

# Četrty dnevi strojništva v Tehniškem muzeju v Bistri pri Vrhniki

Janez TUŠEK

## ■ 1 Uvod

V dneh od 24. do 30. septembra je v Tehniškem muzeju v Bistri pri Vrhniki potekala četrta prireditev z naslovom: Dnevi strojništva. Namen prireditve je bil enak kot vsa leta nazaj, in sicer občinstvu in predvsem šolajoči se mladini z muzejskimi zbirkami prikazati zgodovino strojništva in z delavnicami, ki jih je pripravila, organizirala in izvajala Fakulteta za strojništvo iz Ljubljane, osvetliti pomen strojništva v današnjem času.

Prireditev je organiziralo osebje muzeja skupaj z vodstvom Fakultete za strojništvo iz Ljubljane.

Vsem, ki smo na tak ali drugačen način povezani s strojništvom, se zdi takšna prireditev zelo posrečena in koristna. Edino vprašanje za v bodoče je, kako na takšno prireditev privabiti več srednješolcev, gimnazijcev in tudi osnovnošolcev skupaj s pedagogi. Samo zavzetost učiteljev v primarnem in sekundarnem izobraževanju lahko prinese uspeh. To pa je, da bi se mladi pogostejše odločali za vpis v srednje tehnične šole in kasneje na tehnične in naravoslovne fakultete. Le tehnično informirani in v tehniko prepričani učitelji lahko mladino navdušijo za študij tehnike ali naravoslovja. Strah pa nas je, da se bo v bodoče nadaljevalo, kar se v sedanjosti pogosto dogaja, da pedagogi, zadržani za tehniko v osnovnem in srednješkem izobraževanju, mladine za tehniko ne navdušijo.

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



*Pogled na Tehniški muzej v Bistri*

## ■ 2 Dnevi strojništva

Strojništvo kot veda, znanost in študij ali celo način življenja je bilo prvič predstavljeno javnosti v taki obliki v Tehničnem muzeju v Bistri pred tremi leti. Do sedaj smo strojništvo v večini primerov predstavljali kot študij na univerzi, in to predvsem srednješkolskim dijakom, njihovim učiteljem in staršem. Prireditev v Bistri pa je namenjena predvsem predstavitvi študentskih strojniških izdelkov in projektov, ki so nastali v sklopu študijskega procesa za potrebe reševanja tehničnih problemov v industriji in udeležbe pedagogov, raziskovalcev in študentov na mednarodnih univerzitetnih in drugih tekmovanjih ter raznih kongresih, konferencah in podobnih družinjah v tujini.

Inženirji strojništva pretvarjajo ideje v tehnične rešitve in z njimi soustvarjajo sodobno resničnost. Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani je ena izmed najboljših vi-

sokošolskih raziskovalnih ustanov v Sloveniji. Izobražuje inženirje, ki so kos najzahtevnejšim izzivom prihodnosti, snovalci inženirskih rešitev, ki se odražajo v prodoru slovenske industrije na svetovna tržišča. So iskani in lahko zaposljivi doma in v tujini. Prireditev je namenjena predstavitvi študentskih izdelkov in projektov, ki so nastali v sklopu študijskega procesa ter za potrebe udeležbe na univerzitetnih tekmovanjih. Obiskovalcem naj približa in popularizira strojništvo kot vedo, ki se ukvarja s temeljnimi in predvsem uporabnimi vidiki človeškega okolja. Vsi predstavljeni projekti so rezultat uspešnega sodelovanja med študenti in profesorji, ki s svojimi dosežki na mednarodnih tekmovanjih prispevajo k večji prepoznavnosti slovenskih tehničnih inovacij.

Strojništvo je izziv, ki ponuja veliko možnosti za udejstvovanje in priložnosti za izdelavo kreativnih rešitev. Vabimo vas, da se na Dnevni strojništva o tem tudi sami prepričate.



Vodstvo Fakultete za strojništvo Ljubljana ob obisku v Bistri

Ob odprtju Dnevov strojništva 24. 09. v Muzeju Bistra je zbrane nagovoril predstavnik muzeja. Podal je nekaj osnovnih podatkov o muzeju in prireditvi. Spregovoril je tudi dekan Fakultete za strojništvo prof. dr. Brane Širok, ki je v nagovoru poudaril, da je Fakulteta za strojništvo razvojnoraziskovalna in izobraževalna ustanova, ki uspešno izobražuje inženirje za našo in tudi tujo industrijo. Poudaril je zelo preprosto dejstvo, da je strojništvo veda, ki človeku pomaga izkoriščati naravo in vse procese v njej. Strojništvo je izziv, ki ponuja velike možnosti za udeleževanje, delovanje in za izdelavo kreativnih rešitev. Poudaril je, da mora strojništvo skrbeti za okolje, zato se mora vsak pri vsaki novi ideji vprašati tudi o posledicah, ki bi jih uresničitev ideje imela za ljudi, okolje in prostor, v katerem živimo.

Obiskovalcem Dnevov strojništva, učencem osnovnih šol, dijakom srednjih šol in študentom ter drugim obiskovalcem so bile na voljo številne zanimive delavnice, prikazane so bile naprave in drugi produkti ter tudi nekateri procesi študentov Fakultete za strojništvo iz Ljubljane, s katerimi raziskujemo in jih uporabljamo pri reševanju tehničnih problemov v industriji.

**Dogodki oziroma delavnice, ki so potekali v sklopu Dnevov strojništva**

#### **Biodinamični testirni sistem za merjenje vnosa vibracij v roko.**

Pri delu z ročnim orodjem (npr. z motorno žago, električno vrtalko, brusilko itn.) je roka močno obremenjena z vibracijami. Za razvoj ustreznega zaščitnega sredstva so v laboratoriju za dinamiko strojev in konstrukcij (LADISK) izdelali posebno merilno napravo, ki omogoča raziskave vnosa vibracij v roko. Naprava meri sile in pospeške z zaznavali, ki se nahajajo znotraj posebnega ročaja, vzbujanje pa se simulira s pomočjo elektrodinamičnega stresalnika. Obiskovalci so lahko ob pomoči demonstratorja tudi sami preizkusili učinke vibracij na roko.

**Infrardeča termografija.** Na primerih analiz hitrih procesov je bila predstavljena uporaba hitrotekoče kamere v vidnem in infrardečem spektru. Pri raziskovalnem delu na področju prenosa toplote in snovi se uporabljajo hitrotekoče kamere v vidnem in infrardečem spektru za analizo procesov pri vrenju tekočin v mikrokanalih in na tankih grelnih folijah. Premeri mikrokanalov in debeline grelnih folij so krepko manjši od debeline človeškega lasu, kar botruje zanimivim in presenetljivim procesom pri vrenju.

**Virtualni simulator varjenja.** Razvoj simulatorjev varjenja so pospešili pozitivni učinki igranja računalniških igrice kirurgov pripravnikov.

Raziskave so pokazale, da igrice (npr. Marble Mania), ki zahtevajo natančno gibanje rok, omogočajo hitrejše učenje gibanja rok na simulatorju kirurških operacij in s tem boljšo pripravo na operacije. Potrebe po virtualnem varjenju so se pojavile zaradi zniževanja stroškov usposabljanja varilcev, pomanjkanja varilnega osebja ter učenja specialnih vrst varjenja. Stroški porabe varjencev, dodatnega materiala, zaščitnih plinov in energije predstavljajo velik del stroškov usposabljanja varilcev. Če gre za usposabljanje varjenja dražjih materialov, kot so titan in nikljeve zlitine, so stroški še višji. Z uporabo virtualnih simulatorjev varjenja jih lahko zmanjšamo vsaj za približno 80 %, pri čemer se izognemo nevarnosti dimnih plinov ali opeklin zaradi vročih varjencev. Prednost učenja na virtualnih simulatorjih je tudi takojšnji prikaz napačnega položaja gorilnika, oddaljenosti ali hitrosti varjenja, kar omogoča hitro učenje na osnovi analize in popravljanja napak. Z uporabo virtualnih simulatorjev smo postopek spajanja in poklic varilca približali mlajšim generacijam, ki jim igranje računalniških igrice ni tuje. Naprava ponuja simulacijo ročnega obločnega varjenja, varjenja TIG ter varjenja MIG/MAG, nadgrajena pa je s simulacijami varjenja različnih materialov, vključno s titanom.

#### **Sistem za lasersko merjenje in izdelavo zahtevnih tridimenzionalnih oblik LASMIL.**

Sistem za lasersko merjenje in izdelavo zahtevnih tridimenzionalnih oblik sestavljajo brezdotični merilni sistem, namizni, računalniško krmiljeni (CNC) frezalno-gravirni stroj in procesni krmilnik z ustrezno programsko opremo ter uporabniškim vmesnikom. Merilni sistem, ki deluje na načelu laserske triangulacije, sestavljata laserski projektor in kamera. Linijski laserski projektor osvetli površino fizičnega objekta s tako imenovano svetlobno ravnino. Kamera zajame sliko osvetljene površine, z obdelavo slike pa se izračunajo tridimenzionalne koordinate točk profila površine merjenca. S pomikanjem laserskega snopa prek celotne površine merjenca se zajame množica profilov,





*Virtualno varjenje ne povzroča brizganja in dima in je lahko velik pripomoček za izučitev dobrega varilca*

iz katerih se izračunajo koordinate točk površine celotnega merjenca in razvije površinski 3D-model merjenca. Sledi izračun poti gibanja orodja za obdelavo s frezanjem in izdelava NC-programa za krmiljenje stroja, na osnovi katerega NC-stroj izdelava repliko merjenca. Sistem LASMIL je bil kot vabljen inovacija predstavljen na 4. Mednarodni razstavi raziskav in inovacij junija 2008 v Parizu in na 3. Slovenskem forumu inovacij oktobra 2008 v Ljubljani. Avtorjem je Gospodarska zbornica Slovenije podelila srebrno priznanje za inovacijo 2008.

**Servohidravlični sistem in mehatronske komponente.** Hidravlični sistem laboratorija LASIM uporabljajo pri vajah iz proporcionalne hidravlike. Glavna krmilna komponenta proporcionalnih hidravličnih pogonov in sistemov je proporcionalni ventil. Zvezno krmiljenje volumskega toka omogoča nadzor hitrosti, pospeškov/pojemkov in sile oz. momentov hidravličnih linearnih oz. rotacijskih pogonov. Servohidravlični sistem in mehatronske komponente predstavljajo hidravlični sistem rotacijskega motorja, ki poganja linearno enoto z gnezdom. Rotacijski motor je krmiljen preko proporcionalnega ventila, ki omogoča krmiljenje hitrosti in pospeškov v posameznih območjih poma gnezda linearne enote. Območja

zaznavamo z induktivnimi zaznavali, ki služijo kot povratna informacija za določitev ustreznega krmilnega signala proporcionalnemu ventilu.

**Avtomatska diagnostika: Kako izluščiti skrito informacijo?** Človek s čutili zaznava okolico. Za razliko od človeškega poteka strojno zaznavanje okolice prek različnih senzorjev (vibracije, sile, zvok, akustična emisija, slika), avtomatsko ugotavljanje stanja okolice pa temelji na računalniški obdelavi signalov, ki v zaznanem signalu izlušči informacijo o napaki v stanju okolice. Prikazan je bil primer sistema za avtomatsko industrijsko diagnostiko stanja kompresorja. Avtomatska diagnostika napak kompresorjev temelji na računalniški analizi signala vibracij med delovanjem kompresorja. Obiskovalci so spoznali osnovne elemente sistemov za avtomatsko diagnostiko in preizkusili delovanje diagnostičnega sistema.

**Akustična emisija: Kako neslišno postane slišno?** Material pod obremenitvijo lahko sprosti napetost s pokanjem, preoblikovanjem ali kakšno drugo spremembo, npr. spremembo kristalne strukture. Pri sproščanju napetosti nastaja zvok, kar imenujemo akustična emisija. Nastali zvok v nekaterih primerih lahko slišimo, največkrat pa ima višje frekvence (od 100 kHz do 1 MHz) in ga

imenujemo ultrazvok. Z merjenjem akustične emisije lahko spremljamo npr. nastanek razpok ali trganje vlaken in določimo mesto izvora akustične emisije – lego napake. Metoda se uporablja za neporušitveno preizkušanje in nadzor tlačnih posod, cevovodov, letalskih delov, zvarov, železobetonskih konstrukcij. Za razumevanje pojava akustične emisije (AE) sta bila obiskovalcem na voljo dva poskusa.

**Uporaba mini SCARA robota in strojnega vida za izdelavo preproste igre.** Mini SCARA robot je bil razvit v laboratoriju LASIM za prikaz osnov delovanja robotskih sistemov pri laboratorijskih vajah. Robot ima dve prostostni stopnji, kar mu omogoča premikanje v X-Y-ravnini. Videokamera, pritrjena na mini robota, omogoča analizo površine v delovnem območju robota in njegovi bližnji okolici. Analiza površine se opravi z naprednimi metodami analize posameznih slik, s katerimi lahko iščemo posamezne predmete, zaznavamo njihovo orientacijo in podobne informacije, ki nas zanimajo. Predstavljena je bila uporaba mini SCARA robota za igranje preproste interaktivne igre, kjer so obiskovalci robotsko roko s pomočjo igralne palice v najkrajšem času pripeljali od starta do cilja, ne da bi zašli z začrtane poti.

**Kaotično nihalo in vodno kolo: Zakaj je težko napovedati vreme?** Tako v naravi kot v tehniki se pogosto srečamo s kaotičnimi pojavi. Vzemimo na primer vreme na območju Alp. Gre za tipičen primer kaotičnega sistema, saj lahko zelo majhna sprememba v ozračju povzroči hiter in velik vremenski preobrat. Ta pojav je znan tudi kot »butterfly effect«, ki simbolično predstavlja občutljivost vremena na začetne pogoje. Mehanski analog za ponazoritev kaotičnosti in občutljivosti vremena na začetne pogoje je vodno kolo. Kolo se v odvisnosti od dotoka in odtoka vode ter začetnih pogojev lahko vrti v eno ali drugo smer ali pa se smeri in hitrost vrtenja navidez naključno izmenjavajo v eno in drugo smer. Za prikaz kaotičnosti in občutljivosti na začetne pogoje je bilo predstavljeno

vodno kolo in preprost eksperiment dvojnega nihala. Nihalo lahko poleg predvidljivega ponovljivega nihanja izkazuje zanimivo kaotično gibanje, ki je na trenutke povsem v nasprotju z našo intuicijo.

**Akustična kamera.** Zvok vedno potuje v ravni črti proč od zvočnega vira in ima enako hitrost širjenja ne glede na smer ali frekvenco. Ljudje lahko določimo smer, iz katere prihaja posamezen zvok, oziroma lahko pokažemo proti viru zvoka, ker imamo dve ušesi. Razdalja med virom zvoka in levim ušesom se razlikuje od razdalje med virom zvoka in desnim ušesom. Akustična kamera deluje na enakem načelu. Namesto ušes uporablja mikrofone in namesto možganov računalnik. Ljudje lahko določimo smer zvoka samo na grobo. Da bi lahko narisali akustično sliko, moramo z akustično kamero določiti smer, iz katere prihaja zvok, s precej večjo natančnostjo. Zato akustična kamera uporablja 32 mikrofонов in ne samo dva kot človek. Računalnik akustične kamere analizira zakasnitve signalov iz vseh mikrofонов. Algoritem nato obarva posamezne objekte na njihovi črno-beli fotografiji glede na raven zvoka, ki prihaja iz posameznega objekta. Višja kot je raven zvoka, intenzivneje se bo tisti objekt obarval. Končni rezultat je črno-bela fotografija, ki je na mestih, na katerih zvok najmočnejše seva, obarvana z rdečo barvo.

**Mobilni roboti.** Mobilni roboti so samodejno delujoči stroji, ki se lahko gibljejo v svojem okolju in pri tem opravljajo zadane naloge. Uveljavljajo se v industriji ter na področjih obrambe in varnosti. Srečamo jih tudi že v potrošniških izdelkih, namenjenih npr. zabavi, pa tudi opravljanju koristnih, a nepriljubljenih nalog, kot je na primer sesanje. Področje mobilne robotike je predmet intenzivnih raziskav in razvoja na univerzah po vsem svetu. Predstavljeni so bili mobilni roboti, ki so jih razvili študentje smeri mehatronika na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani in se uporabljajo predvsem v študijske in raziskovalne namene.

**Hranilnik toplote.** V hranilnik toplote shranimo toploto, proizvedeno s sprejemniki sončne energije (SSE) ali kotlom, v obliki povečane notranje energije za čas, ko jo potrebujemo. V primeru senzibilnih hranilnikov toplote imajo prednost hranilniki toplote s temperaturnim razslojevanjem, saj omogočajo učinkovitejše delovanje ogrevalnega sistema; v zgornjem delu hranilnika se sanitarna voda hitro segreje, nižja temperatura na dnu hranilnika pa omogoča, da čim več energije shranimo v hranilniku. Obiskovalcem je bilo s pomočjo infrardeče termografije prikazano načelo temperaturnega razslojevanja.

**Nenewtonske tekočine in njihove aplikacije.** Vse tekočine imajo lastnost, poznano kot viskoznost, ki opisuje, kako tekočina teče. Na primer: med je veliko bolj viskozen od vode. Tekočina, katere viskoznost je konstantna, se imenuje Newtonova tekočina. Obleck je primer tekočine, katere viskoznost ni konstantna in se spreminja v odvisnosti od hitrosti obremenitve, ki so z njo v stiku. Če tako tekočino hitro pritisnete s prstom ali pestjo, postane zelo viskozna in posledično toga, zato "ostane na mestu". Če to tekočino previdno zlijemo, uporabimo majhne hitrosti obremenitve, bo tekla kot voda.

**Menjalniki in zobniški prenosi.** Laboratorij TINT je predstavil tri, za razstavo posebej prirejena gonila: (1) industrijski zobniški prenosnik z nespremenljivim prestavnim razmerjem, (2) avtomobilski štiristopenjski menjalnik z ročnim pretikanjem prestav in diferencial ter (3) avtomobilski avtomatski brezstopenjski (CVT) menjalnik. Prikazali smo načela delovanja, podobnosti in razlike ter prednosti in slabosti različnih izvedb prenosnikov moči.

**Tribologija, mazanje in nanotehnologija.** V laboratoriju TINT se ukvarjamo tudi z mazanjem, trenjem in obrabo ter načrtovanjem površin za zagotavljanje nizkega trenja in obrabe pri različnih pogojih delovanja mehanskih sistemov. V zadnjem desetletju se je za izboljšanje protibrabne

obstoynosti strojnih elementov zelo razširila uporaba naprednih materialov, npr. trdih protibrabnih prevlek z nizkim trenjem, lasersko obdelanih površin s prilagojeno topografijo, nanostrukturnih materialov itn. Veliko najnovejših znanstvenih raziskav v industriji poteka tudi na področju mazanja z manjšimi količinami maziva, mazanja z okolju prijaznimi mazivi, mazanja z uporabo nanodelcev itn. Zelo zanimivo je povsem novo področje, ki se tovrstnih problemov loteva na nanoravni, to je nanotribologija, ki probleme trenja in obrabe obravnava na nivoju molekularnih interakcij in na osnovi atomskih sil.

**Kako izmeriti porabo goriva in izpuste onesnažil?** Avtomobilski proizvajalci v tehničnih podatkih navajajo podatek o porabi goriva, izpustu CO<sub>2</sub> in drugih reguliranih onesnažil, ki obsegajo dušikove okside, ogljikov monoksid in ne zgorele ogljikovodike. Te podatke pridobijo tako, da vozilo opremijo z merilno opremo za merjenje sestave izpušnih plinov, nato pa vozijo po predpisanem ciklu. Predstavljeno je bilo vozilo z nameščeno merilno opremo za merjenje onesnažil. Primerjali so sestavo izpušnih plinov starejšega vozila in sodobnega hibridnega vozila ter izpostavili prednosti sodobnih motorjev.

**Kriogeno odrezavanje.** V odrezovalnih procesih se splošno uporabljajo hladilno-mazalna sredstva na osnovi olj, čeprav so ta znana kot zdravju škodljiv in okoljsko sporen element proizvodnje. Kot alternativa z vidika trajnostnega razvoja je bil razvit inovativni sistem dovoda kriogenega medija v rezalno cono. S kontinuiranim dovodom utekočinjenega dušika pri temperaturi – 196 °C in 78-odstotni prisotnosti dušika v zraku, ki ga dihamo, predstavlja inovacija osnovo za doseganje čistega procesa odrezavanja brez uporabe okolju škodljivih emulzij, ob nižjih stroških ter hkratnem izboljšanju učinkovitosti procesa in končnih izdelkov.

**Izdelava lesenega kolesa.** Okviri koles so narejeni iz masivnega lesa, vezanih plošč in furnirjev najvišjega



*Mladi si z zanimanjem ogledujejo razstavne prostore*

kakovostnega razreda ter ojačani s kompozitnimi materiali (karbonska, steklena in aramidna vlakna). Za zaščito pred vremenskimi vplivi so prelakirani s kakovostnimi dvokomponentnimi poliuretanskimi laki in posebnimi epoksidnimi smolami. Skupna masa sestavljenega kolesa znaša malo čez 9 kg, kar je primerljivo s cestnimi kolesi. Za varnost poskrbijo vgrajena LED-svetila.

**Mikroodrezavanje.** Mikroodrezavanje (mikrofrezanje) se uporablja pri izdelavi izdelkov z dimenzijami od nekaj deset mikrometrov do nekaj milimetrov. Skaliranje procesa freziranja na mikroskalo predstavlja najekstremnejše obdelovalno okolje z vidika obremenitve orodja v primerjavi z drugimi mikromehanskimi izdelovalnimi procesi. Glavne razlike med makro- in mikroodrezavanjem z vidika analize procesa so ostrina rezalnega robu, hrapavost površine orodja in vpliv zrnivosti obdelovalnega materiala.

**Robotska 5-osna obdelava.** Freziranje z roboti predstavlja razmeroma novo in perspektivno smer večosnih mehanskih obdelav. Razvoj programske opreme je omogočil uporabo robotov tudi pri frezanju in ne le v avtomatizaciji proizvodnje. Tako se lahko roboti v praksi uporabljajo za odrezavanje najrazličnejših materialov, kot so poliuretanske pene, kompozitni materiali, les in kovine.

Uporaba robota za freziranje je še posebej zanimiva v branžah, v katerih sta potrebni velika prilagodljivost in odzivnost, zahteve po tolerancah izdelkov pa so nekoliko bolj ohlapne.

**3D-tiskanje.** Pri teh tehnologijah dobimo končni izdelek tako, da dodajamo plast za plastjo materiala. Najprej računalniški (CAD) model izdelka razrežemo na tanke plasti, nato stroj zgradi prvo plast izdelka, nato drugo plast in tako naprej, dokler ni zgrajen cel izdelek. Največja prednost tehnologij dodajanja je v tem, da lahko z njimi naredimo izdelek poljubnih oblik. V zadnjem času pa so tehnologije dodajanja materiala po plasteh napredovale do te mere, da lahko z njimi izdelujemo končne izdelke iz polimernih materialov in tudi iz kovine. Uporablja se več različnih principov dodajanja materiala po plasteh.

**Daljinjsko vodena brezpilotna letala.** Predstavljena so bila štiri daljinjsko vodena brezpilotna letala, ki so bila izdelana za študentsko tekmovanje Design/Build/Fly (Konstruiraj/Izdelaj/Leti), ki poteka vsako leto aprila v ZDA in ga organizirata podjetji Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko (AIAA). Prvo letalo EDA-100, ki je bilo zgrajeno za tekmovanje v šolskem letu 2008/09, je izdelano delno iz lesa in delno iz

kompozitnih materialov ter je doslej naše najuspešnejše letalo; z njim smo osvojili sedmo mesto med 54 ekipami. Drugo letalo EDA-2010, ki ima obliko letečega krila in je bilo zgrajeno za tekmovanje v šolskem letu 2009/10, je delno zgrajeno iz stiropora v kombinaciji z lesom in delno iz kompozitnih materialov. Tretje letalo EDA-2011 je bilo zgrajeno za tekmovanje v šolskem letu 2010/11. Trup je narejen iz ogljikovih vlaken v sendvič izvedbi, kar mu daje veliko trdnost pri majhni teži. Dosegli smo 14. mesto med 82 ekipami. Četrto letalo EDA-2012 je bilo zgrajeno za tekmovanje v šolskem letu 2011/12. To je naše prvo popolnoma kompozitno letalo, kjer sta trup in krilo narejena iz ogljikovih vlaken v sendvič izvedbi, kar daje trupu in krilom veliko trdnost pri majhni teži. Četrto letalo je avtonomno brezpilotno letalo, namenjeno snemanju in nadzoru iz zraka.

### **Tridimenzionalna fotografija.**

Predstavljen je bil merilnik za tridimenzionalno merjenje oblike teles, ki je bil razvit v Laboratoriju za optodinamiko in lasersko tehniko. Zasnovan je kot dodatek, ki ga pritrdimo na digitalni zrcalno-refleksni fotoaparat. Potrebno je le še ustrezno nastaviti parametre fotoaparata in že lahko s slikanjem opravljamo 3D-merjenje. Slika se nato prenese v računalnik in obdela, tako da pridobimo poleg barve tudi informacijo o 3D-obliki telesa. Takšen merilnik je zlasti uporaben na področju medicine za merjenje delov telesa, kot so na primer rane, deformacije zaradi poškodb in podobno.

### **Kako izdelek trajno označiti? Lasersko!**

Lasersko označevanje je proces, pri katerem površino izdelka označimo s spremembo barve ali reliefa. Označevalno orodje je laserski žarek, ki ima izredno veliko gostoto svetlobne moči. Ta se na površini izdelka pretvori v toploto, s katero se segrevajo, pretaljujejo ali celo odparavajo materiali, kot so les, umetne mase, kovine, steklo itn. Oznake so trajne in odporne na abrazijo, temperaturo ter kisline. Tovrstni postopek označevanja je eden najhitrejših in omogoča visoko produktivnost.



**Merjenje zemeljskega magnetnega polja.** Zemlja je velik magnet, orientiran približno v smeri osi nje-nega vrtenja. Gostoto magnetnih silnic oziroma, natančneje, jakost magnetnega polja lahko izmerimo s preprostim eksperimentom, ki je bil predstavljen na dnevih strojništva. Temelji na dejstvu, da sta magneti-zem in elektrika povezana in tesno prepletena pojava. Eksperiment tako vsebuje električno tuljavo, ki jo vrti-mo v zemeljskem magnetnem polju. Ker poznamo hitrost vrtenja tuljave, število njenih ovojev in inducirano napetost, lahko ugotovimo smer in jakost magnetnega polja.

**Pregledovanje mikrostruktur po različnih izdelovalnih tehnologijah.** Mikrostruktura je notranja struktura kovin (in nekovin). Za pre-gledovanje mikrostrukture je po-trebno iz kovinskega izdelka izrezati vzorec. Izrezana površina se potem spolira in jedka z razredčeno kislino. Ta proces nam odkrije mikrostruktu-ro, ki jo opazujemo z mikroskopom pri različnih povečavah. Predstavljen je bil sistem za optično opazovanje mikrostrukture do povečave 1000-krat.

**Simulator zdrsa avtomobilskih koles.** Če želimo preveriti vozniško-ve sposobnosti v primeru spolzkih podlag, lahko to storimo bodisi na posebnih vozniških poligonih, kjer la-hko spreminjamo oprijem koles s ce-stiščem s polivanjem vozne površi-ne ali s posebej prigradenim okvirom na vozilu, ki s pomočjo hidravličnih valjev zmanjšuje pritisk kolesa na podlago in s tem njegov oprijem. Predstavljeno je bilo vozilo, pri kate-rem je z okvirom na vrtljivih kolesih mogoče natančno regulirati kolesne pritiske vozil in s tem simulirati učin-ke spolzkih podlag za poljubno kolo

vozila. Simulator zdrsa je elektronsko krmiljen in popolnoma funkcio-nalen.

**Momentni ključ.** Momentni ključ omogoča kontrolirano zategovanje vijaka za zagotavljanje funkcije vijačne zveze in njene nosilnosti. Predstavljen je elektronsko podprt eksperiment za zategovanje vijaka M16 z momentnim ključem. S po-močjo zaznavala sile se meri ustvar-jena sila v vijaku, ki je neposredna posledica navora, s katerim je vijak prednapet.

**Optimizacija toka materiala na poti k vitkosti podjetja.** Notranja logistika podjetja ali tok materiala od vhodnega skladišča preko proi-zvodnih delovnih mest do končne-ga skladišča predstavlja pomem-ben element, ki vpliva na vitkost podjetja. Slikovno je bila prikazana 3D-razmestitev delovnih mest, za katero je bilo potrebno izvesti op-timiziranje toka materiala. Z novo optimalno razmestitvijo delovnih mest se je materialni tok v tem pri-meru skrajšal za 30 % oziroma 10 kilometrov na transportirano enoto. To letno lahko pomeni milijonske prihranke že pri samem notranjem transportu.

**Vodna hidravlična naprava LPKH.** Z letošnjim demonstracijskim ek-sponatom iz Laboratorija za po-gonsko-krmilno hidravliko (LPKH) je bilo dokazano, da je mogoče za hi-dravlično kapljevino uporabiti vodo brez dodatkov. Predstavljena je bila nova hidravlična naprava, ki smo jo zasnovali in izdelali v laboratoriju. Vodno-hidravlična naprava je sesta-vljena iz visokotlačne vodne črpalke (patentirano), vodnega 4/3-potne-ga ventila (patentirano), vodnega hidravličnega akumulatorja (atesti-

ran), vodnega hidravličnega valja in ostalih potrebnih sestavin. Pri hidra-vlični napravi smo za hidravlično ka-pljevino uporabili vodo iz pipe.

**Prikaz delovanja novega hidra-vličnega rotatorja MODULARIS DRIVE.** Hidravlični rotator je pogo-sto uporabljena sestavina predvsem v mobilni hidravliki. Uporablja se za obračanje in kotno pozicionira-nje bremen oziroma polizdelkov. Njegova naloga je poleg osnovne rotacije orodja (največkrat vpenjal-nih klešč) še napajanje rotirajočega orodja s hidravlično kapljevino in aksialno nošenje bremen.

Na dnevih strojništva se je predsta-vila tudi **revija Ventil**, ki je prven-stveno namenjena pisanju o fluidni tehniki, avtomatizaciji in mehatroni-ki. V praksi pa revija pokriva prak-tično celotno strojništvo in v svojih prispevkih poroča o raziskoavalnem in strokovnem ter pedagoškem delu Fakultete za strojništvo in zunanjih sodelavcev.

### ■ 3 Ugotovitve

Prireditve je uspela, kot smo priča-kovali. Izbrana lokacija je zelo do-bra. Zelo pomembno je, da je vre-me lepo in toplo, da si obiskovalci ogledajo prireditve in sam muzej, se sprehodijo v čudoviti okolici, da spo-znajo razsežnost celotnega kom-pleksa Tehniškega muzeja Bistra in predvsem spoznajo, da je tehnična kultura na Slovenskem bogata, dol-ga in zelo raznovrstna. Vsekakor bi morali nadaljevati s promocijo teh-nike, strojništva in tudi naravoslovja. Prireditve je postala tradicionalna, kar je zelo dobro. Vedno pa je odpr-to vprašanje: kako jo promovirati in nanjo privabiti še več ljudi.

