostavijo kupcem v Evropi in drugim RSC po svetu.

Proizvodnja in logistika omogočata tri ravni izpolnitve zahtev kupcev. Kupci lahko dobijo standardne izdelke, ki jih proizvajajo na zalogo, lahko naročijo izdelke, ki jih sestavi-

jo iz izdelkov na zalogi in kupljenih izdelkov, ali pa naročijo rešitev, ki jo razvijejo iz standardnih izdelkov na zalogi in izdelanih sestavin glede na zahteve kupca. Pred petnajstimi leti so proizvajali 60 odstotkov izdelkov na zalogo, danes pa 60 odstotkov izdelkov proizvajajo po naročilu.

Proizvodno, logistično in izobraževalno središče na lokaciji St. Ingbert-Rohrbach

Stefan Schwerdtle, vodja oddelka prilagodljive proizvodnje, in Paul Herzog, vodja velikoserijske proizvodnje,

sta podrobneje predstavila lokacijo v St. Ingbert-Rohrbachu (*slika 2*), kjer ima Festo svetovno proizvodno središče s površino 60.000 kvadratnih metrov, logistično središče CSC s površino 32.000 kvadratnih metrov in 5800 kvadratnih metrov veliko izobraževalno središče ter skupno 2500 zaposlenih. V Rohrbachu izdelujejo pnevmatične in električne delovne valje, enote za rokovanje z materialom, krmilne ventile, priključke, električne pogone in izdelke iz plastike.

V proizvodnem središču imajo zelo raznoliko proizvodnjo. Visokoprikladljiva proizvodnja izdelkov po naročilu v zelo majhnih serijah je organizirana po načelu vitke proizvodnje z U-celicami in tokom materiala kanban. Proizvodnjo kosov v večjih količinah in izdelkov iz polimerov odlikujeta velika produktivnost in kakovost, ki ju dosegajo z avtomatiziranimi stroji (*slika 3*) in najnovejšo tehnologijo brizganja izdelkov iz plastike in gume. V oddelku za tehniko in vzdrževanje nastajajo visokoprikladljivi sistemi za sestavljanje in vse rešitve avtomatizacije za njihove tovarne po svetu.

Kljub velikim proizvodnim količinam in visoki stopnji avtomatizacije so serije izdelkov relativno majhne. S tem dosegajo največjo prilagodljivost glede na spreminjajoče se zahteve oziroma naročila kupcev. V oddelku za izdelavo pritrdilne opreme so po



Slika 3. Popolnoma avtomatizirana obdelava pokrovov za delovne valje DSNU z robotsko strego in prepoznavanjem položaja s kamero

vezali oblikovanje naročila in sistema CAD/CAM za pripravo izdelave ter prilagodljivo avtomatizirano izdelavo s hitro menjavo obdelovancev in orodja. S standardizacijo in robotizacijo so za nekatere družine sestavnih delov dosegli tudi ničelni nastavitveni čas. S tem so zmanjšali proizvodne stroške do 40 odstotkov. V proizvodnjo električnih pogonov so uvedli način toka materiala kos po kos oziroma serijo enega kosa (angl. *one piece flow*). S tem so skrajšali čas izdelave, dosegli večjo prilagodljivost proizvodnje na zahtevo, hitrejša pa sta tudi odziv na napake in čas za odpravljanje težav. Glavni koristi tega načina toka materiala sta predvsem večja zanesljivost izpolnjevanja dobavnih rokov in prilagodljivost, ki je predpogoj za upravljanje rasti naročil (slika 4).

RSC v Rohrbachu obsega visokoregalno skladišče, avtomatsko skladišče za manjše dele, področja za komisioniranje in pakiranje ter ločena razkladalna oziroma nakladalna mesta za dobavo in odpremo. Visokozmogljiva logistika logističnega središča CSC oskrbuje evropske kupce in druga Festova svetovna logistična središča. V skladiščih imajo prostora za 5.900 palet in 168.000 zabojev. Vsak dan sprejmejo približno 5.000 enot, odpremo pa 34.000 enot, kar je približno 120 ton blaga.

Festovo izobraževalno središče (Festo Lernzentrum Saar GmbH) je akreditirana izobraževalna institucija za napredno urjenje, ki deluje od leta 1994. Zgradba izobraževalnega središča ima 5.800 kvadratnih metrov površin in dodatnih 1.700 kvadratnih metrov za delavnice in urjenje. V središču izobražujejo udeležence iz mednarodnih podjetij iz vseh panog, institucij, posameznike ter zaposlene v Festu.

Avtomatizacija za električno mobilnost

Michael Karcher, vodja industrijskega oddelka za elektroniko in solarno tehniko, je predstavil pomen in načrte na področju e-mobilnosti. Fosilnih goriv bo nekoč zmanjkalo, nadomestila pa jih bo energija iz obnovljivih



Slika 4. Sestavljanje električnih in pnevmatičnih pogonov po načelu toka materiala kos po kos (foto: Festo)

virov. Zato potrebujemo nove zasnove in zamisli za mobilnost prihodnosti, ki bo zelena oziroma električna. Danes še ne vemo, kakšni bodo novi sistemi in kako jih bomo proizvajali, tako kot pred desetimi leti nismo poznali pametnih telefonov, danes pa Festo s svojimi tehnologijami in rešitvami omogoča njihovo izdelavo. Podobno je na področju tankih zaslonov in elementov za fotonapetostne module, kjer s ploskovnim zračnim ležajem (angl. *air bearing*) omogočajo hiter, varčen in natančen brezstični transport elementov (slika 5).

Pomembno področje električne mobilnosti so baterije. Festo s svojo tehnologijo zračnih ležajev omogoča njihovo učinkovito proizvodnjo oziroma transport tankih folij, ki sestavljajo osnovno celico baterije.



Slika 5. Brezstični transport plošč iz stekla in občutljivega filma s Festovi zračnimi ležaji ATBT (foto: Festo)

Festova tehnologija in sestavine, kot so električni in pnevmatični pogoni, potni ventili in ventilski otoki, krmilniki in regulatorji, pripravne grupe in strojni vid, so tudi v stroju za izdelavo baterij, ki ovije celice s folijo, jih pritrdi na bakreno ploščo in dvojne celice sestavi v baterijski paket.

Nihče ne ve, kakšna bo prihodnost in kakšne zahteve bodo imeli kupci. Avtomobilska industrija ima več načrtov, ki se hitro spreminjajo, zato morajo biti zelo prilagodljivi in odzivni. Načrt na področju e-mobilnosti za naslednjih nekaj let je vsekakor avtomatizacija proizvodnje baterij pa tudi avtomatizacija njihove razgradnje ter pripravljenost na nove zahteve kupcev.

Električni pogoni

Michael Fraede, vodja prodaje električnih pogonov za Zahodno Evropo, je predstavil električne pogone kot pomemben proizvodni in prodajni program podjetja Festo. Program električnih pogonov obsega več kot 5.000 različnih sestavin, po količini prodaje pa predstavlja približno pet odstotkov celotnega prometa podjetja Festo. Kljub načrtovani 15-odstotni letni rasti električni pogoni niso tekmeč pnevmatičnim pogonom, temveč njihova dopolnitev. Pnevmatični pogoni so hitri, enostavni za uporabo in cenovno optimizirani, električni pa omogočajo pravo določitev položaja in gibanja in so energijsko učinkoviti. Mnogo strank v uporabah združuje pnevmatične in električne pogone, Festo pa jim ponuja celovito tehnologijo avtomatizacije in mehatronskih sestavin od krmilnikov, uporabniških vmesnikov in strojnega vida do motorjev, pogonov in dodatne opreme iz enega vira.

Festo z izkušnjami s številnih industrijskih aplikacij pozna potrebe upo-



Slika 6. Tropodni sistem za rokovanje z materialom iz standardnih sestavnih delov kot pripravljena rešitev za uporabo (foto: Festo)

rabnika, zato lahko svetuje najboljšo izbiro. Stranke imajo pri tem številne prednosti. Mehanske značilnosti pogonov in izbrano krmilje se ujemajo in zagotavljajo največjo učinkovitost delovanja sistema. Dimenzioniranje pogonov z več položaji je enostavno, program za oblikovanje rešitev pa omogoča enostavno izbiro in naročanje sestavin. Oprema iz enega vira zmanjša tveganje, za uporabo pripravljene rešitve pa stranki skrajšajo čas za izvedbo naloge.

Posebna prednost za stranke so tako imenovane rešitve priključi in dela (angl. *plug and work*), saj so vse sestavine rešitve v naročilu pod eno pozicijo, rešitev je inženirsko preverjena, stroškovno učinkovita, sestavljena in preizkušena ter opremljena z dokumentacijo in navodili za vgradnjo in uporabo (slika 6). V Evropi je povprečno 40 odstotkov dobav na uporabo pripravljenih rešitev, 60 odstotkov pa dobav sestavin. Največ na uporabo pripravljenih rešitev naročajo uporabniki iz Turčije (80 odstotkov), medtem ko na primer uporabniki iz Nemčije (40 odstotkov) in Nizozemske (50 odstotkov) precej manj. V tem primeru je lahko to povezano s stopnjo rasti gospodarstva neke države, v večini drugih pa tudi s splošno miselnostjo uporabnikov.

Prihodnost električnih pogonov

Fredrik Stal, vodja proizvodnega menedžmenta električnih pogonov, je predstavil nekaj usmeritev razvo-

ja in ponudbe na področju električnih pogonov. Trg pogonov zahteva skrajševanje časa od dimenzioniranja do uporabe, enostavnost krmiljenja in vzdrževanja ter varnost uporabe. Festo se je na te zahteve odzval z optimizirano serijo pogonov, tehnologijo spletnih brskalnikov in rešitvijo varnih elektromehanskih sistemov.

Za enostavno dimenzioniranje se na voljo predhodno opredeljene in preizkušene kombinacije sestavin (slika 7). Ena sama številka za celotno rešitev z mehaniko, motorjem in krmilnikom omogoča enostavno naročanje, mehanika in motor pogona kot ena enota in obsežna dodatna oprema pa enostavno vgradnjo. Spletni oblikovalnik rešitev s parametri v oblaku ponuja enostavno izbiro in naročanje. Na voljo so tudi na izkušnjah zasnovani krmilni profili ventilov, ki poenostavijo krmiljenje. Spremljanje delovanja in diagnostika po spletu pa poenostavita vzdrževanje.

Varnost je pomemben izziv proizvajalcev strojev in naprav. Festo ponuja celovito rešitev varnega elektromehanskega sistema, ki nadzoruje mehanske osi in omogoča varno ustavitve in držanje položaja. Primer je električna os iz družine EGC, ki je opremljena z enoto za zadržanje položaja (EGC-HPN). Mehansko stanje nadzorujeta dajalnik na motorju in linearni merilnik pomika (EGC-M), zadrževalna

enota pa po potrebi zadrži položaj, prepreči trke in omogoča varno zaustavitve v sili. Certificirani varnostni sistem CMGA za krmilnike motorjev nadzoruje pogonske varnostne funkcije. Nanj lahko priključimo običajne varnostne sestavine, kot na primer izklop v sili, varnostna stikala vrat, svetlobne zavese in laserske skenerje, ki sprožijo ustrezno varnostno funkcijo. Za lažjo uporabo so na voljo preverjeni programi za številne stroje oziroma uporabe.

Sklep

Poslanstvo podjetja Festo je biti vodilno na področju avtomatizacije proizvodnje in zagotoviti strankam večjo produktivnost in učinkovitost. Majhne razlike v skupni učinkovitosti opreme (OEE) pomenijo namreč ločnico med izgubo in dobičkom. Avtomatizacija je danes preveč zapletena, zato je njihova vizija usmerjena v pametne in intuitivne rešitve. Zavedajo se družbene odgovornosti, zato pod lastno zavezo CER® (Cor-



Slika 7. Prihodnost električnih pogonov so enostavno dimenzioniranje, enostavno naročanje in enostavna vgradnja, kar so značilnosti Festovih optimiziranih sistemov električnih pogonov (foto: Festo)

porate Educational Responsibility) z različnimi projekti na področju avtomatizacije in poučevanja spodbujajo izobraževanje in urjenje ter prenos znanja po svetu.

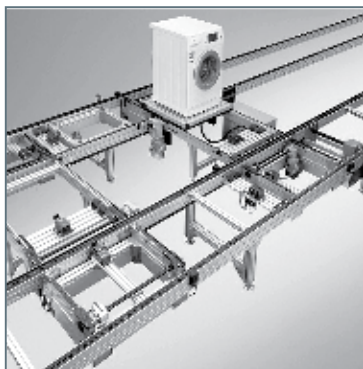
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS™



BOSCH



OPL

automation

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

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

NOVOST
3M CEVI DODANO
IN VSI PRIKLJUČKI!



Uporaba:

- V ČASU VAŠIH dopustov
- ZA balkonske RASTLINE
- NA vikendu

Delovanje:

- VEČ REŽIMOV zalivanja:
 - dnevni 2x NA DAN,
 - tedenski (1x, 2x ali 3x NA TEDEN)
- SAMOSTOJNA ENOTA, ki NE POTREBUJE vodovodnega ali električnega priključka
- SESTAVI in deluje komplet: vsebuje 3m cevi, vse priključke ZA CEV, napajalnik in Vodnarja. Ko ga sestavite, potrebujete še REZERVOAR Z VODO in Vodnar deluje.



VODNAR
ZALIVA TRAJNESKO VAS



Mehke cevi - ni v kompletu



Informacije: 01 549 14 00 www.svet-el.si/vodnar

Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	342
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	275, 327
DOMEL, d. d., Železniki	289
DVS, Ljubljana	279
FESTO, d. o. o., Trzin	261, 344
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	343
HYDAC, d. o. o., Maribor	261
ICM, d. o. o., Celje	315, 323
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	261
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	302
POCLAIN HYDRAULICS – KLADIVAR, d. d., Žiri	261, 262
LOTRIČ, d. o. o., Selca	261, 315, 335
MAPRO, d. o. o., Žiri	261
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	261
MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	264
OLMA, d. d., Ljubljana	261
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	261, 342
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	261
PH Industrie-Hydraulik, Germany	303
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	322
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	333, 336
SICK, d. o. o., Ljubljana	261
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	337
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	272
TRC Ljudmila Ličen, s. p., Kranj	261, 276
TULI, d. o. o., Ljubljana	329
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	273, 309



RMF FILTRI - ZA ZANESLJIVO IN NEMOTENO DELOVANJE HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

- Z Off-line in By-pass RMF filtri lahko podaljšate življenjsko dobo hidravličnih olj in komponent tudi do 10-krat
- Filtri odstranijo iz olja poleg trdih delcev tudi vodo, smole in mulj, ki nastanejo zaradi kemičnih reakcij v olju
- Finost filtracije $\beta_{0,5\mu}=200$
- Odzračevalni filtri z Z-R gelom odstranijo vlago iz zraka, ki vstopa v hidravlični rezervoar

HAWE Hidravlika d.o.o., Petrovče 225, 3301 PETROVČE
tel: 03/71 34 880, fax: 03/71 34 888
email: info@hawe.si, web: www.hawe.si



FESTO

ISO v novem merilu: VTSA

Ventilski otok VTSA in električni terminal CPX sta visoko modularna in fleksibilna in z odlično povezavo pnevmatičnih funkcij ter celovitimi varnostnimi funkcijami, kot na primer ISO EN 13849-1.

Več: www.festo.de/vtsa-ia

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

