



TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE

Zbornik posvetovanja

**Redaktorja
Andrej POLAJNAR
Branko BRAČKO**

Portorož, 7-8. oktober 2009

Naslov: **TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE**

Glavni pokrovitelj: **ORO-TECH d.o.o., Maribor**

Oblikovanje, prelom,
priprava za tisk: GZS Združenje kovinske industrije, Ljubljana

Založnik: GZS Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo
in strojogradnjo, Ljubljana

Tisk: Birografika Bori d.o.o., Ljubljana

Naklada: 200 izvodov

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

621.753(082)

POLAJNAR, Andrej, 1944-

Trajnostni razvoj - pot iz krize / Andrej Polajnar, Branko
Bračko. - Ljubljana : GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za
orodjarstvo in strojogradnjo, 2009

ISBN 978-961-6666-28-2 (Gospodarska zbornica Slovenije)

1. Bračko, Branko

247642112

Programski svet meni, da je tematika prispevkov v skladu s cilji posvetovanja, ne odgovarja pa za noben podatek ali drugo informacijo, podano v zborniku

Naslov: **TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE**

Programski svet

- prof. dr. Andrej Polajnar, Fakulteta za strojništvo v Mariboru – predsednik
- Janez Poje, Kovinoplastika Lož, d.d., predsednik uprave, podpredsednik ISTMA
- Branko Bračko, Unior d.d., predsednik OO
- prof. dr. Jožef Duhovnik, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, dekan
- prof. dr. Jože Balič, Fakulteta za strojništvo v Mariboru, prodekan za raziskovalno dejavnost
- dr. Blaž Nardin, Gorenje Orodjarna, predsednik UO Združenja kovinske industrije
- mag. Janja Petkovšek, GZS – Združenje kovinske industrije, direktorica
- mag. Samo Hribar Milič, Gospodarska zbornica Slovenije, generalni direktor
- prof. dr. Janez Kopač, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani
- prof. dr. Miha Junkar, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani
- Vilijem Kern, Kern d.o.o., Hrpelje, direktor
- Urban Žargi, TCG UNITECH LTH, Škofja Loka
- dr. Gašper Gantar, TECOS Celje, direktor
- prof. dr. Slavko Dolinšek, Univerza na Primorskem - Fakulteta za management Koper
- prof. dr. Borut Kosec, Naravoslovno tehniška fakulteta – Oddelek za metalurgijo
- Željko Jokić, GZS – Združenje kovinske industrije
- Metka Habjan, Gospodarska zbornica Slovenije

Recenzijska skupina

- prof. dr. Andrej Polajnar, Fakulteta za strojništvo v Mariboru
- dr. Blaž Nardin, Gorenje Orodjarna, predsednik UO Združenja kovinske industrije
- prof. dr. Janez Kopač, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani
- prof. dr. Jože Balič, Fakulteta za strojništvo v Mariboru, prodekan za raziskovalno dejavnost

Organizatorji:

- GZS Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo, Ljubljana
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru
- Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

Predgovor

Veliko je napisanega v zvezi s trenutno in bližnjo gospodarsko situacijo oziroma pogoji poslovanja, ki jih moramo sprejeti kot novo dejstvo, ki nastaja in ostaja. Analize in napovedi posameznih strokovnjakov in etabliranih inštitucij, da je kriza prehodna, da bo obvladana v prvi polovici leta in da bo pomembno vlogo v rezultatu reševanja imela usklajena politika evropskih držav, se na žalost ne uresničujejo. Očitno je vsebina globlja, nam neznana in s tem časovno zahtevnejša, ko govorimo o pravih ukrepih.

Avtomobilska industrija kot primarni trg slovenske orodjarske industrije je posebej ohromljena in posledično se ta krč z bliskovito naglico širi na vse poddobaviteljske sektorje. Višek kapacitet, tako realnih kot drugih je v trenutku postal najbolj vroč problem, s katerim se dnevno spopadamo in ga projiciramo v kratkoročne projekcije uspeha poslovanja. Kaj storiti v smeri povečevanja lastne tržne aktualnosti, kako zadržati umski potencial ter kako izpeljati substančni del investicijskega procesa ob novih pogojih financiranja? Naša pretekla razmišljanja so bila vedno usmerjena v povečevanje in izboljševanje kvalitet in sposobnosti za rast obsega delovanja. Tisti, ki vedo, pravijo, da v novem času ne smemo toliko časa posvetiti tistemu, kar smo naredili in pogojem pod katerimi smo to naredili. Pravimo, da smo delali dobro, da zmoremo prepričati vse udeležence v našem poslovanju, da je branža priložnost in da je tehnološki napredek platforma srednjeročnega delovanja industrije.

Ob tem pa se moramo resno vprašati in si odgovoriti na vprašanje, koliko znamo in koliko smo pripravljeni po letih nenehne visoke rasti ukrepati v smeri uskladitve kapacitet in ukrepanja za ohranitev visokega razvojnega in tehnološkega potenciala, ki smo ga v naši branži gradili zadnji dve desetletji. Po vsaki krizi pride ponovna konjunktura in takrat moramo biti zopet v popolni kondiciji, da bomo ponovno vzdržali 24-urno tekmo 365 dni v letu.

Nujno je, da v tem mrtvem obdobju posvetimo vso pozornost inteligentnemu oblikovanju orodjarske dejavnosti, ki mora upoštevati raziskave in razvoj proizvodnje v smeri rasti trga. Te raziskave se kažejo v štirih glavnih področjih:

1. **Proizvajanje z učinkovito rabo energije** – razvoj inteligentnih visoko sposobnih izdelkov, zmanjševanje porabe virov, vzpodbujanje lahke gradnje, nadaljnje razvijanje high-tech vlaken za izdelavo;
2. **Raziskovanje in razvoj v mrežnih povezavah** – mrežne povezave v industriji, internacionalizacija raziskovalnih mrežnih povezav, upravljanje high-tech mrežnih povezav;
3. **Proizvodnja po želji kupca** (dvigovanje prožnosti, individualnosti in agilnosti – individualnost trgov, R & R praktično naravnano, sposobnost hitrega prilagajanja proizvodnje, doseganje individualnosti izdelkov na osnovi cene masovnih izdelkov);

4. **Razvijanje novih proizvodnih konceptov** – novi proizvodni koncepti, vitko inoviranje, kompleksnost narediti obvladljivo, načrtovanje in vodenje naročil v individualizirani proizvodnji, roadmapping tehnologije, sprejeta kakovost, hibridne ponudbe izdelkov in storitev, proizvodnja v državah z visokimi osebnimi dohodki.

31. posvetovanje orodjarjev je priložnost, da se posvetujemo o stanju in ukrepih ter predvsem, da govorimo o uspehih in priložnostih. Danes je nujno povečevati pozitivne informacije in se postaviti na stran tistih, ki gledamo čez sedlo krize. Privoščimo si vizijo in sanje v naši orodjarski dejavnosti.

Dobrodošli v Portorožu!

Janez POJE
KOVINOPLASTIKA Lož, d.d.



red. prof.dr. Andrej POLAJNAR
Univerza v Mariboru
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO



Branko Bračko
predsednik Odbora za orodjarstvo



VSEBINA

TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE

TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE	15
Andrej POLAJNAR Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	

Inovacija ali imitacija v razvoju managerjev in vodij?	20
Brane GRUBAN ABC	

KOVINSKOPREDELOVALNA INDUSTRIJA IN BANKE V FINANČNI KRIZI... 31	
Igor MASTEN Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta	

AKTUALNE RAZMERE V GOSPODARSTVU	39
Samo HRIBAR MILIČ Gospodarska zbornica Slovenije	

RAZVOJNI PROCES V GOORENJU	41
Boštjan PEČNIK Gorenje	

UČINKOVITI SISTEMI UPRAVLJANJA

PLANIRANJE, RAZPOREJANJE – NUJA ALI PRILOŽNOST?	53
Maks TUTA Kolektor Sinabit, d.o.o	

INOVACIJSKA MOČ SLOVENSКИH ORODJARN	59
Marjan LEBER, Iztok PALČIČ, Borut BUCHMEISTER, Andrej POLAJNAR Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	

NOVA IZDAJA KNJIGE JEKLA IN ŽELEZOVE LITINE	63
Ladislav KOSEC	

MOŽNOSTI UPORABE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V PROIZVODNJI IN ORODJARNAH	
Bogomir MURŠEC, Peter VINDIŠ Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede	

PRESTRUKTURIRANJE V SMERI VIŠJIH TEHNOLOGIJ	71
Franci ČUŠ ¹ , Valentina GEČEVSKA ² , Ivica VEŽA ³ ¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, ² University »St. Cyril and Methodius« Skopje ³ University of Split	

OBVLADOVANJE PORABE VIROV SKOZI ŽIVLJENJSKI CIKEL NAMENSKEGA IZDELOVALNEGA ORODJA	77
--	----

Gašper GANTAR
TECOS – Razvojni center orodjarstva Slovenije

UPORABA METODOLOGIJE 6 SIGMA V PROIZVODNEM PODJETJU	81
Nataša VUJICA HERZOG ¹ , Alenka PLEČKO ² , Andrej POLAJNAR ¹ , Iztok PALČIČ ¹	
¹ Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	
² Flenco d.o.o., Rogozniška cesta 14, 2250 Ptuj	

UPORABA NABAVNO-PRODAJNEGA SPLETNEGA PORTALA PRI OSKRBI PROIZVODNIH PODJETIJ	87
Marko JELOVČAN, Tomaž BREZAR	
ISOTECH	

VEČPARAMETRSKA ANALIZA KOT UČINKOVITEJŠE ORODJE RAZVOJA IZDELKOV	95
Tomaž KOSTANJEVEC ¹ , Andrej POLAJNAR ² , Metka KOSTANJEVEC ³	
¹ Plinko Kostanjevec d. o. o.,	
² Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo Maribor,	
³ Prva gimnazija Maribor	
Baltazar REŽABEK ¹ , Mirko SOKOVIČ ²	
¹ Comet d.o.o., Zreče, ² Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	

INTELIGENTNI TEHNOLOŠKI SISTEMI

CNC KRMILNIK ZA »STEP BY STEP« POSTOPKE FREZANJA ORODIJ ZA IZTISKOVANJE ALUMINIJEVIH ZLITIN	109
Jože BALIČ, Simon KOVAČIČ, Jože JAVORNIK	
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; KALDERA	

DEFORMACIJA PLOČEVINE MED MEHANSKO OBDELAVO	115
Damir ČESNIK ¹ Milan BIZJAK ² , Vitoslav BRATUŠ ¹	
¹ Hidria Inštitut za Materiale in Tehnologije d.o.o., ² Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani	

MODELIRANJE LASTNOSTI PREOBLIKOVANEGA MATERIALA Z METODO GENETSKEGA PROGRAMIRANJA	121
Leo GUSEL, Miran BREZOČNIK	
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	

NIZKOTEMPERATURNE TRDE ZAŠČITNE CrN-PREVLEKE	125
Peter PANJAN, Miha ČEKADA, Matjaž PANJAN,	
Srečko PASKVALE, Darja KEK MERL	
Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija	

OPTIČNO DOLOČANJE NIČELNE TOČKE OBDELOVANCA NA CNC STROJU	130
Simon KLANČNIK, Jože BALIČ, Niko ROZMAN, Ivo PAHOLE, Mirko FICKO, Simon BREZOVNIK	
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	

OPTIMIRANJE IN ADAPTIVNO VODENJE PROCESOV ODREZAVANJA Z NEVRONSKIMI MREŽAMI	136
Uroš ŽUPERL, Franci ČUŠ Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
PALETIZACIJA V FLEKSIBILNI PROIZVODNJI - PRIMER PC ORODJARNE V KOVINOPLASTIKI LOŽ D.D.	142
Marijan MERHAR ¹ , Marjan DOBOVŠEK ² , Jure DOBOVŠEK ² ¹ PC Orodjarna Kovinoplastika Lož d.d. ² Vpenjalni sistemi, d. o. o.	
PRIMERJAVA EBM IN SLM TEHNOLOGIJ ZA IZDELAVO LOBANJSKIH VSADKOV	148
Urška KOSTEVŠEK, Žiga KADIVNIK, Lovro KRAJNC, Tomaž BRAJLIH, Bogdan VALENTAN, Jožef PREDAN, Bojan AČKO, Igor DRSTVENŠEK	
RAZLIČNE METODE MERJENJA NOTRANJIH PREMEROV	154
Tadej TASIČ, Bojan AČKO, Andrej GODINA, Tomaž BRAJLIH, Jakob ŽILJCOV, Miran MILFELNER Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
STRATEGIJA IZDELAVE 3D ORODIJ	158
Janez KOPAČ, Milan BALAŽIC, Oliver LESKOVŠEK Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; LABOD	
UTRJEVANJE ALUMINIJEVIH ZLITIN S KVAZIKRISTALNIMI FAZAMI.....	164
Niko ROZMAN, Simon KLANČNIK, Franc ZUPANIČ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	
ZASNOVA IN IZVEDBA CNC OBDELOVANEGA STROJA ZA MODELARSKÉ NAMENE	168
Ivo PAHOLE, Luka RATAJ, Simon KLANČNIK, Mirko FICKO, Simon BREZOVNIK, Jože BALIČ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	
KALIBRACIJA MERIL.....	164
Primož HAFNER LOTRIČ d.o.o.	
PROBLEMATIKA PREOBLIKOVANJA TANKE PLOČEVINE IN UPORABA HIDRAVLIKE V ORODJIH	180
Igor STROPNIK, Blaž NARDIN Gorenje Orodjarna d.o.o.	
PREIZKUS FREZAL IZ KARBIDNE TRDINE PRI OBDELAVI HARDOX JEKLA.....	184
Simon ŽELEZNIK ¹ , Mirko SOKOVIČ ² ¹ Cajhen rezilna orodja d.o.o., Laško, ² Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	

Seznam avtorjev prispevkov zbornika posvetovanja ORODJARSTVO 2009

A

AČKO Bojan 148, 154

B

BALAŽIC Milan 158
BALIČ Jože 109, 130, 168
BIZJAK Milan 115
BRAJLIH Tomaž 148, 154
BRATUŠ Vitoslav 115
BREZAR Tomaž 87
BREZOČNIK Miran 121
BREZOVNIK Simon 130, 168
BUCHMEISTER Borut 59

Č

ČEKADA Miha 125
ČESNIK Damir 115
ČUŠ Franci 71, 136

D

DOBOVŠEK Jure 142
DOBOVŠEK Marjan 142
DRSTVENŠEK Igor 148

F

FICKO Mirko 130, 168

G

GANTAR Gašper 77
GEČEVSKA Valentina 71
GODINA Andrej 154
GRUBAN Brane 20
GUSEL Leo 121

H

HAFNER Primož 176
HRIBAR MILIČ Samo 39

J

JAVORNIK Jože 109
JELOVČAN Marko 87
JOCIĆ Boris 63

K

KADIVNIK Žiga 148
KEK MERL Darja 125
KLANČNIK Simon 130, 164, 168
KOPAČ Janez 158
KOSEC Ladislav 63
KOSTANJEVEC Metka 95
KOSTANJEVEC Tomaž 95
KOSTEVŠEK Urška 148
KOVAČIČ Simon 109
KRAJNC Lovro 148

L

LEBER Marjan 59
LESKOVŠEK Oliver 158

M

MASTEN Igor 31
MERHAR Marijan 142
MILFELNER Miran 154
MURŠEC Bogomir 67

N

NARDIN Blaž 180

P

PAHOLE Ivo 130, 168
PALČIČ Andrej 81
PALČIČ Iztok 59
PANJAN Matjaž 125
PANJAN Peter 125
PASKVALE Srečko 125
PEČNIK Boštjan 41
PLEČKO Alenka 81
POLAJNAR Andrej 15, 59, 81, 95
PREDAN Jožef 148

R

RATAJ Luka 168
REŽABEK Baltazar 101
ROZMAN Niko 130, 164

S

SOKOVIĆ Mirko 101, 184

STROPNIK Igor..... 180

T

TASIČ Tadej..... 154

TUTA Maks..... 53

V

VALENTAN Bogdan..... 148

VEŽA Ivica..... 71

VINDIŠ Peter..... 67

VUJICA HERZOG Nataša..... 81

Z

ZUPANIČ Franc..... 164

Ž

ŽELEZNIK Simon..... 184

ŽILJCOV Jakob..... 154

ŽUPERL Uroš..... 136

**TRAJNOSTNI RAZVOJ –
POT IZ KRIZE**

TRAJNOSTNI RAZVOJ – POT IZ KRIZE

Andrej POLAJNAR

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

V članku je predstavljen problem nastanka krize in možno ukrepanje podjetja v času krize, kakšno naj bo vodenje podjetja v času krize in kakšne raziskave naj izvajamo v času krize in tudi sicer..

1. ZAKAJ JE KRIZA DOBRA ZA MENEDŽMENT?

Podjetja se soočajo z nemirom in negotovostjo, ko se srečajo z globalno finančno krizo, krizo, ki je dobra ali slaba za podjetja?

Ljudje se na splošno bojijo sprememb, predvsem velikih in nepričakovanih; vendar priložnost je skrita v krizi za tista podjetja, ki so se pripravila na njo. Torej, je kriza dobra ali slaba?

Pa poiščimo odgovor na to vprašanje v obliki zgloda iz vsakdanjega življenja.

Starši so nas pogosto svarili, da naj po vroči kopeli ne gremo ven, če je zunaj vetrovno. Bali so se, da bi se zunaj prehladili. Vendar pa se ljudje na Finskem sproščajo in potijo v savni, nakar se povaljajo v mrzlem snegu. Pri tem ne zbolijo, vendar jih to poživi.

Nekateri ljudje v Sibiriji, celo priletni, skopljejo luknjo v led na jezeru ali reki, nakar se v ledeni vodi okopajo, pa pri tem ne zbolijo. Če bi to storili mi, bi dobili pljučnico ali kaj lahko bi prišla tudi smrt.

Zakaj take ekstremne spremembe nekatere poživijo, druge pa ogrožajo?

Vzrok boleznim ni ne veter ne ledena voda, ampak nepripravljenost na spremembo. Ta fenomen velja tudi za podjetja. Podjetja, ki so pripravljena na spremembe, jih le-te poživijo, tista, ki pa ne tvegajo, pa propadejo. To je Darwinova teorija evolucije [1].

Naslednji zgled. V nekem obdobju je bil predsednik družbe Porsche Peter Schulz. V njegovem prvem mandatu predsednika družbe se mu je zgodilo nekaj zanimivega. Po prevzemu funkcije je obiskal vsak oddelek v družbi, da bi se predstavil in spoznal sodelavce. V tehničnem oddelku je vprašal, če Porsche tekmuje v Le Mansu, ki je najpomembnejše dirkališče za vsakega proizvajalca športnih avtomobilov. Odgovorili so mu, da ne. Ker pa je Porsche vodilni proizvajalec avtomobilov v industriji športnih avtomobilov, jim je Peter dal izziv: Skonstruirajte avto, ki bo tekmoval in zmagal v Le Mansu. Inženirji so izziv sprejeli resno. Delali so pridno kot mravlje dan in noč. Oblikovali so motor in dirkalnik, ga testirali in v Le Mansu zmagali.

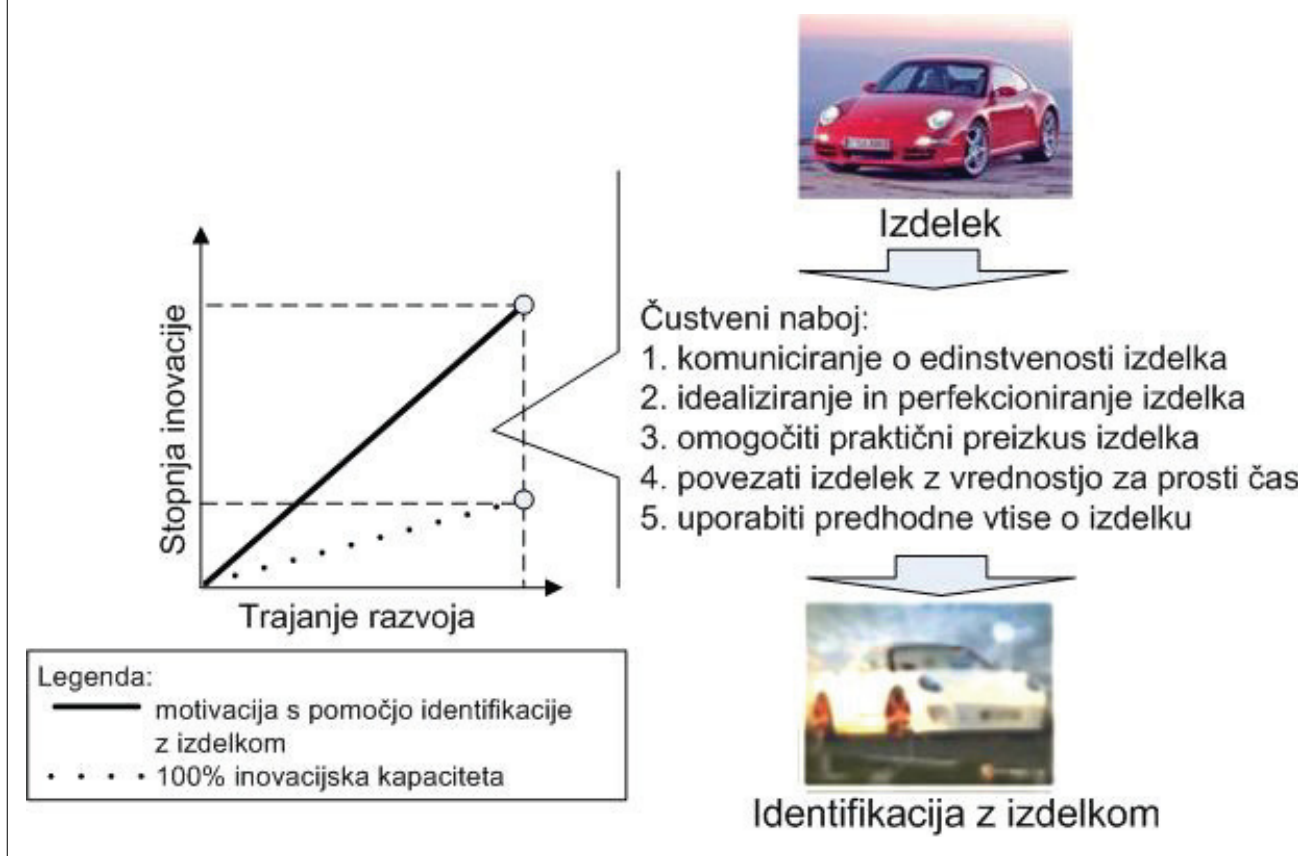
Sledila je velika proslava in veselje, ki pa je trajalo le kratek čas. Komite za dirke v Le Mansu je nepričakovano spremenil pravila za disko v naslednjem letu. In Porschejevi inženirji so morali ponovno začeti z začetka. Človek bi pričakoval, da je morala padla, Peter pa je bil drugačnega mnenja, rekoč: Srečni moramo biti, da so spremenili pravila, saj jih niso spremenili le za nas, ampak za vse. Kdo bo zdaj zmagal, kdo bo uspel? Tisti, ki hitreje in bolj učinkovito obvladuje spremembe. Šibki bodo propadli.

Ob pripovedovanju tega primera je Peter Schulz zaključil: **ČE NI NOBENE SPREMEMBE, POVPREČNOST DOHITI NAJ-USPEŠNEJŠE.**

Sprememba omogoča, da prehitiš tekmovalce.

Sprememba je lahko poživljajoča za močne. Sprememba da močnim priložnost, da lahko ugotovimo, da vse probleme vseh velikosti povzroča dezintegracija (razpad), ki izvira iz

Se še spomnite članka iz ORODJARSTVA 2008 – Organizacija kot gonilo poslovnih izboljšav, ko sem zapisal v Zgodnjem strukturiranju sistematike vitkega inoviranja [2], da je v firmi Porsche vodilni motiv »inženir«, ki je navdušen nad tehniko, natančnostjo, obliko, močjo, zmožnostjo in potovalnim užitek pri avtomobilu Porsche? Identifikacija z izdelkom kot osrednjim motivatorjem za inovacijski menedžment (slika 1).



Slika 1: Dvig stopnje inovacije z motivacijo sodelavcev

prehitijo šibke in bolne.

Sprememba je najboljši zaveznik, če si nanjo pripravljen.

Kako se lahko pripravimo na neizogibne spremembe, s katerimi se bo podjetje soočilo?

Najprej moramo razumeti, kaj se zgodi, če se pojavi sprememba. Podjetje je sistem in po definiciji je vsak sistem sestavljen iz pod-sistemov. Če se pojavi zunanja sistemska sprememba, se notranji organizacijski podsistemi ne spreminjajo sinhrono; nekateri se spreminjajo hitreje, drugi počasneje. Te razlike se odražajo v obliki problemov in če ti problemi ogrožajo preživetje podjetja, jih označimo kot krizo. Zato

spremembe.

In kakšna je potem terapija? Integracija! Čim bolj je organizem integriran, v našem primeru podjetje, tem lažje preživi spremembo.

Podjetje ne sme čakati na krizo pred integracijo. Simulira naj različne scenarije in identificira probleme glede reševanja teh problemov, preden se kriza pojavi. Ko se sprememba ali kriza pojavi, v podjetju ne bo panike, ker bo na to pripravljeno kot del svojega dela. Vojska večkrat izvaja take manevre.

Nekatera podjetja izvajajo manevre za primer potresne ali požarne pripravljenosti. Ampak, kaj pa pripravljenost na zlom likvidnosti, veliko

inflacijo ali recesijo? Kaj bi naj podjetje naredilo na višku krize?

Zopet primer iz življenja:

Nekateri ljudje s prekomerno težo se podvržejo liposukciji, da bi se izognili srčnemu napadu, ampak, če ne spremenijo svojih prehranjevalnih navad, se srčni napad kljub temu kmalu pojavi.

Podjetja, ki prestajajo krizo, odpuščajo določen procent zaposlenih kot organizacijsko liposukcijo. Številke se izboljšajo, ampak ali je organizem zdrav? Zakaj niso bili ti neproduktivni sodelavci odpuščeni že pred krizo? Zakaj ni žrtev srčnega napada nadzorovala svoje teže že pred napadom?

»Ampak zmanjšalo se je povpraševanje. Ne potrebujemo več toliko ljudi«, bi lahko kdo rekel.

Torej, predpostavimo, da ste bili varčni in stiskaški in da so vsi vaši zaposleni idealno učinkoviti. Če jih odпустite, čemu je to analogno? Odpuščanje dobrih ljudi ni izrezovanje maščobe, ampak rezanje mišic organizma.

Predpostavimo, da imate prvovrstne stroje v proizvodnji, ampak povpraševanje se zmanjša. Ali boste prodali 20 % strojev ali jih imeli neizkoriščene, dokler se povpraševanje ne izboljša? Prodaja nekaj strojev, ponovna nabava in njihova reintegracija za ponovno uporabo je mnogo enostavnejša od odpuščanja dobrih ljudi, ponovnega zaposlovanja in ponovne reintegracije. Za to so potrebni čas in viri, da najdemo in asimiliramo dobre ljudi v kulturo podjetja.

Kaj torej?

Če opravljamo sezonski posel, pošljimo zaposlene na dopust brez plačila (na čakanje), da prebrodi podjetje to krizo. Ljudje bodo raje vzeli manj prihodka (manjši zaradi čakanja brez plačila) kot nobenega.

V času krize ohrani svoje prednosti. Ne razmetavaj (zapravlaj) z njimi.

2. KAKŠNO MORA BITI VODENJE PODJETJA, ŠE POSEBEJ V KRIZI?

Nihče ne more biti vedno na vsako temo in v vsaki situaciji vodilen.

Vsako človeško bitje ima svoje prednosti in svoje slabosti. Menedžersko delo, delo voditi

organizacijo, narediti organizacijo uspešno in učinkovito na kratek in dolgi rok ter zdravo, je preveč zapleteno za vsakega posameznika. Torej, kaj potrebujemo? Potrebujemo dopolnjujoč tim.

Med seboj smo si različni. Toda srž problema je: potrebujemo drug drugega, vendar se ne maramo. Zaradi česa? Zato, ker smo različni, različno razmišljamo, imamo različne potrebe, različna pričakovanja, različne načine sprejemanja odločitev. Vse to pa povzroča veliko konfliktov. Kaj naj sedaj naredimo? Kdo je vodja? Kaj pomeni biti vodja? Vidite, dlan ima pet različnih prstov. In mi potrebujemo teh pet različnih prstov v takšnem zaporedju kot so, da dobimo dlan. Kajti vsak prst ima drugačno vlogo. Če bi imeli na roki pet kazalcev ali bi imeli uporabno – dobro dlan? Kazalec je najboljši prst, kar jih je. Ne! Ne bi imeli dobre dlani. Kajti s tem prstom počnemo stvari, ki jih z drugim prstom ne zmoremo.

Ob neki priložnosti je Adizes [3] povedal, da se dlani, če ima vseh pet prstov iztegnjenih skupaj, na Bližnjem vzhodu reče »a hamsa«. Kar pomeni blagoslov. Če je pet prstov iztegnjenih, vendar razprtih, je to psovka. Torej, če nekomu pred obraz nastaviš dlan z razprtimi petimi prsti, ga pravzaprav preklinjaš. Kaj je razlika med blagoslovom in prekletstvom? Najverjetneje par centimetrov. Ali smo različni in skupaj, kot pest? To je blagoslov. Ali smo različni in narazen? To je prekletstvo. Kakšna je potem vloga voditeljstva? Kateri prst je najpomembnejši? Palec! Zaradi tega, ker ta palec dela dlan. Zato, ker je palec edini prst, ki sodeluje (se lahko dotika blazinic vseh ostalih prstov) z vsemi drugimi. Če nimaš palca, nimaš dlani. Če se v kakšni nesreči izgubi palec, vam bo kirurg zlomil zdrav prst, da bi ga prišil na mesto palca, tako da bi lahko imeli dlan. Biti vodja je biti palec. Doseže, da delamo skupaj.

Veliko ljudi misli, da je vodenje prst – kazalec. Z njim kažejo okoli in pravijo: naredi to, naredi ono. Na ta način govorijo ljudem, kaj naj delajo. Ni dvoma, tudi to je vodenje. Vendar mimogrede, ta način je primeren samo za začetek delovanja (podjetja), pod velikim časovnim pritiskom ali v rizični situaciji. Nekdo mora reči: »Nehajte govoriti. Čas je predrag. Cena časa je

višja, kot vrednost tega, kar bomo dobili. Naredi nekaj. Bodimo raje približno točni, kakor natančni narobe«. To je v redu, to je vodenje. Toda za vodilno organizacijo, ki ni v krizi in je v normalni situaciji, je vodenje palec. Pridobiti različne ljudi, da delajo skupaj. Da se medsebojno oplemenitijo, da s svojimi različnimi pogledi in mnenji dosežejo drug drugega.

Je kakor skupina slepih ljudi, ki opisujejo slona. Vsak »vidi« del, ali ga otipa. Z medsebojno komunikacijo lahko dobijo celotno sliko. To potrebujemo v menedžmentu. Nihče od nas ni vsemogočen, nihče od nas ne more narediti vsega. Kar resnično potrebujemo, je, da delamo drug z drugim, da dopolnjujemo drug drugega; kajti celota je močnejša od delov. Kako vodja to doseže? Kako doseže, da razlike delajo skupaj? Ugotovili smo, kaj je razlika med tvornim in rušilnim konfliktom. Zaradi česa nekateri konflikti končajo, kot: »ne morem te več prenašati« sindrom ali »ne morem delati s teboj«. To je zelo rušilno, krade nam energijo, ne zmoremo več. Zaradi česa pa v drugačni situaciji konflikt lahko pomeni rast, napredek? Počutite se okrepljeni, poživljeni, navdušeni, naučili ste se nekaj. Cenite drugačnost, cenite to, kar ste se naučili. Obstaja še en izrek, ki pravi: »Če vsi ljudje mislijo enako, pravzaprav nihče od njih ne razmišlja kaj dosti«. Ko pridete na sestanek in vsi pravijo: »aha, aha, se strinjam, se strinjam, nihče od njih ne razmišlja kaj dosti. Kdaj začnete razmišljati? Takrat, ko se ljudje ne strinjajo z nami, takrat iščemo argumente.

Nekatere etnične skupine so izredno pametne. Vendar se neprestano medsebojno izzivajo, neprestano se ne strinjajo druga z drugo. Če se ljudje ne strinjajo, tedaj intenzivneje razmišljajo. Toda kako uskladiti, da nestrinjanje in intenzivno razmišljanje ne bi bilo izčrpljujoče, razdiralno, nefunkcionalno? Imeti kulturo medsebojnega zaupanja in spoštovanja.

Kaj pomeni medsebojno spoštovanje? To ni, kako prijazno govoriš, kako se smehljaš, poslušaj in gledaj v oči. Nekateri ljudi si želiš kar ubiti. Ti govorijo zelo prijazno, toda za tem vidiš velike zobe. Kot profesor na fakulteti, sem to doživel na sestankih. Ko je kdo začel sestanek in rekel: »Ali se smem ne strinjati z mojim spoštovanim

kolegom?« Takoj si vedel, da ta fant vleče nož, s katerim te bo zabodel. Torej, to ni v tonu glasu. To pomaga, vendar to ni to. To ni bistvo. Filozof Emmanuel Kant je zapisal: »Spoštovanje pomeni, **pripoznati** suverenost druge osebe, da je drugačna«. Kaj pomeni suverenost? Nesporna pravica druge osebe razmišljati drugače. Kdaj drugemu pokažemo spoštovanje? Ko rečemo: »Le kako lahko razmišljaš tako? Kako lahko sploh kaj takega rečeš? To je neumno. To je popolnoma neprimerno!« S tem drugi osebi pravzaprav sporočamo: »Ne drzni si razmišljati drugače. Misliti moraš tako kot jaz«. Tako kažemo nespoštovanje. Spoštovanje pomeni sprejeti, da ima druga oseba pravico razmišljati drugače. To ne pomeni, da se moraš z njim tudi strinjati, toda daš mu prostor, da razmišlja drugače. To je spoštovanje.

Kaj je zaupanje? Zaupanje ni sinonim s spoštovanjem. Večina ljudi misli: »To je eno in isto«. Vendar ni. Zaupanje je, ko verjameš, da nosi druga oseba tvoje interese v svojem srcu. Zaupaš ljudem, s katerimi si deliš interese. Ko nekemu, ki mu zaupaš, si lahko tudi obrnjen s hrbtom proti njemu. To pa zaradi tega, ker če imava skupne interese, in me zabode, pravzaprav zabode samega sebe. To pomeni imeti moj interes v tvojem srcu. Ljudje te ne bodo ranili, ker če bi ranili tebe, bi s tem ranili tudi sebe. Zaupam ljudem, s katerimi imamo skupne interese. Spoštujem ljudi, od katerih se učim.

Če dva razmišljata enako ali podobno, potem je eden od njih nepotreben. Zaradi česa je potrebna ta druga oseba? Torej kaj pomeni biti vodja? Vodja mora pripraviti različne prste, delati skupaj kakor dlan. Vodja mora doseči, da razlike delajo sinergično, tako da se lahko drugi dosežejo skupaj z našimi razlikami, da se učimo drug od drugega. Kako vodja to doseže? S kreiranjem, ustvarjanjem in negovanjem kulture medsebojnega zaupanja in spoštovanja. Tako se vzgajajo tudi otroci in ti so različni. Kako narediš družino iz različnih stilov? Vi in vaš zakonec sta različna, otroci so različni – to je lahko zmeda. Kako iz tega narediti družino? Mora biti medsebojno zaupanje in spoštovanje. Moramo spoštovati naše razlike in kot družina moramo deliti skupine

interese. Isto velja za podjetje, organizacijo, družbo, pa tudi za državo ...«.

3. RAZISKAVE IN RAZVOJ PROIZVODNJE V SMERI RASTI TRGA

Krizni čas, ki ga preživljamo, ni samo premišljevanje in ukrepanje, kako se izkoptati iz krize, ampak je tudi zelo primeren čas za prevetrenje orodjarske dejavnosti in tudi drugih dejavnosti v kovinsko-predelovalni industriji in ustvarjanje inteligentnega oblikovanja orodjarske in druge industrijske dejavnosti. Ta mora upoštevati raziskave in razvoj proizvodnje v smeri rasti trga. Pri tem lahko izpostavimo štiri glavna področja: proizvodjanje z učinkovito rabo energije, raziskovanje in razvoj v mrežnih povezavah, proizvodnja po želji kupca in razvijanje novih proizvodnih konceptov [4]. Veliko od tega je bilo predstavljeno in povedano na zadnjih osmih posvetovanjih ORODJARSTVA. Zato bomo v tem poglavju samo izpostavili in našteali bistvene raziskave.

3.1 Proizvajanje z učinkovito rabo energije

Tu moramo izpostaviti:

- razvoj inteligentnih visoko sposobnih izdelkov,
- zmanjševati porabo virov,
- vzpodbujati lahke gradnje,
- nadaljnje razvijanje »high-tech« vlaken za izdelavo.

3.2 Raziskave in razvoj v mrežnih organizacijah

Te raziskave se kažejo v:

- mrežnih povezavah v industriji,
- internacionalizaciji raziskovalnih mrežnih povezav,
- upravljanju »high-tech« mrežnih povezav.

3.3 Proizvodnja po želji kupca

Nekdanji izrek, da je kupec kralj, velja tudi danes. Zato moramo naše delovanje naravnati na:

- dvigovanje prožnosti, individualnosti in agilnosti – individualnost trgov,
- R&R morajo biti praktične,
- sposobnost hitrega prilagajanja proizvodnje,
- doseganje individualnosti izdelkov na osnovi cene masovnih izdelkov.

3.4 Razvijanje novih proizvodnih konceptov

V zadnjih dvajsetih letih je bilo razvitih zelo veliko proizvodnih konceptov, strategij, filozofij. Tu bi izpostavili naslednje:

- vitko inoviranje,
- kompleksnost narediti obvladljivo,
- načrtovanje in vodenje naročil v individualizirani proizvodnji,
- »roadmapping« tehnologije,
- sprejeta kakovost,
- hibridne ponudbe izdelkov in storitev,
- proizvodnja v državah z visokimi osebnimi dohodki.

4. SKLEP

V zelo aktualnem naslovu posvetovanja – Trajnostni razvoj – pot iz krize, ki sem ga prevzel tudi za naslov članka, sem na nekaj zgledih iz vsakdanjega življenja in prakse poskušal opozoriti na možne ukrepe v podjetju v času krize, nato kakšno naj bo vodenje podjetja v času krize in tudi sicer, in kako bi bilo pametno izrabiti krizni čas za inteligentno oblikovanje orodjarske dejavnosti z upoštevanjem raziskav in razvoja proizvodnje v smeri rasti trga.

Literatura

- [1] Adizes I. K.: Why Crisis is Good for Management?, Adizes Institute, Carpinteria CA USA, 2008
- [2] Polajnar A.: Organizacija kot gonilo poslovnih izboljšav, Zbornik 30. posvetovanja ORODJARSTVO 2008, Portorož 2008
- [3] Adizes I. K.: What is a Leader? Adizes Institute, Carpinteria CA USA, 2009
- [4] Bullinger H. J.: Forschung und Entwicklung in der Produktion-Kernkompetenz für Marktwachstum, AWK Aachener Werkzeugmaschinen Kolloquium 08, Apprimus Verlag Aachen, 2008

Individualni vedenjski coaching (IVC) v nekaj prizorih osebne zgodbe:
INOVACIJA ALI IMITACIJA V RAZVOJU MANAGERJEV IN VODIJ?

Brane GRUBAN
ABC

*Coaching deluje! O tem, ob kar 500% stopnji rasti panoge po letu 1990, navsezadnje tudi ne more biti posebej resnega dvoma. Razlog za razcvet? Očitno spoznanje, da klasično izobraževanje pogosto ponuja prepočasne učinke, ne zagotavlja prepotrebnih vedenjskih sprememb in navsezadnje tudi ne omogoča prepotrebnega ponotranjenja izobraževalnih vsebin! Vse to omogoča le...coaching! V številnih korporacijah po svetu (npr. IBM) so celo izraz **vodja** pričeli nadomeščati z nazivom **coach**! Razlog temu je preprost: na eni strani želijo poudariti nov profil današnjega sodobnega vodje, ki ne more več funkcionirati brez posebnih kompetenc coachinga! Tem vodjem zato želijo dodati formalno novo designacijo, nov naziv: coach! Na drugi strani pa želijo poudariti prestižnost in pomembnost položaja teh vodij v organizaciji. Seveda pa poimenovanja sama po sebi še zdaleč niso dovolj! Celoten proces terja velikansko preobrazbo organizacijske kulture in s tem povezanega slovesa "terminator sloga managementa", ki je nesporno postal največja ovira večji zavzetosti zaposlenih in ga zato že opazno nadomešča MBC (Management By Coaching)! Vseeno pa je dejstvo, da je ta razmeroma nova disciplina poimenovana še vedno z izvornim angleškim izrazom coaching, na precejšnjem prepihu in pred številnimi izzivi ter spremembami! Te bodo morali zlasti znati nasloviti tisti (pre)številni akterji, ki preveč zlahka in lahkomisleno vstopajo v posvečene svetovalske segmente, kjer so vstopne ovire in pragovi očitno prenizki! S precejšnjo mero cinizma bi lahko celo pritrtili misli poznavalca, ki coaching poimenuje kot "vmesno dejavnost posameznika med dvema službama" ali kot prikladno nadomestilo za... nezaposlenost!? Sposodimo si Murphyjev zakon... preden se lotite česar koli, se morate prej lotiti še nečesa drugega! Tudi s coachingom je tako... a česa se torej pri coachingu lotiti prej, da bi lahko računali na uspeh?*

Sedim v močvirju in razmišljam

O vsem tem premišljam, ko sedim v prestižnem ljubljanskem gostinskem lokalu, ki velja za zbirališče poslovne (in marsikatero druge!) elite in kjer čakam na poslovno kosilo z Andrejem, mladim diplomiranim inženirjem računalništva in MBA diplomantom, ki mu bo v kratkem, po večletni uspešni karieri direktorja razvoja v hitro rastoči slovenski podjetniški gazeli, zaupano odgovorno mesto enega od dveh članov Uprave v podjetju velike multinacionalke. Vrvež v restavraciji se je ob tej rani popoldanski uri šele začel in tako si lahko privoščim še nekaj hitrih premislekov...Na mizi pred mano so zbrane prve beležke o Andreju, ki ga lastnik družbe, velika mednarodna korporacija, želi pospešeno usposobiti za to, povsem novo vlogo. Prejšnji teden se je prijazno odzval na moj predlog, da vnaprej izpolni nekatere diagnostične teste o svojem kompetenčnem profilu. Izkazalo se je, da je njegov psihometrični profil ESTJ po t.i. MBTI (Myers-Briggsov tipski indikator) vprašalniku, da ga po motivacijskem profilu zaznamuje ta moč in denarne spodbude, njegov profil za delo v timu je tehnik- specialist (po t.i. Belbinovem testu). Komunikacijski test ga prikazuje kot "borca", ki ga sodelavci utegnejo pogosto zaznati kot arogantnega, agresivnega in brezkompromisnega. Zanimiv je tudi njegov

profil reševanja konfliktnih okoliščin - t.i. Thomas Killmanov test kaže, da ga še posebej zaznamuje tekmovalnost, pri situacijskem slogu vodenja pa se je izkazalo da (pre)rad zaupa in prisega na ukazovalno-direktivni slog vodenja!

Priranje sloga coachinga osebnostnim značilnostim

Osebnostne preference tako coacha kot tistih, ki so deležni coachinga, so dragoceno izhodišče za snovanje medsebojne kemije. Med številnimi tržno dosegljivimi psihometričnimi orodji je tipologija MBTI, ki opisuje osebnostne značilnosti posameznikov na pozitiven način, ki ne ogroža ali izpostavlja posameznika - ta zgolj spoznava svoje prednosti ob sočasnem prepoznavanju osebnostnih tipov, ki se od njegovega lahko tudi bistveno razlikujejo! Čeprav MBTI inštrument razvit že leta 1962 ne pokriva prav vseh razsežnosti osebnosti (recimo inteligence, nevrotičnosti, samozaupanja, ipd.), je dragoceno orodje za razumevanje dinamike medsebojnih odnosov.

Moje poznavanje lastnega MBTI profila (ISTJ) in Andrejevega (ESTJ) mi omogoča vpogled v najine podobnosti in razlike ter zagotavlja modro prilagajanje coaching sloga njegovim osebnostnim preferencam. Tako vem, da si bo Andrej želel več časa za debate, dajal prednost hitremu odzivanju pred počasno analitiko, da ga okupira sedanjost in realnost preden se je pripravljen prepustiti debatam o novem in o prihodnosti. Njegov ESTJ profil kliče po adaptaciji znanega GROW modela coachinga, navsezadnje pa si bo zaradi tistega T v svojem ESTJ profilu želel tudi sam veliko vedeti o procesu coachinga, tehnikah, modelih! Prav zato tudi ne bo pripravljen kar tako in sam od sebe razkrivati čustva - zelo verjetno je tudi, da mu bo bolj ustrezen strukturiran in ciljno naravnan coaching proces in ga bo potrebno precej spodbujati k preučevanju možnih alternativ pred končnimi odločitvami.

Nesporno pa so v poslovnem okolju osebnostni profili, kot je Andrejev (ESTJ), precej pogosti in zanje velja, da se morajo bolje zavedati kakšne spremembe bi bile primerne v njihovem vedenju in ravnanju s sodelavci, da bi znali nanje bolje vplivati, z njimi učinkoviteje komunicirati, obvladovati konflikte ali pa jih motivirati! Razumeti bo moral, da njegovi sodelavci utegnejo funkcionirati bolje, če bolj upošteva njihove lastne razvojne načrte, deluje po načelu drobnih, zaporednih korakov, bolj pa bo moral tudi obvladati tehnike odločanja, burjenja možganov in generiranja idej preden se o čem resnem odloči.

Skratka, hvaležen sem materi in hčerki Briggs-Myers, ki sta po slovitom Carlu Jungu razvile to dragoceno psihometrično orodje za boljše snovanje medsebojnih odnosov. Ne le da mi bo prišlo prav pri grajenju in vzdrževanju razmerja a Andrejem, ampak bo v veliko pomoč tudi njemu, pri tem, da bo lahko boljši... vodja! Da se bo bolje razumel in si znal kakšno reč tudi recimo velikodušno odpustiti. In da ne bo padel v skušnjavo mnogih neizkušenih vodij, ki zaradi iskanja voditeljske odličnosti, ne dosežejo niti povsem uresničljive... povprečnosti. Želijo biti idealni v vsem za vse, namesto, da se osredotočijo v prvi vrsti le na to kar počnejo... najbolje! Svoje šibke strani lahko nevtralizirajo z izbiro primernih sodelavcev!

S presenečenjem tako ugotavljam, da je Andrej precej drugačen kot sem sam - če pa v zgodbo vpeljem še dejstvo, da je pripadnik mlajše generacije, da se bo na kosilo pripeljal s svojim Porsche Cayennom, na zapestju se mu blešči prestižna Breitlingova ura, Pal Zileri pa je njegova priljubljena znamka oblek, bo torej najino soočenje prav posebne vrste...

Bo najina "kemija" coach : naročnik uspela? Bom znal premostiti značilnosti dolgoletnega managerskega svetovalca in se preleviti v osebnega coacha, kar je lahko nov vrh moje dolgoletne svetovalske kariere? Oba z Andrejem sva torej na nekem povsem novem terenu, ki ga nisva povsem vajena, a sva se za to prostovoljno odločila. To seveda ni dovolj, ni pa slabo za začetek profesionalnega odnosa, katerega namen je:

- usposobiti Andreja za novo obdobje v karieri
- omogočiti mu, da razume kje se nahaja glede kompetenc, vedenj, učinkovitosti, odnosov, kje v procesu strokovnega in osebnega razvoja;
- maksimirati njegove prednosti;
- usmerjati ga skozi številne analitične podatke... v dobrem in slabem;
- odpraviti nekatera "nefunkcionalna" vedenja, kot jih percipirajo njegovi sodelavci;
- omogočiti mu zgraditi zmagovalno ekipo in obvladovati odnose s sodelavci, na način, ki bi zagotovil njihovo čim večjo zavzetost in motiviranost.

Zakaj sploh potrebujemo coacha - strokovnjaka?

Naročnik išče coacha zaradi precej enostavnih motivov - da mu pomaga **(1)** jasno artikulirati cilje v treh življenjskih segmentih (kariera, družina, osebno življenje), **(2)** odločno opredeliti prioritete na omenjenih treh področjih in mu **(3)** pomagati pri osebnostnem razvoju!

Če sta prvi dve izbiri razmeroma samoumevni - pri prvi je v ospredju kakovost življenja, pri drugi obvladovanje časa in življenja, je tretja - sicer najbolj iskana, tudi najbolj... delikatna! Mnoge na poti k uspehu namreč opazno zavirajo njihove osebnostne značilnosti ali pa veščine, ki jih preprosto - ne premorejo. Včasih so zaznani kot agresivni, drugič kot arogantni, nepotrpežljivi, grobi, prezahtevni. Naloga coacha je opredeliti področja na katerih bi izboljšave zagotovile drugačne percepcije ali rezultate. Slediti morajo usmeritve in spodbude kako tovrstne vedenjske spremembe doseči v praksi. Sam ne dvomim, da je poslanstvo coacha pravzaprav prav tu, na tem področju! A vsak dober coach naj bi začel najprej pri sebi! Da bo vedel kako lahko pomaga drugim...

Najino prvo delovno kosilo se začinja s precejšnjo zamudo, saj Andrej sporoča, da ga zaradi zastoja na primorski avtocesti ne bo še vsaj 30 minut. To mi omogoča še nekoliko bolj urediti misli o tem kaj me čaka v tej novi, zahtevni vlogi osebnega vedenjskega coacha. Prepričan sem, da je to prava pot, saj se za psihološki pristop coachingu nisem odločil iz povsem izkustvenih razlogov - ne verjamem namreč, da se odrasli, zreli osebi, kot je Andrej, da pomagati z razlago **zakaj** se vede tako, kot se vede, ampak le z usmerjanjem vedenj od sedanjih k tistim...“pravim”! Pač ne verjamem, da se lahko pri teh letih izgovarjamo na “starše”, ampak zasluge in krivdo lahko pripišemo le lastnim vedenjem in odgovornostim zanje!

Svoj coaching slog bom že od samega začetka moral prilagoditi podatkom, ki jih imam o Andreju (o njih pa se sicer šele nameravam prepričati!). V ospredju bo tako predvsem podporni slog coachinga, ki ga lahko previdno kombiniram s premisleki zakaj ga drugi vidijo drugače kot se vidi sam? V čem bi bile prednosti adaptacije vedenj zanj in za njegove sodelavce? Jih je pripravljen postopoma prevzeti? Kje vidi ovire? Kako bi se videl, slišal ali občutil uspeh? Se tega da tudi meriti?

Kaj coaching pravzaprav sploh je?

Resnost dileme s katero se sooča disciplina coachinga, ponazarja že težava s slovenjenjem zapletenega pojma **coach**, saj se poskusi uveljavljanja izrazov vaditelj, trener s predponami osebni, managerski, poslovni, ipd., (še) niso obnesli! Težava je pri tem, da nečesa pač ni mogoče ustrezno poučevati ali preučevati, če je precejšnja zadrega že na definicijski ravni! Izvor pojma coaching pa je precej manj enigmatičen - gre za star angleški izraz za kočijo, ki se premika iz točke A v točko B. Za najuspešnejša potovanja pa je značilen dober pristop, skrbno načrtovanje, potrpežljivost in čas, ob ustreznem zemljevidu, ki pove kam nameravamo priti ob jasnem izhodišču od kod prihajamo! Če pa ne veš kam, te pač tja, vodijo... vse poti! Vendar vse poti le niso prave! Posebnost izraza coach je, da ta ni zgolj glagol, ampak tudi samostalnik! Kot samostalnik pomeni konkretno osebo, ki inštruir, razvija in usmerja druge; kot glagol pove, da gre za akt, proces učenja. Bistvo in poslanstvo poslovnega coachinga je podobno coachingu v športu, teatru ali glasbi; v poslovnem okolju omogočiti vodjem, da se izvijejo iz številnih dilem s katerimi se v kompleksnem globalnem okolju soočajo in jim pomagati ter jih podpreti pri transferju njihovih individualnih učnih spoznanj v oprijemljive organizacijske poslovne rezultate! Coaching ne pomeni delati za druge ali delati namesto njih, ampak zgolj pomagati drugim, da bo delo uspešno opravljeno! Pri vsem tem pa je končni izzid pravzaprav najlažji del, izziv je v prvi vrsti razumeti problem, kako ta zadeva posameznika ali organizacijo in ustvariti zmožnosti ter spodbude na poti k rešitvi. Lahko bi celo dejali, da je coaching prej proces upravljanja sprememb kot pa program usposabljanja! To kar me osebno najbolj zanima ob prehodu iz vloge svetovalca v vlogo coacha, je obvladati sam strateški proces, ki zagotavlja vrednost in koristi tako posamezniku

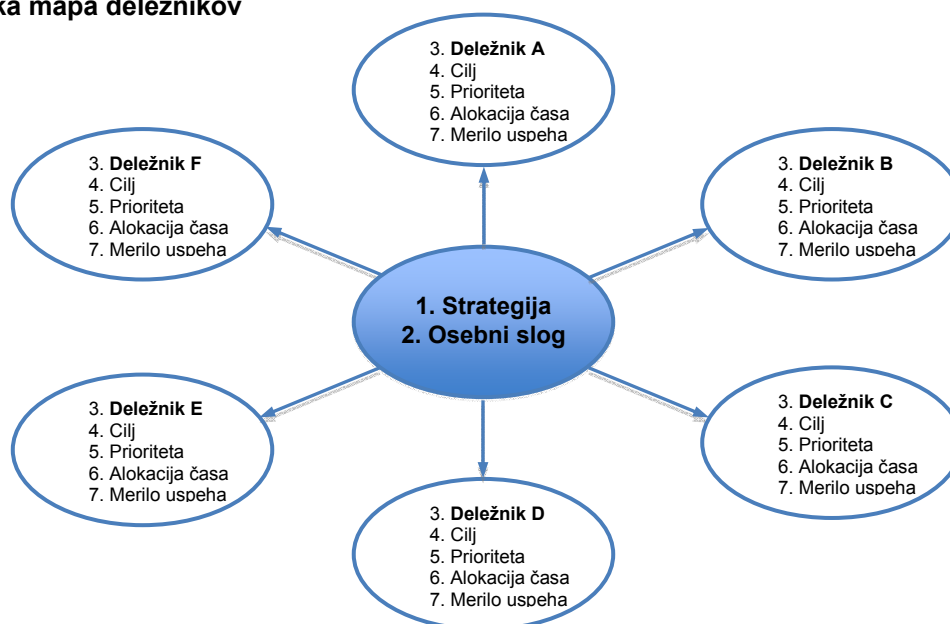
kot organizaciji! Vzpostavljati mora zdrave medsebojne odnose, omogočati prihajanje zadev na površje (**analitično zbiranje podatkov**), naslavljanje zadev (**sistem povratnih informacij**), reševanje problemov (**akcijsko načrtovanje**) in nenazadnje samo upravljanje zadev (**doseganje rezultatov**). To zagotavlja razvoj posameznikov in odstranitev ovir, ki jih doživljajo sami in njihove organizacije na poti do uspeha. Coaching je torej **proces transformacijskih sprememb**, kjer spremembe vedenjskih vzorcev posameznikov, v prvi vrsti vodij, spreminjajo tudi podobo celotne organizacije in zagotavljajo tisto, kar je poslovno najpomembnejše, to pa je zavzetost zaposlenih! Proces vedenjskih sprememb pomeni uglaševanje, sinhronizacijo vedenj posameznika viziji in vrednotam organizacije in odgovarja na dileme *kaj, kako in zakaj* to storiti.

Tu pa me kot dogoletnega "zapriseženega" managerskega svetovalca čaka tudi najtrši oreh pri tranziciji v coacha - odreči se dajanju nasvetov! Coach je namreč v prvi vrsti mislec, raziskovalec in praviloma nikoli ne deli nasvetov (prej sem slepo verjel, da so nasveti za to, da jih damo drugim, saj za nas same niso uporabni!). Vloga coacha se torej od vloge svetovalca bistveno razlikuje in s tem tudi nameravam začeti - določiti in razmejiti vlogo coacha in si jasno izrisati omejitve! To bo tlakovalo sposobnost izrisati tudi misli naročnika, jih artikulirati in organizirati kot ideje ter jih pomagati izpeljati v rešitve! Moja stara vloga svetovalca pri vsem tem ne sme kontaminirati procesov; kot coach se moram odreči presojanju in vrednotenju, vzpostaviti "kemijo" in zlasti... poslušati in spraševati! Sistemski agent sprememb - kar individualni coach pravzaprav je, mora torej biti v prvi vrsti **mislec** sposoben razumevanja globljih vzročno-posledičnih povezav, čustvenega in ne le razumskega sveta naročnika, sposoben mora biti bogatega opisa tako sedanosti kot pričakovanj. V drugi vlogi, vlogi **raziskovalca** mora coach znati zbrati številne podatke, informacije, dokaze, vzpostaviti tehtna izhodišča, validirati predloge, analizirati ključne deležnike naročnika. Znati mora testirati meje, izzvati in provocirati na način, ki ne ogroža. V tretji vlogi, vlogi **hibridnega coacha**, združuje poslanstvo razvoja poslovnih, tehničnih in funkcionalnih znanj naročnika, z razvojem njegovih vedenjskih kompetenc. Hibridnost je v spoznanju, da je management kompleksen socio-tehnični sistem, da sleherni organizacijo ni mogoče razumeti kot mehanski sistem, ampak je najbližja metafora organizacije... živ organizem! O vsem tem premišljam ob pogledu na uro - Andreja ne bo še vsaj nekaj minut... Uresničitev skupnih ciljev, ki si jih bova zastavila z Andrejem, je pač samo... rezultat! Osebno me namreč bolj veseli dejstvo, da lahko pomagam drugim - ta strast, to poslanstvo, to je tisti pravi dosežek in pravo zadoščenje. V to iskreno verjamem in to je razlog, ki me navdaja z optimizmom, da se bom dobro znašel tudi v tej novi vlogi. Vendar pa poudarek ni na meni... in v določeni meri tudi ne na Andrejevi osebnosti, kar so značilnosti psihološkega coachinga, ampak na vedenjskem upravljanju odnosov z Andrejevimi ključnimi deležniki, kar mu bo zagotovilo uspeh. Razmišljam o tem kdo ti so? Tudi Andrej je zadnje dni o tem na mojo pobudo veliko premišljeval, najbrž bo kmalu priložnost, da skupaj izriševa njihov zemljevid, določiva cilje, preveriva kriterije in merila uspeha za vsakega med njimi posebej.

Sploh se mi zdi, da je v sicer zapletenem coaching procesu priprava strateške mape, zemljevida deležnikov eno od ključnih opravil, ki utegne cel proces narediti preglednejši in transparentnejši. Pogosto si pri tem pomagam z nadvse uporabno "igračko" Dave Ulricha, vrhunskega coacha in guruja sodobnih kadrovske praks. Njegov "protokol" zapoveduje, da v prvem koraku najprej opredelimo *strateški kontekst organizacije*, ki usmerja premislek o tem kaj želi posameznik pravzaprav doseči. Drugi korak je *opis osebnega sloga posameznika*, tretji pa jasno *definiranje deležnikov* (podrejeni, nadrejeni, kolegi, stranke, ipd.). V četrtem koraku nato sledi *specificiranje ciljev za vsakega deležnika* posebej, ki mu (samoumevno?) sledi peti korak, *prioretizacija seznama deležnikov in ciljev*. Šesti korak zapoveduje nedvoumno *alokacijo časa*, ki ga bomo posvetili posameznemu deležniku - in prav čas je najpomembnejše premoženje slehernega med nami! Zadnji, sedmi korak, nas opozarja, da se strategije in cilji uresničijo le če so... merjeni! Izzidi morajo *biti specificirani v obliki*

rezultatov (kaj se je naredilo) *in vedenj* (kako so se reči zgodile!). Tale "igračka" bo zelo prav prišla tudi Andreju!

Strateška mapa deležnikov



Zapletena vloga coacha

Namen najinega sodelovanja z Andrejem je navidez preprost - povratne informacije, ki si jih je pridobil že pred časom z metodo 360 st. povratnih informacij, kažejo na deficit v kompetencah t.i. čustvene inteligence, kar ima pogosto za posledico nemotivirane in nezavzete sodelavce! Moje dosedanje izkušnje kažejo na razmeroma preprosto pot iz zagate v katero se potapljajo številni sposobni vodje ali managerji. Postaviti si je najprej treba **(1)** jasne cilje in standarde, **(2)** pričakovati vse najboljše od sodelavcev (pozitivna psihologija motivacije) in **(3)** poudariti osebni zgled (držati besedo)! Pa je res vse tako preprosto? Da te majhne reči omogočajo tako velike učinke? Bo recimo dovolj že to, da Andrej pokaže kako pomembni so mu sodelavci, da mu ni vseeno zanje, za njihov razvoj, uspeh, za njihovo prihodnost? Verjamem, da je to res (skorajda) vse, a pot do vsega tega v resnici ni ne preprosta, še manj hitra in gladka ali enostavna! Kakšna je vloga coacha v vsem tem? Tega gotovo ne zmore coach sam, ki lahko zgolj pomaga, da se stvari uresničijo. Nujna je prostovoljna, iskrena želja po spremembah, zaveza. Zato me veseli, da odločitev o sodelovanju z Andrejem, ni nastala z "ukazom od zgoraj", ampak je "naročnik" na nek način Andrej sam, ki ga je prepričal program mini šole vodenja, ki sem ga pred leti izvajal v njegovem podjetju. Toda ali je to lahko tudi že zadostna referenca za mojo novo karierno pot nasploh? Merilo uspeha coacha ni namreč to kar zna, ampak to, ali to kar zna, lahko res prinese spremembe tistega, kar znajo... drugi! Za to je potrebno zaupanje, integriteta, poštena in nepristranska povratna informacija, sposobnost kontinuirane konfrontacije, usmerjenost v prihodnost in ne na preteklost, saj se slednje ne da spremeniti! Kako bova z Andrejem reševala konflikte, ko in ne če do njih pride? Me lahko skrbi njegov preferenčni slog reševanja konfliktov na testu, ki nakazuje na izjemno tekmovalnost?

Pri sebi na hitro preverjam še nekaj vprašanj za Andreja, ki sem si jih na hitro skiciral v pripravah za današnje srečanje. Namenjena so Andrejevi samorefleksiji: Kaj si res želiš doseči? Kakšne alternative so na voljo? Kateri bi lahko bili prvi koraki? Kako boš vedel, da ti je uspelo? Katera odločitev te pelje naprej? Zdi se mi, da bodo odgovori na ta vprašanja

odprli priložnosti za naslednja srečanja, vzpostavili začetno ravnotežje, zaupanje, pristnost in sproščenost. In to je tisto, kar v odnosu coach: naročnik res **šteje**, tudi če se tega ne da vedno... **prešteti!**

Coaching kot posel: presenetljivi in osupljivi trendi

Coaching deluje. Številke o rasti pa še zdaleč ne povedo vsega, kar pretresa industrijo coachinga, ki počasi stopa iz adolescence na pot zrelosti in polne uveljavitve. Seveda me zanima kako bodo tržni trendi utegnili zaznamovali tudi mojo osebno kariero coacha, saj mi že pošteno presedajo popačenja in ponesrečene modnosti poklica "coacha", ki z njim v resnici nimajo nikakršne povezave. Vsakdo, ki ima pet minut prostega časa, se je kot kaže že odločil in oklical za... coacha!? Mediji, konference, seminarji, literatura...trg preplavljajo cenene imitacije coachinga! Toda tega sem bil vajen že v karieri eksperta za odnose z javnostmi in komunikacijski management, tega sem vajen kot svetovalec za management in HRM ter kompetence vodij. Prave vrednosti se bodo prej kot slej prepoznale, trg bo filtriral diletante in posnemovalce, uveljavil... prave akterje! Oziram se še nekoliko širše v prostor, ki ga ne omejuje Ljubljana, Prekmurje ali slovenska obala. Evropski in svetovni trendi namreč govorijo o nekaterih zanimivih pojavih v industriji coachinga. Najprej je tu dejstvo, da se vsi današnji managerji, ali vodje ne morejo več izogniti temu, da bolje spoznajo in uveljavijo tehnike coachinga pri svojem vsakdanjem delu v praksi (obetavno torej, trg se bo zelo povečal!). Vsi vodje tega namreč ne obvladajo in je zato namreč nujno, da obišejo zdravnika specialista.

Coaching: temeljni voditeljski proces?

S povečanim zanimanjem za coaching managerjev, vodij, so se pojavile tudi številne filozofije, pristopi, slogi ali oblike specializacije tehnik coachinga. Zanje je praviloma značilno, da se odpovedujejo ideji enkratnega izobraževalnega dogodka in se zavezujejo procesom, ki zagotavljajo zmožnost učinkovitejšega delovanja posameznika v njegovem ali njenem "naravnem okolju" ali situacijah pri čemer se proces odvija v "realnem času" in v "realnih interakcijah" s sodelavci! Osrednja pozornost je namenjena temu kaj je treba in kako... spremeniti? Pri tem ni dovolj ozaveščenost, ampak osredotočanje na akcije, nova vedenja, prakse. Ključne kompetence tako coacha samega kot (presenetljivo?) tudi tistega, ki je coachinga deležen so iste:

- sposobnost upravljanja medsebojnih odnosov;
- razmišljanje in vedenja skladna sistemskemu pristopu;
- odločanje zasnovano na kompromisih in soglasju;
- fleksibilnost;
- čustveno ravnovesje in ekvilibrij;
- jasnost smotrov in namenov;
- sposobnost naučiti se "učiti".

Narašča tudi število internih coachev, ki pa prav tako potrebujejo potrebna nova znanja. Vsaj oni se zavedajo, da coaching ni rešitev za visoko stopnjo nezaposlenih, ki bi naj nenadoma zdaj postali... coachi!? Navsezadnje tudi ni "šole za coache"! Prav to je realen izziv, kar bi ob sistemu akreditacij seveda, preprečilo, da zaradi nizkih vstopnih pragov, v ta prestižni poklic vstopajo naivneži ali "prevaranti".

Širi se tudi trg za res vrhunske coache, za osebni, individualni coaching zgornjega managementa, direktorjev, predsednikov in članov uprav. Tu šele ni prostora za "coaching široke potrošnje" ali "coaching ene konfekcijske številke za vse". Prav je, da bodo "bogati coachi" še "bogatejši", ko gre za pravo vrednost, saj imajo ti coachi opravka z elito managementa, ki pogosto odloča o stotinah milijonov evrov! Navsezadnje se nekateri izmed vrhunskih coachev odločajo, da zaračunajo svoje storitve le, če so bili zares uspešni in je njihovo sodelovanje prineslo napovedane rezultate! Tisti "coachi" z dna so kot kaže obsojeni,

da bodo še naprej ponavljali osnovnošolsko napako neustrezne tržne segmentacije - ne prepoznavajo namreč ne potrebe po specializiranih znanjih, vendar teh tudi apliciranih v specializiranih segmentih! Ta *dvojna tržna niša* je determinanta za uspeh coachev, dasiravno je zaradi majhnosti coaching trga v Sloveniji, ni mogoče enako strateško uveljaviti kot v tujini. Skratka, trendi in trg še nekaj let ne bodo nobena ovira. Nasprotno, možnosti kot kaže omejuje le... nebo!

Coaching kot proces: model vedenjskih sprememb

Poslanstvo coachinga je nedvoumno in eksplicitno: omogočiti pozitivne, trajne in merljive spremembe vedenja! Ta proces sam po sebi ni več nobena neznanca in sem ga že v svetovalski praksi pogosto uporabljal, tako, da mi tudi pri sodelovanju z Andrejem, ob ustrezni previdnosti seveda, ne bi smel beliti (že itak nekoliko) sivih las! Z Andrejem bova tako najprej naredila **(1) inventuro ključnih vedenj**, ki imajo največji vpliv na njegovo učinkovitost vodje, voditelja. V drugem koraku **(2)** pa bova skupaj **določila ključne deležnike** (*angl. stakeholders*), ki bodo razsodili ali so želene vedenjske spremembe glede kritičnih kompetenc tudi dosežene! S tem se bova izognila možni enostranski ali pristranski presoji o uspešnosti najinega sodelovanja, saj se bodo o uspehu izrekli tisti, ki bodo sami neposredno občutili vedenjske spremembe v Andrejevem voditeljskem slogu. Povsem odvečni bodo razmisleki koliko je coach zaznan kot "všečen", štelo ne bo tudi koliko časa sva porabila, ampak bodo štela zgolj preverljiva dejstva in percepcije. Ocene o času potrebnem za "prave" vedenjske učinke, so vedno močno deljena in se praviloma gibljejo za kompleksnejše programe od 6 do 18 mesecev (nekaterim naročnikom to ni "všeč"!). Mnogi coachi se pri tem odločajo zgolj za projekte, kjer so plačani, le če dosežejo rezultate. Coaching ključnih vodij pa je praviloma dobra naložba, saj prav ti naročniki pogosto odločajo o milijonih evrov! In čas je zato tu ključni dejavnik- Andrejev v novi vlogi bo precej bolj dragocen kot moj, zato se bova morala o tem dejavniku, času, najbrž še veliko pogovarjati.

Seveda pa čas ni edini dejavnik o katerem se v procesu vedenjskih sprememb moramo podrobno pogovoriti. V ospredju bo že takoj na samem začetku razprava kdo je pravzaprav sploh naročnik? Andrej? Nadzorni svet? Lastniki? Kako odločen je zares Andrej, da bo ugriznil v kislno jabolko vedenjskih sprememb? Ima pravo podporo svojih "nadrejenih"? Kdo so njegovi drugi deležniki od katerih je odvisen njegov uspeh? Ga podpirajo, so mu pripravljene pomagati, odkrito povedati kje mu ne gre od rok?

Ljudje se pogosto sprašujejo: se res sploh da spremeniti vedenja tistih z vrha? Odgovor je nedvo(u)mno da! To ima še dodaten simbolni pomen, saj tisti na vrhu z lastnim zgledom determinirajo vedenja številnih drugih, ki so jim "prisiljeni" slediti! Zgledi in dejanja štejejo in utegnejo biti pomembnejši kot to kaj se spreminja! Majhni koraki na vrhu imajo lahko tektonske razsežnosti!

Je težava vedenje ali osebnost?

Koristen pripomoček je preprosta, t.i. *vedenjska analiza*, ki nam bo lahko učinkovito predstavila verjetnost sprememb vedenja pri posamezniku, naročniku, udeležencu coaching procesa (tu se šele opazi kako zapleteno in neizdelano je izrazoslovje glede coachinga, saj nadvse težko opredelimo primeren naziv za tistega, ki je na prejemnem delu procesa!).

Vedenjska analiza ima namen testirati ali so vedenjski vzorci enaki v različnih kontekstih, se manifestirajo v daljših časovnih obdobjih, torej ali gre za enkratno ali pogost vzorec obnašanja ali se "težave" opazijo v vedenjsko različnih situacijah ali zgolj v posamičnih primerih?

Vedenjsko matriko tako sestavljajo **pogostost vedenj** in druga spremenljivka, **zasidranost vedenj**. Če gre za pogosta vedenja in so ta tudi globlje zasidrana, je umevno, da bo proces vedenjskih sprememb zahtevnejši in se ga bomo morali lotiti drugače, predvsem pa (si) zastaviti vprašanja:

- Se vedenje sploh da spremeniti?
- Se ga da tolerirati?
- Kakšne so posledice za druge?
- Se je posameznik prostovoljno pripravljen spremeniti? ipd.

Coaching managerskih in poslovnih vsebin

Čeprav se izogibam vnaprejšnjemu stereotipiziranju vsebin, ki bi bile lahko aktualne pri sodelovanju z Andrejem, pa mi teh nekaj minut pred njegovim prihodom, omogoča še hipno refleksijo dosedanjega generičnega modela, ki sem ga razvil pri prvih primerih praks coachinga managerjev. Zdi se mi uporabni tudi v Andrejevem primeru. Razdelil sem jih v deset časovno si sledljivih modulov - so dobra osnova, ki jo je kasneje mogoče dodatno nadgraditi in individualizirati:

1. Razvoj voditeljske vizije in vrednot (ni "tisto" kar mislite!)
2. 1% model upravljanja časa
3. Dosežki s pomočjo drugih (delegiranje, PAK model)
4. SmartAss model določanja ciljev
5. Pozitivna psihologija (samo)motivacije
6. Učinkovita povratna informacija
7. SWOT analiza samopodobe
8. Model evalvacije življenjskih interesov
9. Samopodoba: naravne danosti in talenti
10. Barve moštva: delo v in s timom

V beležki o tem mojem splošnem modelu coachinga, me trenutno najbolj bega šesta točka: učinkovita povratna informacija. Andrej me je namreč zaprosil, da že danes vsaj nekoliko komentiram do zdaj zbrane informacije o njem. Je to smiselno? Kako dati takšne povratne povratne informacije? Negativno povratno informacijo je nadvse težko povedati na "primeren" način (na srečo teh pravzaprav v tej fazi sploh ni!). Premišljam o svojih dolgoletnih izkušnjah, tveganjih pri dajanju in prejemanju povratnih informacij: napačna informacija podana na napačen način ob nepravem času ima lahko resne posledice - slabše odnose, nemotiviranost, osebne zamere, neproduktivne konflikte. Na drugi strani pa je biti tiho še slabša "rešitev" - ne pomaga nikomur. V številnih svetovalskih projektih sem znal vzpostaviti varnostno mrežo, kontekst, jasne standarde podajanja in sprejemanja povratnih informacij, zato se zdi, da me tu ne čaka nobena nepredvidljiva past in bom znal te izkušnje prenesti tudi na Andreja! Sam bo moral to spretnost podajanja še kako uveljaviti v vsakodnevni praksi. Trda beseda, ki jo je Andrej sicer vaju, namreč še ni dober "*feedback*"! Ljudje ga morajo tudi (aktivno) slišati, sprejeti, uporabiti, zato pa mora biti... koristen! Osredotočati se mora samo na nekaj izbranih vedenj, ki jih je mogoče spreminjati. Paretovo načelo 80/20 se tu še posebej obnese, saj 20% vedenj determinira 80% naše uspešnosti! Manj je torej lahko več - bolje je nasloviti eno vedenje kot pet hkrati!

Preproste coaching tehnike ali zlate zapovedi?

Čeprav je coaching zahteven proces, pot in ne zgolj končna destinacija, pa si še vedno lahko omislimo nekaj preprostih pravil, ki bodo tudi začetnikom približali poglobitve zapovedi coachinga. Poglejmo si jih v nekaj (pre)poenostavljenih korakih:

Aktivno poslušanje

(spraševanje, parafraziranje, preverjanje, spraševanje, sposobnost slišati tudi... dobre stvari!)

Podpora učenju preko akcije in refleksije

(Kaj se je zgodilo? Kaj si naredil v tistih okoliščinah? Kako se je to videlo, slišalo, občutilo? Kaj bi naredil tokrat? Kako si se v obeh primerih počutil? Kako so se odzvali drugi? Kako si to opazil? Kako so drugi doživeli tvoje vedenje?)

Od enostavnega k težjemu

(vmesni dosežki so osnova za naprej, poskusi, učenje iz napak)

Mikrocilji

(postopnost korakov na poti k končnemu cilju)

Varovalka z zamudo

(prešteti do deset preden se odzovete)

Zapisovanje procesa, poteka in preigravanje vlog

(analiza scenarija, scenaristov, igralcev)

Spodbujanje povratnih informacij

(nehote preveč poudarka preteklosti in problemom, namesto prihodnosti in uspehom?)

In kaj gre lahko pri coachingu narobe?

Skozi okno že vidim prihajati Andreja, ki večje vrtil volan svojega prestižnega avtomobila in parkira z milimetrsko natančnostjo. Kmalu bo vstopil skozi vrata lokala. V tem trenutku me prešine še misel, kaj v najinem odnosu coach: varovanec lahko gre... narobe?

Coaching je v bistvu razmerje, odnos. Zavedam se, da tudi najbolj bistri in strokovni ljudje še zdaleč niso jamstvo za vrhunski coaching! Ta namreč terja delitev informacij in idej na način, ki omogoča vedenjske učinke. Transfer znanja izvira iz zaupanja! Coachi moramo biti verodostojni in vredni tega zaupanja. Kredibilnost coacha je povezana z zgodovino uspehov, referencami. Tu je skrit kleč- da bi vam zaupali morajo v vas zaupati, zaupanja ni dokler niste že imeli opravka s coachingom drugih!? Zato ni slabo začeti kariere coacha s tistimi, ki jih poznate in ki vas poznajo in si postopoma graditi ime (navsezadnje tudi v športu je večina začela s tem, da so bili pomožni trenerji!). Ko naročnik, vodja spozna, da vam kot coachu zanj niti malo ni vseeno, tudi napake in neprijetne resnice ali negativne povratne informacije ne bodo noben bav-bav! To je trenutek, prebojni premislek, ko se lahko v resnici prične bolj strukturiran, discipliniran proces "pravega coachinga". Spomnim se misli, vrhunskega košarkaškega trenerja: nikoli ne kritiziram svojih igralcev, ne da bi se prej prepričal, da vedo, da jim 100% zaupam! Seveda so prav te občutljive negativne povratne informacije pravi lakmus test medsebojnega zaupanja coacha in njegovega varovanca. To je včasih tvegano početje, ki ne dviguje "popularnosti"! Konstruktivne povratne informacije se zato osredotočajo na vedenja, tista, ki se jih da nasloviti in spremeniti! Predvsem pa se fokusirajo na prihodnost in ne na preteklost, pri čemer pa edino iskren pogled v ogledalo zagotavlja izboljšave. Sebe vedno presojamo po svojih namenih, drugi pa nas presojajo po naših vedenjih, ki so edini pravi napovednik rezultatov v prihodnje!

Povratne ali vnaprejšnje vedenjske informacije?

Čeprav so vedenjsko koristne, pravočasne in uporabne povratne informacije bistvo in esenca coaching procesa, pa si te zaslužijo tudi nadvse kritično obravnavo!

Njihova inherentna slabost, je da obravnavajo in se usmerjajo v preteklost! Na to kaj se je že zgodilo (in česar se žal ne da spremeniti!), namesto, da bi sledili pestri pahljači številnih priložnosti, ki se ponujajo v prihodnosti! Zato so po spektru učinkov povratne informacije omejene, statične in premalo razvojne. V zadnjem času pa coaching ponuja drugačen tip "povratnih informacij", t.i. **vnaprejšnje vedenjske informacije**! Tehnika se je izkazala za nadvse prepričljivo, saj:

- je prihodnost možno "spreminjati";
- je modreje sodelavcem razložiti, kaj delajo prav namesto vztrajati na tem kaj delajo narobe;
- je posebej uporabna za uspešne ljudi z visoko samopodobo, ki se nanjo bolje odzivajo;

- ne terja predhodnih osebnih izkušenj, ampak se veliko da zvedeti od neznanih ljudi;
- ljudje ne jemljejo tovrstnih informacij tako kritično in negativno kot npr. klasične povratne informacije, ki so (pre)pogost razlog za resne nesporazume ali celo konflikte;
- povratne informacije so često utemeljene na osebnih stereotipih in samouresničujočih se prerokbah;
- ljudje pač ne marajo, prej sovražijo povratne informacije;
- nova vrsta informacij "pokriva" vse aspekte stare, je hitrejša in učinkovitejša, manj vpliva na odnose in ne "vrednoti".

Torej, tudi brez napak in stranpoti na tej poti pač ne gre! Zakaj pravzaprav ljudje recimo tako pogosto opustijo cilje in kako prav slednji lahko vplivajo na uspeh ali neuspeh coaching procesa? Zakaj se cilji tako pogosto ne uresničijo tako, kot so bili zastavljeni? To sem še posebej izkusil kot svetovalec pri letnih razgovorih, kjer so se formalno in fiksno dogovorjeni cilji med vodjo in sodelavci pogosto uresničevali v komajda 30% primerov!?! Se kaj takega lahko pripeti tudi v mojem coaching programu z Andrejem? Glede na to, da sem o coachingu prebral "tono" literature, si znam pričarati najpogostejše razloge za neuspeh in tako pripraviti recepte, da se to tudi nama ne bo zgodilo.

Najprej je tu **(1) lastništvo nad programom**. Nekateri "varovanci" utegnejo razmišljati - že od samega začetka nisem bil prepričan, da se bo vse tole izšlo. Poskusil sem in izkazalo se je za izgubo časa. Zdi se mi, da z Andrejem tega ne bo - sam se je odločil za sodelovanje, ne manjka mu ne poguma in ne discipline, vsega tega ne vidi kot nekaj vsiljenega, idejo je osvojil in "kupil" že od samega začetka! Moja naloga je le potruditi se predstaviti cilje sodelovanja, kot nekaj kar prihaja "od znotraj" in jasno izkazati, da je odgovornost za lasten razvoj in vedenja na strani slehernega posameznika samega. Coach ne more opraviti dela namesto svojega varovanca.

Drugi v seriji pogosto alibičnih izgovorov je **(2) namišljeno ali realno pomanjkanje časa**. "Notranji dialog" v glavah poteka približno takole - nisem si predstavljal, da bo vse to narekovalo toliko časa?! Nisem prepričan, da se vse to spleča! Toda spremembe vedenja terjajo prav to - čas, saj se na splošno vedenje spremeni precej prej preden to opazijo naši sodelavci! Navade, ki smo jih prevzemali štirideset let pač ne bodo odpravljene v enem tednu!

Tretji pomislek se nanaša na **(3) težavnost procesa**: vse tole je precej težje, kot se mi je zdelo, da bo! Mislil sem, da bo vse skupaj precej enostavnejše. Toda prave vedenjske spremembe terjajo tudi veliko dela in balkanska šola "nema problema" ne pelje daleč in pogosto povzroča prevelika pričakovanja... ter razočaranja! Ne pozabimo tudi **(4) motenj!** Recimo: trenutno se soočamo v podjetju s krizo in ni časa za moj osebni razvoj. Nadaljevala bova, ko bo za to primernejši čas. Coachi smo tu zato, da pomagamo z boljšim razvrščanjem časa in prioritet ter svoje varovance pripravimo na to, da motnje pač vedno so in bodo in da morajo nanje biti pripravljeni, ko in ne če se pojavijo! Ker se vedno znova bodo!

Med tistimi najboljše elementarnimi razlogi za težave ali celo fijasko, je tudi **(5) denarno nagrajevanje** - pa zakaj bi se toliko obremenjeval z vsem tem, saj denarja itak ne bo bistveno več!? Vsemu temu se lahko pridružijo tudi razočaranja zaradi prvih slabih posamičnih rezultatov. Razmišljanje o naložbah v ljudi ni hiter šprint, tek na kratke proge, lovljenje kratkoročnih profitnih ciljev, ampak praviloma prizadevanje za trajnostne in dolgoročne izzide. O tem se bova morala tudi z Andrejem odkrito pogovoriti v upanju, da se celotnega procesa ne gre le za to, da bi "kratkoročno" profitiral, napredoval, izpolnil vstopne pogoje za novo delovno mesto, vozil še boljši avto, ipd. Nekaj mi govori, da se za to pri njem ni bati in na svojo intuicijo sem se že večkrat lahko zanesel v dolgoletni karieri managerja in kasneje svetovalca. Me je ta sploh kdaj grdo pustila na cedilu?

Čisto na koncu pa je tu še **(6) vzdrževanje kondicije**: pa kaj, se bom s tem svojim razvojem moral ukvarjati zdaj kar celo življenje?! Vrhunsko vodenje gotovo ni stanje, ampak

permanenten proces! Vedno so tu nove in nove tarče, ki so pogosto kot nenehno odmikajoč se privid. Vodenje pač immanentno vsebuje odnose - in ljudje se nenehno spreminjamo, zato se stalnemu "vzdrževanju kondicije" ne moremo izogniti.

Deset božjih zapovedi coachinga...

1. Vedno začnite s tistim, ki jim je coaching namenjen. Bodite brez dvomov o tem kdo je res... naročnik.
2. Preverjajte in ne trdite.
3. Demonstrirajte razumevanje in aktivno poslušanje.
4. "Uokvirjajte", toda pustite varovancu nadzor nad situacijo.
5. Pomoč je opredeljena s tistim, ki jo potrebuje, ne s tistim, ki jo daje.
6. Pustite čas za premislek, zbranost, refleksijo.
7. Ne paničarite ob tišini. Ta ima precejšnjo... moč.
8. Ne dovolite, da vas (povsem) preplavijo čustva.
9. Pomoč vključuje vse dele telesa: **srce** (*čustva*), **glavo** (*koncept in misli*) ter **noge** (*akcija*).
10. Izogibajte se dajanju nasvetov in predpisovanju receptov! Ni tudi enega samega... modela!
11. Ups... še ena zapoved, enajsta! Ne navežite se preveč en na drugega!

Še hipec in Andrej se bo pojavil za najino mizo. Upam, da mu ne bom le "drago plačani prijatelj" in da bom znal prispevati k njegovemu uspehu, uspehu njegovih "deležnikov" in podjetja v katero prihaja. Ne delam si iluzij, da bo lahko. Na srečo nisem "oglaševal" svojih coaching ambicij v slogu, da za "razmeroma malo denarja, lahko kupite revolucionarni izdelek, ki ga je fantastično enostavno in zabavno uporabljati. Dosegli boste izjemne rezultate v neverjetno kratkem času in ne bo vam treba nikoli več nadaljevati z dieto, vaše telo bo mlado, lepo, zeleno!"

"Andrej živjo. Kako si? Veseli me, da sva spet skupaj in bova imela priložnost delati skupaj."

P.S.

Vse osebe v tej zgodbi so izmišljene in fiktivne. Vsaka podobnost s stvarnimi osebami je zgolj naključna in nenamerna.

P.P.S.

Kaj pa, če je vse res?

KOVINSKOPREDELOVALNA INDUSTRIJA IN BANKE V FINANČNI KRIZI

Igor MASTEN
Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta



Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Mednarodna finančna kriza v začetni fazi

- O pričetku finančne krize je mogoče govoriti v avgustu 2007 (ali še prej).
- Do septembra 2009 so še prevladovali izgledi, da bo kriz večinoma finančne narave, z določeno verjetnostjo nastanka recesije.
- Najpomembnejše centralne banke do takrat obrestnih mer niso zniževale oz. so jih celo poviševale.
- Septembra 2009 je prišlo do kolapsa investicijske banke Lehman Brothers, ki je bila vitalnega pomena za delovanje mnogih segmentov finančnega trga.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

2

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

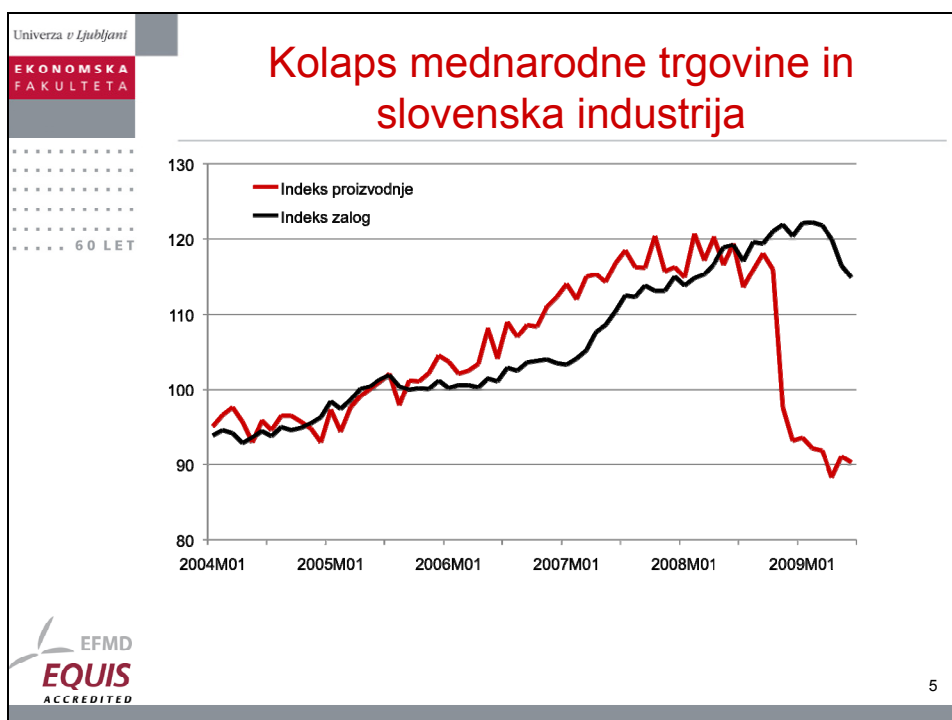
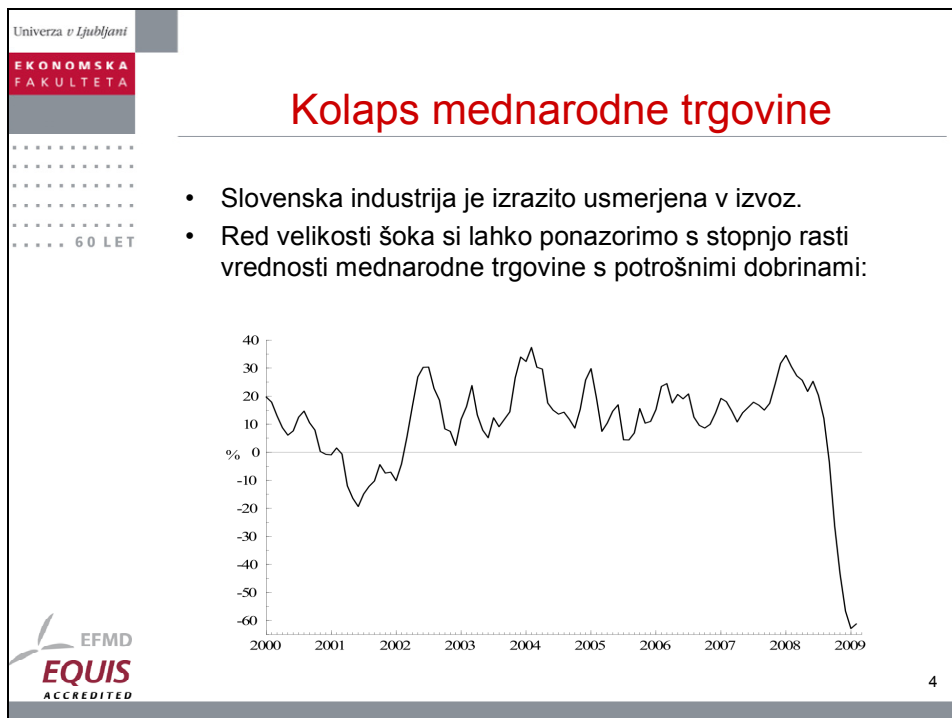
60 LET

Ko finančna kriza postane splošna gospodarska kriza

- Kreditni odnosi temeljijo na zaupanju. Brez visoke stopnje zaupanja v delovanje finančnih institucij ni ne dobro delujočega finančnega sistema ne dobro delujočega gospodarstva.
- V jeseni 2008 smo bili soočeni s sesutjem zaupanja v finančni sistem, kar je vodilo v padec zasebnega trošenja, najbolj izrazito na segmentih dobrin investicijskega značaja (trajne potrošnje in investicijske dobrine).
- Zakaj?
 - Kolaps vrednosti finančnega premoženja in nepremičnin.
 - Kreditni krč.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

3



Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA
60 LET

Notranja dimenzija krize

- Relativno enostavno je identificirati, kaj je najbolj prizadelo slovensko izvozno usmerjeno industrijo.
- Manj očitno je, kaj se je zalomilo (in se še zalamlja) v slovenskem finančnem sektorju:
 - Nizka izpostavljenost tujim toksičnim vrednostnim papirjem.
 - Nepremičninski balon primerljiv s tujino, vendar:
 - Prebivalstvo podpovprečno zadolženo.
 - Konzervativno financiranje (klasični hipotekarni posli, brez t.i. listinjenja).
 - Financiranje nepremičninskega trga zaradi tega ne dosega razsežnosti eksplozivnosti.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

6

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA
60 LET

Notranja dimenzija krize

- Za razliko od razvitega sveta smo imeli borzni balon, ki je v veliki meri temeljil na zadolževanju.
- "Toksični ekvivalent" drugorazrednim hipotekarnim obveznicam so pri nas managerski odkupi (ekstremne stopnje finančnega vzvoda v obliki klasičnih kratkoročnih kreditov).
- Na strani virov velika odvisnost bank od mednarodnih trgov ("baltske" stopnje razmerja krediti/depoziti).
- Kreditnemu krču se Slovenija ni mogla izgoniti.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

7

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Notranja dimenzija krize

- Dokapitalizacije NLB in NKBM s strani države že pred eskalacijo krize. Praktično tretji "bail out" v Evropi (po Northern Rock (VB) in IKB (Nemčija)).
- Banke zaostrole kreditne pogoje.
- Trenutno ustrezna kapitalska ustreznost (prestani stres testi Banke Slovenije), vendar še veliko nerazkritih tveganj v bilancah.
- Banke se bodo s čiščenjem bilanc ukvarjale še kar nekaj časa. Delež slabih kreditov v bilancah se bo najmanj potrojil.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

8

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Ukrepi države

- Državna garancija za obveznosti bank - preprečevanje panike.
- Depozit države:
 - Izdaja obveznice za prek 2 mlrd €.
 - Stabilizacijski ukrep zaradi velike odvisnosti bank od tujih virov sredstev
 - Kratkoročen, zato služi bolj uravnavanju likvidnosti in ne povečuje potenciala bank za dolgoročno kreditiranje
- Jamstvena shema za podjetja:
 - Približno 1.2 mlrd €.
 - Težave, težave, težave, ...

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

9

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Ukrepi države – jamstvena shema

- Deklarirani namen: prenos tveganja kreditiranja na država, kar naj bi omejilo omejitve na strani ponudbe kreditov.
- Implementacija:
 - Dolga priprava, nakar identificiran “problem tajkunov”.
 - Še daljše popravljanje sheme.
 - Mimo gresta dva najhujši četrtletji krize.
 - Ugotovimo, da jamstvena shema ni delovala.
- Očitno shema ni razrahljala omejitev na strani ponudbe kreditov. Zakaj?

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

10

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Predlog slabe banke in ukrepi države

- Decembra 2008 smo s kolegi (J.P. Damijan in S. Polanec) predlagali ustanovitev “slabe banke”.
- Osnovni nameni:
 - Odstranitev bremena nekaterih vrst slabih naložb iz bilanc bank. Prava sprostitvev omejitev ponudbe kreditov.
 - Upravljanje s prenesenimi naložbami izven strogih regulacijskih določil klasičnih bankčnih poslov s ciljem zagotoviti največji možni izplen za davkoplačevalce (načelo pravičnosti).
- V osnovi bi to pomenilo, da se “tajkunskim problemom” ne bi ukvarjale banke neposredno in slovenski davkoplačevalski ne nosili vsega bremena ukrepov (tuje banke).

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

11

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

□ Nazaj k težavam jamstvene sheme □

- Ker nobena problematična naložba ni bila odstranjena iz portfeljev bank, prvi predlog jamstvene sheme ni mogel preprečiti refinanciranja najbolj toksičnega dela portfeljev, tj. kreditov za "lastniške konsolidacije".
- Rešitev:
 - Omejitev refinanciranja nasploh!? – max 20%.
 - 80% za nove projekte.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

12

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Težave jamstvene sheme v ekonomskem jeziku

- V krizi se obstaja predvsem povpraševanje po refinanciranju (obstoječi projekti, plače, obratna sredstva).
- Zaradi omejitve refinanciranja shema na tem segmentu ne povečuje bistveno ponudbe kreditov oz. rahlja kreditnega krča.
- V krizi je povpraševanje po financiranju novih projektov bistveno zmanjšano.
- Povečana ponudba na tem segmentu nima ustreznega povpraševanja.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

13

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Dejanski učinki jamstvene sheme

- Država vztraja porabiti sredstva jamstvene sheme.
- To je možno na tri načine:
 - Dejanski dobri novi projekti.
 - Fiktivno prikazovanje novih projektov, dejansko refinanciranje.
 - Financiranje (v normalnih razmerah) preveč tveganih novih projektov.
- Druga način rešuje problem kreditnega krča, vendar je nepravične do davkoplačevalcev.
- Tretji način ustvarja nove slabe naložbe, realizirana tveganja bodo dodatno obremenila banke in davkoplačevalce.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

14

Univerza v Ljubljani
EKONOMSKA
FAKULTETA

60 LET

Naj si industrija jamstvene sheme sploh želi?

- Drugačne že mogoče, od obstoječe sheme pa si ne gre obetati neto (!) koristi.
- Bank shema ne krepi, zato te dolgoročno ne bodo bolj sposobne zadostiti potrebam gospodarstva.
- Shema ni dala delovala takrat, ko je bilo najbolj potrebno.
- Jamstvena shema še dodatno povečuje že tako skokovito naraščajoč javni dolg. Breme servisiranja tega dolga bo nosilo zgolj gospodarstvo.
- Javnofinančno breme kriznih ukrepov bo huda cokla prihodnjega razvoja.
- Gospodarstva z manj tega bremena bodo v veliki prednosti.

EFMD
EQUIS
ACCREDITED

15

AKTUALNE RAZMERE V GOSPODARSTVU

Samo HRIBAR MILIČ
Gospodarska zbornica Slovenije

Potem ko je v lanskem letu finančna in gospodarska kriza pretresla svet, se Slovenija še vedno sooča z njenimi posledicami. Naše gospodarstvo je zašlo v hudo recesijo. Dejstvo je, da se le še največji nevedneži ne zavedajo resnosti situacije in le največji optimisti upajo, da bo Slovenija krizo prebrodila brez večjih težav. Na Gospodarski zbornici Slovenije žal ne delimo optimizma s tistimi, ki si zatiskajo oči in ki že v tem trenutku naznanjajo skorajšnje okrevanje. V Sloveniji dna krize še nismo dosegli, in okrevanje - ko bo do njega prišlo, in tega ne pričakujemo pred 2. kvartalom naslednjega leta - bo težko in boleče.

Vedno bolj postaja jasno, da bo Slovenija nedvomno med tistimi državami, ki jih bo kriza najbolj prizadela. Zakaj? Ker je kriza v prvi vrsti razkrila naše slabosti.

Rastoča nelikvidnost, trend padajočih in nestabilnih naročil, nedostopnost kreditov, neučinkovitost jamstvene sheme in izterjave, ustavljanje investicij ter zapleteni pogoji poslovanja so najbolj pereči problemi, ki še vedno pestijo gospodarstvo. To je potrdila anketa, ki smo jo zaradi alarmantnih informacij s terena izvedli med našimi člani v začetku septembra in na katero se je odzvalo blizu 1.100 podjetij. Rezultati ankete so zaskrbljujoči in potrjujejo vse tiste »mehke« informacije, ki jih iz vrst naših članov v vsakodnevni razgovorih dobivamo že dalj časa. V gospodarstvu se vprašanje rastoče nelikvidnosti postavlja ob bok pomanjkanju naročil in investicij ter daljšanju neto plačilnih rokov. Blizu 70% podjetij je na anketo odgovorilo, da se sooča z resno nelikvidnostjo. Čutijo jo zlasti podjetja z nizko produktivnostjo in tista, ki so bila že v letu 2008 nadpovprečno zadolžena. Za prek 60% podjetij se plačila kupcev bistveno podaljšujejo, hkrati pa je le slabi tretjini podjetij uspelo bistveno podaljšati svoje obveznosti do dobaviteljev. Kooperativnost poslovnih bank in SID banke je v takih razmerah izjemnega pomena. Banke so sicer res skoraj 76% podjetjem, ki so za kredit zaprosili, tega odobrila; vendar po višji obrestni meri, s polovico ali celo dvakrat višjim zavarovanjem. Iz podobnih razlogov je po jamstveni shemi povpraševalo le slabih 10% podjetij, 80% vseh anketiranih, ki so odgovorila na anketo, pa je za jamstveno shemo prepričanih, da ne deluje. Kar 70% podjetij je negativno ocenilo tudi negativna delovanja SID banke za zavarovanje izvoznih poslov. Vzpodbudno? Nikakor ne.

Vendar to niso naše edine šibke točke. Postopki pridobivanja nepovratnih sredstev ostajajo predolgi in preveč zbirokratizirani. Premalo je usklajene institucionalne podpore za krepitev aktivnosti, povezanih z internacionalizacijo. V preteklosti je bilo gonilo našega gospodarskega razvoja povezano z enostavnim dostopom do denarja in z izvozno usmerjenostjo gospodarstva, premalo pa je bilo in je še vedno v slovenskem gospodarstvu pravih elementov konkurenčnosti. Naše gospodarstvo in celotna

Samo HRIBAR MILIČ
Gospodarska zbornica Slovenije

družba sloni na izvozu, pri čemer večino našega izvoza predstavljajo izdelki, ki jih dobavljamo končnemu proizvajalcu, ki nam določa pogoje in ceno glede na vse težje pogoje in vse večjo konkurenco...

Žal inovativnosti v Sloveniji še vedno ne posvečamo premalo pozornosti. Večja inovativnost nas sicer po vsej verjetnosti ne bo rešila iz krize, nedvomno pa bo pripomogla k hitrejšemu izhodu iz krize in večji konkurenčnosti slovenskega gospodarstva. Danes pa je v naših izdelkih in storitvah še vedno vključeno premalo znanja in inovacij. Logična posledica je, da je dodana vrednost na zaposlenega izredno nizka v primerjavi z Evropo. Povsem imanentno je, da moramo tu narediti hiter in še hitrejši korak naprej.

Tudi razmere na trgu dela niso ravno rožnate. Imamo nerazrešeno vrzel med rastočo brezposelnostjo in pomanjkanjem specializiranih kadrov. Po črnem scenariju bo čez leto dni brezposelnih 115 tisoč Slovencev, po zelo črnem pa celo 130 tisoč ali več. Hkrati pa na številnih področjih primanjkuje na tisoče visoko izobraženih strokovnjakov, ki bi bili sposobni uporabljati nove tehnologije za razvoj novih dosežkov. Primanjkuje tudi kvalificiranih delavcev v kovinski industriji, gradbeniških poklicih, ...

Uvedba bolj fleksibilnega trga dela je pogoj za nujno prestrukturiranje gospodarstva; za ohranitev jedra zaposlenih v podjetjih in lažjega dostopa do potrebne delovne sile. Je pač tako, da je čas kriz najbolj primeren za takšne ukrepe. Varna prožnost, ki jo zagovarjamo, bo na dolgi rok zagotovila tudi dolgotrajno socialno varnost zaposlenih. Res pa je, da brez strpnega, h kompromisom pripravljenega socialnega dialoga med vsemi partnerji, tako delodajalci, kot sindikati in državo, ne bo šlo. Reševanje konfliktov na cesti in ne za pogajalsko mizo, lahko gospodarstvo, ki je itak že v izjemno težkih razmerah, prevali v prepad in situacijo na ta način še bistveno poslabša.

Nahajamo se v fazi sprememb. Smo na poti vstopa v inovacijsko družbo, kjer pridnost dejansko ni več dovolj. Le tehnološki preboj nam lahko zagotovi dolgoročno globalno konkurenčnost. Za to so potrebna večja vlaganja v raziskave in razvoj, v znanje in izobraževanje, tesno povezovanje med razvojno-raziskovalno sfero in gospodarstvom; in seveda država, ki bo s svojimi instrumenti in ukrepi zagotovila razvojno usmerjeno poslovno okolje, ki bo podjetjem omogočalo dolgoročno konkurenčno sposobnost in uspešnost tako na domačem kot na širšem globalnem tržišču.

RAZVOJNI PROCES V GORENJU

Boštjan PEČNIK
Gorenje



gorenje

RAZVOJNI PROCES V GORENJU

Boštjan Pečnik
Velenje, september 2009

www.gorenje.com

[Razvojni proces v Gorenju](#)

gorenje

VSEBINA:

- UVOD
- ORGANIZACIJA RAZVOJA V GORENJU
- RAZVOJNI PROCES
- ZAKLJUČEK

2

www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

SLOVENSKI PROIZVAJALEC, NAŠ DOMAČI TRG JE EVROPA ...

- TEMELJNA DEJAVNOST: ➔ GOSPODINJSKI APARATI
- SKUPINA GORENJE: ➔ Gorenje, d.d., in 90 družb (66 v tujini)
- IZVOZ: ➔ 90 % prodaje
- EVROPSKI TRŽNI DELEŽ: ➔ 4 %
- PRISOTNI V: ➔ 70. državah na vseh celinah, najbolj v Evropi
- PRODAJA POD LASTNIMI BLAGOVNIMI ZNAMKAMI: ➔ 85 %
- PREVZEM DRUŽBE ATAG: ➔ Closing Day 26.6.2008
- ZAPOSLENI: ➔ 10.900
- PRIHODKI OD PRODAJE: ➔ 1,33 mlrd EUR (2008)
- VELIKI GOSPODINJSKI APARATI: ➔ 3,5 mio kosov lastne proizvodnje (2008)
- 59 LET TRADICIJE

3

www.gorenje.com

gorenje

SHOX
korting
MORA

ATAG

Pelgrim

ETNA

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

KDO SMO IN KAJ USTVARJAMO

SKUPINA GORENJE - DIVIZIJE

APARATI ZA DOM	NOTRANJA OPREMA	EKOLOGIJA, ENERGIJA IN STORITVE
1- HLADILNO-ZAMRZOVALNI APARATI 2- KUHALNI APARATI 3- PRALNI & SUŠILNI APARATI ▪ Dokupni program ▪ Dopolnilni program ▪ Komponente ▪ Strojegradnja in Orodjarstvo ▪ Grelniki vode, Radiatorji, Klima naprave	▪ Kuhinje ▪ Ostalo pohištvo ▪ Keramika ▪ Kopalnice	▪ Varstvo okolja in recikliranje ▪ Energetika ▪ Trgovina, zastopstva, Inženiring ▪ Gostinstvo in turizem
76 % (1H 2009)	4 % (1H 2009)	20 % (1H 2009)
		

4

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

CELOVITA PALETA APARATOV ZA DOM ...

3 TOVARNE GOSPODINJSKIH APARATOV v Sloveniji – 2,7 mio kosov

1. HLADILNO-ZAMRZOVALNI PROGRAM 0,8 mio kos
2. PRALNI IN SUŠILNI PROGRAM 0,7 mio kosov
3. KUHALNI PROGRAM 1,2 mio kosov



Mora Moravia, Češka Republika

Velenje, Slovenija

Valjevo, Srbija

- TOVARNA KUHALNIH APARATOV **MORA MORAVIA** v Češki Republiki 0,4 mio kosov
- TOVARNA HLADILNO-ZAMRZOVALNIH APARATOV **VALJEVO**, Srbija 0,4 mio kosov

SKUPAJ: 3,5 MIO KOSOV VELIKIH GOSPODINJSKIH APARATOV V LETU 2008

- GRELNIKI VODE **LJUBLJANA** (Slovenija) IN **STARA PAZOVA** (Srbija)



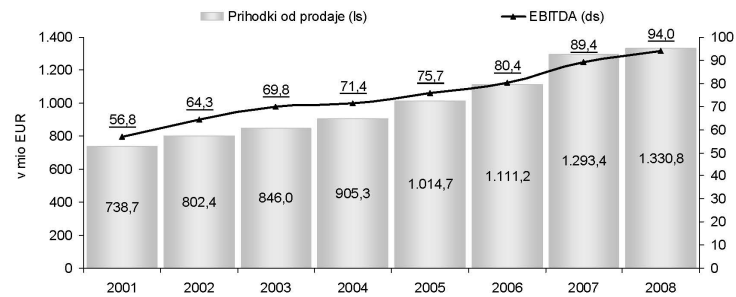
www.gorenje.com

5

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

STABILNA RAST V PRETEKLOSTI ... VRHUNSKI, INOVATIVNI TER TEHNOLOŠKO DOVRŠENI IZDELKI



Rast	2008/2007	CAGR 2001- 2008
Prihodki od prodaje	↑ 2,9%	↑ 8,8%
EBITDA	↑ 5,1%	↑ 7,5%

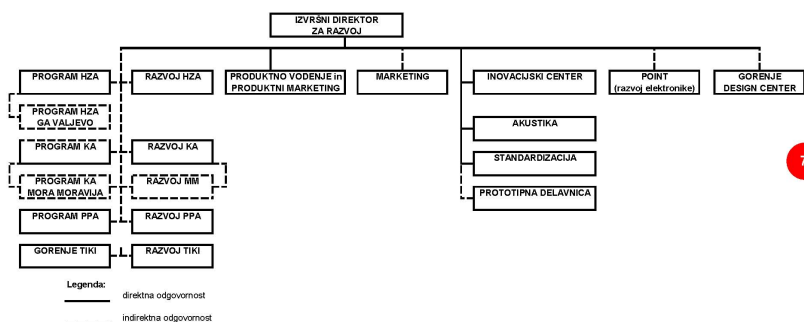
www.gorenje.com

6

Razvojni proces v Gorenju

Organigram razvoj in produktnega marketinga

gorenje



www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

Raziskovalno – razvojni partnerji

gorenje

- Akademija za likovno umetnost (Ljubljana)
- Fakulteta za strojništvo (Ljubljana)
- Fakulteta za elektrotehniko (Ljubljana)
- Fakulteta za strojništvo (Maribor)
- Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (Maribor)
- Inštitut Jožef Stefan (Ljubljana)
- Turbo Inštitut (Ljubljana)
- Tecos (Celje)



www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

Bistveni razvojni cilji

- **energijska učinkovitost**
(tudi raziskovalni in predrazvojni projekti)
- **okolju prijazno**
(materiali in tehnologije)
- **stroškovno optimiranje**
- **“easy to use” aparati**

Napreden
design

gorenje



9



www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

Nastajanje novega izdelka

A. GENERIRANJE NOVIH IDEJ

- raziskovalno - razvojno projekti
- raziskave trga
- zahteve kupcev
- pregledi konkurence
- standardi, predpisi
- strokovne službe (razvoj, trženje, servis, tehnologija,...)
- dobavitelji
- nakupi patentov...



10

B. REALIZACIJA IDEJ



PROCES RAZVOJA NOVEGA IZDELKA



www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

Prepoznani problemi v procesu razvoja

gorenje

- ZAMUJENI ROKI PROJEKTOV
- NEKONKURENČNE CENE NOVIH IZDELKOV
- NEZADOVOLJIVA KAKOVOST IZDELKOV



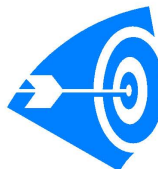
www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

Cilji procesa razvoja

gorenje

- DOSEGANJE ROKOV
- DOSEGANJE CILJNIH CEN
- IZDELKI PLANIRANE KAKOVOSTI
- DOSEGANJE NAČRTOVANIH PRODAJNIH KOLIČIN
- DOSEGANJE PLANIRANE PROFITABILNOSTI



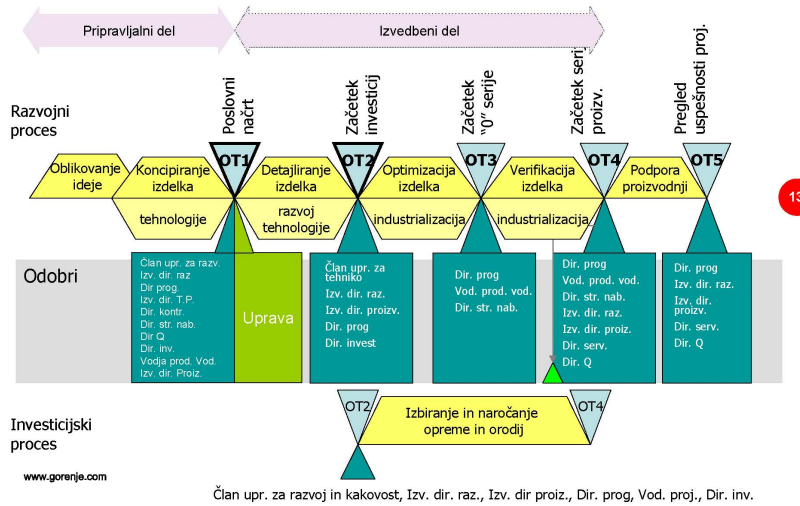
12

www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

Schema procesa razvoja

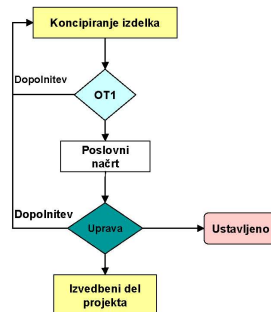


13

Razvojni proces v Gorenju

gorenje

Odobritev poslovnega načrta



14

Diagram poteka aktivnosti pri prehodu med pripravljalnimi in izvedbenimi delom projekta

www.gorenje.com

Značilnost : Dva dela projekta

- **Pripravljalni del projekta**
 1. faza: Oblikovanje ideje in koncipiranje izdelka
- **Izvedbeni del projekta**
 2. faza: Detajliranje izdelka in razvoj tehnologije
 3. faza: Optimizacija izdelka in industrializacija
 4. faza: Verifikacija izdelka in industrializacija
 5. faza: Podpora redni proizvodnji

15

Razlog:

- Ločiti pripravljalo fazo in ji posvetiti več časa – manj sprememb v kasnejših fazah.

Značilnosti:

- Ločeni roki izvedb za vsak del projekta.
- Uprava odobri začetek izvedbenega dela na osnovi predstavitve poslovnega načrta.

www.gorenje.com

Primer razvojnega projekta

Nova generacija kuhalnih aparatov (NGKA3)

- Časovni okvir:
 - pripravljala faza: 10 mesecev
 - izvedbena faza: 17 mesecev
- Planirana letna prodaja: 600.000 aparatov
 - 350.000 pečic
 - 250.000 štedilnikov 60cm
- Skupna vrednost investicij: 17.500.000 EUR
 - Orodja: 5.000.000 EUR
 - Linije in ostala tehnološka oprema: 12.000.000 EUR
 - Ostalo: 500.000 EUR
- Število orodij: 105 orodij (35 kompletov)

16

www.gorenje.com

Razvojni proces v Gorenju

gorenje



www.gorenje.com

17

COOKING APPLIANCES

NEW GENERATION

- ASSORTMENT
- MAIN FEATURES



Razvojni proces v Gorenju

gorenje

COOKING – BUILT-IN OVENS – NEW GENERATION

MAIN FEATURES



- Energy class "A"
- Special oven shape
- Direct touch control
- Electronic timers with touch control
- XXL width of baking pans
- Variable grill
- Special functions: fast preheating, plates warming-up, warm-keeping of cooked food
- Hidden upper heaters
- Double illumination
- Full-width door inner glass
- Extensive inner equipment
- Aqua clean function
- Flip-down upper heater
- Oven door lock

18

www.gorenje.com

Povzetek bistvenih elementov procesa razvoja

- Delitev na dva dela, pripravjalni in izvedbeni
- Poudarek na dobri definiciji poslovnega načrta (tržni in tehnični specifikaciji)
- Formalizirane kontrolne točke
- Predpisan obseg izvedenih aktivnosti ob kontrolnih pregledih
- Nadzorovane spremembe tehnične specifikacije in njenih vplivov na cilje projekta
- Ustrezen nivo kakovosti izdelkov je pogoj za pričetek proizvodnje

19

www.gorenje.com

Zaključek

- Inovativne, nove rešitve, pomenijo implementacijo nekaj novega, pogosto doslej še NEZNANEGA, v serijsko proizvodnjo in na trg!
- Za uspešen izdelek je potreben kreativen, inovativen, strokoven tim SODELAVCEV (interdisciplinarno delo: produktno vodenje, razvoj, tehnologija, marketing, trženje, nabava, kakovost, kontroling, servis, ...) v celotnem razvojnem procesu.
- **Dobro definiran in sistematiziran pristop k razvojnemu procesu je pripomoček, ki z BISTVENO VEČJO VERJETNOSTJO vodi do USPEŠNEGA IZDELKA!**

20

www.gorenje.com

UČINKOVITI SISTEMI UPRAVLJANJA

PLANIRANJE, RAZPOREJANJE – NUJA ALI PRILOŽNOST?

Maks TUTA
Kolektor Sinabit, d.o.o

POVZETEK

»Nadziraj prihodnost« je slogan, ki danes stalno odmeva v poslovnem svetu in to se odlikava v vsakodnevnih pritiskih po pravočasnih dobavah, zmanjšanju čakanja, želji imeti konkurenčne cene, itd. Ta spisek zglada brezkončen, ker vsakodnevno številni pomembni in številni banalni faktorji vplivi na globalne lastnosti poslovnega sveta in s tem tudi na razporejanje dela v proizvodnji. Za »nadziranje prihodnosti« je edina možnost sistematizacija vseh proizvodnih procesov - s tem je omogočeno njihovo planiranje, razporejanje in spremljanje. Učinkovito razporejanje dela je eden od ključnih dejavnikov pri doseganju zelenih rokov izdelave, ki so danes eden najpomembnejših dejavnikov v proizvodnem procesu tudi v orodjarstvu. Pogoji za kvalitetno planiranje in razporejanje je natančno zajemanje dogodkov v proizvodnji, ker brez poznavanja dejanskega stanja v proizvodnji ni dobrega planiranja in razporejanja.

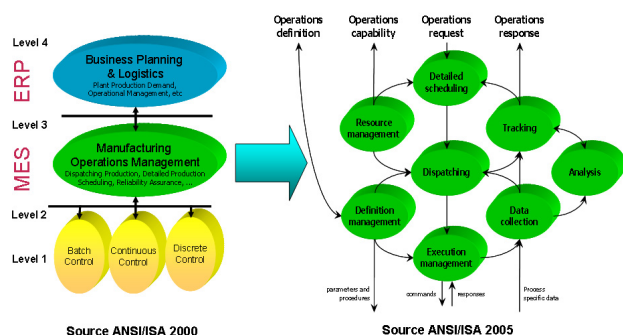
1. Umestitev razporejanja

»Planiranje proizvodnje« je zelo širok pojem, ki se ga tudi zelo različno uporablja za označevanja različnih obsegov planiranja. Planiranje v proizvodni tovarni je razdeljeno po časovni dimenziji na strateško (dolgoročno), taktično (srednjeročno) in operativno (kratkoročno). Poleg centralnega plana podjetja so tu običajno še plan nabave, plan proizvodnje, plan distribucije in plan povpraševanja kupcev (slika 1). Razporejanje (ang. Scheduling) je del planiranja proizvodnje, ki se običajno izvaja na operativnem nivoju. Zelo pomembna je povezava vseh teh segmentov planiranja v celovit sistem.



Slika 1: Celovit pogled na planiranje v proizvodnem podjetju (nSKEP)

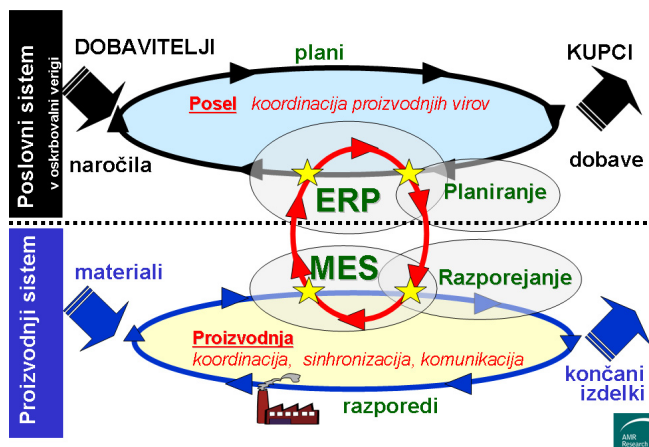
Proizvodna podjetja so vpeta v oskrbovalne verige – imajo svoje kupce in svoje dobavitelje – in so od njih odvisna. Kupci in dobavitelji diktirajo obnašanje podjetja. Za obvladovanje velike množice informacij, ki spremljajo delovanje podjetja, se uporabljajo poslovni informacijski sistemi.



Slika 2: Nivoji informacijskega sistema in MES funkcionalnosti po ISA standardu

ISA standardi jasno določajo nivoje v informacijskih sistemih (slika 2). Na najvišjem nivoju v informacijskem sistemu podjetja sta planiranje in logistika – pogosto se ta segment označuje s kratico ERP. Planiranje in logistiko vključujejo vsi poslovni informacijski sistemom, ki se danes uporabljajo v proizvodnih podjetjih (SAP, Infor-Baan, Navision, Largo, itd). Sam ERP oziroma poslovni informacijski sistem običajno ne zajema podrobnih podatkov iz proizvodnje v realnem času in zato ne izvaja detajlnega razporejanja - to je naloga MES-a (Manufacturing Execution System).

MES sistem, ki skrbi za upravljanje in nadzor proizvodnje, prejme osnovne podatke iz ERP-ja – med njimi tudi podatke o delavnih nalogih in operacijah vključno z zelenimi (zahtevanimi) roki za izvedbo. Ena od osnovnih nalog celovitega MES sistema je, da izvede razporejanje po proizvodnih virih. S tem je mišljeno, da za vsako operacijo na delovnem nalogu opredelimo potrebne vire za izvedbo in rezerviramo le te. Najpogostejši potrebni viri za izvedbo proizvodne operacije so stroji, delavci, delovni pripomočki in materiali. Dober informacijski sistem v podjetju odlikuje usklajenost podatkov v MES-u in ERP-ju (slika 3).



Slika 3: Povezave ERP – MES (AVR Research)

Potrebno je opozoriti, da vse funkcionalnosti, ki jih definira MES sistem niso enako pomembne v vsaki industrijski panogi oziroma podjetju – nekatere funkcionalnosti so lahko povsem trivialne, druge pa izjemno kompleksne. V kosovnih proizvodnjah, posebej pa še v maloserijskih, je podrobno razporejanje proizvodnih virov zelo pomembno. Od tega je v veliki meri odvisna uspešnost poslovanja, kjer je eden od kazalcev tudi učinkovita izraba proizvodnih virov. Pri tem je potrebno opazovati celovito optimalno izrabo virov glede na poslovni cilje podjetja, ker parcialna optimizacija samo nekaterih proizvodnih virov lahko zavaja in ni realna za podjetje kot celoto.

Razporejanje se v proizvodnem sistemu v glavnem ukvarja:

- z usklajevanjem rokov
- z iskanjem najboljše poti
- z urejanjem zaporedji in minimiziranjem preurejanja
- z sinhronizacijo aktivnosti glede na proizvodne vire
- z urejanjem prioritet, omejitev in konfliktov

2. Programska orodja za razporejanje

Programska orodja za razporejanje lahko v grobem razdelimo v dve skupini:

- na orodja, ki poiščejo eno rešitev glede na postavljene pogoje in jo predlagajo uporabniku in na
- ekspertne sisteme, ki glede na vhodne podatke in omejitve stalno optimizirajo proizvodni razpored s ciljem maksimizacije izbranega parametra - običajno je to dobiček.

Ta delitev v praksi ni črno-bela, ampak se z vgradnjo hierarhije pravil, če to orodje dopušča, lahko postopno približuje ekspertnemu sistemu. Ekspertni sistem je potrebno zgraditi - slične zakonitosti veljajo samo v isti branži, pa še tam so odvisne od uporabljene tehnologije.

Za kvalitetno, učinkovito razporejanje delovnih operaciji je potrebno uporabiti učinkovita programska orodja. Vsekakor je zaželena uporaba programskih pripomočkov, ki so dovolj splošni, da imajo ustrezen tržni delež in s tem zagotovljen nadaljnji razvoj, hkrati pa omogočajo vgradnjo specifičnih pravil za razporejanje, ker le tako programska orodja priredimo za uporabo v podjetju. Zavedati se je potrebno, da je potrebno logiko razporejanja stalno nadgrajevati za doseganje vedno boljših rezultatov – z dodajanjem planiranih proizvodnih virov in pravil za razporejanje. Parametrizirana programska oprema mora uporabljati pravila in prioritete, ki se tudi sicer uporabljajo za delo v tovarni. To je ključ do uspeha.

3. Zajemanje podatkov

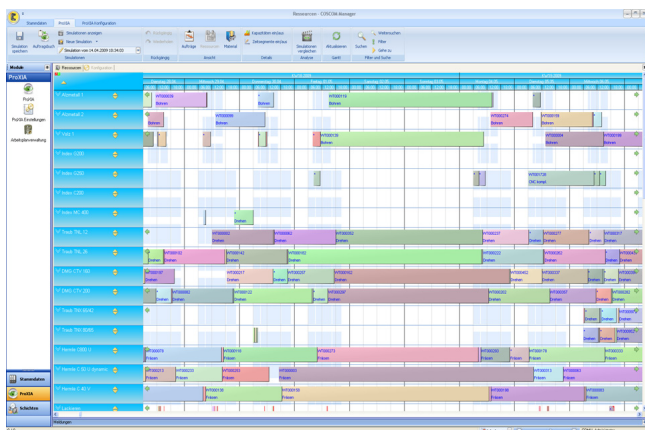
Poleg razporejanja mora biti sočasno ali predhodno uveden sistem za zajemanje podatkov iz proizvodnje, ker je brez tega razporejevalnik opravljen slep – ne ve, kaj se je že zgodilo v proizvodnji. Zbiranje podatkov mora potekati v »realnem času«, idealno je, da se posredujejo v informacijski sistem takoj ko nastanejo in s kar najmanj posredniki. To je ena od ključnih lastnosti podsistema za zbiranje podatkov. V praksi podatke o dogodkih v proizvodnji lahko posreduje stroj avtomatsko, lahko pa jih posreduje delavec, preko terminala, ki je nameščen v proizvodnji. Podatki, ki jih lahko posreduje delavec in stroj niso enaki, ampak se dopolnjujejo. Delavec lahko na primer posreduje informacijo kateri delovni nalog se izdeluje na stroju, stroj pa lahko pove za vsak kos kdaj je bil dokončan. Dobro zasnovan sistem za zajemanje podatkov o dogodkih v proizvodnji zbira podatke na oba načina, s tem da obremenjuje delavca smo s tistimi vnosi, ki so nujni. Obseg potrebnih podatkov diktirata narava proizvodnje in zahteve informacijskega sistema.

4. Razporejvalnik - ProXIA

V MES sistem podjetja COSCOM je vključeno močno parametrabilno in hitro orodje za razporejanje operaciji v proizvodnji - »ProXIA«. Podjetje COSCOM je specializirano za implementacijo MES orodji v maloserijske kosovne proizvodnje, predvsem za proizvodnje, kjer prevladujejo mehanske obdelave s CNC stroji in seveda orodjarne. Dobro poznavanje načina dela, zakonitosti in posebnosti v proizvodnji so osnova za uspešno parametriranje programske opreme, ki omogoča uporabniku kvalitetno in učinkovito delo. Podjetje COSCOM je nastalo leta 1978 in se v začetku ukvarjalo s CAM sistemi in z upravljanjem delovnih pripomočkov in orodji v proizvodnji. V letu 1988 je podjetje predstavilo svoj prvi sistem za zbiranje podatkov v proizvodnji. Danes ima več kot 4000 podjetji v Evropi nameščene različne segmente MES rešitev podjetja COSCOM.

Glavne lastnosti razporejvalnika »ProXIA«, ki je primerno tudi za reševanje tako zapletenih maloserijskih proizvodenj kot so orodjarne, so:

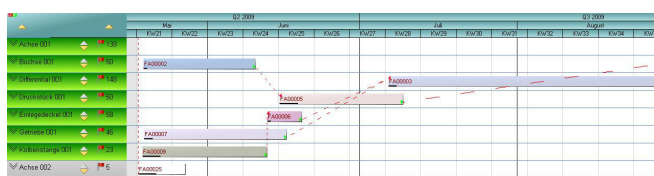
- Prijazna aplikacija za uporabnika. S pomočjo ergonomskega uporabniškega vmesnika prevede kompleksne probleme razporejanja v enostavne, ki jih je možno enostavno modelirati. Osnovni zaslon prikazuje običajno stroje in razporejene delovne naloge (slika 4). Uporabnik ima velik vpliv na način prikazovanja podatkov.



Slika 4: Osnovni zaslon programa ProXIA

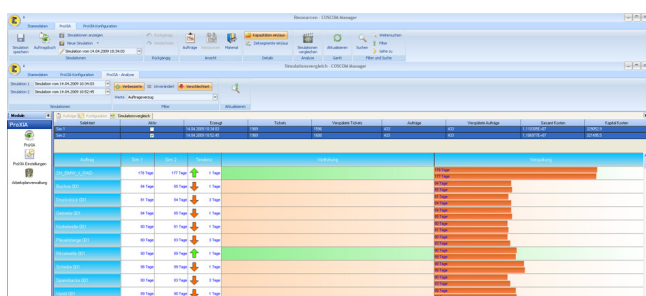
- Omogoča tesno povezavo s poslovnim informacijskim sistemom. Glavni podatki za razporejanje so delovni nalogi, delovne operacije, kosovnice in tehnološki podatki, pa tudi podatki o stanju na skladiščih, podatki o delavcih, strojih,...
- Vgrajena so orodja za vnašanje pravil, pomožnih podatkov in konfiguracijo. S pomočjo teh orodji lahko uporabnik ureja:
 - izdelke (dodaja lahko tudi izdelke, predvsem pa dopolnjuje podatke o izdelkih, ki so nujni za razporejanje)
 - projekte (več delovnih nalogov združuje v projekte zaradi spremljanja) (slika 5),
 - delovne koledarje (ureja izmene, dopuste, delovne sobote, itd. za posamezne proizvodne vire),
 - itd.

Kvaliteta razporejanja in uporabnost rezultatov simulaciji je močno odvisna od podatkov, ki jih uporabnik posreduje programskemu orodju ProXIA.



Slika 5: Povezovanje DN v projekte

- Vgrajena so orodja za simulacijo. S pomočjo teh orodji uporabnik lahko predvidi »Kaj se bo zgodilo, če...«
 - Program lahko shrani vsako izračunano simulacijo, tako da jih lahko uporabnik primerja in izbere najboljši razpored,
 - Program lahko prikaže tudi grafično primerjavo dveh simulaciji (slika 6).



Slika 6: Orodje za primerjanje dveh razporedov

- Vgrajena so učinkovita orodja za podporo odločanju, ki pomagajo odgovoriti na vprašanje »kaj je potrebno narediti« in »kaj se bo zgodilo«. S takim orodjem je mogoče veliko bolj natančno napovedovati dogodke v proizvodnem sistemu (slika 7).



Slika 7: Spremljanje odvisnih proizvodnih virov (npr. stanje zalog), ki niso bili predmet kriterijev za razporejanje

5. Sklepna misel

Razporejanje je več dimenzionalni problem, ki se pogosto izvaja z neupoštevanjem ali samo delnim upoštevanjem nekaterih dimenziji problema, ki pa v procesu nastopajo in ponavadi povzročajo težave – te pa se potem odpravljajo bolj ali manj panično in na silo, kar vpliva na poslovno uspešnost podjetja.

Uvajanje celovitega, računalniško podprtega razporejanja je kompleksna zadeva; je pa ena od ključnih poslovnih funkciji in pomembno vpliva na uspešnost podjetja. Hitrost reagiranja na spremembe in simulacija odločitev sta danes ključni za učinkovito poslovanje. ProXIA je tu v veliko pomoč.

Literatura

[1] COSCOM prospektni material

[2] http://www.dys.com/en/solutions/solutions_suite.asp; 24.9.2007

[3] <http://www.isa-95.com/index.php>; 24.9.2007

[4] <http://www.omac.org/omac/arc-talks/KUnger-1slide.ppt#292,6>, MESA - MES Functional Model; 24.9.2007

INOVACIJSKA MOČ SLOVENSКИH ORODJARŃ

Marjan LEBER, Iztok PALČIČ, Borut BUCHMEISTER, Andrej POLAJNAR
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Inovacijska moč podjetja je danes eden najpomembnejših dejavnikov uspešnosti podjetja. Kako pa definiramo inovacijsko moč podjetja in kako jo lahko merimo? Inovacijska moč podjetja je sestavljena iz inovacijske kompetence in inovacijskega potenciala. Inovacijska kompetenca odraža sposobnosti zaposlenih, inovacijski potencial pa predstavlja v podjetju obstoječe osnovne pogoje za inovacije ter razpoložljive vire.

Analizno orodje za merjenje inovacijske moči je zastavljeno tako, da je koristno za podjetja vseh velikosti, panog in inovacijskih moči: kot instrument občutljivosti in učenja za začetnike na področju inovacij, kot spodbuda za inovacijam naklonjena podjetja in kot instrument benčmarkinga za podjetja s poudarkom na raziskovanju in razvoju. Virtualna gospodična »Miss iScan« uporabnika v »Hiši inovacij« vodi skozi šest prostorov, ki so usklajeni z obema komponentama inovacijske moči – inovacijsko kompetenco in inovacijskim potencialom: inovacijska kompetenca je predstavljena v sobah Menedžment, Kultura in Znanje podjetja, inovacijski potencial pa v sobah Finance, Tehnologija in Trg.

V nadaljevanju bomo na osnovi analize izvedene v več podjetjih prikazali inovacijsko sposobnost ter ovrednotili moč podjetja; prav tako pa predstavili najpogostejše ovire razvoja inovativnosti in predlagane ukrepe za izboljšanje stanja. Dotaknili se bomo tudi menedžmenta znanja, saj je prav znanje osnova za uspešne inovacije. Tako teorija kot praksa namreč potrjujeta, da je za prehod na ekonomijo in družbo, temelječo na inovativnosti in znanju, potrebno raziskati nove relacije, nove oblike organiziranja in uporabiti nove sisteme merjenja poslovne uspešnosti in učinkovitosti koriščenja razpoložljivih virov.

1. UVOD

Vsako podjetje želi iz povprečja v družbo uspešnih, družbo, ki temelji na znanju in nenehnem razvoju zaposlenih, ki predstavljajo vse pomembnejši kapital podjetja. Tako postajata znanje in menedžment znanja danes vse pomembnejši predpostavki za konkurenčnost podjetij v poslovnem svetu. Pri tem je velik poudarek na inovativnosti, kateri osnova je prav znanje. Za evropska mala in srednje velika podjetja je pri doseganju konkurenčnih prednosti ključna učinkovita uporaba znanja in višanje inovacijskega potenciala. Nadalje pa predstavlja enega ključnih faktorjev uspeha tudi sistematično posredovanje informacij o neotipljivih sredstvih kupcem, partnerjem in investitorjem. Tako postaja upravljanje lastnega intelektualnega kapitala v razvojno usmerjenih podjetjih vse pomembnejše. Tradicionalni instrumenti nadzora niso več zadostni, saj ne upoštevajo specifičnega znanja in izkušenj ter dobrih poslovnih povezav. Bilanca intelektualnega kapitala (v angl.

Intellectual Capital Statement – ICS) predstavlja orodje za oceno, poročanje in razvoj intelektualnega kapitala organizacije [3]. ICS razkrije dejansko vrednost intelektualnega kapitala glede potenciala za podporo pri doseganju strateških ciljev podjetja, proizvodnji izdelkov in storitev in ne nazadnje potenciala za doseganje poslovnega uspeha.

Za lažje sprejemanje odločitev in strateških ukrepov pa moramo seveda najprej ugotoviti oz. nekako izmeriti, kje se med podjetji v nekem poslovnem prostoru nahajamo. V ta namen nam je so lahko v veliko pomoč podporna orodja, ki so v osnovi analizna, zatem pa uporabnika sistematično usmerjajo v kreiranje ukrepov, kateri vodijo k izboljšanju poslovnega uspeha.

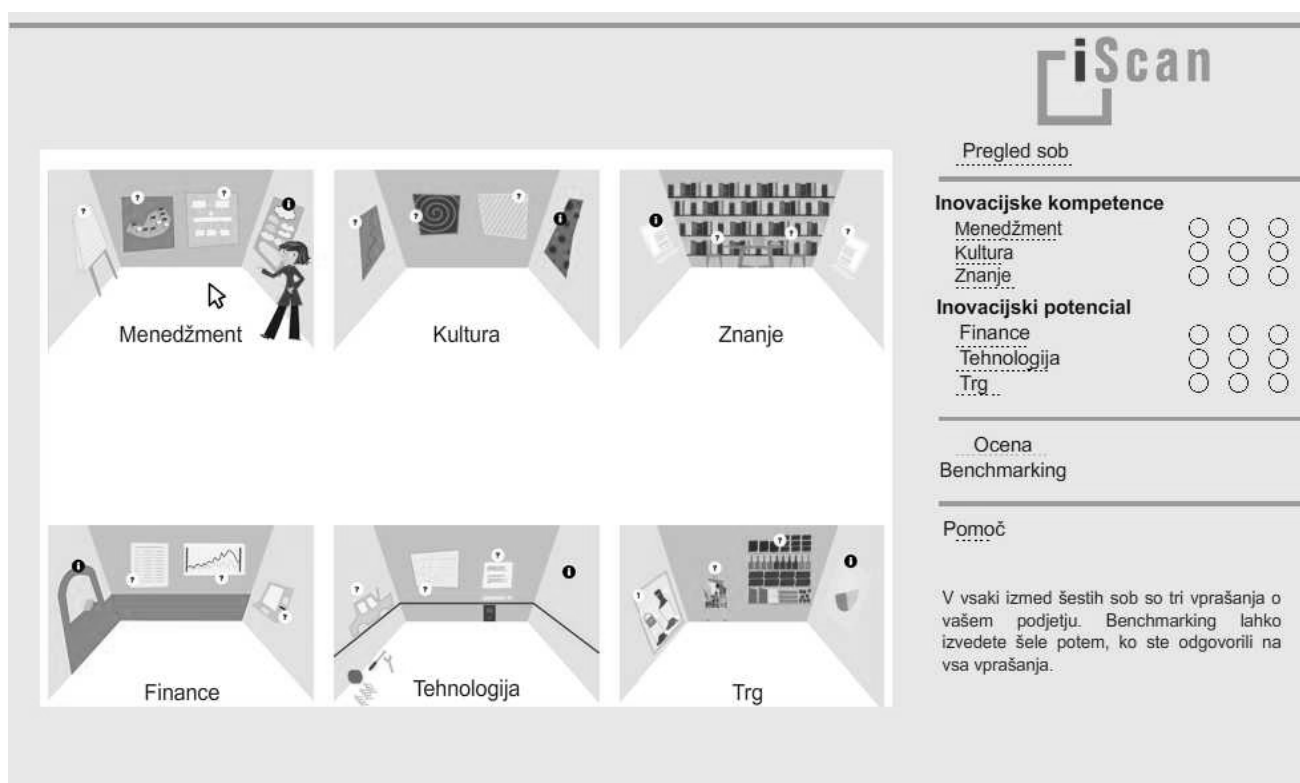
Omenjena podporna orodja omogočajo hiter in natančen pregled nad obstoječim stanjem organizacije v povezavi z menedžmentom znanja v podjetju. Tu se potrjuje pravilo učinkovitosti "od grobega k podrobnostim", saj je ta groba analiza osnova za izvajanje ukrepov ali nadaljnjih podrobnih analiz.

2 UGOTAVLJANJE INOVACIJSKE MOČI ORGANIZACIJE

Analizno orodje za določitev inovacijske moči iScan® je razvito v kooperacijskem projektu s partnerji iz univerzitetnih in zunaj univerzitetnih krogov v podjetju Innovation Service Network. Inovacijska moč podjetja je danes eden najpomembnejših dejavnikov uspešnosti podjetja. Kako pa definiramo inovacijsko moč podjetja in kako jo lahko merimo? Inovacijska moč podjetja je sestavljena iz inovacijske kompetence in inovacijskega potenciala. Inovacijska kompetenca odraža sposobnosti zaposlenih, inovacijski potencial pa predstavlja v podjetju obstoječe osnovne pogoje za inovacije ter razpoložljive vire [2]. iScan® je zastavljen tako, da je koristen za podjetja vseh velikosti, panog in inovacijskih

moči: kot instrument občutljivosti in učenja za začetnike na področju inovacij, kot spodbuda za inovacijam naklonjena podjetja in kot instrument benčmarkinga za podjetja s poudarkom na raziskovanju in razvoju.

Virtualna gospodična »Miss iScan« uporabnika v »Hiši inovacij« vodi skozi šest prostorov (slika 1), ki so usklajeni z obema komponentama inovacijske moči – inovacijsko kompetenco in inovacijskim potencialom: inovacijska kompetenca je predstavljena v sobah Menedžment, Kultura in Znanje podjetja, inovacijski potencial pa v sobah Finance, Tehnologija in Trg. Ko uporabnik odgovori na vsa vprašanja v desnem navigacijskem oknu, sledi prikaz rezultatov v stolpičnem diagramu in Benchmarking pregled v portfoliju [3].



Slika 1: 6 virtualnih sob orodja iScan [1]

3. IZVEDBA ANALIZE

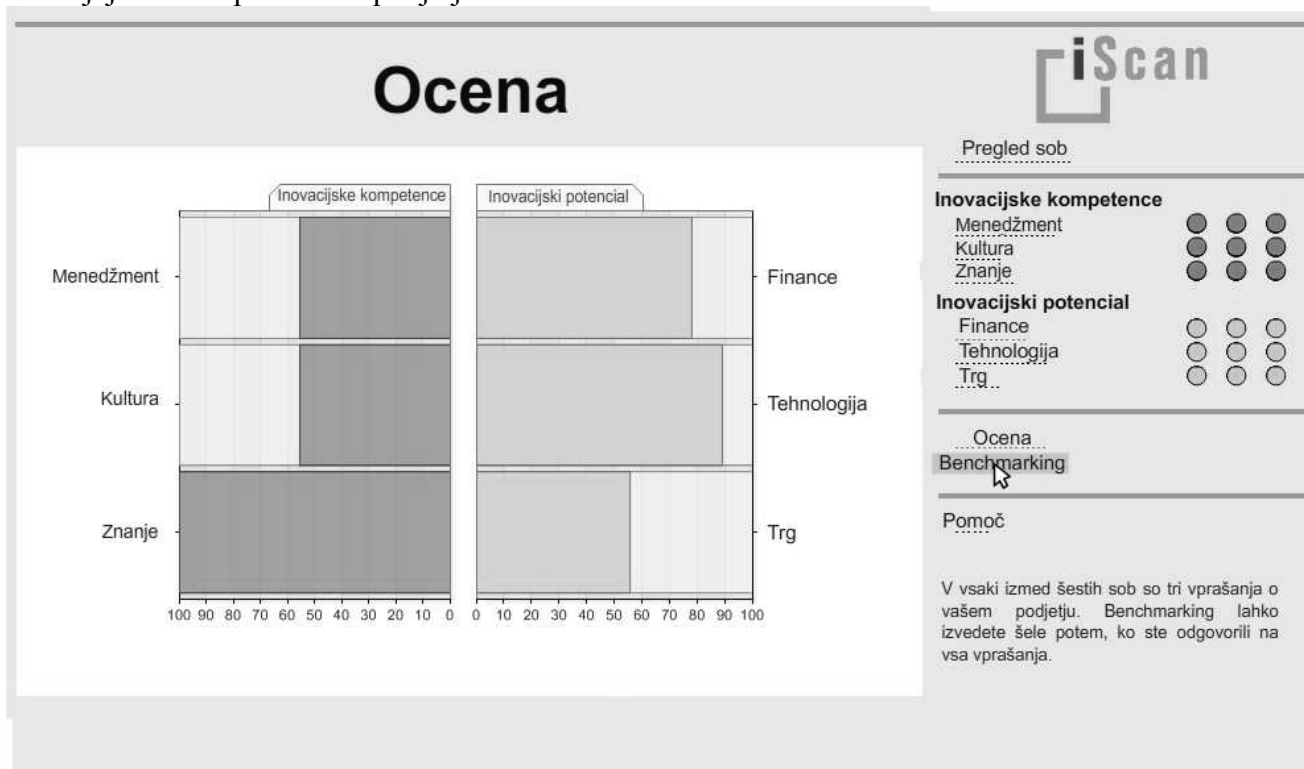
S pomočjo analiznega orodja iSCAN smo z vprašalnikom izvedli raziskavo inovacijske moči v več kot 60 slovenskih podjetjih. Cilj analize je seveda bil določiti inovacijske kompetence in potencial posameznega podjetja ter oblikovati ukrepe za

izboljšanje stanja. Na osnovi odgovorov, ki smo jih ovrednotili (slika 2) lahko komentiramo obstoječe stanje, kot sledi v nadaljevanju.

Menedžment predstavlja osnovo za uspeh inovacij in slovenska podjetja imajo to področje kar dobro urejeno – strategije imajo jasno postavljene, prav tako organizacijsko ureditev, gospodarnost pa preverjajo občasno. Za kulturo

jim ni treba skrbeti, saj so zaposleni zelo motivirani za inovacijske projekte, v katere vključujejo tudi zunanje partnerje, pri vsem tem pa je najbolj pomembno, da je vzpostavljena dobra komunikacija. Napake podjetja obravnavajo zelo dobro in jih uporabljajo kot veliko priložnost. Znanja podjetjem ne manjka, saj vanj investirajo zelo veliko, poleg tega pa še poskrbijo za to, da ga na različne načine zavarujejo. Večni problem v podjetjih so finančna

sredstva, zato rezultati vprašalnika niso nepričakovani. Podjetja imajo malo lastnih sredstev za inovacije in malo uspeha pri subvencijah. Uporaba tehnologije je zadovoljiva, zaposleni jo obvladujejo delno ter tudi spremljajo dogajanje na tržišču, kolikor je to v njihovi moči. To privede do dobrega spremljanja povratnih informacij kupcev in držanja koraka s konkurenco.



Slika 2: Inovacijska moč srednje velikega podjetja

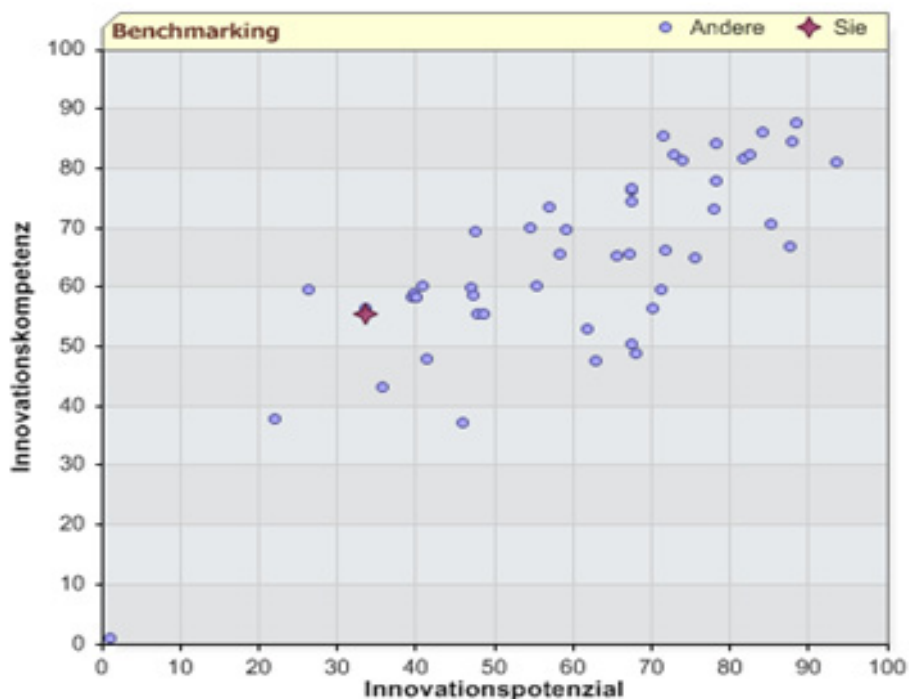
4. ZAKLJUČEK

Največjo linearno povezanost predstavljata inovacije in tržno orientiranje. To pomeni, da je potrebno tema dvema področjema nujno nameniti veliko pozornost, da bi se v izbranih slovenskih podjetjih čim več inovacij vpeljalo na trg in hkrati tudi prodalo, saj če se ena poveča za določeno enoto, se tudi druga.

Orodje iSCAN® omogoča tudi primerjavo rezultatov med podjetji ali v branži (slika 3).

Na osnovi rezultatov analize lahko sklepamo na podpovprečno inovacijsko moč slovenskih podjetij, kar predstavlja velik potencial za nadaljnje izboljšave.

Inovacijska sposobnost je eden izmed elementov, ki vpliva na globalno konkurenčnost in se izgrajuje sistematično. Predstavlja zmožnost podjetja za pravočasno ustvarjanje invencij, zasnovanih na poznavanju razpoložljive znanosti, ter pretvarjanje teh invencij v inovacije v obliki novih izdelkov ali storitev z lastno inovacijsko zmogljivostjo. Izpeljava od ideje do uresničitve je kratkoročno zelo naporna, vendar predstavlja izboljšavo in blaginjo na dolgi rok. Na inovacijske sposobnosti ima velik vpliv država, ki sprejema zakone in nudi subvencije.



Slika 3: Benchmarking podjetja v branži

V povprečju so inovacijske kompetence boljše od inovacijskega potenciala, kar pomeni, da je podjetje notranje dobro organizirano, vendar nima dovolj sredstev, s katerimi bi uporabilo boljše tehnologijo ter promoviralo in prodalo izdelek/storitev na trgu. Za razvijanje dobrih inovacijskih sposobnosti je potrebno tudi večje sodelovanje podjetij z univerzami, tehnološkimi mrežami in parki, razvojnimi centri ali zunanjimi svetovalci ter povečanje mednarodnega sodelovanja na področju razvoja in raziskav.

Kvantitativno ocenjevanje privede k zelo dobri pripravljenosti za spremembe, upošteva potrebe vključenih ter daje osnovo za učinkovito izboljšanje motivacije zaposlenih, izkoriščenosti virov znanja ter na osnovi izvedenih ukrepov vodi k boljšim poslovnim rezultatom.

Vseeno pa MSP zaznamuje nekaj posebnih karakteristik – koncentracija znanja na manjše število oseb, ravne hierarhije in nizka stopnja formalne izobrazbe, majhna kapaciteta za posebne projekte – kar zahteva drugačne pristope k menedžmentu znanja v primerjavi z velikimi podjetji in edinstveno fokusiranje na ukrepe.

Zaradi dinamike okolja in konkurence je nujno treba izkoristiti različne vire znanja (kupci, dobavitelji in drugi partnerji, kot so strokovnjaki in raziskovalne institucije) ter uporabljati njihovo znanje za razvoj in izpopolnjevanje izdelkov in storitev. V vse večji meri pridobiva pomen tudi zasidranje menedžmenta znanja v strukturi in kulturi organizacije (npr. odgovornost za pridobivanje znanja od zunaj, pripravljenost za posredovanje znanja itd.), tako da pretehtamo in oblikujemo tudi organizacijske vidike. [2]

Literatura

- [5] Skupina avtorjev: Menedžment znanja 3. del, Fakulteta za strojništvo, Maribor 2005
- [6] Willfort R.: Knowledge management as basis for innovation, 2. European Conference of Knowledge management, Zbornik conference, Bled 2001.
- [7] Leber, M, Christl, C, Mlakar, A.: Podporna orodja za povečanje učinkovitosti poslovnega sistema, Industrijski forum, Portorož 2009

NOVA IZDAJA KNJIGE JEKLA IN ŽELEZOVE LITINE

Ladislav KOSEC, Boris JOCIĆ

Slovenska strokovna literatura je na področju kovinskih materialov bogatejša za drugo izdajo knjige *Jekla in železove litine*. Ta je razširjena in dopolnjena izdaja priročnika enakega naslova (ali *Slovenska jekla*), ki je izšel leta 1996.

Zanimanje za jekla kot najpomembnejše železove zlitine je tudi v globalnem svetu materialov večje kot kdaj koli. Pred nekoliko leti je proizvodnja železovih zlitin preseгла milijardo ton. Kdo poleg betona se lahko primerja s to količino? S katerim materialom je mogoče posredno ali neposredno v tolikšni meri obvladovati makroskopski svet? Kdo bi lahko brez jekla gradil vodne pregrade na veletokih, predore skozi gorske masive ali pod morjem, orodja za milijone izdelkov, milijone avtomobilov, seveda ob tehniško in gospodarsko preiščeni uporabi drugih materialov. Dandanes so posebne pozornosti deležni t.i. sodobni oz. napredni materiali. Če bi enako obravnavali tudi železo in jekla, bi ta prav tako pokazala lastnosti materialov v obliki nanocevk. Pri železovih zlitinah, posebno jeklih se aktualnost in sodobnost potrjujeta v možnostih, ki jih dajejo nove tehnologije in še številne variacije v kemični sestavi. Med več kot 40.000 inženirskimi kovinskimi zlitinami jih je okoli 80% na osnovi železa; te zahtevajo tudi ogromen raziskovalni potencial za odkrivanje novih in optimiziranje že znanih vrst jekla.

Zato morajo biti tudi informacije o železovih zlitinah aktualne in predstavljene pregledno, jasno, razumljivo, preprosto v korist jeklarske industrije in uporabnikov.

Boris Jocić je pripravil že drugo izdajo knjige, ki ima vse te attribute in katere vsebina so jekla, druge železove zlitine, dodatno še nikljeve zlitine in dodajni materiali za varjenje železovih zlitin. Nikelj in

nikljeve zlitine se po različnih kriterijih uvršča v različna področja kovinskih materialov: bodisi med t.i. neželezne ali barvne kovine v podskupino t.i. težkih kovin bodisi tudi v skupino t.i. črne metalurgije. Nikelj je eden najpogostejših legirnih elementov v železovih zlitinah. Je osnovna kovina v zlitinah, ki se dobro izkažejo v zahtevnih razmerah korozijskih medijev in visokih temperatur, in pokriva skupine funkcionalnih materialov. S tem je avtorjevo dopolnilo koristno, saj take zlitine uporabljamo v našem prostoru. Varjenje je sodobna tehnologija, dodajni materiali pa so prav tako pomembni kot tisti, ki jih spajamo.

Bodite pozorni: knjiga pomaga izbrati dobro, optimalno kovino. Dogaja se namreč, da za kak namen izberemo in uporabimo preveč kakovosten material, ki pa ima okence v katerem se lahko poškoduje npr. tam, kjer bi lahko veliko preprostejše ali cenejše jeklo brez težav zdržalo dolgo časa. Za uspešno in gospodarsko izbiro kovinskih materialov je torej dobro poznati vir informacij, kot je ta knjiga.

Knjigo sestavlja več enot značilnosti po vsebini in načinih urejanja materialov. V prvem delu knjige so sezname virov podatkov in razlaga okrajšav. Sledi obsežen pregled standardov SIST o materialih in tehnologijah. Naslovi standardov so angleški, večina jih je prevedena tudi v nemščino in slovenščino. Na nekaj straneh sledi seznam standardov EN, ki so zamenjali prvotne standarde po DIN in JUS.

Najobširnejši del knjige je namenjen prikazu standardov o jeklih, nikljevih in železovih zlitinah. Na začetku tega sta seznam in razlaga okrajšav standardov Evropske unije ter najpogostejših in najpomembnejših standardov evropskih držav tudi izven EU, standarde gospodarsko najpomembnejših držav v svetovnem merilu: ZDA, Japonske in Kitajske. Jekla so razvrščena po veljavnih slovenskih (SIST) standardih oz. standardih, ki so bili privzeti pri nas. V posebnem stolpcu so oznake in primerjave z različnimi starimi standardi. Sledi stolpec z opisom kakovosti skupine, namena uporabe, ustreznosti jekla za toplotno obdelavo ter njegove kemične sestave. Sledi še podrobnejša specifikacija uporabe z nekaterimi najznačilnejšimi in najpomembnejšimi mehanskimi lastnostmi, tudi žilavost in njena prehodna temperatura. V zadnjem stolpcu je seznam slovenskih jeklarn, ki izdelujejo dano jeklo.

Na začetku tega dela je opisan način dešifriranja oz. tvorbe oznake jekel. Jekla so razdeljena v že znane skupine: nelegirana (ogljikova), kakovostna, konstrukcijska jekla; nelegirana, posebna,

konstrukcijska jekla, za tlačne posode in za strojogradnjo; nelegirana, posebna, orodna jekla; legirana posebna, s posebnimi fizikalnimi lastnostmi, legirana, posebna, orodna jekla; legirana posebna, hitrorezna in jekla za kotalne ležaje; legirana s posebnimi fizikalnimi in magnetnimi lastnostmi; legirana nerjavna jekla; legirana, toplotno obstojna jekla in legirana jekla za konstrukcije, tlačne posode in strojogradnjo.

Nikljeve zlitine so opisane drugače, ker standardizacija na tem področju ni tako napredovala in ni tako sistematična. Namesto standarda SIST je v prvem stolpcu številčna oznaka zlitin, za nekaj zlitin so že veljavni standardi EN (v drugem stolpcu), sledi opis lastnosti in področje uporabe, kemična sestava in v zadnjem stolpcu še boljše opredeljene lastnosti in namen uporabe. Nikljeve zlitine so razdeljene v skupine s posebnimi fizikalnimi lastnostmi, v kemijsko obstojne in za delo pri povišanih temperaturah, toplotno obstojne zlitine, ki jim je pridana skupina kobaltovih zlitin.

Pri skupini železovih litin so seznam okrajšav za opis najbolj značilnih lastnosti, posebej grafita, mikrostrukture in mehanskih lastnosti, kemijske sestave in posebnosti posameznih litin. Za uporabnike je pomembna tudi primerjava novih standardov z različnimi starimi, nameni uporabe in najznačilnejše oz. zahtevane lastnosti ter seznam slovenskih livarn, ki izdelujejo dano litino. Litine so razdeljene po značilnostih grafita oz. obliki v kateri se nahaja ogljik.

Dodajni materiali zavarjenja so izbrani po osnovnih materialih, načinu varjenja, nanašanju, vrsti elektrod in pomožnih varilnih sredstvih. Ti podatki so ponazorjeni še z približnimi mehanskimi lastnostmi varov in priporočili za uporabo.

Knjiga se konča z obsežnim abecednim kazalom jekel in železovih litin. Sestavlja jo 832 strani formata A4, zajema več kot 2300 jekel in jeklenih litin, 100 železovih litin in 130 nikljevih oz. kobaltovih zlitin. Vseh oznak vključno s primerjalnimi je okoli 14.000. Zajeta so tako rekoč vsa jekla po evropskih standardih z ustrezno podatkovno bazo. Knjiga je sestavljena tako, da jo je mogoče dopolniti z dodatnimi podatki, npr. podatki o toplotni obdelavi, mehanskih in fizikalnih lastnostih, dodatnih značilnostih posameznih zlitin.

Za uporabnike jekel in obravnavanih zlitin bo to delo zagotovo uporaben pripomoček, in sicer tako pri načrtovanju kot v proizvodnji. Veliko koristnih podatkov ter zamisli za razvoj in izbiro materialov daje knjiga tudi za področje primarne izdelave kovinskih materialov. Izid tovrstne knjige je treba v slovenskem prostoru še posebno pozdraviti, saj je na tem področju zelo malo avtorjev, ki se lotijo tako obsežnega, zahtevnega in natančnega dela. Eden od teh je gotovo Boris Jocić, ki vztrajno sestavlja mozaik o tehniško in gospodarsko cenjeni skupini inženirskih materialov.

MOŽNOSTI UPORABE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V PROIZVODNJI IN ORODJARNAH

Bogomir MURŠEC, Peter VINDIŠ
Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

POVZETEK

Pri obstoječi porabi nafte in sedanjem stanju tehnike in proizvodnje bodo zaloge nafte po 40 letih uporabe usahnile in po 60 letih bo porabljen ves zemeljski plin. Tudi, če bi zaloge nafte in zemeljskega plina obstajale še za daljše obdobje rabe, nastane pri uporabi teh nosilcev energije še večji problem kot poraba njihovih zalog. Pri zgorevanju fosilnih energentov nastajajo toplogredni plini, med katerimi je tudi ogljikov dioksid. Njegova vrednost se je v zadnjih 100 letih v atmosferi povečala za tretjino. S sočasnimi raziskavami je bilo ugotovljeno, da se je globalna temperatura ozračja povečala za 0,6 °C glede na čas pred industrijskim obdobjem. Predpostavlja se, da bo ob koncu stoletja globalna temperatura ozračja za 2 do 6 °C večja glede na današnji čas. Zmanjševanje vrednosti CO₂ v ozračju je svetovni cilj. Države vključene v EU imajo jasna navodila, da do leta 2010 nadomestijo obstoječo fosilno energijo iz obnovljivih virov do vrednosti 12 % porabljene bruto energije. To pa pomeni trikratno povečanje pridobivanja energije iz obstoječih obnovljivih virov energije v EU.

Novi izviri energij so nujno potrebni za oskrbo človeštva in podjetij z energijo. Poleg varčevanja z obstoječimi izvori je dolgoročna možnost oskrbe smiselna samo iz obnovljivih virov energij. Pomembni vendar ne obremenjujoči nosilci energij so viri, v katerih je shranjeno globalno sončno obsevanje, kot so voda, veter, električne sončne celice in biomasa. Biomasa lahko pojmuje kot univerzalni vir energije v kmetijskem prostoru. Njen energetski potencial je spremenljiv v električno, toplotno ali mehansko energijo, neodvisno od časa dneva ali letnega časa. Biomasa se nahaja v kmetijskem prostoru, kot so energetske rastline v poljedelstvu, slabši les v gozdarstvu, gnojevka v živinoreji, rastlinski ostanki ob spravilu žita ali okopavin ter organska masa od nege in oskrbe zelenih obcestnih površin.

Obnovljivi viri energije za proizvodnjo z učinkovito rabo energije vplivajo na zmanjšanje porabe virov.

1. UVOD

Potrebe prebivalstva po energiji in potrebe v proizvodnji (orodjarne) so vedno večje, na drugi strani kopnijo zaloge fosilnih goriv. Grozi nam pomanjkanje energije. Delna rešitev problema je izkoriščanje obnovljivih virov energije, med katere spada tudi pridobivanje bioplina iz biomase. Bioplin nastane pri anaerobnem vrenju organskih snovi kot so hlevski gnoj, gnojevka, energetske rastline, organski odpadki, odpadki klavnic. Sestava bioplina je močno odvisna od organskih snovi, ki nastajajo pri procesu fermentacije. V Evropi se v zadnjih desetletjih srečujemo s presežki hrane in z opuščanjem obdelave kmetijskih zemljišč. Proizvodnja bioplina iz energetskih rastlin v naših laboratorijskih poskusih je izvedena v mezofilnem območju (35 °C). V ta namen je bila zgrajena laboratorijska konstrukcija za

proizvodnjo bioplina, mini digester. Proizvodnja bioplina se odčitava dnevno, istočasno se meri tudi kakovost bioplina (CH₄, CO₂ in O₂) s plinskim detektorjem GA 45. V raziskavo smo vključili sončnico, koruzo, sirek, topinambur in ščir kot alternativne rastline za proizvodnjo bioplina.

Rezultati testiranja so pokazali kot najprimernejšo energetsko rastlino z najvišjim izkupičkom biometana sončnico, sledi koruzo, sirek, topinambur in ščir medtem ko velja testirati tudi druge alternativne energetske rastline (detelja, sudanska trava ...).

Bioplin se lahko z zgorevanjem pretvori v električno energijo in toploto.

Bioplin se danes uporablja za gretje poslopij in proizvodnjo elektrike, ni pa izključena možnost, da postane pogonsko sredstvo za avtomobile.

Pri uporabi poljedelskih, gozdnih, živinorejskih in komunalnih odpadkov – ostankov ter pridelavi energetskih rastlin na 2 milijonih kmetijskih površin, pri uporabi celotne pridelane rastline, naj bi se pridobilo 20 % obnovljive energije glede na današnjo porabo.

V tem kontekstu je proizvodnja bioplina iz kmetijske biomase zelo pomembna in predstavlja pomemben prispevek k ohranjanju narave ter je dodaten vir zaslužka za kmetije [1]. Proizveden je obnovljivi vir energije. Zelo močan je princip kroženja, predvsem dušika, ki se močno zadržuje v sistemu. Izpusti metana med shranjevanjem gnoja se zmanjšajo, medtem ko je kakovost digestata visoka. Primerni substrati za digestijo v bioplinarnah so: energetske rastline, organski odpadki in živalski gnoj. Koruza (*Zea mays L.*), trave (*Poaceae*), detelje (*Trifolium*), sudanska trava (*Sorghum sudanense*), sladkorna pesa (*Beta vulgaris*) in druge vrste se lahko uporabljajo kot energijske rastline. Med alternativnimi energetskimi rastlinami se v literaturi omenjajo še krmni ohrovt, topinambur, *Miscanthus sp.* ter nekateri pleveli.

Koruza je prevladujoča rastlina za proizvodnjo bioplina. Ima največji potencialni pridelek glede na druge rastline v Osrednji Evropi. Pomembno je vključevanje koruze za energijo v kolobar, zaradi zmanjšanja negativnih vplivov na okolje in povečanja proizvodnje energije na hektar.

Ekonomska učinkovitost anaerobnega vrenja je odvisna od investicijskih stroškov, stroškov obratovanja bioplinarne in od optimalne proizvodnje bioplina.

Za potrebe planiranja in odločanja o uporabi različnih substratov (energetskih rastlin, biomase ...) v bioplinarni, so poleg tehnoloških informacij, nujno potrebne tudi ekonomske informacije. Predvsem velja tukaj izpostaviti potrebo po izdelavi modelnih kalkulacij stroškov pridelave energetskih rastlin in večkriterijskega modela. Modelne kalkulacije stroškov pridelave energetskih rastlin lahko predstavljajo dovolj kakovostno informacijsko podporo za razvoj nadaljnjih študij. Najrazličnejše simulacijske modele so agrarni ekonomisti nadgrajevali z razvojem sistemov za podporo odločanja, npr. z

uporabo večkriterijske odločitvene analize. Odločanje je proces, v katerem je potrebno izmed več variant (alternativ, inačic, možnosti) izbrati tisto, ki najbolj ustreza postavljenim ciljem oziroma zahtevam. Poleg izbora najboljše variante, želimo včasih variante rangirati tudi od najboljše do najslabše. Pri tem so variante objekti, akcije, scenariji ali posledice enakega oziroma primerljivega tipa. Kadar na primer kupujemo nov računalnik, so variante računalniki. Pri strateškem planiranju v podjetju so lahko variante različni razvojni ali investicijski scenariji. Kadar pa izbiramo najboljšega kandidata za neko delovno mesto, so variante ljudje.

S problemi odločanja se ukvarja vrsta znanstvenih področij in disciplin, od filozofije (na primer aksiologija - nauk o vrednotah), psihologije, ekonomije in matematike, do bolj specifičnih, kot sta odločitvena teorija in odločitvena analiza. Posebej pomembno je vprašanje, kako pomagati odločevalcu, da bi na sistematičen, organiziran in čim lažji način prišel do kakovostne odločitve. V ta namen je bilo razvitih mnogo metod in računalniških programov za podporo odločanja (angl. Decision Support Systems (DSS)).

Večparametrsko odločanje temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše podprobleme. Variante razgradimo na posamezne parametre (kriterije, attribute) in jih ločeno ocenimo glede na vsak parameter. Končno oceno variante dobimo z nekim postopkom združevanja. Tako izpeljana vrednost je potem osnova za izbor najustreznejše variante.

Predvsem pomembna je problematika ocenjevanja primernosti energetskih rastlin za bioplin s stališča različnih aspektov/kriterijev na podlagi različnih analiz (količina proizvedenega bioplina, pridelek biomase) in združevanja v enotno večkriterijsko oceno. Pri tovrstnih primerih so večkriterijsko analizo uporabljali različni avtorji.

Osnovni problem raziskave je v razvoju sistema za ocenjevanje energetskih rastlin za predelavo v bioplin pri izbiri ustrezne energetske rastline, s kombinacijo tehnološko-ekonomskih simulacijskih modelov (modelnih kalkulacij) ter večkriterijske odločitvene analize. Povezava

tehnološko-ekonomsko simulacijskih modelov in večkriterijske odločitvene analize za podporo in planiranje proizvodnje, predstavlja nov pristop pri razvoju sistemov za podporo odločanja v kmetijskem managementu. Predvidevamo tudi, da bi na takšen način pridobljene informacije o energetskih rastlinah predstavljale pomembno praktično osnovo pri nadaljnjem planiranju investicij v bioplinarne.

2. CILJ PRISPEVKA

Cilj raziskave je izdelava enotne večkriterijske ocene (okoljska sprejemljivost, tehnološki kriteriji, ekonomski kriteriji) za analizirane energetske rastline. Uporabljena bo aplikacija analitičnega hierarhičnega procesa (AHP) in metode DEX, s katerim bo izdelana enotna ocena posamezne energetske rastline glede na definirane kriterije. Vhodne podatke večkriterijske odločitvene analize predstavljajo podatki, pridobljeni iz poljskih in laboratorijskih poskusov (pridelek bioplina) ter modelnih kalkulacij stroškov pridelave energetskih rastlin.

3. PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Osnovna omejitev raziskave je vezana predvsem na nekatere nove rastline, za katere še ni natančno definirana tehnika pridelave, kar nam otežuje predvsem izdelavo tehnološko ekonomskih simulacijskih modelov (modelnih kalkulacij).

4. METODE RAZISKOVANJA

Silirana masa iz različnih poljščin (vzorčenje, siliranje v mini silosih), ki se pojavlja v obstoječih kolobarjih (koruza, sirek, ščir, sončnice, sladkorna pesa, topinambur) predstavlja vhodni material v mini digester, za pridelavo bioplina.

Izgradnja postrojenja (mini digesterja), ki služi za določanje količine proizvedenega bioplina (biometana) iz siliranih energetskih rastlin iz poljskih poskusov ter izvedba poskusov. Izgradnja mini digesterja in poskus temeljita na

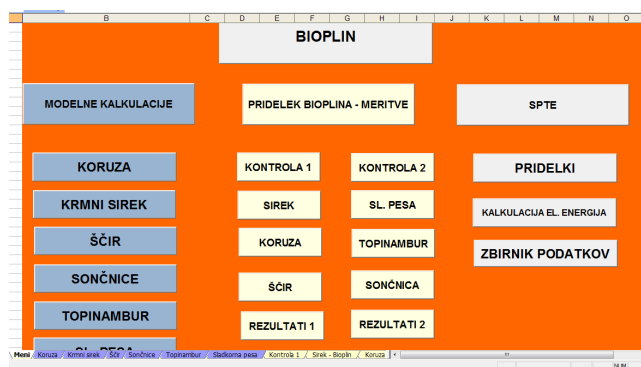
nemškem standardu DIN 38414 (DIN 38415, 85) [2].

Lastno razvito laboratorijsko postrojenje je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Laboratorijsko postrojenje za pridobivanje bioplina

Na sliki 2 je prikazan lastno razvit računalniško podprt simulacijski model.

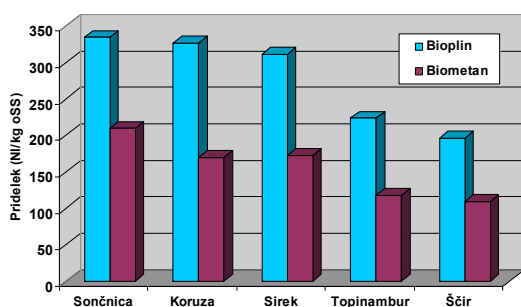


Slika 2: Računalniško podprt simulacijski model

5. REZULTATI

Energetske rastline so bile predhodno silirane v mini silose. Proizvodnjo bioplina smo spremljali 35 dni in dnevno merili proizvodnjo ter sestavo bioplina (CH_4 , CO_2 in O_2).

Najvišjo vsebnost bioplina je dala sončnica s 335 NI/kg oSS, sledi koruza s 327 NI/kg oSS, sirek s 312 NI/kg oSS, topinambur z 224 NI/kg oSS in ščir s 197 NI/kg oSS. Povprečen pridelek bioplina in biometana za različne energetske rastline je prikazan na sliki 3. Vse meritve so potekale v treh ponovitvah [3].



Slika 3: Povprečen pridelek bioplina in biometana

6. DISKUSIJA

V proizvodnji in orodjarnah so vsekakor velike možnosti za uporabo obnovljivih virov energije: biomasa, sončna energija, hidroenergija, energija vetra, geotermalna energija. Največji delež obnovljivih virov energije v Sloveniji predstavljata energija biomase (les in lesni odpadki) in hidroelektrarne, sledijo pa geotermalna in sončna energija. Delavnice se lahko segrevajo s toploto pridobljeno iz alternativnih virov energije (npr. les, lesni odpadki, sončna energija, bioplina itd.), tudi voda v njih se lahko tako segreva.

V predpristopni direktivi pogodbe priključitve Slovenije v EU je bil določen cilj, da bo v Sloveniji v letu 2010 33,6 % električne energije proizvedene iz obnovljivih virov energije. Zadnji uradni podatki za leto 2005 kažejo, da je bilo samo še 24,2 % električne energije proizvedene iz obnovljivih virov. Razlogi za primanjkljaj so najpogosteje v večji gospodarski rasti po državah z večjo porabo električne energije. Zaradi slabega vzdrževanja in energetske zelo potratne proizvodnje, so elektroenergetski sistemi prisiljeni vlagati v nove proizvodne vire. Viri kot so elektrarne na veter, bioplinarne, geotermalni viri energije in druge alternativne proizvodnje energije [4].

7. ZAKLJUČEK

Problem sodobnega časa je v vedno večji porabi energije in vedno manjših zalogah fosilnih goriv, kar je privedlo do raziskav o uporabi

obnovljivih virov energije in s tem do razvoja novih tehnoloških postopkov za pridobivanje energije [4]. Eden najbolj učinkovitih energentov je bioplina, katerega pridobivamo iz zelenih energetske rastlin in odpadnih organskih snovi.

Razlogi, zaradi katerih je potrebno povečati uporabo obnovljivih virov energije, so:

- obnovljivi viri energije lahko pomembno vplivajo na znižanje izpustov toplogrednih plinov, z rabo energije v EU povzročamo kar 80 % izpustov toplogrednih plinov,
- povečanje deleža obnovljivih virov energije pomeni bolj trajnostno rabo le-teh, krepi zanesljivost oskrbe z zniževanjem uvozne odvisnosti,
- z nadaljnjim razvojem tehnologij in izboljšavami v praksi pričakujemo, da bo na daljši rok postala izraba obnovljivih virov energije tudi ekonomsko konkurenčna fosilnim virom energije.

Literatura

- [8] Muršec, B., Vindiš, P., Rozman, Č., Bavec, F.: Organizacija proizvodnje bioplina v laboratoriju, 27. mednarodna znanstvena konferenca o razvoju organizacijskih znanosti, Slovenija, Znanje za trajnostni razvoj, zbornik 27. mednarodne znanstvene konference o razvoju organizacijskih znanosti, proceedings of the 27th International Conference on Organizational Science Development, Kranj, Moderna organizacija, 2008, str. 1805-1812
- [9] Vindiš, P., Muršec, B.: Uporaba različnih substratov za proizvodnjo bioplina, Nove tehnologije, novi izzivi, zbornik 28. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti, proceedings of the 28th International Conference on Organizational Science Development, Kranj, Moderna organizacija, 2009, str. 1561-1568
- [10] Vindiš, P., Muršec, B., Lakota, M., Stajniko, D., Sagadin, M.: Bioplina pridobljen iz energetske rastlin, Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, zbornik radova 37. Međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, Hrvatska, proceedings of the 37. International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, 2009, str. 247-255
- [11] Törnar, M.: Mešanje različnih substratov v fermentorje za večji izplen metana, diplomsko delo = Mixing different sorts of substrat in digestion to produce more methane, graduation thesis, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, 2009

PRESTRUKTURIRANJE V SMERI VIŠJIH TEHNOLOGIJ

Franci ČUŠ¹, Valentina GEČEVSKA², Ivica VEŽA³

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, ²University »St. Cyril and Methodius« Skopje
³University of Split

POVZETEK

Tehnologija zajema vse usposobljenosti in postopke za izdelavo, uporabo in delovanje koristnih stvari. Vključuje naravo in specifikacijo tistega, kar se proizvaja, kot tudi, kako se proizvaja. Tehnologija je sestavljena iz serije tehnik in vsaka tehnika je povezana z vrsto značilnosti. V najbolj preprosti obliki je tehnološki napredek posledica novega in izboljšanega načina izvajanja tradicionalnih nalog. Pri tehnologijah, ki so delovno intenzivne, pride do varljive predstave, da je delo poceni. Vendar v slovenski družbi, ki se bliža pragu razvitosti, delo dejansko ni poceni, ker so mejni stroški dela visoki.

1. UVOD

Vse, kar ni kapital ali delovna sila in kar vpliva na proizvodnjo, se pripiše tehničnemu napredku; najsi bodo to tehnične izboljšave, izumi, večje znanje, izobraževanje, zboljšano zdravstveno skrbstvo, pa tudi elementarne nesreče ali sreče in podobno. Kriza je medicinski pojem in zato pogosto govorimo o simptomih, ki napovedujejo to neljubo bolezen v podjetju:

- Padanje produktivnosti in ekonomičnosti poslovanja, zmanjševanje prodaje in izgubljanje tržnega deleža, zniževanje dobička in nizke dividende (v delniških podjetjih),
- povečanje zadolženosti in pomanjkanje likvidnih sredstev,
- tehnološko zaostajanje in težave s kvaliteto in ustreznostjo proizvodov,
- kadrovska prehodnost in apatičen management, pomanjkljivo strateško planiranje in kriza ciljev podjetja.

Na eni strani potemtakem lahko govorimo o krizi rasti in razvoja podjetja, o krizi tržnega položaja podjetja, o krizi vodenja in upravljanja podjetja, o krizi finančnega in ekonomskega poslovanja podjetja, o krizi odgovornosti in podobno.

Dolgoročni potencial in največje možnosti pri izvajanju strategije so v razvijanju novih tržno usmerjenih podjetij, hitro rastočih majhnih in srednje velikih podjetjih v vseh industrijskih sektorjih /1,2,3/. Vendar pa je opredeljevanje pojavnih znakov krize premalo za ozdravitev podjetja. Brez prave analize vzrokov, ki povzročajo krizo oz. brez opredelitve faktorjev, ki pogojujejo možno krizo, kajpada ni prave »ozdravitve« podjetja. Za diagnosticiranje je poznavanje bolezenskih simptomov premalo, potrebna je analiza bolezni in odločna terapija, ki lahko reši bolnika gotove smrti (propada podjetja).

2. METODE ANALIZE KONKURENČNIH PREDNOSTI PODJETJA

Učinkovita in uspešna podjetja so ugotovila, da je ključni pomen inovacij v: odpravljanju strukturnih neskladij znotraj dejavnosti podjetja kakor tudi v celotnem gospodarstvu, povečanje poslovnega prostora na omejenem tržnem

bojišču, skrajševanju življenjske dobe izdelkov in pospeševanju tehnično - tehnološkega napredka, kvalitetni rasti, ki je ni brez inovacij idr. Z inovativnostjo žele učinkovite in uspešne organizacije doseči zlasti naslednje temeljne cilje:

- razvoj izdelkov je namenjen tekočemu izboljševanju proizvodnega programa in izboljševanju potreb kot tudi potencialnih želja kupcev,
- lastne inovacije se v določenem razmerju mešajo s tujimi licencami,
- približevanje kupcu s servisnimi storitvami predstavlja v inovativnih organizacijah osnovno načelo prodaje,
- visoka kakovost in točnost rokov sta temeljni merili konkurenčne sposobnosti v organizacijah,
- prilagodljivost proizvodnje tržnim zahtevam, konkurenčnost cen idr.

Raziskave so opozorile na pospeševalne in zaviralne dejavnike za inovativno dejavnost. Ugotovili so, da inovacije v organizacijah pogosto ovira: vodstvo organizacije, ki svoje delo omejuje samo na dnevno problematiko, nestrpen odnos do inovatorjev, katere diskreditirajo kot fantaste, individualiste in rušitelje miru v podjetju, usmerjenost vodstva na kratkoročne uspehe in birokratski odnos v organizaciji kot tudi v širšem okolju.

Raziskave so opozorile, da inovacije v organizacijah pogosto pospešuje:

- usmerjenost k tržnim potrebam,
- občutek pripadnosti in ugodna klima,
- razčlenjevanje organizacije na manjše organizacijske enote z majhnim številom vodstvenih ravni,
- hitro in neovirano komuniciranje za energično izvajanje eksperimentov,
- sočasno spremljanje večjega števila medsebojno konkurenčnih raz-vojnih nalog,
- interaktivno učenje v stikih s kupci in dobavitelji.

3. POTREBUJEMO SODOBNI INOVATIVNI MANAGMENT

Diseminacija in aplikacija novih tehnologij ni mogoča, če se družbe nanje ne prilagodijo, če se

ne prestrukturirajo in če ne ustvarijo socialnih, ekonomskih in političnih okoliščin za njihovo uporabo. Nove tehnologije ne morejo biti pravilno izkoriščene, če jim ne sledijo drugačne oblike delitve dela, delitve moči, delitve dohodka, drugačna socialna razslojitev, drugačen management in drugačna potrošnja.

To seveda pomeni, da tehnologija narekuje obliko družbene nadgradnje. Zaradi politične inercije, ki jo pogosto krepijo konservativne politične elite, se povsem lahko zgodi, da posamezne družbe ne izpeljejo prestrukturiranja in še naprej vegetirajo kot zastareli režimi. Njihova zastarelost je seveda posledica tega, da niso sposobni absorbirati novih tehnologij.

Najpomembnejša ovira v zvezi z uveljavljanjem novega tehnološkega vala je management. Metode in tehnike upravljanja so se namreč razvile in dozorele v 50. letih tega stoletja, se pravi v času, ko ni bilo večjih tehnoloških in družbenih sprememb (Drucker, 1977). Zaradi tega je razumljivo, da sploh niso razvile tistih metod upravljanja, ki naj bi usmerjale inovativne procese. Inovacija je bila obravnavana kot zasebni problem izumiteljev ali kot tehnično delo raziskovalcev na univerzi. Managementske vede zaradi tega niso razvile metod za sistematičen pretok znanja v delovni proces niti metod za pretok delovnega procesa v poslovni uspeh, zato inovacij niso znale usmeriti niti v proizvodnjo niti v tržne učinke.

Odsotnost inovativne orientacije v klasičnih managementskih vedah se kaže predvsem v tem, da ne razlikujejo med geslom »Več in bolje« ter geslom »Novo in različno«. Pri inovativnem managementu ne gre samo za trajne izboljšave iste tehnologije in istega proizvoda, ampak tudi in predvsem za trajno nadomeščanje nenehno zastarevajočih tehnologij in proizvodov. Najboljše kadre bi bilo treba mobilizirati za iskanje novih alternativnih proizvodov in uslug, ne pa za drobne izboljšave /4,5/. To je izrednega pomena, ker potrebujemo za drobne izboljšave prav toliko intelektualne in materialne energije kot za alternativne tehnologije, izdelke in usluge.

Med razvoj človeških resursov sodi tudi primerna imigracijska politika. Slovenija mora

nujno odpreti vrata visoko-strokovnim kadrom za potrebe gospodarstva, visokega šolstva, dodatnega usposabljanja, zdravstva itd. Po drugi strani pa bo morala zapreti vrata pred nekvalificirano delovno silo, ker bo morala zaposliti predvsem svoje državljane, ki ne bodo sposobni slediti potrebam gospodarstva.

4. V ČEM SE RAZLIKUJE ZNANOST OD TEHNOLOGIJE

Znanost se od tehnologije razlikuje v tem, da skuša dobiti vedenja o naravi, tehnologija pa se narave polasti in jo izkorišča. Funkcije znanosti so, da svet razlagajo, funkcije tehnologije pa so, da ga spreminjajo. Vplivni faktor modernizacija je višina vlaganja v R&R kot delež od prihodka.

Če tehnologija spreminja proizvodne faktorje, je treba prevzeti tisto tehniko, ki uporablja proizvodne faktorje z določenimi primerjalnimi prednostmi. Problemi v zvezi s prenosom in uporabo tehnologij postajajo za ves svet, posebno pa za manj razvite, zelo pereči, ker je porajanje novih tehnologij vedno hitrejše in intenzivnejše. Če pa je temu tako, je pri prenosu in uporabi potrebno obvladati tiste temeljne dimenzije, ki so sestavni del definicije o tehnologiji, znanosti in tehniki. To so: vedenje, znanje, organizacija in izkušnje. Kdor nima pravega znanja, organizacije in izkušenj, bo uporabil nepravo tehnologijo ali tehnologijo na nepravilen način ali oboje.

4.1 Delovno intenzivne tehnologije ne razgibajo družbenega razvoja

Produktivnost kapitala merimo z razmerjem proizvod/kapital, ali kot razmerje med stopnjo rasti družbenega proizvoda in stopnjo investicij v družbenem proizvodu. Ker je za Slovenijo značilno, da je produktivnost kapitala zelo nizka, se zastavlja vprašanje, ali uvajamo napačno tehnologijo, ali jo uvajamo na napačen način, ali niso izpolnjeni pogoji za tehnologijo, ki jo uvajamo, in je torej problem v kulturni matrici, ki nastopa v obliki dimne zavese, v kateri se učinki nove tehnologije in inovacij preprosto raztopijo.

Izbor tehnologije je torej odvisen od razmer, vendar delovno intenzivna tehnologija ne more ustvarjati visoke amortizacije; povsod po svetu je

povezana z nizkimi mezdami, v našem primeru z nizkimi plačami. Nizke plače strukturirajo tip družbe z nizko potrošnjo, ki ne more razgibati družbenega razvoja. Pri tehnologijah, ki so delovno intenzivne, pride do varljive predstave, da je delo poceni. Vendar v družbi, ki dosega prag razvitosti, delo dejansko ni poceni, ker so mejni stroški dela visoki. To je značilno za Slovenijo. Za podjetje je nekvalificirano delo, ki ga dobi z nerazvitih področij poceni le kratkoročno in navidezno, globalno in dolgoročno pa ne, saj so mejni stroški dela - ki padejo na družbo, ne pa na podjetje - relativno visoki (stroški celotne infrastrukture, stanovanja, šolstvo in podobno).

4.2 Najsodobnejša tehnologija za mnoge ni primerna

Pri izboru določene tehnologije so cene proizvodnih faktorjev dela in kapitala bistvene. Družba, ki nima zadosti kapitala, ima pa veliko delovne sile, naj bi se odločala za tisto tehnologijo, ki ima v danih pogojih komparativne prednosti. Za vse nerazvite družbe, in tudi za Slovenijo značilno, da nima kapitala, ima pa veliko nizko kvalificirane delovne sile.

Zato najsodobnejša tehnologija ni primerna. V čim sodobnejšo tehnologijo družba v takih pogojih investira svoja sredstva, tem bolj negativni so njeni učinki za gospodarski razvoj. Glede izbora faktorjev proizvodnje je v splošnem primeru mogoče izdelati nek produkt z različnimi tehnologijami. Se pravi, v njegovi produkciji lahko sodelujejo različni faktorji in v različnih medsebojnih razmerjih. Ne le za nerazvite, ampak tudi za razvite dežele velja, da je optimalna kombinacija ekonomsko nedoločena, vse dokler ne vemo, kakšne so cene faktorjev in produktov. Ko so poznane, je od možnih kombinacij v splošnem primeru optimalna le ena. To je tista, ki omogoča dolgoročno najnižje stroške na enoto produkta.

Celo za najbolj razvite dežele to ni vedno kombinacija, ki vključuje najsodobnejšo tehnologijo. Dodana vrednost na zaposlenega zato lahko predstavlja orientacijo podjetnikom, ne pa tudi državi, ki sama redko nastopa kot podjetnik. Mnoge najsodobnejše tehnologije se

ekonomsko nikoli ne verificirajo. Za manj razvite dežele praviloma ne omogoča nižjih stroškov na enoto produkta najboljša, v najbolj razvitih deželah uporabljena tehnologija, ampak tehnologija neke starejše generacije.

Ker se v najbolj razvitih deželah uvajajo tehnološko najnaprednejše tehnologije pri relativno nižjih cenah kapitala in višjih cenah dela, so pri višjih cenah kapitala in nižjih cenah dela v manj razvitih deželah suboptimalne. Produktijski stroški na enoto so višji, kot če bi se uporabljala manj sodobna tehnologija. Za nerazvite dežele pa je mnogo bolj pomembna in glede na vse panoge produkcije splošnejša komparativna prednost cenena delovna sila. Sodobna gospodarstva označujeta čedalje večja globalizacija in medsebojna povezanost. Proizvodi in podjetja postajajo čedalje bolj vpeta v medsebojno konkurenco na svetovnem trgu, kjer zmagujejo tisti, ki imajo jasno izdelano vizijo, ki tekmujejo predvsem z znanjem in medsebojnim sodelovanjem.

5. ALI JE MOŽNO PRESTRUKTURIRANJE V SMERI VIŠJIH TEHNOLOGIJ

Moderni tehnološki razvoj povzroča neenakomernosti v razvojnih stopnjah in v rasti produktivnosti znotraj države. Iz teh neenakomernosti in iz tržnih sil nastaja celo nov sistem neenakosti in prelivanja kapitala in dela tja, kjer so pogoji najboljši.

Motivacijska struktura je prilagojena sposobnostim, talentom in delu z nadpovprečnimi rezultati. Vse neenakosti so ekonomsko funkcionalne in ko dosežejo določeno stopnjo »nasičenosti«, jih tržišče samo začne odpravljati. Okvirne pogoje predstavljajo pogoji trga produktijskih faktorjev, gospodarski sistem, izdelčno-tržni pogoji in pogoji za intelektualno lastnino, okolje in standardi.

Pri nas prestrukturiranje v smeri višjih tehnoloških stopenj ni možno, ker so vsi sistemi prilagojeni povprečju in zato vse neenakosti in različnosti v sistemu delujejo kot moteči dejavnik. Veliko energije na makro ravni je usmerjene v odpravljanje neenakomernosti v razvoju in v odpravljanje razlik. To pa pomeni onemogočati delovanje tržišča, ki brez

neenakomernosti v razvoju in brez razlik v družbeni sferi razvojnih prodorov ne more izpeljati.

Sistemske lastnosti našega sistema ustrezajo nizko diferenciranim in gospodarsko nerazvitim družbam, ne pa visoko diferenciranim in gospodarsko razvitim družbam, ki vstopajo v poindustrijsko fazo svojega dela. Glavni vzrok, da sistem nima »feedbackov« ali da nanje zelo počasi odgovarja, je predvsem v sistemskih lastnostih sistema, manj pa v neustrezni profesionalnosti ali negativni kadrovske selekciji. Slab, zastarel stroj pri najboljši profesionalni zasedenosti ne more dati rezultatov, ki jih zahteva konkurenčno tržišče. Če je osnovna sistemska lastnost sistema, da se ne uči iz svojih napak, da nima ustreznih »feedbackov« in da nanje zelo počasi reagira, potem mu plani pri njegovem delovanju ne morejo pomagati.

Plani so bili v našem sistemu ideološko relikvije, ki niso bile sistemsko povezane z ostalimi sistemskimi lastnostmi sistema. Zato še imamo plane, ne pa planiranje. V tržnem sistemu pa plan za avtonomne gospodarske subjekte ni direktiven in obvezen, temveč je le oblika scenarija ali oblika kooperacije večjega števila gospodarskih subjektov, ki jih država povezuje z določenimi subvencijskimi sredstvi, da z njimi prevzame določen del tveganja.

6. ZVEZA MED »RAVNO PRAVOČASNO« IN KAKOVOSTJO

Temi »ravno pravočasno« in kakovost sta velikokrat predstavljeni ločeno druga od druge. Če se kakšno podjetje zadovolji z vplivanjem na kakovost, ne da bi se preobrazilo na »ravno pravočasno«, bo uresničilo le del izboljšav, nezadostnih za njegov proizvodni proces /6/. Dobilo bo le manjši del možnih koristi v zvezi z znižanjem rokov, zalog in stroškov. Zmanjšanje izmeta je tudi omejeno, ker proizvodni proces ni poenostavljen, racionaliziran in povezan v duhu »ravno pravočasno«.

Obratno pa napredek z vidika »ravno pravočasno« terja zanesljivost procesa in izboljšanje kakovosti.

»Ravno pravočasno« in kakovost sta torej nerazdružljiva. »Ravno pravočasno« omogoča obvladovanje nepogrešljive kakovosti. Vendar omogoča iti veliko dlje z vidika izboljšav učinkovitosti in konkurenčnosti.

Upoštevati moramo, da obsega »ravno pravočasno« različne pojme kakovosti (Zero-Defects = nič napak, Total Quality Control = celovito obvladovanje kakovosti). Tako se na splošno tudi razume izraz, ki je enakovreden angleškemu (Just-in-Time).

7. RAVNO PRAVOČASNO (SINTEZA)

Zasnova: kupiti ali proizvesti samo tisto, kar potrebujemo in ko potrebujemo.

Cilji: izboljšati konkurenčnost in znižati stroške:

- odgovoriti na pričakovanje kupcev;
- učinkovitost, prilagodljivost, kakovost in najvišja možna produktivnost;
- obogatitev industrijskega dela;
- odprava tratenja (časa, materiala, premeščanje, nepotrebna dela).

Pogoji: - brez proizvodnje na zalogo;

- kratki roki izdelave, prilagodljivost, fleksibilnost;
- brez proizvodnje v serijah;
- natančno spoštovanje potrebnih količin;
- nobenih čakanj ali izgube časa;
- odprava skladiščenja med operacijami;
- zanesljivost opreme;
- zajamčena kakovost materiala in kupljenih delov;
- kakovost proizvodnje;
- mnogostranost osebja.

Sredstva: - **pregled razmestitev strojev**: skrajšanje poti - poenostavitev pretokov (celice, strojev in skupinska tehnologija); postavitev v vrsto; decentralizacija prevzema in odpreme;

- hitra menjava orodij;
- »celovito« vzdrževanje;
- kontrola kakovosti na izvoru;
- odnosi partnerstva z dobavitelji;
- izobraževanje in usposabljanje osebja;

- sodelovanje s kupci, da bi dosegli točne obremenitve;
- pomoč dobaviteljem za prehod na »ravno pravočasno«;
- pregled vodenja proizvodnje;
- opogumljanje za napredne izboljšave.

Koristi: - znižanje zalog in skrajšanje rokov: od 75% do 95%;

- izboljšanje produktivnosti: od 15% do 25%;
- znižanje stroškov, zmanjšanje potreb po invest. in financ.;
- učinkovitost in prilagodljivost: hitre reakcije;
- povečana konkurenčnost; povečanje tržnega deleža.

6. SKLEPI

Kar je bilo na začetku osemdesetih let še nepojmljivo, je pričelo danes prodirati v zavest Evropejcev. Vedno več odgovornih se zaveda, da industrijska dovršenost zahteva odslej:

- odgovornost in obogatitev nalog produktivnega osebja;
- ponovno proučitev vlog vseh notranjih in zunanjih akterjev podjetja;
- partnerstvo z dobavitelji;
- zmanjševanje zalog in skrajšanje rokov od 75% do 90% in
- poenostavitev industrijske organiziranosti ter zasnove modernizacije.

Nekatera napredna podjetja so že začela svojo preobrazbo z obsežnimi spremembami v smeri novih vrednot in so pri tem dosegla izredne rezultate /7,8/.

Ta razvoj bi morali posplošiti na celotno industrijo, da bi Evropa in še zlasti Slovenija našla pot do konkurenčnosti. To je akcija v narodnem razvoju, ki terja danes boj z ovirami, ki jih ne bo manjkalo na poti k izboljšanju industrije.

Glavne ovire so vezane na miselnost ljudi. Malo je takih, ki so dejansko razumeli pot, po kateri morajo iti in ki so doumeli celoto zastavljenih ciljev.

Potreben je izreden napor za izobraževanje, usposabljanje in razlage, da bi lahko uveljavili potrebne spremembe.

Te spremembe so neizogibne zaradi nujne konkurenčnosti na mednarodni ravni. To pomeni:

- da morajo odgovorni v industriji na vseh ravneh in prav tako tudi univerzitetni predavatelji, študentje in inženirji začetniki priti do spoznanja, da visoke tehnologije nimajo samo dobrih lastnosti, marveč lahko tudi zavirajo uspešnost in konkurenčnost;
- da se morajo vodilni, vodstveni in vodje zavedati nujnosti decentralizacije in omiliti vodenje in operativne odločitve;
- da mora osebje v proizvodnji vedeti, da zahteva preživetje njihovih delovnih mest njihovo veliko večjo večstranskost, samostojnost in veliko večje sposobnosti;
- da bodo morali industrijski poslovneži v svoji strateški usmeritvi postaviti izobraževanje, usposabljanje in izpopolnjevanje svojega osebja na prvo mesto;
- da bodo morali industrijski dobavitelji dojeti, da posplošitev »ravno pravočasno« pri njihovih kupcih ne bo zvišala njihovih cen, temveč ravno nasprotno - ob pogoju, da se tudi sami preobrazijo v »ravno pravočasno« in
- da mora industrija robotike in obdelovalnih strojev sodelovati pri tem gibanju in nuditi opremo in sredstva, ki ustrezajo novim pravilom proizvodnje.

Zgodovina industrije dokazuje, da tako korenite spremembe na splošno zahtevajo veliko več časa. Mednarodno okolje nas danes sili, da skušamo z vsemi sredstvi pospešiti ta proces.

Slovenske orodjarne so prav gotovo konkurenčne /9/. Dokaz za to so njihove reference in kupci, ki so najbolj prestižne avtomobilske tovarne ali njihovi poddobavitelji, izdelovalci bele tehnike ter celo letalska in raketna industrija. Najpomembnejše prednosti slovenskih orodjarn glede na konkurenco iz drugih držav so: dobra tehnična kultura in tradicija v orodjarstvu, velika fleksibilnost, hitra odzivnost in pozicioniranost v bližini večine njihovih najpomembnejših kupcev.

Literatura

1. BALIČ, J., ČUŠ, F.: *Intelligent modelling in manufacturing. J. Achiev. Mater. Manuf. Eng., Sep. 2007, vol. 24, iss. 1, str. 340-348.*
2. ČUŠ, F.: *Zahteve po strokovni sposobnosti : visokošolsko izobraževanje je glavno orodje za prenašanje znanstvenih in drugih izkušenj. Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 25. mar. 2003, leto 59, št. 69, str. 20, ilustr.*
3. VEŽA, I.: *Regional Networks, Advanced Production Systems. Faculty of Mechanical Engineering, Maribor; Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, Split, 2006. s. 155-170.*
4. GEČEVSKA, V., ČUŠ, F., DUKOVSKI, V., KUZINOVSKI, M.: *Modelling of manufacturing activities by process planning knowledge representation. Int. j. simul. model., June 2006, vol. 5, no 2, str. 69-81.*
5. VEŽA, I.: *Hrvatsko-slovenski projekt, Modeliranje kooperacijske mreže malih i srednjih poduzeća na regionalnoj razni, FESB, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2004-2005.*
6. VEŽA, I.: *„Inovations in Manufacturing“, Fraunhofer-Institut fuer Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe, 2003-2005.*
7. ČUŠ, F., MEŽNAR, D.: *Inovativni potencial ne zajema le tehnologije in inovativno usmerjenih podjetij. Nove tehnologije, novi izzivi : zbornik 28. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti : proceedings of the 28th International Conference on Organizational Science Development. Kranj: Moderna organizacija, 2009, str. 339-345.*
8. ČUŠ, F., STEPIŠNIK, S.: *Uvajanje in uporaba sodobnih znanj v orodjarni. Industrijski forum IRT, Portorož, 08.-09. junij 2009. Vir znanja in izkušenj za stroko : zbornik foruma. Škofljica: Profidtp, 2009, str. 181-186.*
9. Gantar, G.: *Nanoprevleke za obstojnost orodij. Dnevnik (Lj.), [Tiskana izd.], 23. 05. 2008.*

OBVLADOVANJE PORABE VIROV SKOZI ŽIVLJENJSKI CIKEL NAMENSKEGA IZDELOVALNEGA ORODJA

Gašper GANTAR
TECOS – Razvojni center orodjarstva Slovenije

POVZETEK

Orodjarska industrija poskuša prispevati k učinkovitosti proizvodnih procesov njenih uporabnikov, toda potencial orodjarske industrije, da bi povečala splošno učinkovitost proizvodnih procesov, še ni izkoriščen v popolnosti. V članku so predstavljene možnosti za izdelavo učinkovitih orodij, ki omogočajo izdelavo z manjšo porabo virov. Obravnavan je pristop k obvladovanju porabe virov skozi celoten življenjski cikel orodja.

1. UVOD

Potreba po učinkovitejšem ravnanju z obstoječimi viri postaja javna naloga politike, gospodarstva in raziskovalnih ustanov. Surovine postajajo vedno redkejše in dražje – za več kot 70% od leta 2001 do danes. Pri tem se postavlja vprašanje glede priložnosti podjetij v proizvodni industriji, ki bi želela zmanjšati stroške in porabo virov ter energije, kakor tudi emisij. Njihov cilj je z določeno količino surovin in energije proizvesti čim več. Da bi to dosegli, bo potrebna sprememba osnovnih paradigem: namesto vodila „maksimalen dobiček iz minimalnega vloženega kapitala“ mora naše vodilo postati „maksimalen dobiček iz minimalnih vloženih virov.“

Podjetja, ki se trudijo pridobiti stroškovno prednost, temelječo na učinkovitih tehnologijah, bodo v prihodnosti to konkurenčno prednost lahko še povečala. Seveda bodo za to potrebne tudi jasne in mednarodno sprejete politične smernice, saj se lahko večja učinkovitost izrabe virov doseže le s pomočjo skupnega delovanja politike in ustreznih spodbud s strani vseh vpletenih [1]. Ker se namenska izdelovalna orodja praviloma uporabljajo v proizvodnji več let, lahko upoštevanje naštetih dejstev prinese izredno konkurenčno prednost orodjarnam in uporabnikom namenskih izdelovalnih orodij.

2. UČINKOVITA ORODJA GLEDE NA MANJŠO PORABO VIROV

Orodjarska industrija je ena vodilnih sil tehnološkega razvoja. Lastnosti orodij za preoblikovanje imajo pomemben vpliv na lastnosti in stroške končnih izdelkov. Orodjarska industrija poskuša prispevati k učinkovitosti proizvodnih procesov njenih uporabnikov, toda potencial orodjarske industrije, da bi povečala splošno učinkovitost proizvodnih procesov, še ni izkoriščen v popolnosti.

Nov kriterij, na osnovi katerega bi se orodjarne medsebojno razlikovale, bi lahko bil učinkovitost porabe virov skozi celoten življenjski cikel orodja. Evropski orodjarji bi se lahko razlikovali od orodjarjev drugje po svetu v tem, da bodo lahko konstruirali, izdelovali in popravljali orodja, ki bodo učinkovita v smislu manjše porabe virov, kar bo prineslo neposredne koristi tudi njihovim strankam.

V nadaljevanju so predstavljeni različni načini, s katerimi je mogoče zmanjšati porabo virov in energije predvsem na področju izdelave orodij.

Načrtovanje orodij in preoblikovalnih postopkov

Pomembna strategija pri zmanjševanju stroškov je preprečevanje morebitnih napak oz.

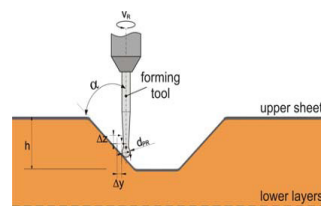
njihovo prepoznavanje v zgodnji fazi razvoja izdelka, ter njihovo preprečevanje. V tem primeru je natančno načrtovanje procesa izjemnega pomena. To načrtovanje vsebuje poleg virtualizacije konstrukcije orodja in načrtovanja procesa tudi dodatne nove pristope, kot je npr. krajšanje procesne verige (in s tem tudi zmanjševanje števila orodij). Eden od možnih načinov, s katerim zagotovimo, da bo orodje ustrezno dimenzionirano že od samega začetka, in s katerim se izognemo morebitnim predelavam med fazo preizkušanja, so digitalne simulacije, ki temeljijo na ustreznih materialnih modelih in natančno določenih materialnih lastnosti.

Če naredimo analizo celotnih stroškov, potrebnih za izdelavo 1 kg končnega izdelka iz jekla ali plastike, ugotovimo, da večji del teh stroškov predstavlja poraba materiala, zato je ravno optimizacija izkoristka materiala najbolj pomembna, še posebej pri masovni proizvodnji. Drugi pomembni viri so električna energija in stroški dela, medtem ko pomožna oprema in logistika predstavljata le majhen delež celotnih stroškov [1].

Fleksibilno preoblikovanje

Fleksibilna proizvodnja za izdelavo več različic izdelka ponuja možnosti učinkovite porabe virov v proizvodnji. Ena od obetavnih strategij je izdelava univerzalnega surovca, na osnovi katerega je mogoče z dodatnim postopkom izdelovati različice izdelkov. Primer iz slovenske industrijske prakse je prikazan na sliki 1. Osnovna oblika fasadnih panelov je v vseh primerih narejena z enakim postopkom profilnega valjanja, vstavljanja izolacije in spajanja. Končna zunanja oblika je izdelana naknadno s postopkom inkrementalnega preoblikovanja [2].

O številnih podobnih primerih poročajo tudi tuji raziskovalci, npr. pri izdelavi raznih konzol in pri preoblikovanju specifičnih površin komponent, ki so bile izdelane s postopkom inkrementalnega preoblikovanja [1].



Slika 1: Inkrementalno preoblikovanje fasadnega panela [2,3]

Uporaba modulnih orodij

Pri proizvodnji majhnih ali srednje velikih količin je večkratna uporaba orodij za več operacij ali celo več komponent dober način, s katerim se lahko prihrani material za izdelavo namenskih izdelovalnih orodij.

Razvoj in implementacija modulnih orodnih sistemov predstavljata pristop, s katerim se lahko v proizvodnji znatno izboljša energetska učinkovitost in učinkovitost porabe virov, istočasno pa se z uporabo različnih sestavov orodja proizvede več različnih komponent. S tem pristopom se namreč znatno zmanjša poraba materialov in energije med izdelavo orodij za preoblikovanje.



Slika 2: Modulno orodje [4]

Izdelava sestavnih delov orodij z odrezavanjem

Ob upoštevanju najsodobnejših tehnologij in hitrem razvoju (novi materiali, večja kompleksnost orodij, višje zahteve glede kakovosti) se pojavljajo tudi zahteve po fleksibilni in učinkoviti izdelavi orodij, katere je

mogoče izpolniti s širjenjem procesa na področje rezkanja v trdo. Obdelava z odrezavanjem v trdo predstavlja energetske varčno alternativo brušenju in erodiranju trdih kovin, saj je njen potencialen prihranek pri energiji od 20 do 50%.

Povečanje robustnosti procesov in kakovosti izdelkov

Cilj, ki ga želimo doseči pri izdelavi orodij, je manjši izmet, manjše število ročnih operacij in manjše število ciklov, potrebnih v fazi preizkušanja orodja.

3. OBVLADOVANJE PORABE VIROV SKOZI CELOTEN ŽIVLJENJSKI CIKEL ORODJA

Virom, kot so material, energija, dodatni materiali in voda, se v proizvodnji zaradi dolgoročnega naraščanja stroškov posveča veliko pozornosti. S pomočjo projekta TIPSS v okviru 7. okvirnega programa so bila raziskana stališča orodjarske industrije in njenih kupcev [5]. Rezultati kažejo na to, da je proizvajalcem izdelkov kakovost orodja pomembna, hkrati pa pogrešajo dodatne storitve, ki bi jim jih orodjarji lahko ponujali. Te storitve naj bi po mnenju večine proizvajalcev vključevale analizo življenjskega cikla orodja v smislu učinkovitosti porabe virov. Dejstvo je, da lahko takšna celovitejša ponudba proizvajalcem orodij prinese večjo vrednost. Zaradi tega bi bile sprejemljive tudi višje cene orodij.

Orodjarska industrija bo morala torej biti sposobna ovrednotiti učinkovitost porabe virov celotnega proizvodnega procesa. Za obvladovanje porabe virov skozi življenjski cikel namenskega izdelovalnega orodja in izdelavo učinkovitih orodij glede na manjšo porabo virov bo potrebno obvladovati oz. osvojiti naslednja področja:

Razumevanje vpliva zasnove orodij in preoblikovalnega procesa na učinkovitost porabe virov

Potrebno je pridobiti znanje o tem, kateri dejavniki pri konstrukciji orodja vplivajo na porabo virov v proizvodnem procesu. Nato je

potrebno odkriti še vplivne dejavnike, ki izhajajo iz prilagajanja orodja samemu stroju za brizganje. Ovrednotiti je potrebno vse vplivne dejavnike orodja, ki kakor koli prispevajo k učinkovitosti porabe virov v smislu porabe materiala, energije in dodatkov. Pri konstruiranju orodij in načrtovanju procesov je treba poiskati tiste vzrode, ki v največji meri vplivajo na učinkovitost porabe virov. Večji del potenciala orodij in procesov ostaja namreč še vedno neizkoriščen.

Merjenje učinkovitosti porabe virov

Učinkovitost orodja v smislu porabe virov je potrebno meriti, saj se le tako lahko zagotovi in spodbuja učinkovitejšo porabo virov. To je mogoče doseči s senzorsko tehnologijo, ki je neposredno povezana z orodjem in ki beleži podatke o porabi virov skozi življenjski cikel. Pomemben dejavnik, ki omogoča nadzorovanje učinkovitosti virov, je namreč razpoložljivost podatkov iz celotne življenjske dobe orodja. Ti podatki služijo kot osnova za analizo, na katerih področjih je mogoče porabiti manj virov. Na osnovi podatkov je mogoče za vsako stranko posebej prilagoditi proizvodni proces tako, da je učinkovitejši v smislu manjše porabe virov. Tako se njihova poraba optimizira.

Danes obstaja več pristopov, s katerimi lahko nadzorujemo učinkovitost orodja. Eden izmed njih je vmesnik med orodjem in strojem, ki je razvit z namenom spreminjanja nastavitev na stroju glede na dogajanje v orodju. Pridobivanje podatkov služi tudi opravljanju vzdrževanja po potrebi. Tako dobita orodjar in proizvajalec kosov podatke o orodju. Orodjar lahko nadzoruje delovanje orodja v smislu stabilnosti. Žal pa še vedno ne obstaja nobena tehnologija, s katero bi lahko celovito nadzorovali učinkovitost porabe virov orodij.

Razvoj programske oprema za izračun učinkovitosti porabe virov in optimiranje tehnoloških odločitev

Da bi dosegli cilj optimizacije virov skozi celoten življenjski cikel, mora orodjar poznati

ključne pokazatelje, ki mu ne pomagajo najti le njegove optimalne rešitve, ampak mu omogočijo oblikovati globalno optimalno rešitev skozi celoten življenjski cikel. Razviti je potrebno programsko opremo, ki bo lahko izračunala učinkovitost orodja skozi njegov življenjski cikel. Najbolj obetavna se zdi rešitev upoštevanja stroškov virov in iskanja optimalne rešitve, ki bo preračunavala različne scenarije porabe virov skozi celoten življenjski cikel orodja. Orodjar bo s pomočjo teh izračunov lahko izdelal ponudbe po meri strank, kar doslej ni bilo mogoče. Lahko bo nadzoroval in analiziral učinkovitost procesa v smislu porabe virov in tako tudi povečal učinkovitost orodja.

4. ZAKLJUČKI

Tehnološke aplikacije, predstavljene v prvem delu članka, kažejo na to, da obstaja veliko možnosti za povečanje učinkovitosti virov že v procesu izdelave orodij za preoblikovanje (uporaba digitalnih simulacij, uvedba fleksibilne izdelave, modulna orodja, itd.). S pomočjo učinkovitih tehnologij lahko zmanjšamo porabo materiala, kakor tudi porabo energije, potrebne za izdelavo orodij. Kljub temu pa ostaja dejstvo, da je treba v vseh primerih upoštevati celotno proizvodnjo verigo.

V drugem delu članka je opisan pristop, s pomočjo katerega lahko orodjarji nadzorujejo in optimizirajo učinkovitost virov v samem procesu. Tako je mogoče izboljšati trajnostno učinkovitost orodja in stroja. Če bo pristop ustrezno razvit, bo istočasno upošteval učinkovitost življenjskega cikla orodja in učinkovitost faze izdelave izdelkov. Pričakovane koristi so:

1. Dolgoročno znižanje proizvodnih stroškov zaradi večje učinkovitosti virov, povečana učinkovitost proizvodnje in zanesljivost proizvodnih procesov.

2. Močnejša orodjarska industrija, znotraj katere bodo podjetja, ki izdelujejo orodja, lažje zadovoljevala potrebe svojih strank, saj jim bodo lahko optimizirale učinkovitost porabe virov v proizvodnji. Svojo ponudbo storitev bodo lahko razširili, kar jih bo razlikovalo od konkurence.

3. Večja dodana vrednost in manjša poraba virov – s tem se zmanjšajo stroški, v proizvodne procese pa se uvede trajnostni razvoj.

Zahvala

Del rezultatov, predstavljenih v članku, je bilo razvitih v okviru ARRS projekta št. L2-1111 z naslovom: »Robustni maloserijski procesi preoblikovanja».

Literatura

- [12] Neugebauer R., Sterzing A., Bräunlich H., Hochmuth C.: Resource Efficiency in Tool and Die Making – Chances for Competitiveness, Proceeding of Int. Conference ICIT&MPT 2009 (v tisku)
- [13] Petek A., Zaletelj V., Kuzman K.: Particularities of an incremental forming application in multilayer construction elements, *Strojniški vestnik* (v tisku)
- [14] www.trimo.si
- [15] www.hasco.de
- [16] Vmesno poročilo projekta z naslovom: »Tools for Innovative Product-Service-Systems for Global Tool and Die Networks- TIPSS«

UPORABA METODOLOGIJE 6 SIGMA V PROIZVODNEM PODJETJU

Nataša VUJICA HERZOG¹, Alenka PLEČKO², Andrej POLAJNAR¹, Iztok PALČIČ¹

¹Laboratorij za načrtovanje proizvodnih sistemov, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

²Flenco d.o.o., Rogozniška cesta 14, 2250 Ptuj

POVZETEK

Članek predstavlja uporabo metodologije 6 Sigma v srednje velikem proizvodnem podjetju. Čeprav je 6 Sigma v svetu splošno sprejet koncept, ki se počasi širi tudi v slovenska podjetja, je še vedno veliko premalo primerov uporabe te učinkovite metode predstavljene s primeri dobrih praks v obstoječi literaturi. Eden od temeljev metodologije 6 Sigma je statistika, zato si njeno uporabo lažje predstavljamo v podjetjih, ki svoje izdelke proizvajajo v velikih količinah, serijsko, čeprav je 6 Sigma zelo učinkovita tudi v posamični proizvodnji in storitvenih dejavnostih.

1. UVOD

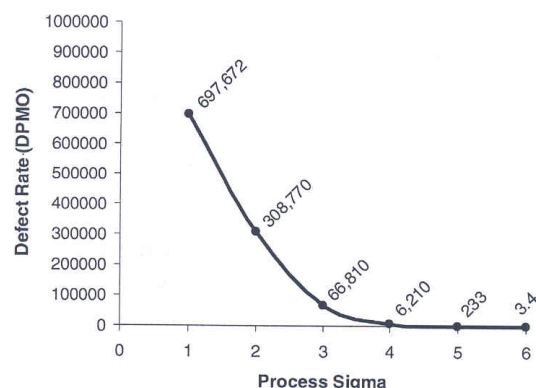
6 Sigma je filozofija in metodologija, ki je v podjetjih vedno bolj sprejeta (Linderman et al., 2003). Pojavila se je kot nadaljevanje oz. nadgradnja sistema Celovito zagotavljanje kakovosti (TQM), katere glavni namen je izboljšanje kakovosti, dobave in zniževanje stroškov. Čeprav so orodja in tehnike, ki se uporabljajo pri metodologiji 6 Sigma podobne ostalim pristopom menedžmenta kakovosti, je organizacijski vidik 6 Sigme drugačen. Kljub temu, da številna svetovno znana podjetja poročajo o izjemnih koristih, ki jih 6 Sigma prinaša, je še vedno malo konkretnih študijev primerov, kako podjetja, še posebej slovenska, sprejemajo in uporabljajo 6 Sigma.

2. KRATEK PREGLED LITERATURE

6 Sigma je koncept izboljšav na področju kakovosti, ki so ga 1985 leta razvili v Motoroli, predvsem kot odgovor na veliko konkurenco, ki je grozila iz japonskih podjetij. 6 Sigma je način, s katerim je Motorola izrazila svoj cilj kakovosti kot 3,4 napake na milion možnosti (DPMO – Defect per million opportunities).

Na 6 Sigma lahko gledamo iz dveh zornih kotov (Kwak in Anabari, 2006). Njen izvor vsekakor temelji na statistiki, kjer 6 Sigma definiramo kot 'imeti manj kot 3,4 napake na

milijon možnosti oz. stopnjo uspešnosti 99.9997%', pri čemer je 6 Sigma izraz, ki predstavlja odstopanje od srednje vrednosti procesa (Antony in Banuelas, 2002). Na Sliki 1 je prikazano razmerje med DPMO in procesom 6 Sigma glede na normalno distribucijo. Če podjetje proizvaja na nivoju kakovosti tri Sigma to pomeni, da dosega 93% uspešnost oz. da proizvaja z 66.819 napakami na milijon možnosti. Glede na to, da po nekaterih ocenah večina današnjih podjetij deluje na nivoju tri Sigma je postavljen cilj šest Sigma res zelo visok in zahteven.



Slika 1: stopnja napak (DPMO) glede na nivo Sigme procesa

V poslovnem svetu je 6 Sigma definirana kot poslovna strategija, namenjena za izboljšanje

donosnosti in učinkovitosti vseh procesov, ki tečejo v podjetju za izpolnitev želja in zahtev kupcev. 6 Sigma pristop se je najprej uveljavil v proizvodnji in se kot zelo uporaben hitro razširil tudi na druga funkcijska področja, od marketinga, nabave do storitev in administracije.

3. ELEMENTI ZA USPEŠNO UVEDBO 6 SIGME

Podjetja, ki uspešno izvajajo Six Sigma so enotna, da je najpomembnejši faktor uspeha podpora in zavzetost vodstva podjetja (Henderson in Evans, 2000). Vodilni iz podjetja morajo sodelovati pri oblikovanju in vodenju, kot tudi pri samem projektu (Eckes, 2000). 6 Sigma mora biti nenehno prisotna pri delu vseh zaposlenih.

Metodologija 6 Sigma močno vpliva na delovanje celotnega podjetja, vrednote in tudi na kulturo podjetja. S svojim načinom delovanja lahko zahteva precejšnje spremembe v strukturi in infrastrukturi podjetja. Zaposleni običajno spremembe težje sprejemajo, še posebej, če v podjetjih vlada bolj tog način vodenja, kjer napake niso dovoljene in jih zato zaposleni želijo prikriti. Namen 6 Sigme je ravno nasproten: ustvariti želi odprto in sproščeno okolje, kjer na napake gledamo kot na priložnosti za izboljšave.

6 Sigma ima razvite formalne mehanizme za izbiro 6 Sigma projektov. Ti mehanizmi vključujejo vodilne delavce, da izločijo projekte, ki ne prinašajo finančnih ali strateških izboljšav. Odločitev za izbiro projektov prihaja torej od vodstva podjetja. Drugi pristopi menedžmenta kakovosti npr. delujejo v obratni smeri, kjer zaposleni sprožijo proces sprememb oz. izboljšav.

V proizvodni in servisni dejavnosti so za izvajanje 6 Sigme zadolženi specialisti imenovani Black Belti (Schroeder et al., 2008), ki končajo 4 tedenski seminar izobraževanja v katerem izvedejo izboljšavo enega ali več procesov. Večina podjetij opravi tudi splošno izobraževanje vseh zaposlenih, ki sodelujejo na projektih o osnovah 6 Sigme. Po dvotedenskem izobraževanju dobijo naziv Green Belt. Obstajajo še Master Black Belti, ki se izobražujejo na višjih nivojih kot Black Belti in ki kasneje delujejo kot inštruktorji oz. nudijo tehnično pomoč Black Beltom. Za vsak 6 Sigma projekt, ki ga v podjetju

izvedemo, se formira tim, sestavljen iz zaposlenih, ki imajo Green Belt nivo, vodi pa ga izkušen Black Belt strokovnjak, ki poroča o delovanju skupine članu iz vodstva (Champion), ki pozna osnove metodologije 6 Sigma.

6 Sigma uporablja za izvedbo izboljšav strukturiran pristop, ki se imenuje DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). DMAIC je proces, ki poteka v obliki zaključene zanke po korakih, kjer izločimo dele procesa, ki niso produktivni, uvajamo nove meritve in tehnologije, ki omogočajo kontinuirane izboljšave. Glavni koraki DMAIC pristopa so prikazani v preglednici 1:

Preglednica 1: DMAIC pristop (povzeto po McClusky, 2000)

Koraki 6 Sigme	Ključni procesi
Definiraj	Definiraj zahteve in pričakovanja kupcev. Definiraj meje projekta. Definiraj procese s prikazom toka procesov.
Izmeri	Izmeri proces, da izpolniš zahteve kupcev. Razvij načrt zbiranja podatkov. Izberi in primerjaj podatke za določanje pomanjkljivosti in okvar.
Analiziraj	Analiziraj vzroke napak in izvor variacij. Določi odstopanja v procesu. Določi prioritetni vrstni red možnih izboljšav.
Izboljšaj	Izboljšaj process, da se odpravijo odstopanja. Razvij alternative in izvedi plan izboljšav.
Kontroliraj	Kontroliraj odstopanja procesa, da izpolniš želje kupca. Razvij strategijo za spremljanje in nadzor izboljšanih procesov. Izvedi izboljšave sistemov in struktur.

4. ŠTUDIJA PRIMERA

Za izvedbo raziskave smo uporabili metodologijo študija primera, ki je eno

najmočnejših raziskovalnih orodij v Operacijskem menedžmentu. Čeprav ta način raziskave zahtev veliko časa, znanj in izkušenj, so rezultati raziskave izjemnega pomena za raziskovalce in praktike.

4.1. Kratka predstavitev podjetja

Flenco d.o.o. je mednarodno podjetje s sedežem v Italiji, ki se tesno povezuje in sodeluje s kupci, kar omogoča uresničevanje globalne strategije podjetja. S svojim širokim naborom proizvodov, od katerih izstopajo zlasti pomožni fluidni sistemi (mazalni agregati, plinski sistemi, vodni sistemi,...), pokriva evropski, azijski in ameriški trg. Med glavne kupce uvrščamo GE Energy, GE Oil & Gas, Exxon Mobil, Man Turbo, Siemens, Toshiba, Ansaldo Energia in ostale.

Na sliki 2 je prikazan primer kombiniranega sistema proizveden v podjetju Flenco d.o.o.



Slika 2: Primer kombiniranega sistema izdelan v Flenco d.o.o

4.2. Predstavitev 6 Sigma projekta realiziranega v podjetju Flenco d.o.o.

Cilj vsakega podjetja je postavitve celovitega sistema zagotavljanja kakovosti, ki zagotavlja popoln nadzor nad procesi, obvladovanje le teh pa predstavlja ključ do uspeha pri izpolnjevanju lastnikovih in kupčevih zahtev in pričakovanj. Vendar tako kot številna druga podjetja, se tudi Flenco d.o.o. dnevno srečuje s problemom slabo

definiranih in nenadzorovanih procesov, kar se odraža v višjih stroških zaradi slabe kakovosti, izgubi zaupanja kupcev in v končni fazi tudi izgubi sodelovanja in zadovoljstva zaposlenih.

Rezultati letnega pregleda s strani vodstva so pokazali, da predstavlja šibko točko sistema proces obvladovanja neskladnosti, zlasti neskladnosti do dobaviteljev materialov. Flenco d.o.o. se je odločil za uvedbo izboljšav omenjenega procesa z uporabo orodij 6 Sigma.

Projekt 6 Sigma imenovan '6-Sigma – Obvladovanje neskladnosti' smo začeli s sestavo skupine zaposlenih, ki bo v projektu sodelovala. Glede na to, da je v proces obvladovanja neskladnosti vključena tako služba nabave in prodaje, kakor tudi služba logistike, kontrole in proizvodnje, smo se odločili, da v tim vključimo lastnike procesov, ki so povezani s procesom obvladovanja neskladnosti. Izbrane člane skupine odlikuje znanje s področja zagotavljanja kakovosti, poznavanje procesov ter moč vodenja.

V prvem koraku 6 Sigma projekta, v fazi "Define", smo definirali, katere so ključne pomanjkljivosti procesa obvladovanja neskladnosti in v kakšni obliki se odražajo. Na kratko rečeno, definirali smo problem, s katerim se soočamo in katerega želimo z uporabo orodij 6 Sigma rešiti. Definicija problema predstavlja ključno točko vsakega 6 Sigma projekta, kajti pomanjkljivo ali celo napačno definiran problem lahko vodi do neustrezne izbire orodij, napačno zastavljenih ciljev in planov, zapravljanja časa z nebistvenimi elementi, kar v končni fazi ne daje zelenih in pričakovanih rezultatov.

Bistvo problema obvladovanja neskladnosti v podjetju Flenco d.o.o. smo strnili v tri točke in ga definirali na sledeč način:

1. Neskladen material se odkrije šele v zadnjih fazah proizvodnega procesa, kar ima za posledico:
 - Nezadosten čas za ustrezno izpeljavo postopka reklamacije do dobavitelja,
 - Manjkajoč material na finalnem pregledu in prevzemu sistema s strani kupca, v mnogih primerih sistemi odpremljeni nepopolni.
2. Pomešani materiali in komponente med posameznimi sistemi (na videz sicer enaki materiali in komponente, vendar ne ustrezajo

naročilu in zahtevam določenega delovnega naloga).

3. Predolgi časi izpeljave postopka reklamacije do dobavitelja.

Drugi korak 6 Sigma projekta predstavlja tako imenovano fazo merjenja oz. ‘Measure’. Vsaka definicija problema mora biti podprta z natančno analizo, s katero dobimo pregled nad razsežnostjo problema, določimo kritične elemente, s katerimi se bomo ukvarjali ter postavimo meje, znotraj katerih bomo problem reševali. V našem primeru smo kot vir podatkov za analizo uporabili QCR poročila (Quality Control Report) pripravljena s strani kupcev na finalnem pregledu in prevzemu sistemov.

V letu 2008 je podjetje Flenco d.o.o. odpremilo skupaj 81 sistemov, na katerih je bilo pri prevzemu sistema odkritih 21 neskladnosti, vezanih tako na sistem kakor tudi na pripadajočo dokumentacijo. Delež neskladnosti znaša torej ca. 33%, naš cilj pa je le-tega zmanjšati na 10%. Rezultati analize so prikazani na sliki 3.

Izpostavljeni problemi niso povezani izključno samo s procesom obvladovanja neskladnosti temveč lahko iščemo njihove vzroke tudi v ostalih procesih, še zlasti v njihovem medsebojnem delovanju. Iz tega razloga smo v tretjem koraku 6 Sigma projekta, ki predstavlja fazo analiziranja imenovano tudi "Analyze", z

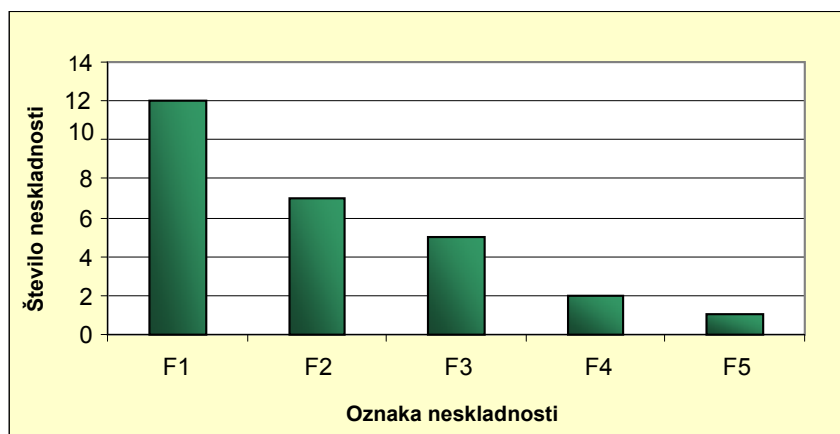
uporabo vzročno – posledičnega diagrama (Fish bone diagram) skušali najti ključne vzroke problema, ki smo ga v prejšnjem koraku identificirali kot kritičnega. Izmed petih neskladnosti registriranimi med finalnimi pregledi, izstopajo po številu neskladnosti označene z F1, F2 in F3. Omenjene neskladnosti predstavljajo bistvo našega problema, zato so bila vsa nadaljnja raziskovanja usmerjena v iskanje vzrokov le-teh.

Na sliki 4 je prikazan primer uporabe vzročno – posledičnega diagrama. Uporaba vzročno – posledičnega diagrama nam je omogočila sistematično analizo vseh možnih vzrokov, pri čemer smo razmislili in upoštevali tudi na videz manj pomembne vzroke ter ovrednotili njihov vpliv na definirani problem.

Vsi vzroki označeni z 1 predstavljajo najbolj kritične elemente, saj je njihova vplivnost na problem zelo visoka, po drugi strani pa je vpeljava korektivnih ukrepov sorazmerno enostavna.

Rezultati vzročno – posledičnega diagrama so pokazali, da obstajajo štiri kritične vhodne veličine:

1. Postopek prevzema materiala ne vključuje kontrole kvalitete materiala (kontrola kvalitete se vrši pri prevzemu materiala v glavnem skladišču v Trinu).



F1 – Manjkajoč material na finalnem pregledu zaradi neskladnosti z naročilom ali napake ugotovljene med funkcionalnim testom

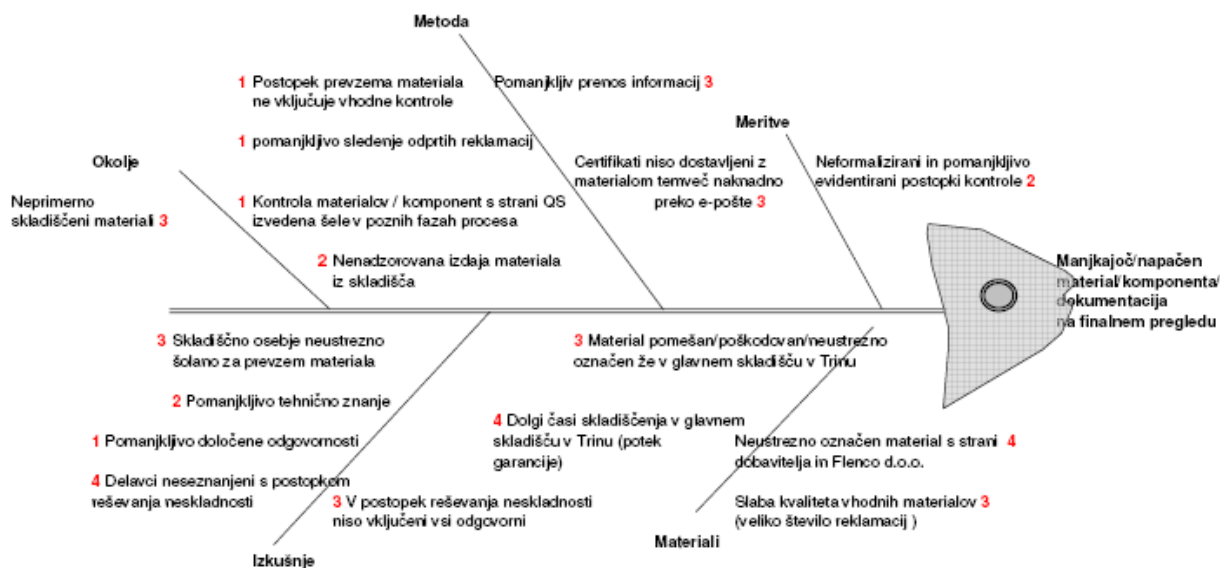
F2 – Manjkajoči material na finalnem pregledu zaradi nerešenega reklamacijskega postopka napram dobavitelju

F3 – Nepopolna tehnična dokumentacija (napačni ali manjkajoči certifikati)

F4 – Manjkajoč material na finalnem pregledu zaradi nepravočasne dobave materiala

F5 – Pomešan material/komponente med različnimi nalogi

Slika 3: Rezultati analize



Slika 4: Vzročno – posledični diagram

- Odgovornosti povezane s procesom obvladovanja neskladnosti niso natančno definirane.
- Kontrola kvalitete materiala in komponent kakor tudi pripadajoče dokumentacije se vrši šele v zadnjih fazah proizvodnega procesa.
- Nesistematično sledenje odprtih reklamacij do dobaviteljev.

Naslednji korak 6 Sigma projekta predstavlja fazo planiranja izboljšav, imenovano tudi "Improvements". V tej fazi smo za vsako kritično vhodno veličino pripravili terminski plan korektivnih in preventivnih ukrepov ter določili nosilce aktivnosti. Plan izboljšav je predstavljen v preglednici 2.

Preglednica 2: Plan izboljšav

Xs	Preventivni in korektivni ukrep	Odgovoren	Datum zaključka
1	1.Revizija operativne norme NO 25 "Skladiščno poslovanje": - Vključiti kontrolo vhodnih materialov. - Vključiti postopek obvladovanja neskladnosti – Flenco Firenze. 2. Revizija kontrolnih kart.	Služba kontrole	maj,09
2	1.Revizija operativnega postopka PO-8.3-01 "Obvladovanje neskladnosti". - Natančno definirati odgovornosti. 2.Prevesti "flow chart" obvladovanja neskladnosti in seznaniti vse zaposlene, ki so vključeni v omenjeni postopek.	Služba kontrole	maj,09
3	1.Vključiti kontrolo materialov in komponent s strani službe kontrole v fazo predmontaže (dodana kontrola točka v QCP)	Služba kontrole	zaključeno
4	1.Uvesti tedenske sestanke Flenco d.o.o. – Flenco Firenze (nabavna služba) z namenom ažurnega sledenja odprtih reklamacij. 2.Omogočiti vsem zaposlenim vključenim v postopek obvladovanja neskladnosti dostop do intraneta ter publiciranih reklamacij. 3.Izboljšati sodelovanje z dobavitelji (povečati senzibilnost za ponavljajoče napake)	Nabavna služba	zaključeno

Poudarek smo dali ukrepom, ki predstavljajo enostavno realizacijo, obenem pa je njihov vpliv na zelene rezultate 6 Sigma projekta visok. V nekaj stavkih lahko povzamemo, da smo z vpeljavo korektivnih in preventivnih ukrepov želeli doseči sledeče:

1. Upoštevanje definiranega postopka obvladovanja neskladnosti vseh zaposlenih.
2. Skrajšanje časov reševanja reklamacij do dobavitelja.
3. Izboljšati sodelovanje z dobavitelji, zlasti na področju kvalitete.

Zadnji korak 6 Sigma projekta predstavlja kontrolo uvedbe plana izboljšav, imenovano tudi "Control", katere namen je preveriti učinkovitost vpeljanih korektivnih in preventivnih ukrepov. Učinkovitost 6 Sigma projekta namreč lahko ocenjujemo šele na osnovi merljivih rezultatov. V zadnjem koraku smo zatorej določili kazalnike, katere bomo kontinuirano spremljali ter na osnovi rezultatov ustrezno ukrepali. Kazalniki katere bomo na osnovi definiranih metod in podanih odgovornosti spremljali, so sledeči:

1. Število identificiranih neskladnosti skozi celoten proizvodni proces, razvrščenih glede na delovni nalog, kupca in dobavitelja materiala
2. Število identificiranih neskladnosti s strani kupca na finalnem pregledu oz. prevzemu sistema
3. Število primerov nepopolne dokumentacije na finalnem pregledu (manjkajoči, nepravilni certifikati)

5. ZAKLJUČEK

Čeprav je metodologija 6 Sigma dandanes v podjetjih dobro sprejeta, v obstoječi literaturi še vedno primanjkuje natančnih študijev primera. V članku je predstavljena uporaba metodologije 6 Sigma v skladu s postopkom DMAIC v podjetju, ki izdeluje izdelke po naročilu, za znanega kupca.

V podjetju smo se odločili, da zmanjšamo izgube iz 33% na 10%. V Sigma terminologiji bi to pomenilo, da se poslovanje iz 1 Sigma premakne v smeri 3 Sigme.

6 Sigmo smo uporabili pri procesu obvladovanja neskladnosti, predvsem v odnosu do dobaviteljev materialov.

Čeprav so bile na osnovi izvedenih analiz definirane in izvedene vse korektivne in preventivne akcije v skladu z metodologijo 6 Sigma, končni učinek še vedno ni znan oz. končni rezultati sprememb bodo razvidni šele iz naslednjih letnih analiz.

Literatura

- [1] Linderman, K., Schroeder, R., Zahees, S., Choo, A. (2003). Six sigma: A goal-theoretic perspective, *Journal of operations Management*, Vol.2, 193-203
- [2] Kwak, Y. H. and Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach, *Technovation*, Vol. 26, 708-715
- [3] Antony, J. and Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of six sigma program, *Measuring Business Excellence*, Vol. 6, No. 4, 20-27
- [4] McClusky, R. (2000). The rise, fall, and revival of six sigma, *Measuring Business Excellence*, Vol 4, No. 2, 6-17
- [5] Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., Choo, A. S. (2008). Six sigma: Definition and underlying theory, *Journal of operations management*, Vol. 26, 536-554
- [6] Henderson, K. M. and Evans, J. R. (2000). Successful implementation of six sigma: benchmarking general electrics company benchmarking. *An international Journal*, Vol. 7, No.4, 260-281
- [7] Eckes, G. (2000). *The six sigma revolution*, John Wiley and Sons, New York, NY

UPORABA NABAVNO-PRODAJNEGA SPLETNEGA PORTALA PRI OSKRBI PROIZVODNIH PODJETIJ

Marko JELOVČAN, Tomaž BREZAR
ISOTECH

POVZETEK

S kakršno koli dejavnostjo se podjetje ukvarja vedno se za uspešno poslovanje pojavljajo nabavne potrebe po materialih, opremi in orodjih. Tuja podjetja v povprečju kupijo od 60 do 80 procentov realizacije v Sloveniji pa kar 88 odstotkov. Na podlagi tega dejstva so elektronske tržnice učinkovito orodje za zmanjševanje stroškov kakor tudi orodje za inovacije in povečevanje prihodkov. S pojavom interneta v začetku 90 let prejšnjega stoletja pa so dozorele tudi informacijske infrastrukture in le malo ljudi dvomi v njihovo pomembnost za sodobno poslovanje. To dejstvo sva izkoristila tudi avtorja tega članka z ustanovitvijo spletne tržnice <http://www.tech-market.eu>, katere namen je izboljšati informacijsko podporo tako kupcem kot dobaviteljem pri izmenjavi povpraševanj in ponudb na slovenskem industrijskem trgu.

1. UVOD

Po osamosvojitvi leta 1991 je le nekaj slovenskih podjetij s področja avtomobilske industrije znalo izkoristiti svoje konkurenčne prednosti in se skozi obdobje konjunktore prebiti na najzahtevnejša svetovna tržišča kot razvojni dobavitelji prvega reda. Tempu najuspešnejših razvojnih OEM dobaviteljev pa niso uspeli slediti manjši poddobavitelji, saj svoje proizvodnje niso znali organizirati po principih sodobnih standardov, niso vzpostavili lastnega razvoja izdelkov in učinkovite prodajne mreže. Zaradi slabe poddobaviteljske infrastrukture pa se slabša konkurenčnost razvojnih OEM dobaviteljev. Večina OEM dobaviteljev avtomobilske industrije je iz tega razloga ustanovila službe za razvoj dobaviteljev, katerih naloga je razviti dobavitelje do te mere, da so se spodobni vključiti v njihovo dobavno verigo. Službe za razvoj dobaviteljev pa so se srečujejo s številnimi težavami, nerazumevanje zahtev kupca, odpor proti »dodatnemu birokratskemu delu«, strah pred novimi področji dela, nepoznavanje sodobnega organiziranja proizvodnje, pomanjkanju finančnih in

kadrovskih virov... Poddobaviteljska podjetja, ki pa so sprejela izziv, ki so jim ga ponudili OEM kupci pa so se v velikokrat razvila tako v organizacijskem, tehnološkem, razvojnem kakor tudi kakovostnem vidiku. Ta podjetja pa so svoj nov položaj znala izkoristiti z zviševanjem dodane vrednosti svojih proizvodov in storitvam ter znatnim izboljšanjem svojega tržnega položaja. Vzpostavila so svoje razvojne, prodajne oddelke in so na dobri poti prevzeti najzahtevnejše OEM projekte.

Velika večina poddobaviteljev pa ni šla po tej poti. Večletno stopicanje na mestu, slabo vlaganje v razvoj, proizvodnja nezahtevnih izdelkov so te poddobavitelje v času gospodarske krize najbolj prizadeli. Kaj storiti za izboljšanje razmer na poddobaviteljskem trgu? Kako dvigniti kakovostni nivo na slovenskem poddobaviteljskem trgu, hkrati pa ohraniti cenovno konkurenčnost njihovih produktov?

Rešitev je v povezovanju manjših poddobaviteljev ter vzpostavljanju infrastrukture, ki bi skrbelo za finančno, komercialno, tehnično in kakovostno podporo svojim članom. Manjši

dobavitelji namreč velikokrat nimajo kritične mase za vzpostavitev ustreznih služb, ob vzpostavljeni infrastrukturi pa lahko ob optimalnih stroških organizirajo podporne službe, ki skrbijo za dvig kakovosti storitev svojih članov. Formalnih in neformalnih oblik infrastrukturnega povezovanja je veliko:

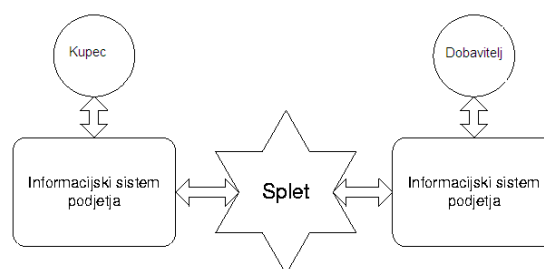
- zbornice
- zadruga
- grozdi
- interesna združenja

Možnost, ki pa se pojavlja v zadnjem času pa je povezovanje kupcev in dobaviteljev preko nabavno prodajnih spletnih portalov. S povezovanjem kupcev in dobaviteljev preko spletnega portala pridobijo oboji. Kupci imajo dostop do globalnega nabavnega trga, dobavitelji pa do povpraševanj najzahtevnejših OEM dobaviteljev. Poleg tega upravljavec spletnega portala nudi izobraževanja na področju izdelave kompetentnega povpraševanja, priprave ponudbe, sodelovanja kupca in dobavitelja preko APQP postopka, vzpostavljanju standardov kakovosti, izdelave PPAP dokumentacije, skratka naloge, ki jih opravljajo službe za razvoj dobaviteljev.

2. KONCEPT NABAVNO-PRODAJNEGA SPLETNEGA PORTALA

Prilagodljivost in odzivnost sta lastnosti, ki jih predpisujemo predvsem manjšim podjetjem, vendar je majhnost tudi ovira za izvajanje nenehnih sprememb zaradi omejenih virov (finančnih, kadrovskih..), omejenega dostopa do trgov in nezmožnosti doseganja ekonomije obsega. Elektronsko povezovanje kupcev in dobaviteljev z računalniško podporo tistim poslovnim operacijam, kjer gre za trgovanje med kupci in dobavitelji pa izvajanje teh poslovnih operacij bistveno olajša. Kot učinkovito orodje pri povezovanju dobaviteljev in kupcev pojavile so se v svetu pojavile spletne platforme za povezovanje trga kupcev in dobaviteljev industrijskih izdelkov. Koncept spletnega portala platforme za slovensko industrijo temelji na tako imenovanem trgu kupcev, kjer kupec objavi svojo

namero o nakupu, k tej pa se odzovejo ponudniki s svojimi s svojimi ponudbami, izmed katerih kupec izbere najugodnejšo. Tak trg je posebej primeren za situacije, kjer je potencialnih ponudnikov veliko in je treba med njimi vzpostaviti tekmovalni odnos. V končni fazi so kupci tisti, ki izbirajo med ponudbami. Trg kupcev ponuja več možnosti elektronskemu poslovanju, saj so stroški tradicionalnega načina povpraševanj relativno veliki. V kontekstu elektronskega trgovanja se trgu kupcev reče tudi e-procurement.



Slika 1: Povezava kupca z dobaviteljem preko spletnega portala

Koncept spletnega portala <http://www.tech-market.eu> temelji na trgu kupcev. Kupci, ki so prijavljeni kot člani in imajo status kupca iz česar sledi da imajo pravice objavljati povpraševanja, dobavitelji pa so o objavi povpraševanja obveščeni in imajo možnost objave ponudbe.

2.1. POSTOPEK ODDAJE POVPRÁŠEVANJA

Povpraševanje oddaja uporabnik (član), ki ima status kupca. Za oddajo se je potrebno prijaviti v portal z uporabniškim imenom in geslom. Sistem avtomatično glede na uporabnika vnese v obrazec naslednja polja:

- kupec ID pod katero se prikažejo osnovni podatki podjetja
- številko povpraševanja (sistem avtomatično generira številko povpraševanja pod katero se vodi povpraševanje)
- datum in ura oddaje povpraševanja

- datum in ura zadnjih popravkov/sledenje spremembam
- dodajanje pozicij (postavk, zapisov) na povpraševanje
- za vsak izdelek oz. storitev je potrebno odpreti eno pozicijo

Sistemske zahteve:

- zaporedna številka (se generira avtomatsko)
- klasifikacija storitve, izdelka (izdelava orodij za plastiko, brizganje plastike,...)

Komercialne zahteve:

- ime izdelka
- enota mere (kos, kg, m, kpl...)
- predvidena letna količina
- enkratna nabavna količina
- dodajanje datotek s komercialnimi zahtevami (predloge nabavnih pogodb, obrazci za odprto kalkulacijo,...)
- zahteva za odprto kalkulacijo (DA/NE)
- rok za oddajo ponudbe
- rok za začetek proizvodnje

Tehnične zahteve:

- zahteva za odprto kalkulacijo (DA/NE)
- dodajanje datotek s tehničnimi zahtevami (risbe, 3D modeli, tehnični zahtevniki,...)
- slikica oz. skica (thumbnail)
- material
- zahteva po oceni izvedljivosti (DA/NE)

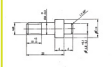
Kakovostne zahteve:

- zahtevani standardi kakovosti (ISO 9001, ISO 14001, ISO TS 16949,...)
- ciljna kakovost (PPM)
- zahteva po vzorcih (rok dobave vzorcev, število vzorcev)
- PPAP dokumentacija (stopnja PPAP vzorčenja)
- dodajanje datotek s kakovostnimi zahtevami (sporazum o kakovosti,...)

Zahteve za pakiranje in transport:

- pariteta (privzeta EXW, izbira CPT, DDU;...; Incoterms 2000)
- pakirna embalaža (definira kupec/dobavitelj)
- dodajanje datotek z zahtevami za pakiranje in transport (predpisi za pakiranje, transport,...)

Ko uporabnik vnese vse zahteve za povpraševanje pritisne gumb za oddajo povpraševanja. Na spletnem portalu se pojavi povpraševanje v istem hipu pa so preko elektronske pošte dobavitelji obveščeni novem povpraševanju na spletnem portalu z linkom do dokumentacije povpraševanja. Povpraševanja so kvalificiran po dejavnostih, tako da za npr. povpraševan stružen del prejmejo obvestila o povpraševanju samo dobavitelji, ki so se kvalificirali kot strugarji.

Skica	Opis	Datum oddaje povpraševanja	Število oddanih ponudb	Rok za oddajo ponudbe	
	Sornik fi 20mm, jeklo enkratna količina 40.000 kos letna količina 100.000 kos	02.08.2009	0	10.08.2009	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #f0f0f0;">Analiza ponudb</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 5px; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #f0f0f0;">Pregled povpraševanja</div>

Slika 3: Pregled povpraševanje na spletnem portalu

2.2 POSTOPEK ODDAJE PONUDBE


- ponudbo oddaja uporabnik (član), ki ima status dobavitelja
- za oddajo se je potrebno prijaviti v portal z uporabniškim imenom in geslom

Podatki za oddajo ponudbe se prepisejo iz povpraševanja, na podlagi številke povpraševanja in oddane ponudbe. Dobavitelj v ponudbo vpiše:

- ceno izdelka
- ceno pakiranja
- pariteto (privzeto iz povpraševanja)
- ceno izdelave vzorcev
- doda datoteko – odprta kalkulacija (če je zahtevano)

- doda datoteko – ocena izvedljivosti (če je zahtevano)
- doda datoteko – dopis z ponudbo

Dobavitelj na spletnem portalu objavi ponudbo v katero ima vpogled samo kupec, ostali dobavitelji v konkurenčne ponudbe nimajo vpogleda.

Skica	Opis	Datum oddaje povpraševanja	Število oddanih ponudb	Rok za oddajo ponudbe	
	Sornik fi 20mm, jeklo enkratna količina 40.000 kos letna količina 100.000 kos	02.08.2009	0	10.08.2009	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #f0f0f0;">Pregled povpraševanja</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #ffff00;">Oddaja ponudbe</div>

Slika 2: Oddaja ponudbe na spletnem portalu

3. PODPORA DOBAVITELJEM IN KUPCEM

Poslovna uspešnost nabavne funkcije bistveno vpliva na poslovno uspešnost drugih funkcij in na poslovanje celotnega podjetja. Za dobro sodelovanje kupca z dobaviteljem pa je izrednega pomena dobro definirano povpraševanje ter ustrezno pripravljena ponudba dobavitelja. Žal pa v preveč primerih prihaja do konflikta med kupci in dobavitelji zaradi slabo pripravljenih povpraševanj (pričakovanj) kupcev in slabo pripravljenih ponudb dobaviteljev. Upravljavec spletnega portala iz teh razlogov nudi poleg posredovanja povpraševanj in ponudb tudi pomoč pri pripravi povpraševanj in razvoju dobaviteljev. Dobro povpraševanje je namreč pogoj za dobro pripravo ponudbe. Iz tega razloga upravljavec spletnega portala nudi svetovanje pri pripravi:

- uporabe spletnega portala
- priprave komercialnih zahtev (splošnih nabavnih pogojev, nabavnih pogodb, odprte kalkulacije..)
- priprave tehničnih zahtev (tehničnih zahtevnikov, tehnične dokumentacije, ocene izvedljivosti...)
- priprave kakovostnih zahtev (standardov kakovosti, sporazumov o kakovosti, procesne zanesljivosti, PPAP vzorčenja..)
- zahtev po pakiranju in transportu (predpis o pakiranju, transportne zahteve,..)

tako kupcem kot tudi dobaviteljem. Namen upravljavca spletnega portala je maksimalno zadovoljstvo uporabnikov spletnega portala, za dosego zadovoljstva končnega kupca kakor tudi vseh dobaviteljev, ki sodelujejo v oskrbni verigi.

Za izobraževanje in usposabljanje kupcev in dobaviteljev bo skrbela posebna skupina strokovnjakov s področja nabave, kakovosti in tehnologije. Na zahtevo kupca ali željo dobavitelja bo skupina za podporo opravljala dela razvoja dobaviteljev, izobraževanja kupcev na področjih kjer člani portala ne morejo sami strokovno zagotavljati ustrezne podpore svojim strokovnim službam.. Dobavitelji se morajo zavedati da partnerstvo kupec-dobavitelj ne temelji samo na ceni ampak tudi drugi strateški faktorji kot so kakovost, dobavna zanesljivost, fleksibilnost, komercialni pogoji in mnenje zaposlenih v nabavni službi o obravnavanem dobavitelju.

Pomoč pri pripravi kompetentne ponudbe, razvoju sistema kakovosti, pripravi dokumentacije (PPAP), organiziranju proizvodnje in poprodajnih storitev (analize reklamacij, 8D poročanje) je poleg cene pomembna prednost, ki omogoča pridobitev posla. Pri tem pa je potrebno zagotoviti, da uporaba storitev svetovanja ne pomeni preferiranja posameznega dobavitelja. Upravljavec portala skrbi za izobraževanja, do katerih imajo dostop vsi člani portala, izobraževanje poteka na principu spoznavanja metod in postopkov priprave ponudb, ne sodeluje pa pri definiranju komercialnih pogojev ter pripravi posameznih ponudb posameznih članov. Vpogled v posamezne ponudbe imajo namreč samo kupci za svoje povpraševanje, upravljavec portala pa skrbi, da objavljene ponudbe ostanejo zaščitene pred nepooblaščenimi vpogledi.

4. PRIMER POVPRASHVANJA PO ORODJU ZA PLASTIKO TER STORITVI BRIZGANJA IZDELKOV

Kot hipotetičen primer lahko predstavimo nabavo orodja za plastiko in brizganja plastike za izdelek TULJAVNIK namenjen avtomobilski

industriji. Nabavnik na spletno portalu odpre povpraševanje in vnese naslednje podatke:

Oddaja povpraševanja:

- zaporedna številka (se generira avtomatsko)
- klasifikacija storitve in izdelkov: **izdelava orodij za plastiko in brizganje plastike**

Komerciale zahteve:

- ime izdelka: **TULJAVNIK**
- enota mere: **kos**
- predvidena letna količina: **500.000**
- enkratna nabavna količina: **50.000**
- dodajanje datotek s komercialnimi zahtevami: **priložena datoteka z predlogi nabavnih pogodb za orodje in izdelke**
- zahteva za odprto kalkulacijo: **DA, za orodje, za izdelek**
- rok za oddajo ponudbe: **10.11.2009**
- rok za začetek proizvodnje: **15.04.2010**

Tehnične zahteve:

- dodajanje datotek s tehničnimi zahtevami: **zahtevnik za orodje, 3D model, risba**
- slikica oz. skica (thumbnail): **skica iz risbe**
- material: **definirani granulat**
- zahteva po oceni izvedljivosti: **DA**

Kakovostne zahteve:

- zahtevani standardi kakovosti: **ISO 9001**
- ciljna kakovost (PPM): **100**
- zahteva po vzorcih (rok dobave vzorcev, število vzorcev): **15.02.2010, 50 vzorcev na gnezdo**
- PPAP dokumentacija: **DA, stopnja vzorčenja 3**
- dodajanje datotek s kakovostnimi zahtevami: **Sporazum o kakovosti, sporazum o PPM ciljnih**

Zahteve za pakiranje in transport:

- pariteta: **CPT tovarna**
- pakirna embalaža: **zaboj XXXX, EURO paleta.....**

- dodajanje datotek z zahtevami za pakiranje in transport: **Priložena datoteka - predpis za pakiranje in transport**

Oddaja ponudbe:

- cena izdelka – orodje: **XX.XXX EUR**
- cena izdelka – izdelek: **XX,XX EUR/100 kos**
- ceno pakiranja: **XX,XX EUR/100 kos**
- pariteto: **CIF prevzem kupca**
- ceno izdelave vzorcev: **XX.XX EUR/100 kos**
- doda datoteko – odprta kalkulacija: **datoteka odprta kalkulacija (orodje), datoteka odprta kalkulacija (izdelek)**
- doda datoteko – ocena izvedljivosti: **datoteka ocena izvedljivosti**
- doda datoteko – dopis z ponudbo: **datoteka – uradni dopis z ponudbo**

Kupec ima na podlagi prejetih ponudb zelo dober vpogled tako v strukturo cene orodja in proizvoda, kakor tudi v kompetentnost dobavitelja. Spletni portal je učinkovito orodje izbora optimalnega dobavitelja, kakor tudi priložnost za dobavitelje pridobiti nove posle.

Podporni obrazci za kupce:

Obrazec - zahtevnik orodja za brizganje plastike:

Slika 4: Podporni obrazec – Zahtevnik orodja za brizganje plastik

Kupec v zahtevniku definira;

- * osnovni podatki
- * število gnezd
- * tehnične zahteve orodja:
 - zahtevani proizvajalci osnovnih elementov
 - centrirni obroč
 - varovalni drog za transport
 - način pritrditve
 - brizgalni stroj
 - material (ogrodje, celoten oblikovni vložek, oblikovna plošča, izmetalna plošča,...)
- * vodila
- glavna
- izmetalni paket
- zaklepni sistem
- * stranska jedra
- * izmetalni sistem
- * izolacijske plošče
- * temperiranje
- * vgravirne oznake na izdelku
- * dolivna šoba
- * struktura površine
- * prevleke gravure
- * dolivni sistem
- * odvzem kosov
- * orodjar priskrbi
- * orodju mora biti priloženo
- * potrditev konstrukcije

Podporni obrazci za dobavitelje:

Obrazec – odprta kalkulacija orodja za brizganje plastike

Odrpta kalkulacija				Rev. 1		Bazični podatki/Orodje	
Stroški materiala				Stroški mat. (€)		Nabava kupec: (Dobavitelj)	
Normirani deli				2.800,00		Kalkulacijski izdelek: Datum kalkulacija	
Forma				1.400,00		Naziv kosa: Projekt	
Tepni kanal				0,00		Število ribse: Datum izdelje ribse:	
Ostali deli				0,00		Število erodja: Poggim dobave: Kraj dostave orodja: Prilozni popoj:	
Stroški materiala				4.200,00		Število erodja: Poggim dobave: Kraj dostave orodja: Prilozni popoj:	
Manipulativni stroški				420,00		Število erodja: Poggim dobave: Kraj dostave orodja: Prilozni popoj:	
Skupaj material				4.620,00		Število erodja: Poggim dobave: Kraj dostave orodja: Prilozni popoj:	
Engineering/osteni				8.400,00		Število erodja: Poggim dobave: Kraj dostave orodja: Prilozni popoj:	
Arbeitsgang				Strošek dela		Čas	
Vrednost				Enota		Trajanje	
Enota				Enota		Enota	
Konstruiranje				30,00 €/Stk		200,00 ur	
Priprava dela				30,00 €/Stk		80,00 ur	
Skupaj razvoj				60,00 €		2.400,00	
Izdelovalni stroški				8.400,00		Ostali bazični podatki: Previden stroj za brizganje: Anzahl der Formblätter (Stk.): 2	
Hauptarbeitsgang				Strošek dela		Čas	
Unterguppe				Vrednost		Enota	
Enota				Enota		Enota	
Izdelovalni stroški				8.400,00		min. življenska doba (Število brizgov): 1.000.000	
Proizvodnja elektrod				3.600,00		Dobavitelj normalni: HASCO	
Freziranje				30,00 €/ura		120,00 ur	
Ostalo				25,00 €/ura		80,00 ur	
Proizvodnja delov				4.800,00		Uporabljeni materiali: Jedro: 1.2767	
Freziranje				30,00 €/ura		160,00 ur	
Brušenje				25,00 €/ura		72,00 ur	
Žična erodija				30,00 €/ura		184,00 ur	
Potopna erodija				25,00 €/ura		200,00 ur	
Struženje				20,00 €/ura		16,00 ur	
Poliranje				20,00 €/ura		40,00 ur	
Montaža orodja				20,00 €/ura		48,00 ur	
Forma				4.800,00		Izmetala: 1.2767	
Informationsystem				1.800,00		2-stopenjski izmetala (da / ne): JA	
Abstreifplatte (ja / nein)				5.000,00		Schraubschwerter (ja / nein): JA	
Balkenwerkzeug (ja / nein)				800,00		mit Greifler einsetzen (ja / nein): JA	

Slika 5: Podporni obrazec za odprto kalkulacijo - orodje

V odprti ponudbi za izdelavo orodja dobavitelj definira:

- * stroške materiala
- * stroške konstrukcije
- * stroške priprave dela
- * izdelovalne stroške
- stroške izdelave elektrod
 - freziranje
 - struženje
- proizvodnja delov orodja
 - freziranje
 - brušenje
 - žična erodija
 - potopna erodija
 - poliranje
 - montaža orodja
- * stroški zagona orodja
- * stroški meritev
- * stroški vzorčenja
- * manipulativni stroški
- * kalkulirani dobiček

Obrazec – odprta kalkulacija izdelak iz plastike

Slika 6: Podporni obrazec za odprto kalkulacijo - izdelek

V odprti ponudbi za izdelavo orodja dobavitelj definira:

- * stroške osnovnega materiala (komponenta 1,2,3,...)
- * stroške nastavitve na serijo
- * stroške brizganja
- * stroške kalkuliranega izmeta
- * manipulativni stroške
- * kalkulirani dobiček

Obrazec – ocena izvedljivosti

Slika 7: Podporni obrazec za oceno izvedljivosti

V oceni izvedljivosti dobavitelj oceni svoje kompetence po kriterijih:

- izvedljivosti izdelave izdelka v zahtevanih tolerancah
- izvedljivosti zagotavljanja procesne zanesljivosti

- izvedljivosti zagotovitve zahtev predpisanih standardov
- sposobnosti zagotovitve ustreznih materialov
- sposobnosti zagotovitve zunanega izgleda, delilen površine orodja, barve, površine
- sposobnost zagotavljanja kakovostnih kriterijev
- sposobnost zagotavljanja embaliranja in transporta
- plan kapacitet

kar oceni glede na:

- izvedljivost
- jasnost
- popolnost
- proizvodljivost
- merljivost

5. PREDNOSTI UPORABE NABAVNO – PRODAJNEGA SPLETNEGA PORTALA

Uporaba spletnega portala prinaša prednosti tako kupcem kot tudi dobaviteljem.

Prednosti, ki jih imajo kupci so:

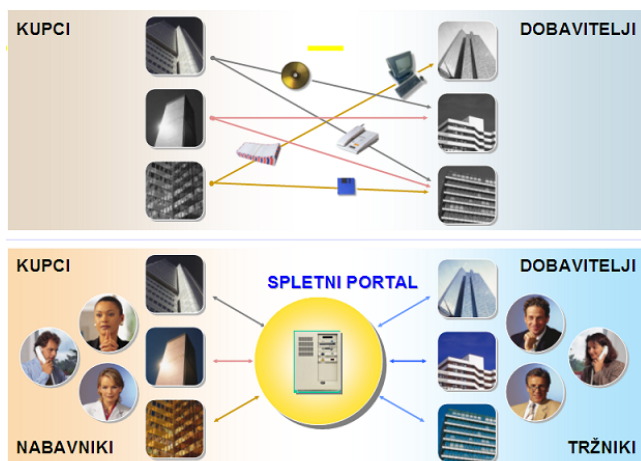
- doseganje optimalne cene
- lažje procesiranje, prenašanje in razširjanje povpraševanj
- spremenjena, veliko vidnejša vloga kupca
- popolna transparentnost, kjer sleherni ponudnik tekmuje z slehernim
- v elektronsko obliko poslovanja se vključuje večno več dobaviteljev

Prednosti, ki jih imajo dobavitelji so:

- direktn pregled aktualnih povpraševanj
- dostop do OEM kupcev
- zmanjšanje stroškov prodaje in trženja
- izločanje posrednikov, direktn dostop do kupca

- nove poslovne možnosti in prisotnost na trgu
- strokovna podpora pri pripravi ponudb
- v elektronsko obliko poslovanja se vključuje večno več kupcev

gospodarstva saj se na podlagi jasne slike nabavnega trga povečuje konkurenčni boj, inovativnost, ustvarjanje novega znanja zdajšnjih in prihodnjih potreb kupcev, širjenje informacij o nabavnih potrebah in odzivanje nanje.



Namen spletnega portala je vzpostaviti sodobno informacijsko infrastrukturo, ki bo zblížala kupce in dobavitelje, spodbudila večjo kompetentnost tako kupcev kot dobaviteljev ter nudila strokovno podporo na področjih komerciale, tehnologije in kakovosti.

Literatura

[17] Šuligoj M.: Upravljanje odnosov s strateškimi kupci slovenskega orodjarskega grozda (SOG) z uporabo interneta, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta magistrsko delo (2005)

[18] Podlogar M.: Elektronsko oskrbovanje med podjetji, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, ECOM predstavitev

[19] Jakulin A.: Elektronski trgi, <http://www.stat.columbia.edu/~jakulin/B2B/b2b.htm>

Slika 8 : Primerjava klasičnega načina povpraševanj z povpraševanji preko spletnega portala

6. ZAKLJUČEK

Današnje poslovno okolje zaznamujeta hiter tehnološki razvoj in globalizacija vseh vidikov poslovanja. Podjetja morajo biti fleksibilna, prilagodljiva in dinamična, če se želijo pravočasno odzvati na radikalne spremembe v okolju. Spletni portal predstavlja nov poslovni model in lahko igra pomembno vlogo pri krepitvi konkurenčnosti tako kupcev kot dobaviteljev. Predstavlja pomembno infrastrukturo, ki nadgrajuje obstoječe povezave med dobavitelji in kupci, krepi kompetentnost dobaviteljev, kakor tudi zagotavlja boljše konkurenčne pogoje kupcem. Uporabniki portala bodo dosegli večjo odzivnost, prilagodljivosti inovativnost in konkurenčnost, spletni portal pa predstavlja učinkovit način mrežnega povezovanja, kjer lahko podjetja konkurirajo in sodelujejo med seboj. Vzpostavitev spletnega portala je iz tega vidika pomembna tudi iz vidika konkurenčnosti nacionalnega gospodarstva.

Transparentnost, ki jo omogoča uporaba spletnega portala povečuje konkurenčnost

VEČPARAMETRSKA ANALIZA KOT UČINKOVITEJŠE ORODJE RAZVOJA IZDELKOV

Tomaž KOSTANJEVEC¹, Andrej POLAJNAR², Metka KOSTANJEVEC³

¹ Plinko Kostanjevec d. o. o.,

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo Maribor,

³ Prva gimnazija Maribor

POVZETEK

Potencial človekovega razvoja novih idej je s pomočjo večparametrskane analize dobil zagon, ki je lahko spoznan kot ključen v zgodnjem oblikovanju ideje novega izdelka. Precizno in zgodnje ugotavljanje primernosti izdelka na trgu s pomočjo večdimenzionalne analize prinaša konkurenčno prednost in zmanjšuje stroške izdelave dragih prototipov, ki na trgu ne zadovoljijo zahtev in padejo v pozabo. V času kriznega menedžmenta ima lahko vložek v obliki nepravilno usmerjenega razvoja izdelka katastrofalne posledice za podjetje in zaposlene.

Novi izdelki so tisti, ki podjetjem prinašajo največje dobičke in zadovoljstvo. S pomočjo večparametrskane analize je moč dovolj zgodaj ugotoviti, ali je podjetje sposobno proizvesti izdelek, za katerega je tržišče pripravljeno odšteti sredstva, in kje je v tem razmerju konkurenca. Obravnavani parametri v članku so nanizani na podlagi empiričnih dognanj iz prakse. Kombinacija teh parametrov omogoča ugotovitev najprimernejše oblike poti razvoja izdelka v zgodnji fazi kreacije ideje. Klasični linijski razvojni procesi so namreč izgubili moment prav pri iskanju primernosti ideje. Odgovor je predstavljeni večparametrski model analize razvoja izdelka.

Ključne besede: razvoj izdelkov, novi izdelki, večparametrska analiza.

1. UVOD

Domneva, ki trdi, da je potencial za nove izdelke skrit v okolju in družbi, je v tehničnem in poslovnem okolju znana že od zgodnjih osemdesetih letih dvajsetega stoletja. [6] Interdisciplinarnost raziskav razvoja izdelka, ki daje širšo in predvsem bolj zanesljivo pot do uspešnega izdelka, pa je prisotna že od devetdesetih let prejšnjega stoletja. [5] Z vpeljavo računalniške tehnologije so orodja, kot sta CAD in CAM, dala dodatni zagon v razvijanju prototipov in zgodnji kreaciji vizualnih izdelkov pred njihovo vpeljavo na tržišče. Pomen pravilno usmerjenih prototipov ali novih izdelkov pa je postal ključen v trenutku globalne konkurence in poplave konkurenčnih novih izdelkov. [12] Novi izdelki morajo biti idejno in ciljno kreirani, saj lahko le na ta način postanejo tržno zanimivi. [13] Večparametrska

analiza, kot je bila predstavljena v zadnjih tridesetih letih, je dobila večje razsežnosti predvsem na področju matematičnega programiranja in vizualne predstave rezultatov. Moment, ki ga večparametrska analiza ima v času globalne recesije, je zadovoljevanje ciljnih potreb potrošnikov v smislu odkrivanja njihovih potreb v rekombinaciji s tehničnimi sposobnostmi podjetja za zadovoljevanje teh potreb. V tem kontekstu bi bilo potrebno poudariti, da inoviranje ne more biti ločeno od lokalnega, nacionalnega in globalnega konteksta ter političnega in socialnega procesa, neodvisno od glavnega ekonomskega trenda. [14]

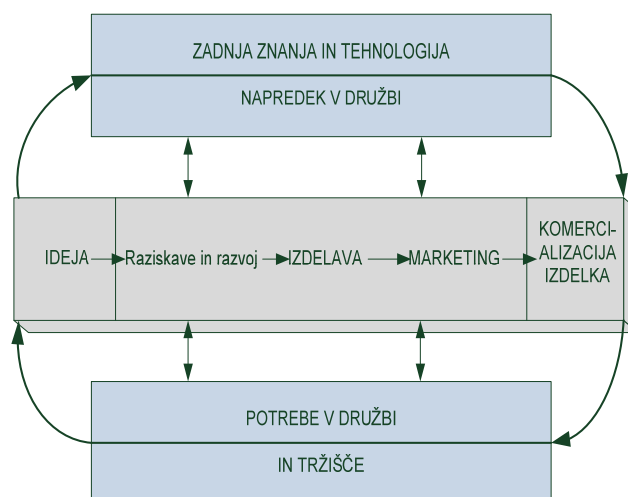
V primerjavi z znanimi linijskimi pristopi k oblikovanju novih izdelkov je večparametrska analiza najbolj podobna interdisciplinarnemu pristopu oblikovanja ideje. V večdimenzionalnem prostoru pa je moč z njo pridobiti trend, v katerega se bo izdelek

razvijal. Oblika večparametrskane analize razvoja izdelka v kombinaciji s tržnimi in tehnološkimi parametri je bila obširneje prikazana in predstavlja potencial v obliki konkurenčne prednosti in zgodnjega oblikovanja ideje izdelka, ki je tržno inicializirana. [9]

2. PREGLED LITERATURE

Proces inoviranja je bil do sedaj spoznan kot stvar podjetja – organizacije. Vendar je pomen novih izdelkov širši in kompleksnejši od zgolj raziskovanja v zaprtem okolju, kot je to lahko podjetje. Izdelek ali storitev je vpeljava osnovnih spoznanj v dolgotrajnejši, rizičen, interaktiven in predvsem nelinearen proces proizvodnje ali planiranja izvedbe [6].

Znotraj organizacije je menedžment razvoja zahtevna in kompleksna disciplina. Od spoznanja ideje do komercializacije izdelka ali storitve je dolga pot. Na vsak način pa je sposobnost podjetja spoznati in opredeliti nov izdelek širši lokalni in nacionalni ravni, v kateri podjetje deluje. To spoznanje je bistveno, saj notranja ideja nujno potrebuje zunanjo potrditev. Ta potrditev se kaže v ekonomskem in socialnem pogledu, saj se bodo podjetja na ta način odločila, ali bodo še nadalje vlagala v razvoj in dograjevanje primarne ideje v vizijo, ki bo zaposlenim in podjetjem omogočila konkurenčnost, zadovoljstvo in plačo zaposlenih ter nenazadnje zmerno rast. Za pridobitev širšega pogleda na proces razvoja je potrebno soočiti tržne potrebe in njihove specifične želje z okoljem organizacije, v kateri nastajajo izdelki za opazovano tržišče. Na Sliki 1 je prikazan interaktivni model inovacije, ki prikazuje pot ideje po tržnih zahtevah in tehnoloških sposobnostih (market pull, technology pull) [14].



Slika 1: Interaktivni model inovacije [1]

Odločanje je s pomočjo informacijsko tehnološke podpore dobilo nov večkriterijski moment, ki je s klasičnim enodimenzionalnim naprednejši in daje kakovostnejše rezultate. Veliko se pri razvoju izdelkov in večparametrski analizi uporablja moment zgodovinsko pogojenega spreminjanja. Tako npr. industrijsko razvite družbe vodijo pred državami sledilci. Modeli, ki so jih po političnem načelu demokratičnosti v kapitalizmu vpeljala podjetja, so danes tisti, ki dajejo najvišjo stopnjo ekonomske vzdržnosti.

Proces povezovanja različnih dejavnikov v večparametrsko analizo s strani podjetja pa je lahko usmerjeno le v najvišje dobičke v kratkem roku z zanemarjanjem vpliva na daljše časovno obdobje. V večparametrski analizi je sicer moč spoznati močne spodbujevalce posameznih parametrov predvsem na področju trga in podjetja, ki te parametre hitro spoznajo in jih uvedejo v proizvodnjo ali storitev. Vendar tovrstna podjetja po večini ne obstanejo veliko dlje od prvega navdušenja in klasičnega upada prepoznavnosti po vstopu ostale konkurence. Pomen simultane razvoja in večparametrskane analize je v trajnostnem napovedovanju zmerne napredka. Metode sočasnega osvajanja izdelka (ang. concurrent engineering) so aktualne, njihove interakcije so med posameznimi stopnjami procesa osvajanja izdelka povezane, česar pri npr. sekvenčnem osvajanju izdelka ni. Sočasno osvajanje izdelkov je danes nujna strategija vsakega proizvodjalnega podjetja, ki želi uveljaviti in zadržati konkurenčno prednost na

tržišču. Ključna cilja sočasnega inženirstva sta [10]:

- bistveno skrajšanje časa trajanja projekta osvajanja izdelka zaradi medsebojnega prekrivanja stopenj in aktivnosti osvajanja izdelka,
- z uporabo orodij sočasnega inženirstva in timskega dela povečati kakovost izdelka ob zmanjšanju stroškov. Element uspešnega sočasnega osvajanja izdelkov je timsko delo, kajti brez njega ni mogoče slediti osnovnim ciljem. Poudarek v tem sestavku je na razmišljanju o tem, kako v zgodnji fazi kreacije ideje izpolniti pričakovanja kupcev na osnovi večkriterijske analize.

Večparametrška analiza je bila poglobljeno raziskana v devetdesetih letih prejšnjega stoletja kot model podpora odločitev oz. t. i. večkriterijski odločitveni model. [6]

V teh raziskavah je bilo spoznano, da je večkriterijska analiza izrazito pomembno orodje pri sprejemanju odločitev, saj sprejema različne aspekte interdisciplinarnega razvoja in s tem poglobljeno nakazuje smer, v katero se bo izdelek razvijal. Natančneje o tem pišeta avtorja Eoma in Mina (1999).

Pomen večkriterijske analize daje poglobljen pogled na smer, v katero se bo nov izdelek razvijal. Vlaganje v poglobljeno analizo kriterijev in napovedovanje trenda se je izkazalo za zelo obetavno. [4]

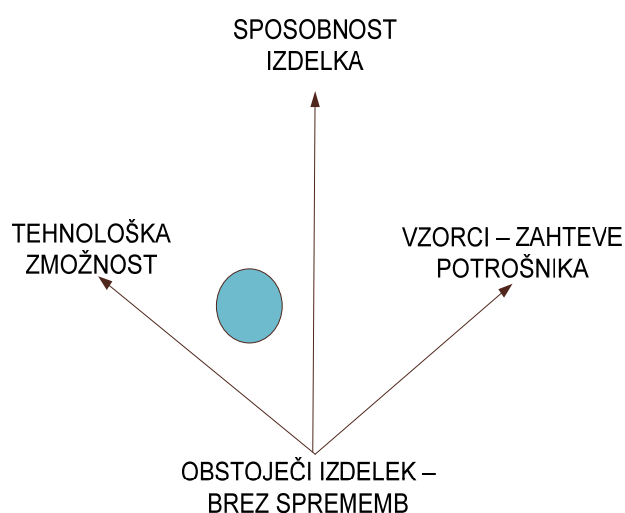
3. IZDELKI IN POTROŠNIŠKE ZAHTEVE V VEČPARAMETRSKI ANALIZI

Potrošnikovi vzorci so premo sorazmerni s stopnjo razmišljanja in potrebno spremembo v obnašanju potrošnika in njegovi zahtevi po novem izdelku. Izdelki, ki so izpostavljeni potrošnikovim spremembam vzorcev, zahtevajo vpeljavo teh sprememb v zgodnji fazi kreacije izdelka. Izdelek, ki je oblikovan, mora biti v dopolnjen v smeri izpolnjevanja teh potreb, saj bo le na ta način tržno uspešen. Primer tovrstnega oblikovanja je bil Applov MP3-predvajalnik [14].

Konkurenčno gledanje je prav tako pomembno – vendar ne v izpolnjevanju in dograjevanju napak konkurence in dovršenosti izdelkov. Applov izdelek dalj časa ni imel vgrajenega radijskega predvajalnika, a je veliko uspešnejši od konkurence. Prednost je bila v uporabnosti (majhnosti in

prilagodljivosti) in obliki. V primeru, da podjetja dovolj zgodaj ugotovijo poti izpolnjevanja potreb potrošnikov, bodo natančneje in uspešneje razvila ali dogradila izdelek v procesu razvoja izdelka. Trditev, da bo takšen izdelek na trgu uspešnejši, je torej na mestu, saj bo razvit na podlagi idej in pripomb s strani potencialnih potrošnikov.

Na Sliki 2 je prikazana nova dimenzija, ki jo mora podjetje v svojem razvoju upoštevati, kako bo ta vplivala na potrošnika in ali bo izpolnila njegova pričakovanja. Na drugi strani pa prevelika tehnološka prednost prinaša neuspeh izdelka ali terja daljšo dobo, preden bo izdelek na trgu uspel, saj potencialni uporabniki ne morejo dojeti vseh prednosti izdelka. Položaj izdelka je prikazan na sliki kot kroglja, ki se glede na obravnavane parametre giba med parametri.



Slika 2: Tri kritične dimenzije tehnološko zahtevnega izdelka [14]

Inovacijska difuzija in prevzemna teorija poskušata pojasniti, na kakšen način se vključi inovacija v socialno okolje skozi čas. Kot večkriterijska analiza zajemata več faktorjev, kot so npr. vpliv psihološkega in osebnega vpliva, sprejemanja tehnologije, komunikacije itd. Analiza temelji na normalni porazdelitvi – Gaussovi krivulji. Na temo difuzije je bilo objavljenih veliko knjig in člankov, saj je teorija stara že več kot 40 let. Pomembno je poudariti, da je čas, v katerem potrošniki prevzemajo nove izdelke, tudi čas, ko konkurenca spozna in prav tako prevzame predstavljeni izdelek.

Spirala stalnega inoviranja na ta način ne bo nikoli dokončana, saj so vsaj en parameter, ki bo vplival na izdelek, ki bo konkurenčen. Podjetje s tem spoznanjem bo neprestano vlagalo v razvoj, s pomočjo večkriterijske analize pa bo ta razvoj kontinuiran in neposredno prikazan.

Na Sliki 3 je prikazana empirična raziskava prevzemnikov – uporabnikov novih izdelkov na trgu. Obstaja več interpretacij kumulativnega prevzemanja izdelkov na trg. Podjetje v večkriterijski analizi cilja na parametre v okviru zgodnje in pozne večine, saj ti predstavljajo skoraj 68 odstotkov vseh uporabnikov.



Slika 3: S-krivulja kumulativnih prevzemnikov [10]

Vidimo pot od izrazito individualistične miselnosti do interdisciplinarnih metod. Večkriterijska analiza, ki je bila odkrita pred 25 leti, se je kot taka razvila po avtorju Royu v večkriterijsko odločitveno metodo in leta 1990 prešla v obliko MAUT (ang. multi attribute utility theory – slo. večatribucijska uporabna metoda). [2] Obe teoriji sta bili kasneje jasneje in podrobneje opisani v reviji Journal of multicriteria decision analysis in predstavljeni na več konferencah na to temo. V članku avtorjev Urlija in Nadoua (1999) je bilo ugotovljeno, da je koncept obetaven na številnih znanstvenih področjih z ustrežno znanstveno podporo. [6]

Proces odločanja, ki je skozi večparametrsko analizo predstavljal izdatno pomoč podjetjem pri razvoju izdelka, je razdeljen v več faz:

1. faza: identifikacija odločitvenega problema – v tej fazi je potrebno spoznati problem in določiti parametre, ki bodo obravnavani. Določijo se blagi obrisi želja, ki jih želimo doseči v procesu analize.

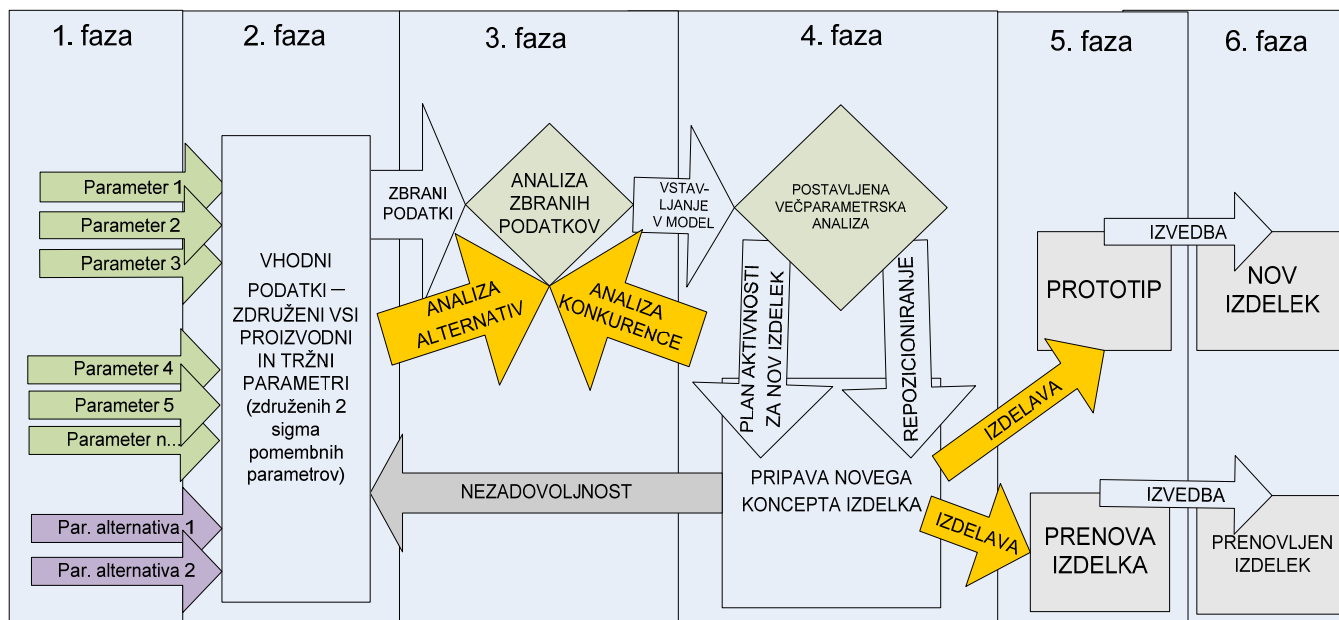
2. faza: spoznanje alternativ – v tej fazi se določijo morebitne možnosti parametrov, ki vplivajo na problem. Izberejo se najpogostejši parametri, ki jih v problemu spoznamo, v obsegu dva sigma – zajetih je večina pomembnih parametrov.
3. faza: vpeljava parametrov v razviti odločitveni model – na osnovi postavljenega modela se vsi parametri med seboj primerjajo v odvisnosti od časa.
4. faza: rezultati se analizirajo v skladu s pričakovanji iz druge faze. Ugotovitve se analizirajo glede na sposobnost realizacije v podjetju. Pripravi se načrt aktivnosti za izvedbo novega ali prenovo starega izdelka.
5. faza: realizacija novih spoznanj na osnovi večparametrške analize – podjetje na osnovi rezultatov ugotovi, ali je nov izdelek mogoče proizvesti in ali je nov izdelek v strategiji podjetja ali ne. Vrednostna analiza izvedbe novega izdelka je pomembna za ugotovitev stroškov novega izdelka, konkurenčna analiza pa za analizo stanja konkurence glede na nove izdelke.
6. faza: vpeljava novega izdelka v proizvodnjo ali končanje projekta.

Med fazami štiri, pet in šest se podjetje glede na ugotovitve modela lahko nemudoma odloči za nadaljevanje ali popolno prekinitev uvajanja novega izdelka. V tem pogledu se uporabljajo zakonitosti linearnega modela razvoja izdelkov Roberta Cooperja – t. i. stage gate. [5] Postavljen model avtorjev je poglobljeno obravnavan v delu [9] Univerzalnost služi kot možnost simulacije med posameznimi oblikami spreminjanja parametrov v primerjavi s potencialno konkurenco.

Na Sliki 4 je prikazan proces razvoja izdelkov s fazami in z zanko ob napakah. Na sliki je jasneje predstavljen in ponazorjen sistem večparametrške analize. V zajemanju podatkov so pomembni podatki, ki zajamejo vsaj dva sigma najpomembnejših parametrov, ki se v modelu obravnavajo. Ti parametri predstavljajo izdelek v posameznem časovnem obdobju in so odvisni od časa. Težišče telesa, ki ga na podlagi matematičnih zakonov v polarnem načinu narišemo za vsako posamezno obdobje nam podaja krivuljo, ki jo s pomočjo linearne ali večstopenjske aproksimacije povzamemo in na osnovi le-te nakažemo trend za nekaj prihodnjih časovnih obdobj. Obdobja niso vnaprej določena in so odvisna od zajemanja podatkov v podjetju in na tržišču. Z nakazovanjem najpomembnejših parametrov iz 4. faze

lahko podjetje v 5. fazi na osnovi le-teh učinkovito usmeri razvoj in ustrezno pripravi prototip za nadaljnje raziskovanje in testiranje na trgu ali prenovi

izberejo konkurenco. Prikazan je način, kako s pomočjo večdimenzionalne in večparametrsk analize uspešno zaznati in spoznati ideje za nov



izdelek v smeri, da bo tržno bolj uspešen. S slednjim je mogoče tudi podaljšati življenjski cikel izdelka.

izdelek.

Slika 4: Proces razvoja izdelka v večkriterijski analizi

S stalnim prenavljanjem in inoviranjem je moč pridobiti konkurenčno prednost. Korak iz pete v šesto fazo je konkreten, saj izdelek pridobi na osnovi večkriterijske analize ključne lastnosti, ki jih mora zadovoljiti. V primeru, da so te priložnosti zamujene ali celo zgrešene, se mora podjetje vrniti v prvo fazo in na osnovi simulacije razvoja izdelkov s pomočjo konkurenčne analize ugotoviti napake, ki jih je v primarnem razvoju naredilo. Večkriterijsko pa se lahko simulira tudi položaj konkurence nasproti podjetju, ki samostojno razvija nove izdelke.

4. DISKUSIJA

Skrajševanje pretočnega časa pri razvoju je problem, ki ga rešujejo vsa podjetja in vsi postavljeni modeli. Empirično je dokazano, da le 14 % vseh inovacij predstavlja tržni uspeh. Ostale inovacije so bodisi preveč napredne in prezahtevne za uporabnika bodisi predrage za proizvodnjo. Lahko pa so tudi korak za konkurenco – prestavljeni izdelek ne predstavlja primernega izziva za potencialne kupce, ki zato

Gre za inovativno metodo, ki zajema tako tržne kot proizvodne zahteve v obliki poslovne izboljšave, ki je bila tržno preizkušena na več izdelkih velikoserijske proizvodnje in tudi na primeru storitev.

5. ZAKLJUČEK

V prispevku predstavljamo razvoj novih izdelkov kot moment novih poslovnih izboljšav skozi nov večparametrski razvoj izdelka. Ta model omogoča povzemanje lastnosti izdelka na trgu in strategijo podjetja za razvijajoči se izdelek sočasno. [8]

Večparametrski analiza v primarni fazi ni namenjena skrajševanju časa do zagona, čeprav to omogoča. Analiza je namenjena zgodnjemu odkrivanju smeri razvoja izdelka na podlagi večkriterijske analize, ki je časovno pogojena. Na ta način lahko podjetje v zgodnji fazi kreacije ideje ugotovi – na osnovi mnogih parametrov, ki so pomembni za izdelek ali storitev – ali je izdelek ustrezen in ali ga je podjetje sploh sposobno izvesti. Podjetje s to metodo dobi zgodnji odgovor, v katero smer naj se razvojni

tim usmeri, da bo razviti izdelek na trgu uspešen. Večparameterska analiza ne da konkretne oblike, ki bi bila revolucionarna, pač pa le odgovor, kateri parametri od obravnavanih bodo v prihodnosti aktualni in katere mora podjetje poudariti v svoji proizvodnji.

LITERATURA

- [1] Rothwell, B. in Zegveld, W. 1985. *Reindustrialisation and technology*. London: Longman.
- [2] Roy, B. 1990. Decision-aid and decision making. V *Readings in multiple criteria decision aid*. Carlos A. Bana E Costa. (ed.) Berlin: Springer.
- [3] Urli, B. in Nadeau, R. 1999. Evolution of multi-criteria analysis: a scientometric analysis. *Journal of multi-criteria decision analysis* 8 (1): 31–43.
- [4] Čančer, V. 2007. Okvirni postopek za večkriterijsko odločanje. *Organizacija* 40 (5): A160–A167.
- [5] Cooper, R. G. 2001. *Winning at new products: accelerating the process from idea to launch*. Reading (Mass.) [etc.]: Perseus.
- [6] Crawford, C. M., Di Benedetto, C. A. 2008. *New products management*. Boston [etc.]: McGraw-Hill/Irwin.
- [7] Eom, B. S., Min H. 1999. The contributions of multi-criteria decision making to the development of decision support systems subspecialties: an empirical investigation. *Journal of multi-criteria decision analysis* 8 (5): 239–255.
- [8] Kostanjevec, T. in Polajnar, A. 2008. Razvoj ideje izdelkov kot moment poslovnih izboljšav. V *Organizacija kot gonilo poslovnih izboljšav*, 105–112. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo; v Mariboru: Fakulteta za strojništvo.
- [9] Kostanjevec, T., Polajnar, A. in Vujica-Herzog, N. 2008. Product development through multi-criteria analysis. V *DAAAM International Vienna*. Katalinić, Branko (ed.), 723–724.
- [10] Prasad, B. 1996. *Concurrent engineering fundamentals: volume I: integrated product and process organization*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- [11] Rogers, E. M. 2003. *Diffusion of innovations*. New York [etc.]: Free press.
- [12] Schäppi, B., Andreasen, M. M., Kirchgeorg, M., Radermacher, F. J. Cop. 2005. *Handbuch Produktentwicklung*. München [etc.]: C. Hanser.
- [13] *The PDMA Handbook of new product development*. Cop. 2005. Hoboken (N. Y.): Wiley.
- [14] Trott, P. 2008. *Innovation management and new product development*. Harlow: Pearson education.

ZMANJŠANJE STROŠKOV VZDRŽEVANJA Z METODO TPM

Baltazar REŽABEK¹, Mirko SOKOVIĆ²

¹Comet d.o.o., Zreče, ²Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

POVZETEK

Natančnost opreme in njena sposobnost za proizvodnjo, prvega in vsakega nadaljnjega proizvoda, je odvisna od stanja proizvodne opreme in kakovosti vzdrževanja. Namen metode TPM je voditi vse segmente poslovnega sistema in preprečevati nastanek slabe kakovosti na področju njegovega delovanja. Doseganje TPM-a je dolg proces, ki temelji na znanstvenem pristopu skupaj z uporabo znanstvenih metod in orodij kakovosti.

V prispevku je podan kratek opis poteka uvedbe celovitega produktivnega vzdrževanja v proizvodnjo rezalnih plošč. Izkazalo se je, da uvedba metode TPM znižuje stroške vzdrževanja, zmanjšuje zastoje, dviguje kakovost s čimer smo potrdili zadane cilje, ki jih dosegajo tudi znani svetovni proizvajalci.

1. UVOD

Družba COMET, d.o.o. sodi med največje evropske proizvajalce vseh vrst umetnih brusov. V svojih enotah v Sloveniji in Avstriji zaposluje skoraj 650 delavcev. Približno 85 % proizvodnje izvozi na zahtevne svetovne trge, na vse celine sveta.

Poslovanje družbe poteka v skladu s standardi ISO 9001 in ISO 14001. Družba je tudi polnopravna članica mednarodne organizacije OSA (Organization of Safety of Abrasives). Glavna dejavnost te organizacije je zagotavljanje varnosti izdelkov in spoštovanje varnostnih standardov, ki jih določa ta organizacija [1].

Že v letu 1988, ko je bil nabavljen prvi avtomatski stroj za proizvodnjo rezalnih plošč, se je pričela opuščati pol avtomatska in ročna proizvodnja rezalnih plošč. Sedaj vsa velikoserijska proizvodnja poteka na visoko produktivnih strojih.

2. Izhodišča za uvAJANJE CELOVITEGA PRODUKTIVNEGA VZDRŽEVANJA

Prehod na intenzivni industrijski način proizvodnje je, poleg bistveno cenejših izdelkov, prinesel tudi potrebo po veliko višji stopnji

avtomatizacije strojev in naprav. Takšna proizvodnja mora biti učinkovita, imeti mora visoko produktivnost ter čim manjše izgube [2,3]. **Preventivno vzdrževanje** je bilo prisotno že pred pojavom celovitega produktivnega vzdrževanja. Takrat sta proizvodnja in služba vzdrževanja določili razpoložljivi termin za izvedbo vzdrževalnih del na strojih, z namenom zagotoviti nemoteno delovanje strojev [4].

Pri preventivnih vzdrževalnih procesih operaterji strojev pri tem niso sodelovali. Vzdrževalci pa v večini primerov niso bili primerno usposobljeni za zahtevana vzdrževalna dela, ki niso bila niti zapisana v pogosto pomanjkljivih navodilih za vzdrževanje. Takšen način izvajanja vzdrževalnih posegov ni bil več sposoben slediti vse ostrejšim zahtevam strojev in potrebam proizvodnje, ki jih je zahtevalo uvajanje sistema vodenja kakovosti.

Celoviti koncept vzdrževanja, kot nadgradnjo preventivnega vzdrževanja in s tem njegovo vključitev v sestavni del programa za nadzor kakovosti, je bil najprej uveden na Japonskem. V ZDA so zelo kmalu prevzeli ta modernejši pristop vzdrževanja. Poimenovali so ga kot celovito produktivno vzdrževanje ali Total Productive Maintenance (TPM) [5], ki temelji na organizaciji proizvodnih procesov. Poglavitni del organiziranega proizvodnega procesa so tudi

stroji in naprave, ki potrebujejo optimalno vzdrževanje in pripravljenost za delo.

2.1 Predstavitev TPM-a

Celovito produktivno vzdrževanje (v nadaljevanju TPM), lahko razumemo kot zagotavljanje "dobrega zdravja stroja". To je tudi program vzdrževanja, ki vključuje na novo opredeljen koncept vzdrževanja podjetij in opreme.

TPM poudarja vzdrževanje kot pomemben del, kakor tudi pomembno komponento poslovanja in ne predstavlja strošek ali nedonosno dejavnost. Vzdrževanje ni več opazovalec, kakor neprofitna aktivnost.

2.2 Cilji TPM-a

TPM je koncept programa vzdrževanja, ki načrtovano vključuje vzdrževanje v tovarno in njeno opremo. Osrednji namen programa TPM je dvig kakovosti proizvodnje (zmanjšanje

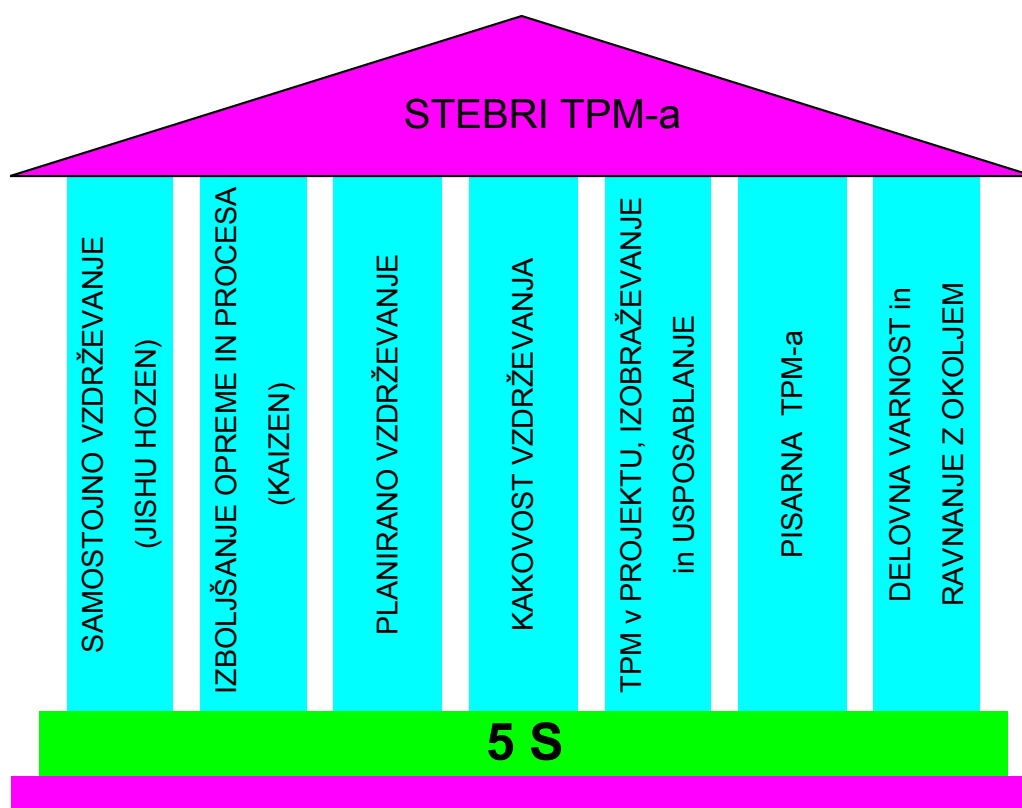
sistemskih napak, zmanjšanje proizvodnih in vzdrževalnih stroškov, optimizacija proizvodnega časa), hkrati pa povečanje delovnega zadovoljstva in morale zaposlenih.

Temeljni cilji so:

- preprečevanje nepotrebnih izgub,
- proizvodjanje dobrin, brez zmanjševanja kakovosti,
- znižanje stroškov vzdrževanja,
- proizvodnja majhnih serij v najkrajšem možnem času.

2.3 Stebri TPM-a

TPM je opisan kot model z obliko zgradbe, kot ga prikazuje slika 1 [6]. Streho podpira sedem stebrov, ki so postavljeni na osnovno ploščo. Ta je sestavljena iz 5-ih ravnin, katere vsaka se prične s črko S. Vsak steber je predstavljen kot zaključena celota in se vključuje v proces vzdrževanja kot neločljivi del, ki sestavlja celotni TPM [6].



Slika 1: Stebri TPM-a

2.4 Pomembne smernice pri uvajanju TPM-a

Pri uvajanju TPM-a je potrebno predstaviti točno določene uvajalne smernice [5]. Te so:

- vključevanje vseh zaposlenih v podjetju, ne glede na naloge in odgovornosti. Pri tem je zelo pomembna podpora vodstva;
- izvajanje TPM-a po načelih timskega dela;
- izkoriščanje znanja upravljavca stroja ali procesa - s tem se krepí njegov občutek odgovornosti do dela (procesa) in opreme (stroja);
- vzpostavljanje sistema celovitega sistematičnega vzdrževanja opreme ter s tem podaljševanje njene uporabnosti;
- vsi zaposleni imajo možnost, da pokažejo svoje sposobnosti in znanje in tako prispevajo k večji učinkovitosti podjetja;
- sprejeti je potrebno dolgoročnost postopkov, saj je uvajanje TPM-a dolgotrajen postopek, ki se ves čas dopolnjuje s sprejemanjem novih izzivov in spoznanj.

Te uvajalne smernice zahtevajo ustrezno prilagajanje in včasih naletijo na odpor tako pri vodstvu podjetja kakor tudi pri izvajalcih proizvodnega procesa. Kot pomoč pri uvajanju TPM-a so bile razvite metode, ki naj bi motivirale sodelujoče v delovnih procesih.

3. UVEDBA TPM-A V DRUŽBI COMET, D.O.O.

Kot študijski primer smo v družbi Comet d.o.o. izbrali avtomatski stroj za proizvodnjo rezalnih plošč "Gepa". Aktivnosti TPM-a pa so bile dejansko izvedene v neposrednem delovnem procesu.

3.1 Opis problematike

Težave, ki so se redno pojavljale na stroju "Gepa", so se kazale kot konstrukcijske napake ter s tem povezani nestabilnost proizvodnje in nezadovoljiva kakovost izdelkov.

Zaradi velikih serij v proizvodnji in s tem stalne zasedenosti stroja, se je na stroju "Gepa" izvajalo predvsem kurativno vzdrževanje.

V **kurativno vzdrževanje** sodijo dela, ki jih opravimo po nastopu okvare ali poškodbe in tako stroj ponovno usposobimo za delovanje. Takšnih vzdrževalnih del ne moremo časovno načrtovati, ker ne poznamo točnega časa nastopa odpovedi stroja.

Vzrok za tovrstne težave so bile sledeče pomanjkljivosti:

- različni vzdrževalci stroja,
- operater stroja ni vključen v vzdrževalne posege na stroju,
- neurejeno in neorganizirano delovno okolje,
- visoki stroški vzdrževanja.
- konstrukcijske napake,
- daljši časi zastojev.

Glede na vse navedene težave je za družbo Comet, d.o.o. postala nadaljnja uporaba tega stroja vprašljiva.

3.2 Predlog rešitve

Zaradi večjega povpraševanja (v letih 2007-2008) po različnih vrstah rezalnih plošč, ki se izdelujejo na stroju "Gepa", se je družba Comet, d.o.o. odločila, da je potrebno spremeniti pristop dela in način vzdrževanja na stroju. S tem bi postal stroj "Gepa" ponovno konkurenčen in bi zagotavljal stabilen proizvodni proces.

V sled tega je enota vzdrževanja v družbi Comet, d.o.o. predlagala uvedbo sodobne in svetovno uveljavljene metode vzdrževanja, *t.i.* Celovito produktivno vzdrževanje (Total Productive Maintenance - TPM). V ta namen je bil izdelan tudi lasten logotip TPM-a, ki je predstavljen na sliki 2.

3.3 Izbira TPM stebrov in določitev ciljev

Na podlagi študije sistema TPM so se v podjetju Comet d.o.o. odločili, da uvedejo samo prve štiri stebre TPM-a, ki so:

- samostojno, avtonomno vzdrževanje ali samovzdrževanje (Jishu hozen),
- načrtno vzdrževanje,
- nenehno izboljšanje opreme in procesa (Kaizen),
- TPM v projektu, izobraževanje in usposabljanje.



Slika 2: Logotip TPM-a v družbi Comet, d.o.o.

Odločilo smo se:

- da se TPM uvede samo v poslovni enoti Flex, ker je ta enota največja po številu strojev in proizvede tudi največje število izdelkov;
- TPM se uvede kot pilotni projekt na stroju "Gepa";
- v primeru uspešne uvedbe TPM-a se projekt lahko uvede še na ostalih strojih;
- zmanjšati stroške zaradi delovanja opreme (vzdrževanje, logistika) za 15 % od trenutne vrednosti;
- čas, določen za izvedbo projekta, je dve leti in pol.

3.4 Uvajanje TPM-a v PE Flex

Nastajanje in izvajanje TPM-a izhaja iz enote vzdrževanja. Nova znanja o sistematičnem in načrtnem vzdrževanju in pridobljene izkušnje smo, preko posebej organiziranih delavnic za izobraževanje in usposabljanje, prenesli v proizvodni proces.

Namen teh delavnic je bil:

- izobraževanje vseh vključenih,
- pregled in čiščenje stroja "Gepa",
- označevanje napak s TPM karticami,
- analiziranje napak,
- priprava seznama rezervnega materiala ter ureditev skladišča,
- organiziranje in izvedba popravila stroja,
- pregled in priprava navodil za preventivni pregled stroja,

- priprava stroja "Gepa" za proizvodni proces.

3.5 Spremljanje učinkovitosti TPM-a na stroju "Gepa"

Pri merljivih kazalnikih uspešnosti uvedbe TPM-a smo uporabili strošek vzdrževanja na enoto proizvoda (rezalno ploščo).

Delež stroška vzdrževanja na proizvedeno rezalno ploščo

V operacijskem sistemu družbe Comet, d.o.o. se beležijo vsi delovni nalogi vzdrževanja strojev. Ti podatki so ovrednoteni po stroških (delovne ure, material in zunanje usluge), ki so potrebni za popravilo stroja.

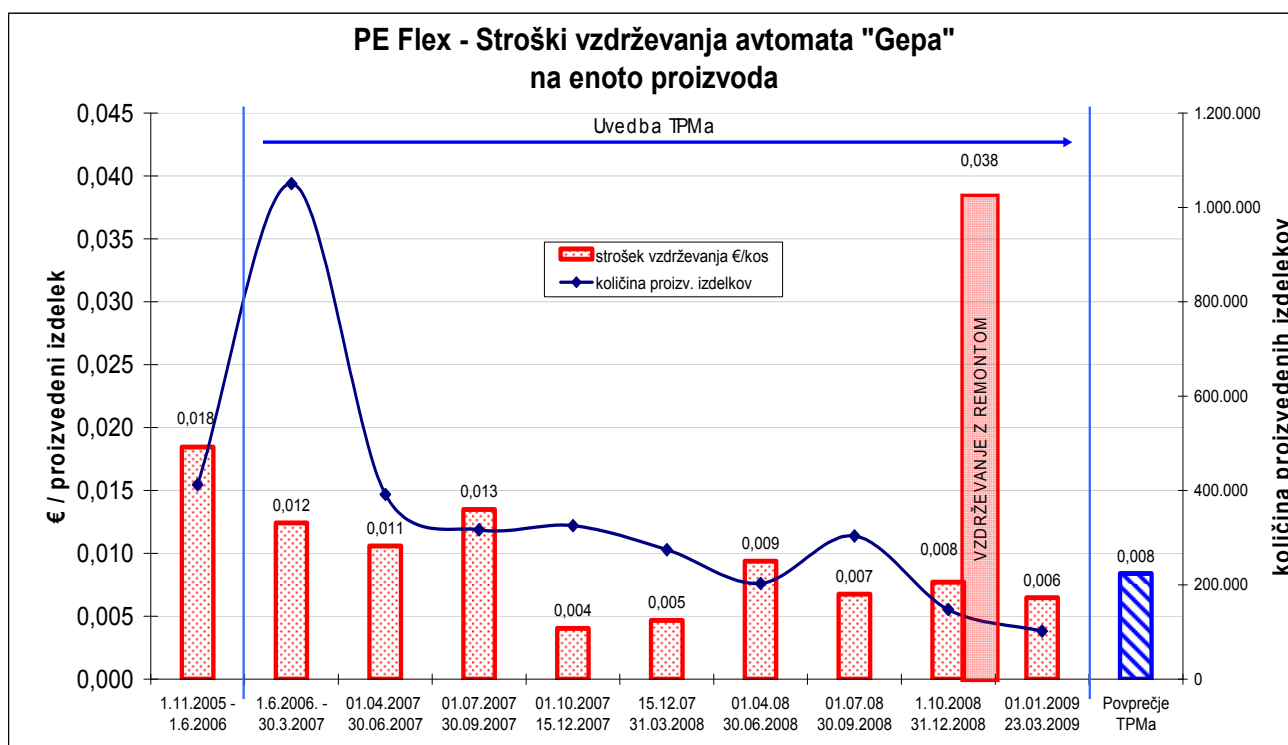
Za stroj "Gepa" smo podatke ločili po obdobjih. Dobljeno vrednost smo delili s številom rezalnih plošč, ki so bile v teh obdobjih narejene na stroju "Gepa". Rezultat je strošek vzdrževanja na proizvedeno rezalno ploščo in je prikazan na sliki 3.

Iz diagrama na sliki 3 je razvidno, da so bili stroški vzdrževanja pred uvedbo TPM-a višji in so znašali 0,018 €/ploščo. Krivulja prikazuje količino izdelanih rezalnih plošč na stroju za enako obdobje. Na začetku so bile te količine manjše kot po uvedbi TPM-a. V uvajalnem obdobju se je količina izdelanih rezalnih plošč povečevala, kar pomeni, da je bil stroj "Gepa" v resnici sposoben proizvesti večje količine. Kljub

večji produktivnosti stroja se stroški vzdrževanja niso povečali.

Porast stroškov vzdrževanja se je, zaradi remontnih del na stroju (v času zmanjšanega števila naročil zaradi recesije), povečal v mesecu decembru 2008.

V začetku leta 2009 pa se je, kljub manjši proizvodnji, strošek vzdrževanja vrnil na predhodno (pričakovano) stanje. To prikazuje hitro prilagajanje sistema TPM, operaterjev stroja in enote vzdrževanja na trenutne razmere v proizvodnem procesu.



Slika 3: Strošek vzdrževanja stroja "Gepa" na proizvedeni rezalno ploščo

4. NADALJNI RAZVOJ TPM-A

Delo po metodi TPM je bilo v družbi Comet, d.o.o. uspešno sprejeto med operaterji, delovodji in vzdrževalci. S stalnim nadzorom opreme in načrtovanimi vzdrževalnimi posegi, so se stroški vzdrževanja zmanjšali.

Družba Comet d.o.o. se zaveda uspešnosti metode TPM, saj pripomore k dvigu produktivnosti, kar je v visoko produktivnih procesih odločilen dejavnik. Zato se je odločila za nadaljnje korake:

- uvajanje TPM-a na ostale stroje,
- povezava vseh avtomatskih strojev z računalniškim nadzorom,
- uvedba skrbnikov TPM-a v PE Flex,

- kontinuirano – stalno usposabljanje,
- poudarek na kakovosti proizvodov,
- postopno uvajanje ostalih stebrov,
- vključevanje metode TPM v interni izobraževalni sistem (interno usposabljanje).

5. SKLEPNE UGOTOVITVE

Odločitev za uvedbo samo prvih štirih stebrov (od 7) se je izkazala kot primerna. Z uvajanjem omenjene metode smo v družbi Comet d.o.o. pričeli v letu 2005. Zaradi nepoznavanja metode TPM in hkrati neusposobljenosti operaterjev in vzdrževalcev, z znanji s področja TPM, je bil čas uvajanja metode dolgotrajen.

Z uvedbo TPM-a smo raven znanja operaterjev in vzdrževalcev dvignili na višji nivo. Z dodelitvijo

novih pooblastil in odgovornosti, smo zaposlene dodatno motivirali in jih vzpodbudili k višjim ciljem.

Uvedba TPM-a najprej na stroju "Gepa", se je kljub starosti stroja, izkazala kot posebej učinkovita. Doseženi rezultati so odraz znižanja stroškov vzdrževanja, večje produktivnosti stroja, kakovosti izdelkov in urejenosti delovnega mesta.

Literatura

- [1] Režabek, B., Soković, M.: Uvajanje celovitega produktivnega vzdrževanja pri proizvodnji rezalnih plošč, diplomska naloga visokošolskega študija, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2009
- [2] Bulatović, M.: Vzdrževanje v zasnovi celovitega obvladovanja kakovosti, *Strojniški vestnik*, Vol. 53, št. 11 (2007), str 784-793
- [3] Bulatović, M.: Maintenance of the production systems in function of improvement of quality according to ISO 9000 Standards, *Proceedings of the Conference JUSK, 1998*, Kopaonik, Yugoslavia
- [4] Narayan, V.: *Effective Maintenance Management: Risk and reliability strategies for optimizing performance*, Industrial Press, 2004
- [5] Androja, A., Rosi, B.: *Celostno obvladovanje vzdrževanja*; Učila, Tržič, 2008
- [6] Venkatesh, J.: *An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*, www.plant-maintenance.com, 2007

**INTELIGENTNI
TEHNOLOŠKI
SISTEMI**

CNC KRMILNIK ZA »STEP BY STEP« POSTOPKE FREZANJA ORODIJ ZA IZTISKOVANJE ALUMINIJEVIH ZLITIN

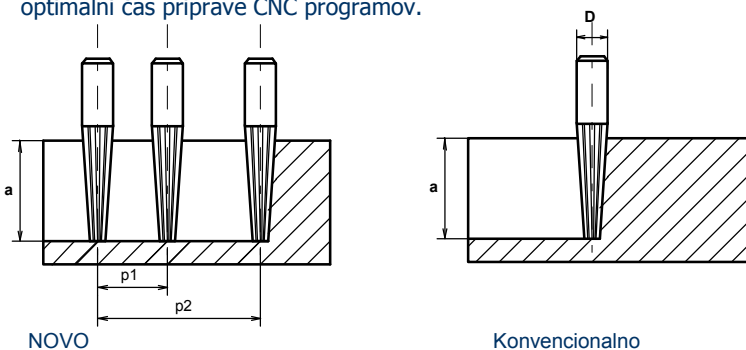
Jože BALIČ, Simon KOVAČIČ, Jože JAVORNIK
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo; KALDERA



UVOD

Pri izdelavi orodij na CNC stroju moramo zagotoviti najustreznejšo tehnološko rešitev ob upoštevanju sledečih zahtev:

- optimalna produktivnost stroja,
- optimalna geometrijska točnost obdelave,
- optimalna zdržljivost orodij,
- optimalni čas priprave CNC programov.



Obdelava z nihajočim frezalom - opis

Poskus freziranja po tem principu je izkazoval možne prednosti:

- večje globine freziranja,
- boljšo geometrijsko natančnost,
- večjo obstojnost in zdržljivost orodij,
- boljšo kvaliteto površine,
- manjše število lomov orodja,
- krajši izdelovalni časi,
- nižji stroški izdelave,

Po analizi rezultatov je bil izdelan postprocesor za izdelavo CNC kode za obdelavo z nihajočim frezalom, ki naj bi omogočil bolj prepričljive rezultate.

Predpostavke

Predpostavke – zakaj je novi postopek učinkovitejši:

- pri velikih globinah rezanja je odvajanje odrezkov slabo, posebej pri vertikalni obdelavi (G18), zato pri odmiku frezala dosegamo boljše izpiranje odrezkov,
- obdelava z nihajočim frezalom omogoča večja podajanja, kar vpliva na ugodnejše nastanek odrezkov, ki se lažje lomijo,
- pri obdelavi visokolegiranih materialov, katerih struktura nikoli ni povsem homogena in se pojavlja anizotropnost materiala se v materialu pojavljajo neraztopljeni legirni elementi, ki povzročajo nekonstantno obdelovalnost materiala. Pri odmikanju frezala dosegamo "popuščanje" orodja in s tem manjše maksimalne vrednosti rezalnih sil,
- pri velikih globinah rezanja zaradi slabšega dovoda hladilne tekočine temperatura v rezalni coni v določenem času naraste, kar zmanjšuje obstojnost orodij.

Raziskave naj bi podale vpliv parametrov obdelave, materiala obdelovanca in uporabljanega orodja na postopek frezanja z nihajočim frezalom.

Cilji eksperimentalne analize

Pri zahtevanih večjih globinah frezanja se pojavljajo:

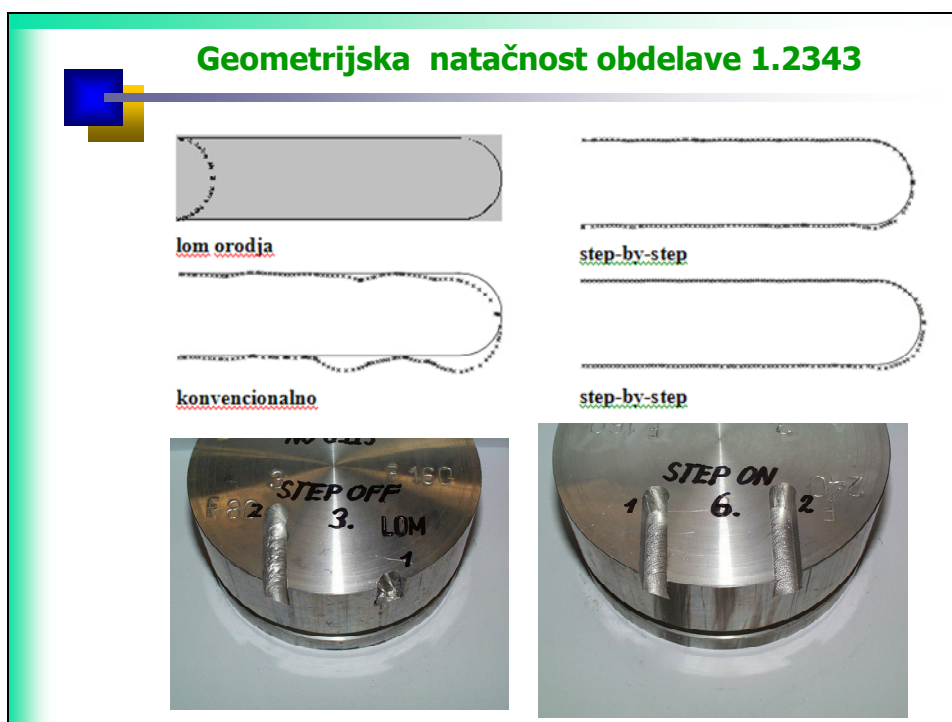
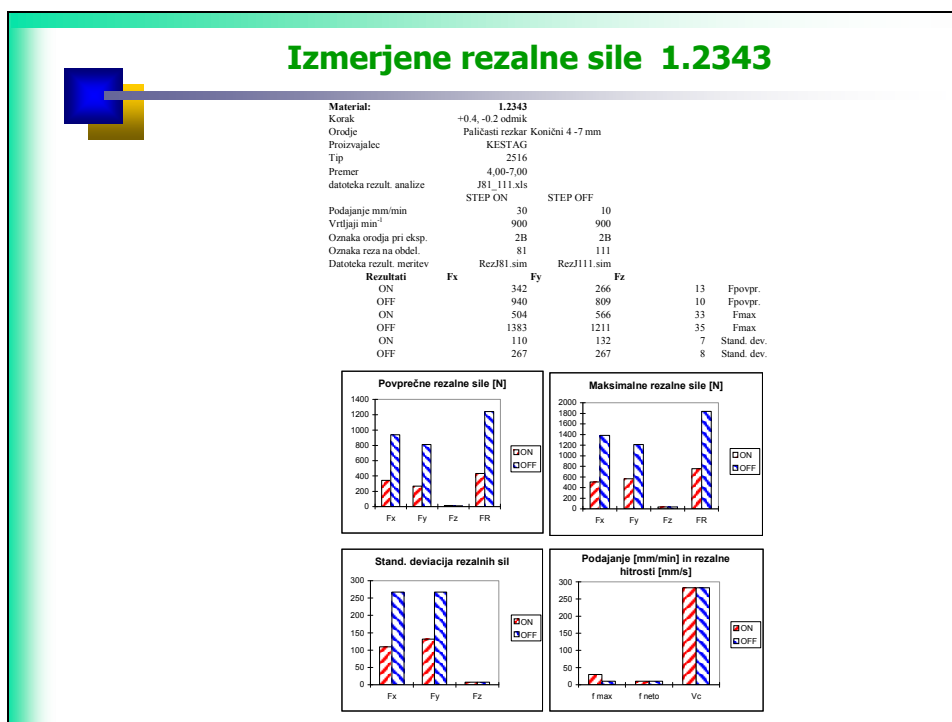
- neugodni odrezki,
- deformacija orodja ter s tem geometrijska netočnost obdelave,
- zaradi velikih sil na rezalnem robu povečana obraba ter lomi orodij.

Cilji eksperimentalnih raziskav :

- primerjava sil na rezalnem robu med konvencionalnim načinom frezanja ter postopkom nihajočega frezala z dvema različnimi materiali obdelovanca,
- primerjava obrabe orodij med konvencionalnim postopkom ter postopkom nihajočega frezala.

Pri sami izvedbi poskusov smo se osredotočili na sledeče:

- obdelava različnih materialov po priporočilih proizvajalca ter po postopku STEP ON,
- obdelava različnih materialov do globin 4 D,
- meritve odrezovalnih sil STEP ON in STEP OFF,
- primerjava STEP ON in STEP OFF,
- primerjave obrabe STEP ON STEP OFF.



Komentar rezultatov raziskav in uporabe v praksi

- povprečne rezalne sile so pri istih doseženih podajanjih in rezalnih hitrostih manjše predvsem pri obdelavi jekla 1.2343,
- maksimalne rezalne sile so pri STEP postopku manjše predvsem pri obdelavi jekla 1.2343,
- obraba orodij je glede na rezultate te raziskave manjša pri uporabi STEP postopka,
- geometrijska točnost obdelave je pri uporabi STEP postopka neprimerno boljša, kar pomeni da potrebujemo za končno obdelavo bistveno manjše dodatke za obdelavo. To pa pomeni večjo produktivnost stroja. Prav razlika v površini in doseženi geometrijski točnosti potrjuje prednost takega postopka pred konvencionalnim načinom frezanja.
- bistveno večje razlike so se izkazale pri obdelavi materiala 1.2343. To pomeni, da se prednosti STEP postopka izkažejo pri obdelavi trdnostno zahtevnejših materialov. Vendar ne smemo pozabiti, da je tudi pri obdelavi materiala AlMgSi1 prišlo do boljše površine in večje geometrijske točnosti izdelave,
- večje razlike se pokažejo pri večjih globinah frezanja,
- opaznejše razlike se pojavijo pri uporabi stebelastih valjastih frezalih. Pri uporabi stebelastih koničnih frezal razlike niso tako opazne.

DEFORMACIJA PLOČEVINE MED MEHANSKO OBDELAVO

Damir ČESNIK¹ Milan BIZJAK², Vitoslav BRATUŠ¹

¹Hidria Inštitut za Materiale in Tehnologije d.o.o., ²Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Eden izmed izzivov, s katerim se srečujejo proizvajalci precizno štancanih delov, je zagotavljanje dimenzij znotraj predpisanih zahtev, ki pa so vsako leto strožja. Med ostalimi parametri, ki vplivajo na dimenzije, imajo pomembno vlogo tudi lastnosti pločevine. Notranje zaostale napetosti, ki so posledica predhodne tehnologije izdelave pločevine, in preoblikovalne lastnosti pločevine, ki vplivajo na deformacije pločevine med procesom preciznega štancanja, skupaj pomembno vplivajo na končne dimenzije izdelka. Predstavljeno delo je uvod v obsežno raziskovalno študijo s katero želimo določiti vpliv sproščanja notranjih napetosti, vpliv lastnosti pločevine in ostalih pomembnih parametrov na dimenzije precizno štancanih in toplotno obdelanih izdelkov. Razumevanje medsebojnega vpliva različnih parametrov ter s tem nadzor nad popačenjem oblike ima velik pomen, saj ima med drugim to velik vpliv na donosnost podjetji.

1. UVOD

Proces preciznega štancanja so iznašli leta 1923 v Švici, serijska proizvodnja pa se je pričela leta 1959, prav tako v Švici [1]. Ta tehnologija omogoča izdelavo kompliciranih in površinsko kvalitetnih delov z nizkimi stroški izdelave.

Ena izmed osnovnih zahtev s katero se proizvajalci srečujejo je dimenzijska natančnost izdelka. Sam proces je zasnovan tako, da po štancanju ne potrebujemo nadaljnjih mehanske obdelave, s čimer se izognemo dodatnim stroškom. Največja prednost pa je hkrati tudi največji izziv, saj je potrebno zagotoviti ustrezno dimenzijsko natančnost že s samim procesom preciznega štancanja. Dejstvo, da se izdelki še toplotno obdelujejo, celotno nalogo še dodatno otežuje. Popačenje oblike med toplotno obdelavo je druga največja skrb izvajalcev toplotne obdelave [2, 3].

Namen raziskovalnega dela je spoznati porazdelitev notranjih napetosti po površini pločevine, vpliv hladne deformacije (valjanje) na le te in vpliv sproščanja notranjih napetosti na dimenzijsko stabilnost pločevine. Nadzor nad deformacijo jeklenih izdelkov je eden izmed večjih izzivov kovinsko predelovalne industrije, saj ima med drugim tudi velik vpliv na donosnost podjetji.

2. POTEK DELA

Raziskovalno delo je bilo opravljeno na pločevini iz jekla 1.1151. Trakove pločevine za analize smo odvzeli med samim procesom, po tem ko pločevino poravnamo v ravnalcu linije za precizno štancanje. Polovico vhodnih trakov pločevine dolžine 1000 mm, debeline 4 mm in širine 137 mm smo dodatno hladno valjali na debelino 3 mm. Na ta način smo v pločevino vnesli dodatne notranje napetosti in s tem dobili dva različna stanja pločevine, ki smo jih nadalje medsebojno primerjali.

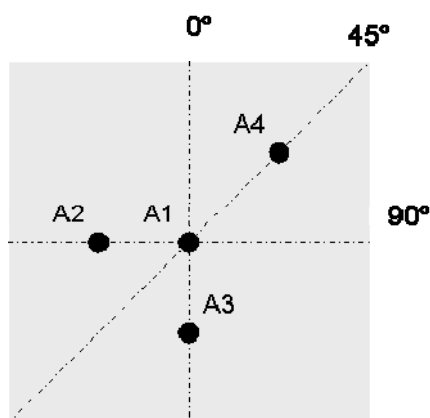
Na optičnem mikroskopu smo analizirali spremembo mikrostrukture med hladnim valjanjem, na merilniku trdote po Vickers-u pa spremembo trdote. Spremembo mikrostrukture in trdote smo določili tako v vzdolžni smeri, kot v prečni smeri glede na smer valjanja.

Iz vhodne pločevine in dodatno deformirane pločevine smo nato izdelali kvadratne vzorce dimenzij 110 x 110 mm za analizo notranjih napetosti po metodi specificirani s standardom ASTM E 837. Namen analize je bil določiti vpliv hladne deformacije na velikost in porazdelitev zaostalih notranji napetosti. Notranje napetosti smo merili le na površini pločevine, ki je obrnjena stran od središča koluta. Na **sliki 1** je vzorec in položaji merilnih točk. Oznake 0°, 45° in 90° označujejo kote med dano smerjo in smerjo valjanja pločevine.

DEFORMACIJA PLOČEVINE MED MEHANSKO OBDELAVO

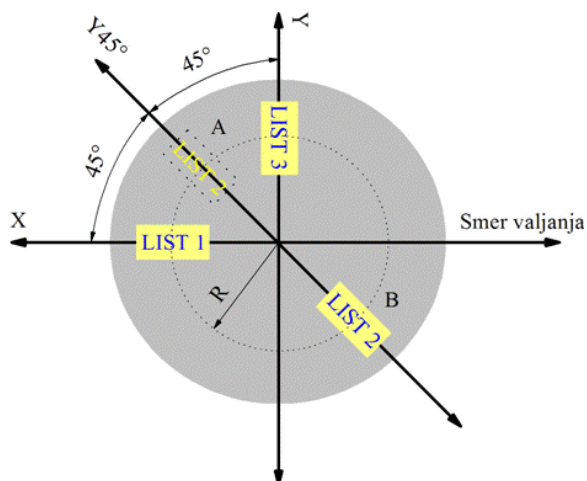
Damir ČESNIK¹ Milan BIZJAK², Vitoslav BRATUŠ

Hidria Inštitut za Materiale in Tehnologije d.o.o., Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani



Slika 1: Oblika vzorca in merilne točke (ASTM E 837).

Vzporedno smo zasledovali vpliv sproščanje zaostalih notranjih napetosti na spremembo zunanje oblike in ravnost vzorcev. Vpliv smo zasledovali na okroglih vzorcih premera 110 mm, katere smo izdelali z žično erozijo. Vzorcem smo izmerili odstopanje zunanjega profila glede na model in ravnost na 3D merilnem stroju.

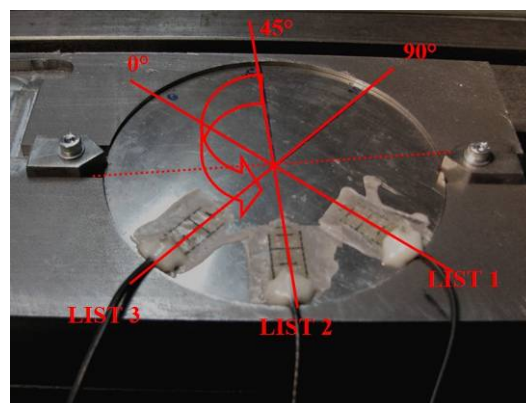


Slika 2: Oblika vzorcev in postavitev uporabnih merilnih lističev.

Na vzorce smo nato prilepili tri uporabne merilne lističe (**slika 2**). Oznake 0°, 45° in 90° označujejo kote med dano smerjo in smerjo valjanja pločevine. Vsak merilni listič je bil povezan v ločen poln Wheatstonov mostič. Tako pripravljene merilne celice smo preko ojačevalca in merilne kartice povezali s prenosnim

računalnikom, ki nam je omogočal beleženje sprememb električne upornosti merilne celice zaradi deformacije merilnega lističa med odstranjevanjem materiala iz središča vzorca.

Iz središča materiala smo z rezkanjem odstranili material premera 40 mm. Uporabili smo rezkar premera 3 mm. Rezkatni smo pričeli na nasprotni strani merilnega lističa 2. Rezkar se je naprej pomikal skozi debelino vzorca s hitrostjo 5 mm/min, nato pa je opisal krog nasprotni smeri urinega kazalca, prav tako s hitrostjo 5 mm/min (**slika 3**).



Slika 3: Potek rezkanja med odstranjevanjem materiala iz središča vzorca.

Merilna veriga nam omogoča merjenje spremembe električnih napetosti zaradi deformacije posameznega merilnega lističa. Preračun spremembe električne napetosti v deformacijo podaja enačba, ki je odvisna od načina vezave merilnega lističa in karakteristike samega merilnega lističa in ima za naš primer naslednjo obliko:

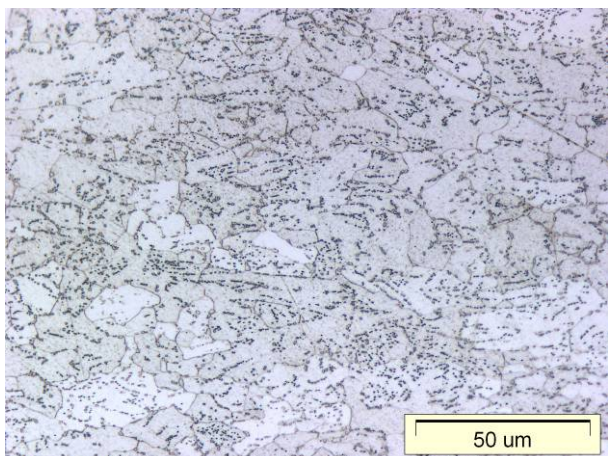
$$\varepsilon = -\frac{4 \cdot U_n}{GF \cdot (2 \cdot U_n + U_{nap})} \quad (1)$$

Kjer je ε deformacija merilnega lističa oz. deformacija materiala na mestu, kjer je merilni listič nalepljen, GF je konstanta merilnega lističa, ki je podana s strani proizvajalca le tega, U_{nap} je električna napetost napajanja polnega Wheatstonovega mostiča in U_n je merjena

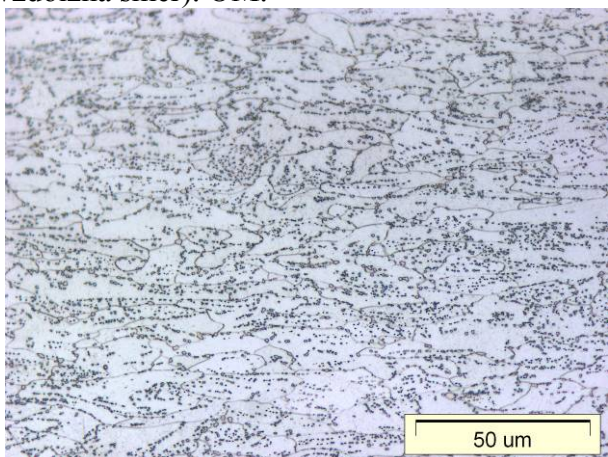
napetost, ki se generira zaradi deformacije merilnega lističa.

2. REZULTATI IN DISKUSIJA

Med hladnim valjanjem so se kristalna zrna razpotegnila v smeri valjanja, kar lahko opazimo iz **slike 4** in **5**, kjer so v vzdolžni smeri vidne razlike v obliki kristalnega zrna in razporeditvi globularnih karbidov Fe_3C . Vidnih razlik v prečni smeri ni opaziti.



Slika 4: Mikrostruktura vhodne pločevine (vzdolžna smer). OM.



Slika 5: Mikrostruktura dodatno deformirane pločevine (vzdolžna smer). OM.

Prav tako pa se je povečala trdota pločevine (**tabela 1**) iz 136 HV0,05 na 192 HV0,05 v vzdolžni smeri, trdota se je povečala za 42%. V prečni smeri pa iz 126 HV0,05 na 188 HV0,05. Trdote merjenje na vzdolžni ploskvi so v obeh primerih večje od tistih merjenih na ploskvi prečno na smer valjanja.

Tabela 1: Trdota

Vzorec	Trdota [HV0,05]	
	Vzdolžno	Prečno
4 mm	136	126
3 mm	192	188

Meritve notranjih napetosti v skladu s standardom ASTM E 837 (**tabela 2**) so pokazale, da so notranje zaostale napetosti dokaj nehomogeno porazdeljene po površini pločevine. Štiri meritve na majhni površini 110 x 110 mm se med seboj razlikujejo, tako pred kot po dodatni hladni deformaciji. Vrednosti glavnih napetosti vhodne pločevine so: σ_1 od 15,8 do 76,3 N/mm², σ_2 od -16,1 pa do 27,3 0 N/mm². Vrednosti glavnih napetosti dodatno deformirane pločevine pa so: σ_1 od 65,1 in 163,0 N/mm², σ_2 pa od 4,9 do 25,2 0 N/mm².

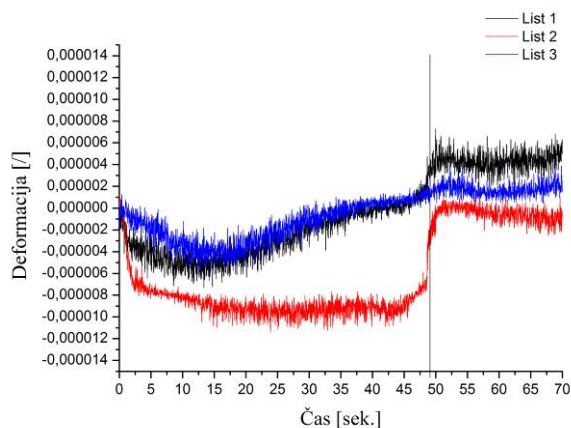
Tabela 2: Zaostale notranje napetosti (ASTM E 837)

4 mm		
Točka	σ_1 [N/mm ²]	σ_2 [N/mm ²]
A1	76,3 ± 45	27,3 ± 44
A2	15,8 ± 17	-16,1 ± 15
A3	31,9 ± 37	-15,7 ± 32
A4	36,3 ± 18	6,2 ± 19
	40,1 ± 29	0,4 ± 28
3 mm		
Točka	σ_1 [N/mm ²]	σ_2 [N/mm ²]
A1	92,2 ± 34	16,1 ± 37
A2	65,1 ± 47	25,2 ± 42
A3	163,0 ± 31	4,9 ± 34
A4	93,3 ± 34	8,0 ± 22
	103,4 ± 37	13,5 ± 34

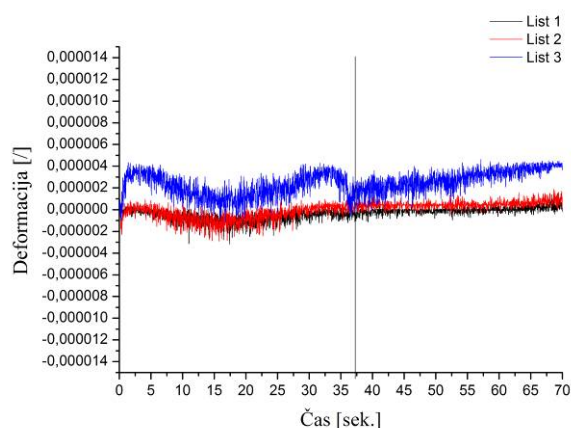
Povprečne vrednosti glavnih napetosti se med hladno deformacijo povečajo in sicer: σ_1 iz 40,1 na 103,4 N/mm² in σ_2 iz 0,4 na 13,5 N/mm². Predvsem se poveča vrednost glavne napetosti σ_1 , katera pa je usmerjena v smeri valjanja pločevine. Ta opažanje se sklada s spremembo mikrostrukture, kjer so se zrna deformirala v smeri valjanja (**slika 5**).

Iz meritev deformacij med odstranjevanjem materiala iz središča so prav tako vidne razlike. Nekatere razlike lahko pripišemo različnim

mehanskim lastnostim, kar je razvidno iz razlik trdote, nekatere pa različnim velikostim notranjih napetosti. Predvsem so vidne razlike pri pomikanju rezkarja skozi debelino vzorca in razlike končne deformacije, ko je vzorec razbremenjen vseh zunanjih sil.

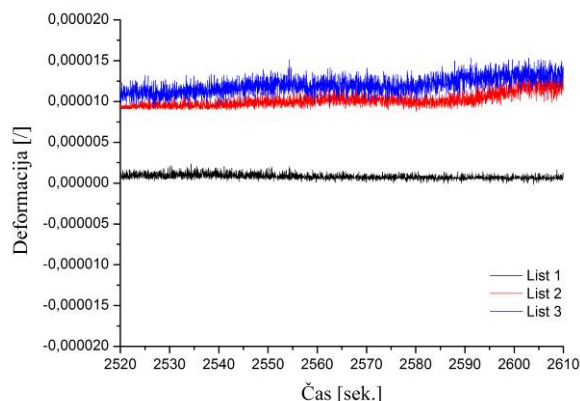


Slika 6: Deformacija vhodne pločevine pri pomikanju rezkarja skozi debelino vzorca.

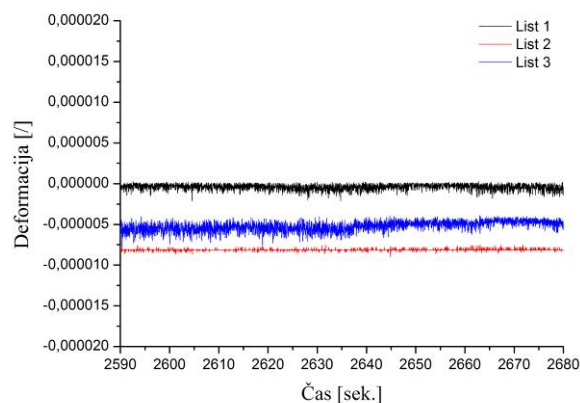


Slika 7: Deformacija dodatno hladno valjane pločevine pri pomikanju rezkarja skozi debelino vzorca.

V začetni fazi odstranjevanja materiala, kjer se rezkar giblje skozi debelino, je vidna razlika med izračunano deformacijo obeh pločevin. Vhodna pločevina se zaradi manjših mehanskih lastnosti pri tem občutno bolj deformira, kot dodatno hladno valjana pločevina, ki ima višje mehanske lastnosti (slika 6 in 7). Navpična črta označuje trenutek ko rezkar preide v krožno gibanje.



Slika 8: Končna deformacija vhodne pločevine po končanem rezkanju.



Slika 9: Končna deformacija dodatno hladno valjane pločevine po končanem rezkanju.

Prav tako je vidna razlika po končanem rezkanju in že odstranjenem materialu iz sredine vzorca. V vhodni pločevini imamo po končanem rezkanju pozitivne deformacije na mestih merilnih lističev, medtem ko imamo na dodatno hladno valjanih vzorcih negativne deformacije (slika 8 in 9). Razlike so najverjetneje posledica kompleksnega medsebojnega delovanja sproščanja notranjih napetosti in odpornosti materiala na deformacijo. Ob tem pa igra pomembno vlogo porazdelitev in velikost notranjih napetosti ter same lastnosti pločevine.

Razlike med posameznima pločevinama so opazne tudi pri dimenzijskih meritvah okroglih vzorcih pred in po odstranjevanju materiala z rezkanjem (tabela 3).

Pred rezkanjem je zunanja oblika vzorca iz vhodne pločevine odstopala od modela za 0,0298

mm. To odstopanje predstavlja razliko med odstopanjem v pozitivno in negativno smer od modela. Medtem ko je bila ta razlika pri dodatno deformirani pločevini 0,0235 mm. To si razlagamo na ta način, da je dodatno deformirana pločevina imela sicer višje notranje napetosti, a istočasno večje mehanske lastnosti (meritve trdote). Napetost tečenja pa predstavlja tisto najmanjšo napetost, ki je potrebna, da se material plastično deformira. Da se notranje zaostale napetosti sprostijo in ob tem deformirajo vzorec, morajo preseči napetost tečenja [2, 3, 4, 5]. Torej ob manjših notranjih napetostih in nižji napetosti tečenja vzorca iz vhodne pločevine se je le ta med izdelavo bolj deformiral kot vzorec izdelan iz pločevine, ki ima sicer višje notranje napetosti, a hkrati tudi višjo napetost tečenja.

Tabela 3: Popačenje oblike vzorcev

4 mm		
	Odstopanje zunanje oblike [mm]	Ravnost [mm]
Pred	0,0298	0,0604
Po	0,0347	0,0622
Spr. [mm]	0,0049	0,0018
Spr. [%]	16,5	3,0
3 mm		
	Odstopanje zunanje oblike [mm]	Ravnost [mm]
Pred	0,0235	0,1764
Po	0,0285	0,1941
Spr. [mm]	0,005	0,0177
Spr. [%]	21,3	10,0

Med odstranjevanjem pa se je zunanji profil vzorca izdelanega iz vhodne pločevine poslabšal za 0,0049 mm (16,5 %), vzorca izdelanega iz dodatno deformirane pločevine pa za 0,005 mm (21,3 %).

Ravnost vzorca iz vhodne pločevine je občutno boljša (0,0604 mm) od vzorca iz dodatno deformirane pločevine (0,1764 mm). Tu je razlog dodatno hladno valjanje s čimer smo poslabšali ravnost pločevine. Ravnost je v veliki meri odvisna od kvalitete tehnologije hladnega valjanja. V našem primeru se kvaliteta dodatnega

hladnega valjanja ne more primerjati z hladnim valjanjem proizvajalca pločevine. Ravnost vzorca iz dodatno deformirane pločevine se je po rezkanju občutno bolj poslabšala in sicer za 0,0177 mm (10 %) od ravnosti vzorca iz vhodne pločevine, kateremu se je poslabšala za 0,0018 mm (3 %).

4. ZAKLJUČEK

Zagotavljanje ustrezne dimenzijske tolerance precizno štancanih delov je eden izmed večjih izzivov proizvajalcev le teh. Razumevanje medsebojnih vplivov različnih parametrov je ključnega pomena za uspešen nadzor popačenja oblike precizno štancanih delov, tako med samim štancanjem kod kasnejšo toplotno obdelavo. Uspešen nadzor popačenja oblike lahko prinese pomembno konkurenčno prednost ter s tem pozitivno vpliva na donosnost podjetja.

V predstavljenem delu smo analizirali zaostale notranje napetosti v pločevini ter preko dodatnega valjanja zasledovali vpliv hladne deformacije na razvoj notranjih napetosti. Ocenili smo spremembo mikrostrukture in trdote zaradi dodatnega valjanja. Poizkušali smo vzpostaviti primerno metodo za določanje in ocenitev vpliva sproščanja notranjih napetosti med preciznim štancanjem.

Glavni zaključki dela so:

1. Zaradi hladnega valjanja pločevine, kjer smo debelino zmanjšali iz 4 mm na 3 mm, so se kristalna zrna deformirala in razpotegnila v smeri valjanja povprečna trdota pa se je povečala iz 131 na 190 HV0,05.
2. Notranje napetosti so zelo nehomogeno porazdeljene po površini pločevine.
3. Z 25 % redukcijo pri hladnem valjanju so se povprečne vrednosti glavnih napetosti povečale; σ_1 iz 40,1 na 103,4 N/mm² in σ_2 iz 0,4 na 13,5 N/mm².
4. Zaradi različnih mehanskih lastnosti in vrednosti zaostalih notranjih napetosti se pločevina različno

deformira med in po odstranjevanju materiala z rezkanjem.

5. Razlike med vhodno in dodatno deformirano pločevino so potrdile tudi dimenzijske meritve vzorcev pred in po odstranjevanju materiala z rezkanjem.

Tako lastnosti pločevine, kot porazdelitev in velikost zaostalih notranjih napetosti igrajo pomembno vlogo pri zagotavljanju dimenzijske natančnosti jeklenih izdelkov. Če temu dodamo še vplive orodja, maziva in dodatne toplotne obdelave imamo kompleksen sistem, katerega parametri medsebojno delujejo in vplivajo na končno obliko izdelka.

Več kot očitno je, da mora industrija pri reševanju problema dimenzijske natančnosti medsebojno povezati strokovnjake s področja orodjarstva, materialov, preoblikovalnih tehnologij in toplotnih obdelav, če se hoče uspešno spopasti s tem pomembnim izzivom.

Literatura

- [20] Schmidt, R. A., Birzer, F., Höfel, P., Reh, B., Hellmann, M., Rademacher, P., Hoffmann, H.: *Cold Forming and Fineblanking: A Handbook on Cold Processing, Steel Material Properties, Component Design*, Carl Hanser Verlag, Munchen, 2007.
- [21] Narazaki, M., Totten, G. E. : *Distortion of Heat – Treated Components, Steel Heat Treatment, Second Edition*, Taylor&Francis, New York, 2006, str. 613 – 650.
- [22] Bates, C. E., Totten, G. E., Brennan, R. L.: *Quenching of steel, ASM Handbook, Vol. 4, Heat Treating, ASM International, Ohio: Materials Park, 2002, str. 160 – 291.*
- [23] Wang, Z., Gong, B.: *Residual Stress in the Forming of Materials, Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, ASM International, Ohio: Materials Park, 2002, str. 141 – 149.*
- [24] Bhadeshia, M. K. D. H.: *Material Factors, Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, ASM International, Ohio: Materials Park, 2002, str. 3 – 10*

»Operacijo, delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007 – 20013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij«

MODELIRANJE LASTNOSTI PREOBLIKOVANEGA MATERIALA Z METODO GENETSKEGA PROGRAMIRANJA

Leo GUSEL, Miran BREZOČNIK
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Poznanje vpliva hladnega preoblikovanja na lastnosti materiala je pomembno predvsem z vidika kakovosti izdelka in ekonomičnosti proizvodnje. Da bi dobili čim natančnejše podatke o lastnostih materiala, je treba določiti model, ki je resničnim razmeram čim bolj podoben. Za uspešno določitev natančnih modelov spremembe električne prevodnosti hladno preoblikovane bakrove zlitine, je v članku predstavljena metoda genetskega programiranja. Glavna značilnost metode genetskega programiranja je, da rešitev ne iščemo po vnaprej določenih poteh ter da sočasno obravnavamo množico enostavnih objektov. Čedalje natančnejše rešitve generiramo postopoma med postopkom simulirane evolucije. V prispevku so prikazani le nekateri najuspešnejši in najprimernejši genetski modeli., s katerimi lahko matematično opišemo ali napovedujemo spremembo električne prevodnosti zlitine v okviru eksperimentalnega okolja.

1 UVOD

Modeliranje lastnosti materiala pomeni iskanje matematičnih izrazov, ki zagotavljajo kar najboljše prileganje med odvisnimi in neodvisnimi parametri, za kar se uporabljajo predvsem deterministične metode, katerih glavna značilnost so natančno določeni koraki, ki vodijo do rešitve [1, 2]. V zadnjih letih pa se vse bolj uveljavljajo nedeterministične metode modeliranja, med katere spada tudi genetsko programiranje. Glavna značilnost vseh evolucijskih metod, in s tem tudi metode genetskega programiranja, je, da rešitev ne iščemo po vnaprej določenih (determinističnih) poteh in da sočasno obravnavamo množico enostavnih objektov [3].

V članku predstavljamo metodo genetskega programiranja za uspešno in učinkovito modeliranje in določitev natančnih modelov spremembe električne prevodnosti hladno preoblikovane zlitine CuCrZr. Na osnovi eksperimentalno ugotovljenega vpliva stopnje deformacije in še nekaterih parametrov pri hladnem preoblikovanju bakrove zlitine smo poiskali model sistema, ki ima evolucijski

potencial v primerjavi z okoljem enak nič ali čim bližje nič. To pomeni, da v matematični obliki kar najbolje opiše vplivnost neodvisnih spremenljivk na spremembo električne prevodnosti.

Pri genetskem modeliranju smo se omejili le na iskanje najboljših modelov spremembe električne prevodnosti zlitine CuCrZr, vendar je metodo genetskega programiranja možno uporabiti tudi za modeliranje drugih lastnosti materiala v okviru eksperimentalnega okolja.

2 GENETSKO PROGRAMIRANJE

Genetsko programiranje (GP) je metoda evolucijskega računanja in je v bistvu razširitev metode genetskih algoritmov. Strukture, ki so izpostavljene prilagajanju, so hierarhično organizirani organizmi (računalniški programi) z dinamično spreminjajočo se obliko in velikostjo [4, 5, 6]. Populacija organizmov se pri GP spreminja in prilagaja po načelih naravne selekcije in genetskih operacij. Vsak posamezen organizem v populaciji je ovrednoten glede na uspešnost izvedenega dela v določenem problemskem okolju.

Cilj metode *GP* je poiskati tisti organizem iz množice računalniških programov, ki najbolje reši dani problem oziroma ima najboljšo prilagojenost. Reševanje problema se začne z ustvarjanjem populacije naključnih organizmov $P(t)$, kjer je t čas oziroma števec generacij. V naslednjem koraku izračunamo prilagojenost organizmov. Tiste, ki bolje rešijo dani problem, pogosteje izberemo za spreminjanje z genetskimi operacijami. S spreminjanjem enega ali več organizmov ustvarjamo potomce, ki pomenijo novo generacijo.

Nabor vseh možnih rešitev je pri genetskem programiranju nabor vseh možnih kombinacij funkcij, ki jih lahko sestavimo iz nabora funkcij F (osnovne računske operacije, matematične funkcije..) in nabora terminalov T (številске in logične konstante ter spremenljivke)). Z naključno izbiro ene izmed funkcij iz nabora F in nabora terminalov T ustvarimo začetne organizme [7, 8].

V našem primeru so organizmi matematični izrazi. V drugem koraku izračunamo prilagojenost posameznega matematičnega izraza tako, da vanj vstavimo vrednosti vhodnih spremenljivk za posamezno meritev. V tretjem koraku sledi spreminjanje matematičnih izrazov z genetskimi operacijami kot so reprodukcija, križanje in mutacija.

3 EKSPERIMENTALNO DELO

Namen eksperimentalnega dela je bil ugotoviti, kako na spremembo električne prevodnosti (a) zlitine CuCrZr pri hladnem preoblikovanju z vlečenjem vplivata stopnja deformacije (ϵ_e) in koeficient trenja uporabljenega maziva (μ). Za preizkusni material smo uporabili zlitino CuCrZr, ki razen bakra, ki je osnova, vsebuje še 0,71 % Cr in 0,05 % Zr. Zlitino v obliki palice s premerom 20 mm smo hladno vlekli na vlečni klopi s hitrostjo 20 m/min in pri kotu vlečne matrice $2\alpha = 28^\circ$. Za mazivo smo uporabili tri različna olja. Z vsakim od treh maziv smo postopoma vlekli palice do različnih končnih premerov in

dobili šest različno hladno deformiranih vzorcev zlitine.

Skupno smo torej dobili osemnajst različnih vzorcev, pri katerih smo očistili čelno površino. Tako pripravljenim vzorcem smo izmerili električno prevodnost pri temperaturi 20°C z instrumentom za merjenje električne prevodnosti. Vrednosti parametrov in rezultati meritev so zbrani v preglednici 1.

Preglednica 1: Rezultati meritev električne prevodnosti a hladno vlečenih vzorcev

i	ϵ_e	μ	a (m / ($\Omega \text{ mm}^2$))
surovec	-	-	50,33
1	0,10	0,07	49,85
2	0,21	0,07	49,16
3	0,32	0,07	48,35
4	0,44	0,07	46,30
5	0,57	0,07	44,25
6	0,71	0,07	43,10
7	0,10	0,11	49,60
8	0,32	0,11	47,60
9	0,71	0,11	43,00
10	0,10	0,16	49,10
11	0,44	0,16	45,50
12	0,71	0,16	42,20
13	0,21	0,11	48,52
14	0,44	0,11	46,14
15	0,57	0,11	44,18
16	0,21	0,16	48,90
17	0,32	0,16	47,55
18	0,57	0,16	44,40

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1. Genetski parametri

Genetsko okolje za modeliranje z *GP* je prvih 12 meritev iz preglednice 1, ki jih uporabimo kot datoteko za učenje. Drugih šest meritev (od $i = 13$ do $i = 18$) pa je preskusna datoteka za preverjanje genetskih modelov. Neodvisni spremenljivki sta stopnja deformacije in koeficient trenja maziva, odvisna spremenljivka pa električna prevodnost. Med velikim številom uspešnih rešitev

(matematičnih izrazov), so v članku prikazni le trije končni genetski modeli: najnatančnejši in dva najenostavnejša.

Genetsko modeliranje je bilo v celoti izvedeno s programom za genetsko programiranje, napisanim v programskem jeziku AutoLisp. Modeliranje smo izvedli v več poskusih, ki se med seboj razlikujejo po številu in vrsti funkcijskih in terminalskih celic. Izbrali smo dva različna nabora funkcij $F:(+, -, x, /)$ in $(+, -, x, /, EXP)$. Pri vseh preizkusih smo omejili število neodvisnih civilizacij na 100. Za vsako civilizacijo smo določili velikost populacije (500), največje število generacij (50), kar pomeni 2500000 genetsko razvitih modelov samo za en nabor funkcij. Prav tako smo predpisali verjetnost reprodukcije (0,1), verjetnost križanja (0,9) ter največjo dovoljeno globino organizmov (10).

4.2. Najboljši generirani modeli

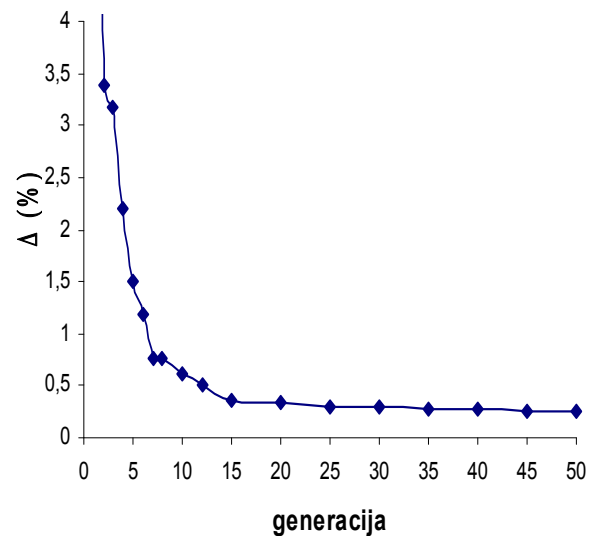
Najboljši model po merilu najmanjšega odmika od eksperimentalnih rezultatov je bil generiran z naborom funkcij $F = (+, -, x, /)$ in ima povprečni odmik od eksperimentalnih rezultatov 0,21 % ter vsebuje 95 genov. Dobljeni izraz zapišemo v matematični obliki:

$$51,47 + \varepsilon(\mu - 9,37) + \mu \left(-7,622 + \left(-4,082 - 6,062\varepsilon - 6,622\varepsilon^2(1 + \mu) \right)^{-1} \right) + \varepsilon^2 \left[(-2,731 - \mu) + \left(\varepsilon + 8,642\varepsilon(\varepsilon - \mu) + 0,5(\varepsilon + \mu - 5,082) \right)^{-1} \right] \quad (1)$$

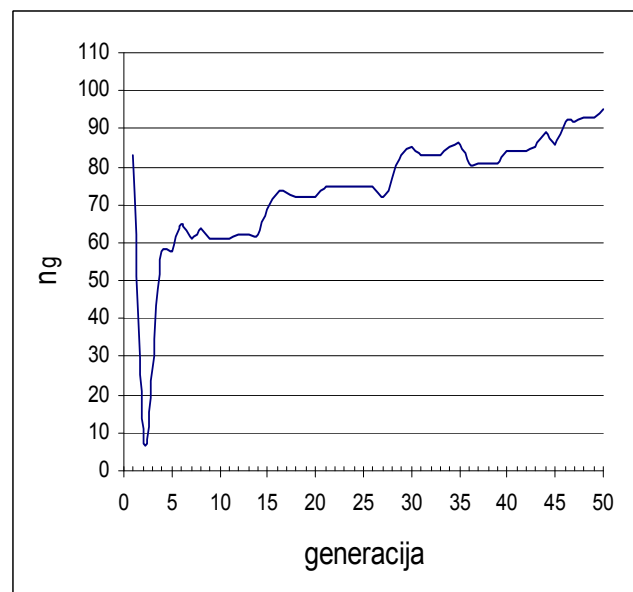
Podrobnejši potek evolucije najboljšega modela je prikazan na slikah 1 in 2. Slika 1 prikazuje krivuljo povprečnih deležev odmikov med eksperimentalnimi rezultati in najboljšim genetskim modelom vsake generacije. Najboljši model v prvi generaciji ima povprečni delež odmika 12,5 %, nato pa že v peti generaciji dosežemo delež odmika 1,5 %. V deseti generaciji je delež odmika 0,51 % in nato dokaj enakomerno in počasneje pada do zadnje, 50.

generacije, kjer dobimo model z najmanjšim povprečnim deležem odmika.

Položnost krivulje po 30. generacije kaže na to, da se prilagojenost najboljših modelov od te točke naprej le počasi izboljšuje.



Slika 1: Krivulja povprečnih deležev odmika Δ med najboljšim modelom posamezne generacije in eksperimentalnimi rezultati ($F = +, -, x, /$)



Slika 2: Krivulja števila vseh genov n_g najboljšega modela v vsaki generaciji ($F = +, -, x, /$)

Iz slike 2, ki prikazuje krivuljo števila vseh genov n_g najboljših modelov posamezne generacije, lahko sklepamo o zapletenosti oziroma velikosti posameznega modela. V prvi generaciji smo dobili zapleten model s kar 83 geni, že v drugi generaciji pa je evolucija ustvarila model s samo devetimi geni. V naslednjih generacijah se je število vseh genov najboljšega modela počasi, a vztrajno večalo. Ker pri modeliranju z GP ne predpišemo oblike in velikosti rešitve, ampak je to prepuščeno evoluciji, smo kot rezultat dobili tudi preproste genetske modele, ki pa so kljub temu dovolj natančni. Dva najboljša, zapisana v matematični obliki, sta:

$$50,9 + e^{\varepsilon_e} - 14,1 \varepsilon_e \quad (2)$$

$$49,86 - 8,562 \varepsilon_e \quad (3)$$

Modela (2) in (3) sta zanimiva predvsem zato, ker se v obeh pojavlja samo ena neodvisna spremenljivka (stopnja deformacije ε_e), kar pomeni, da je evolucija sama postopoma izločila manj vplivno spremenljivko (μ). Model (3) vsebuje le eno funkcijsko celico (operacijo odštevanja) in je zaradi enostavnosti in dovolj dobre natančnosti zelo primeren za praktično uporabo. Preglednica 2 prikazuje natančnost in kompleksnost genetskih modelov.

Preglednica 2: Natančnost in kompleksnost genetskih modelov

	Povprečni odklik od eksp. rezultatov Δ , izražen v (%)			
Model	Testna datoteka	Datoteka za učenje	Skupaj	Kompleksnost modela
GP (1)	0,20	0,23	0,21	velika
GP (2)	0,65	0,79	0,72	majhna
GP (3)	1,16	1,31	1,23	zelo majhna

5 ZAKLJUČEK

Metoda modeliranja z genetskim programiranjem se je izkazala ne le kot alternativa konvencionalnim postopkom modeliranja, temveč kot primerna in zanesljiva metoda izračunavanja zelo natančnih sprememb električne prevodnosti hladno preoblikovane zlitine. Pri istem genetskem okolju dobimo veliko število različnih genetskih modelov, ki se med seboj razlikujejo v natančnosti in zapletenosti. Vzrok za to je nedefinirana pot reševanja genetskega programiranja – postopek je prepuščen evoluciji. Raznolikost uspešnih genetskih modelov omogoča lažjo izbiro ustreznega modela glede na različna merila in lastnosti, ki jih od modela pričakujemo. Genetske modele je možno uporabiti za napovedovanje spremembe električne prevodnosti hladno preoblikovane zlitine v okviru eksperimentalnega okolja.

Literatura

- [1] Lange, K.; *Handbook of metal forming*; McGraw Hill: New York, 1995
- [2] Barnes, W.; *Statistical Analysis for Engineers and Scientists – a computer based approach*, The University of Texas at Austin, McGraw – Hill, New York, 2004
- [3] Koza, J. R.; *Genetic programming; The MIT Press: Boston, Massachusetts*, 1992
- [4] Mitchell, T. M.; *Machine learning*; McGraw-Hill, New York, 2002
- [5] Brezočnik, M.; *Uporaba genetskega programiranja v inteligentnih proizvodnih sistemih*, UM, Fakulteta za strojništvo Maribor, Maribor, 2000
- [6] Brezočnik, M., Kovačič, M., Gusel, L.; *Comparison between genetic algorithm and genetic programming approach for modelling the stress distribution*, Mater Manuf. Process. Vol 20, no. 3, 2005, 497 – 508.
- [7] Ebrahimi R.; Zahiri S.H.; Najafizadeh A.; *Mathematical modelling of the stress-strain curves of Ti-IF steel at high temperature*, Journal of Material Process Tech. 171(2006), 301-305;
- [8] Montgomery, D. C.; Runger, G. C.; Hubele, N. F.; *Engineering statistics; Second Edition*, John Wiley & Sons; New York, 2001

NIZKOTEMPERATURNE TRDE ZAŠČITNE CrN-PREVLEKE

Peter PANJAN, Miha ČEKADA, Matjaž PANJAN, Srečko PASKVALE, Darja KEK MERL
Institut »Jožef Stefan«, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

POVZETEK

Za nanos nizekotemperaturnih trdih zaščitnih CrN-prevlek smo uporabili postopek pulznega naprševanja. Nanos smo naredili v napravi CC800/9 sinOx ML (CemeCon), ki je opremljena z dvema izvirova za klasično naprševanje in dvema za pulzno naprševanje. Za podlage smo uporabili polirane testne ploščice iz ogljikovega jekla OCR12, popuščanega pri temperaturi okrog 200 °C, in iz jekla 100Cr6. Za karakterizacijo strukturnih lastnosti smo uporabili rentgenski difraktometer, mikrostrukturo pa smo analizirali z vrstičnim elektronskim mikroskopom. Za študij topografije prevlek smo uporabili mikroskop na atomsko silo in 3D-profilometer. Z nanoindenterjem smo izmerili mikrotrdoto po Vickersu, adhezijo pa smo ovrednotili z metodo razenja z diamantno konico.

1. UVOD

Klasične trde PVD-prevleke nanašamo pri temperaturi okrog 450 °C. Pri tej temperaturi se trdota večine orodnih jekel ne zmanjša, medtem ko dimenzija orodij ostane nespremenjena. Relativno visoka temperatura nanašanja zagotavlja optimalno adhezijo prevleke na podlago, ustrezno mikrostrukturo in druge funkcionalne lastnosti prevleke. Vendar pa je temperatura nanašanja okrog 450 °C previsoka za zaščito temperaturno občutljivih materialov, kot so jekla, popuščana pri nizki temperaturi (npr. OCR12, 100Cr6) ter aluminijeve in bakrove zlitine.

V zadnjih dveh desetletjih je bilo narejenih veliko poizkusov, da bi pripravili kvalitetene nizekotemperaturne prevleke, vendar ti vse do pred kratkim niso bili uspešni. Pripravo zelo kvalitetnih nizekotemperaturnih prevlek omogoča postopek pulznega magnetronskega naprševanja.

Zelo perspektivno področje uporabe nizekotemperaturnih PVD-prevlek je zaščita strojnih delov. V zadnjih letih na tem področju uporaba PVD-prevlek raste veliko hitreje od uporabe za zaščito orodij. Za zaščito strojnih delov se najpogosteje uporabljajo CrN in diamantu podobne prevleke (DLC). Strojni deli, ki se prekrivajo, pa so hidravlični cilindri, ležaji,

deli motorja z notranjim izgorevanjem, sestavni deli dizelske črpalke itd. Nizekotemperaturne prevleke so še zlasti pomembne v avtomobilski industriji, kjer se uporabljajo za zaščito komponent pred obrabo in za zmanjšanje trenja. Razlogi za vse večjo uporabo trdih prevlek v avtomobilski industriji so: zmanjšanje emisije toplogrednih plinov, večji izkoristek izgorevanja, povečanje obstojnosti komponent in zmanjšanje hrupa.

V tem prispevku opisujemo pripravo in karakterizacijo nizekotemperaturnih CrN-prevlek. CrN-prevleke se uporabljajo v industrijski proizvodnji za zaščito orodij že okrog dvajset let. CrN-prevleke so obrabno in korozijsko obstojne. Odlikujejo se tudi z majhnimi notranjimi napetostmi, zato lahko pripravimo relativno debele prevleke (10–20 µm). V primerjavi s TiN so CrN-prevleke sicer nekoliko mehkejše (okrog 1800 HV), vendar so bolj žilave in oksidacijsko obstojne do 750 °C. Korozijska in oksidacijska obstojnost je posledica nastanka kompaktne pasivacijske oksidne plasti na površini prevleke. CrN-prevleke imajo finostrukturo, zato je hrapavost njihove površine majhna, posledično je majhen tudi koeficient trenja. Ta lastnost je razlog, da se CrN-prevleka pogosto uporablja za zaščito orodij za preoblikovanje. Za CrN-prevleke je značilen majhen koeficient

sprijemanja bakra, zato se ta prevleka uporablja za zaščito orodij za obdelavo bakrovih zlitin. S CrN-prevleko lahko v nekaterih primerih nadomestimo trdi krom, ki je z ekološkega vidika problematičen. V sistemu krom–dušik sta dve fazi: heksagonalna β -Cr₂N in ploskovno centrirana CrN.

Omenili smo že, da je CrN-prevleka primerna za zaščito različnih komponent. Pogosto pa se uporablja za zaščito najrazličnejših orodij. Tako se CrN-prevleke uporabljajo za zaščito orodij za obdelavo neželeznih materialov in orodij za oblikovanje plastike. V poštev pridejo zlasti tedaj, kadar se zahteva korozijska obstojnost in čim manjše sprijemanje plastike na osnovi termoplastov (npr. PVC, PTFE, poliuretan), duroplastov (npr. PF, EP) in elastomerov (npr. sintetični kaučuk, fluorirani elastomeri). Ker je CrN-prevleka oksidacijsko zelo dobro obstojna, je primerna tudi za zaščito orodij za tlačno litje lahkih kovin in za zaščito orodij za ekstruzijo aluminijevih in bakrovih zlitin.

2. OPIS PROBLEMA

Pri PVD-postopkih nanašanja trdih prevlek temperatura podlag ni neodvisna spremenljivka. Glavni razlog za segrevanje podlag je obstreljevanje rastoče plasti z visokoenergiskimi ioni. Obstreljevanje z ioni iz plazme je potrebno, da dosežemo optimalno adhezijo, teksturo, sestavo in mikrostrukturo prevleke. Pomemben parameter pri tem je energija, ki se z ioni prenese na podlage. Ta energija je produkt gostote toka ionov in njihove energije. Gostota toka ionov je določena s stopnjo ionizacije plazme, energijo ionov pa lahko spreminjamo s prednapetostjo na podlagah oz. orodjih (t. i. »bias«). Energija teh ionov se prenese na atome, ki so na površini prevleke, s čimer se spodbudi njihova površinska difuzija. Atomi na površini prevleke lahko zato zasedejo tudi energijsko manj ugodna mesta. To zagotavlja boljšo adhezijo in rast bolj homogene prevleke. Kako torej zagotoviti dovolj intenzivno površinsko difuzijo, ne da bi se pri tem podlage preveč segrele? Če povečamo prednapetost, nastanejo v prevleki velike tlačne napetosti in defekti, medtem ko se temperatura podlag znatno

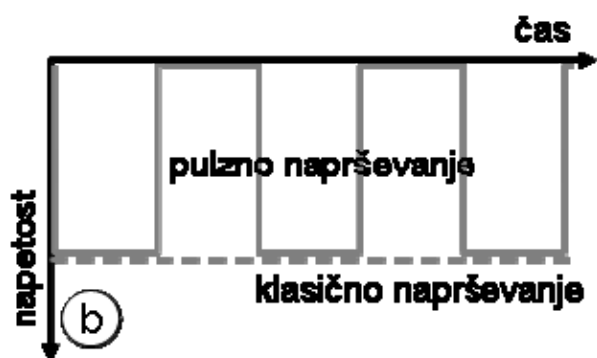
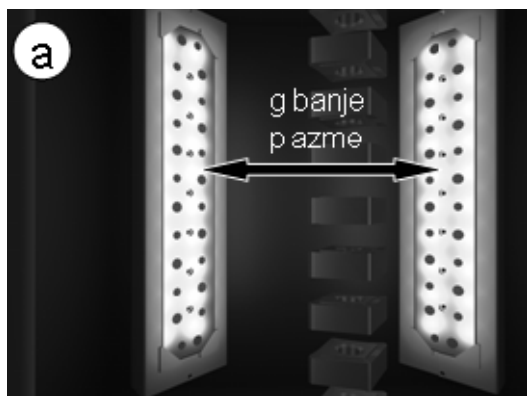
poveča. Če pa povečamo gostoto toka ionov tako, da povečamo stopnjo ionizacije uparjenih delcev, potem teh neželenih posledic ni. Iz teh razlogov je zato bolj smiselno zmanjšati prednapetost in povečati stopnjo ionizacije plazme.

Poizkusi so pokazali, da najboljše rezultate dosežemo, če uporabimo pulzni postopek naprševanja. Pri pulznem naprševanju dva magnetronska izvira delujeta izmenoma kot anoda oz. katoda (slika 1a). Frekvenčno območje pri pulznem naprševanju je 50–250 kHz, oblika pulzov pa je različna. Za nanos električno prevodnih plasti uporabimo t. i. unipolarno obliko pulzov, kjer je napetost v delu periode negativno, v preostalem pa napetosti na tarči ni (slika 1b). Za nanašanje električno neprevodnih plasti pa uporabimo bipolarno obliko, kjer se polariteta napetosti na tarči spreminja med visoko negativno in nizko pozitivno vrednostjo, v delu periode pa ni napetosti. Temperaturo podlag reguliramo z dolžino periode, ko na tarči ni napetosti.

Pri pulznem naprševanju sta gostota plazme in energija ionov veliko večji v primerjavi s klasičnim magnetronskim naprševanjem. Majhna stopnja ionizacije (manj kot 10 %) razpršenih delcev tarče je glavna slabost klasičnega magnetronskega naprševanja. Večina delcev, ki prispejo na podlago (orodje), so nevtralni atomi, na katere pa ne moremo vplivati s prednapetostjo – torej jih ne moremo pospešiti na podlage. Pri klasičnem naprševanju je prednapetost okoli –100 V, kar pomeni, da ioni, ki jih s to napetostjo pospešimo na podlage, pridobijo energijo okrog 100 eV. V primerjavi z vezavno energijo atomov v kovinah (nekaj eV) je ta energija veliko večja, zato ti ioni povzročijo nastanek defektov v plasti in velike tlačne notranje napetosti. Večina ionov, ki prispejo na podlage, so ioni inertnega plina (argona), delež kovinskih ionov, ki izhajajo iz tarče, pa je le nekaj odstotkov. Pri pulznem naprševanju pa je stopnja ionizacije uparjenih delcev približno desetkrat večja.

Pomembna prednost pulznega naprševanja je tudi ta, da je process nanašanja prevlek v reaktivni atmosferi bistveno bolj stabilen kot pri klasičnem naprševanju. Pri takšnem načinu naprševanja se namreč izognemo t. i.

»zastrupitvi« tarče (tj. nastajanju reakcijskih produktov na površini tarče) in posledično prebojem. Zato lahko tak način nanašanja uporabimo za nanos električno neprevodnih prevlek (npr. prevleke Al_2O_3).



Slika 1: Pri pulznem napršenju je tarča izmenoma anoda oz. katoda (a). Oblika pulzov pri nizkotemperaturnem nanašanju električno prevodnih prevlek je unipolarna (b)

3. EKSPERIMENT

Za pulzno naprševanje nizkotemperaturnih CrN-prevlek smo uporabili napravo CC800/9 sinOx ML (CemeCon). Naprava ima štiri izvire za naprševanje. Pri naših preizkusih sta bila aktivna samo dva izvira. Parametri pulznega nanašanja so bili naslednji: frekvenca 50 kHz, čas mirovanja (brez napetosti) 50 %, napetost na tarči 500 V, povprečna moč na tarči 2500 W, pulzna prednapetost -35 V. Pri teh parametrih nanašanja temperatura podlag ni presegla 200 °C.

Po nanosu smo izmerili debelino ter naredili strukturno (rentgenski difraktometer z Bragg-Brentanovo geometrijo) in mikrostrukturno

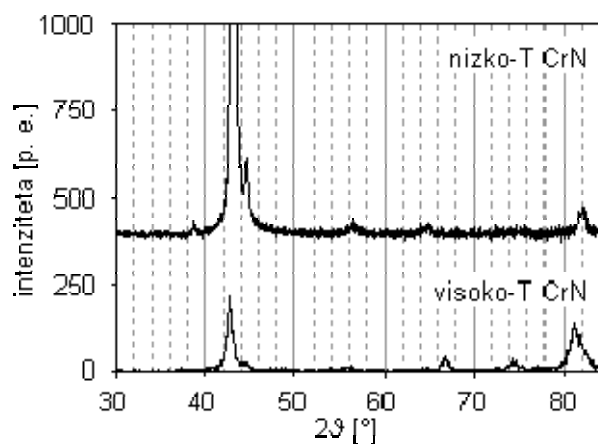
karakterizacijo (vrstični elektronski mikroskop). S 3D-profilometrom in mikroskopom na atomsko silo (AFM) smo analizirali topografijo prevlek. Z merilnikom adhezije (CSEM Revetest) smo določili adhezijo prevlek na različne podlage, z nanoindenterjem (Fischerscope H100) pa mikrotrdoto po Vickersu (maksimalna obremenitev je bila med 10 in 100 mN).

4. REZULTATI

V preglednici 1 so zbrane osnovne lastnosti nizkotemperaturne CrN-prevleke, nanesene na različne podlage: mikrotrdota, površinska hrapavost (S_a), kritična sila za delaminacijo pri merjenju adhezije z metodo razenja (L_{c5}) in število defektov v obliki vrhov in kraterjev.

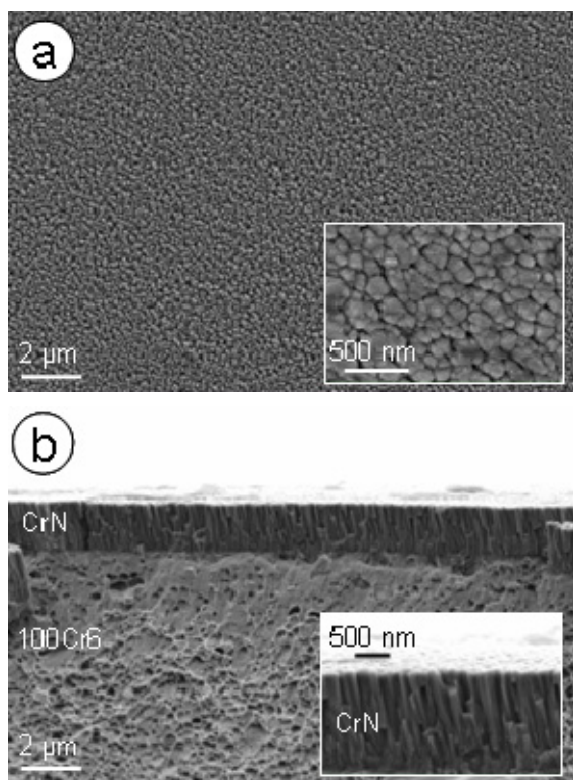
Preglednica 1: Osnovne lastnosti nizkotemperaturne CrN-prevleke: d – debelina, HV – mikrotrdota po Vickersu, L_{c5} – obremenitev, pri kateri pride do popolne delaminacije prevleke, S_a – površinska hrapavost, N – število defektov (vrh: nad 0,5 μm , krater: nad 0,25 μm)

podlaga	d [μm]	HV 50 mN	L_{c5} [N]	S_a [nm]	N_{vrh}	$N_{\text{kr.}}$
OCR12	3,1	1700	125	23	29	1
100Cr6	1,4	1450	90	12	2	0
ASP30	2,6	1850	96	21	19	4
OCR12VM	2,3	1680	125	16	39	2



Slika 2: Rentgenska uklonska spektra nizko- in visokotemperaturne CrN-prevleke

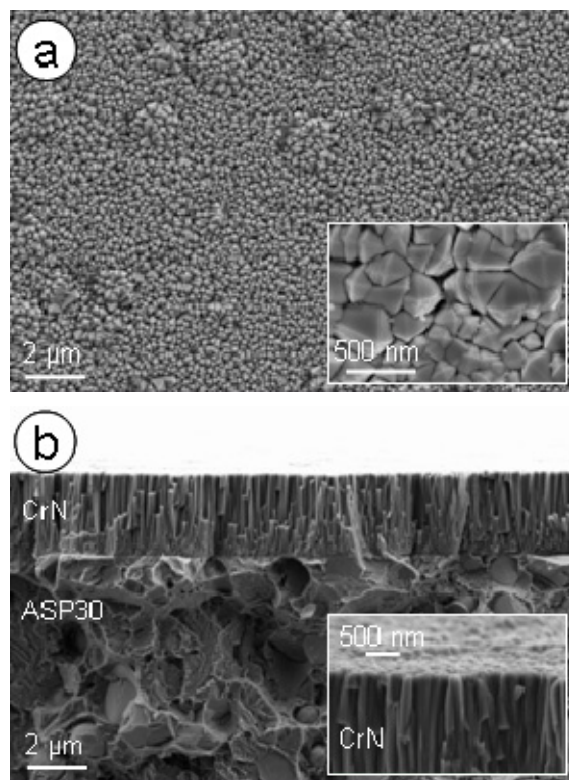
Rentgenski uklonski spekter nizekotemperaturne CrN-prevleke, ki smo jo pripravili s pulznim naprševanjem, je prikazan na sliki 2. Za primerjavo je dodan tudi uklonski spekter CrN-prevleke, ki smo jo pripravili pri visoki temperaturi s klasičnim magnetronskim naprševanjem. V prevleki prevladuje ploskovno centrirana kubična faza, v manjši koncentraciji pa je pristona tudi Cr₂N-faza. Prevleka ima izrazito (200) teksturo.



Slika 3: SEM-posnetki topografskih značilnosti CrN-prevleke na podlagi iz 100Cr6 (a) in mikrostrukture na prelomu plasti (b)

SEM-posnetki preloma in površine nizekotemperaturne CrN-prevleke na podlagi iz 100Cr6 in ASP30 so prikazani na slikah 3 in 4. SEM-analiza na prelomu je pokazala, da je mikrostruktura prevlek na različnih podlagah stebričasta. Takšna stebričasta rast s tribološkega vidika ni optimalna, ker se prevleka lahko poškoduje pri velikih strižnih obremenitvah in ker je takšna struktura bolj porozna od tiste, ki je sestavljena iz ekviaksialnih zrn. Poleg

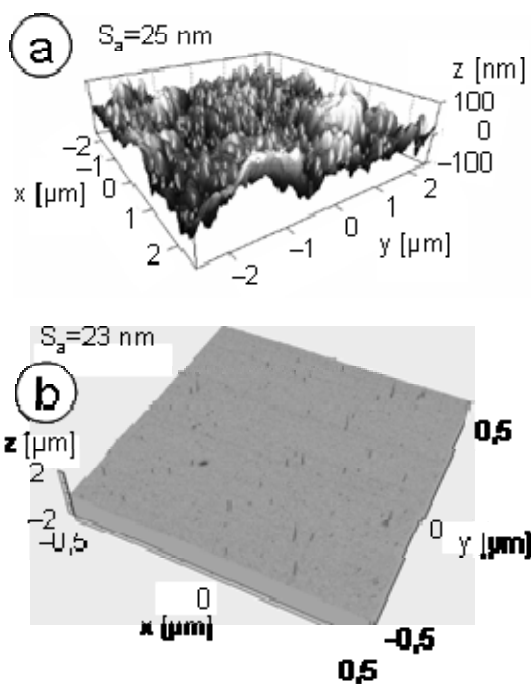
temperature podlag imajo velik vpliv na mikrostrukturo tudi prednapetost in tlak delovnega plina med nanašanjem. To mikrostrukturno anomalijo bomo poskusili odpraviti s popravkom prednapetosti in tlaka argona. Medtem ko imajo stebričasta zrna na površini prevleke, ki je zrasla na podlagi 100Cr6 obliko zaobljenih hribčkov, imajo zrna, ki so zrasla na podlagi iz jekla ASP30 obliko oktaederske piramide. Oktaederske piramide odražajo (200) preferenčno rast prevlek. Vsako kristalno zrno v obliki stebra izhaja iz ločenega nukleacijskega centra. Sosednja zrna imajo različno orientacijo pravokotno na ravnino podlage. Na mestih, kjer se v podlagi nahajajo karbidi, je ta preferenčna rast še bolj izrazita. Zato na teh mestih rastejo oktaederska zrna v obliki gruč.



Slika 4: SEM-posnetki topografskih značilnosti CrN-prevleke na podlagi iz ASP30 (a) in mikrostrukture na prelomu plasti (b)

Za študij topografskih značilnosti površine CrN-prevlek smo uporabili tudi AFM-mikroskop in 3D-profilometer. Slika 5a sta prikazuje AFM-posnetek površine CrN-prevleke na jeklu OCR12.

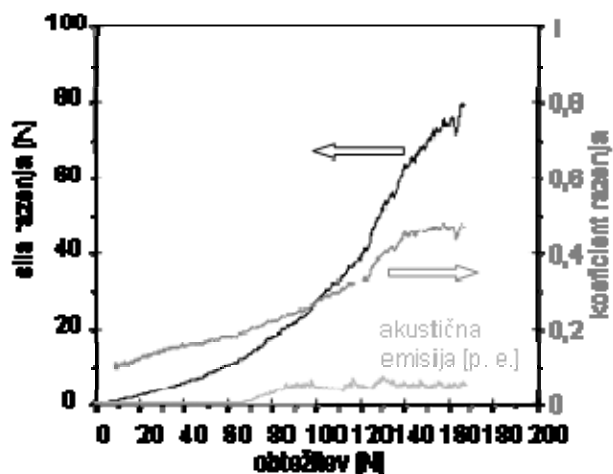
Iz posnetka na površini $5\ \mu\text{m} \times 5\ \mu\text{m}$ se jasno vidijo posmezna stebričasta zrna v prevleki. Posnetek topografije prevleke s 3D-profilometrom (slika 5b) pa je bil narejen na površini $1\ \text{mm} \times 1\ \text{mm}$. Na njem se vidi porazdelitev mikroskopsko velikih defektov. Ugotovili smo, da je teh v nizkotemperaturni prevleki v primerjavi z visokotemperaturno bistveno manj. Manjša je tudi površinska hrapavost (preglednica 1).



Slika 5: AFM-posnetek (a) in posnetek s 3D-profilometrom (b) površine nizkotemperaturne CrN-prevleke na podlagi iz OCR12

Z vidika uporabe je zelo pomemben podatek o adheziji prevleke. Analizirali smo jo z metodo razenja (scratch test), kjer merimo silo razenja v odvisnosti od obtežitve diamantne konice. Za merilo adhezije smo izbrali skok v sili razenja pri kritični sili obtežitve (Lc_5), ki nastane, ko diamantna konica odtrga prevleko. Diagram na sliki 6 prikazuje, da je bila ta sila od 90 N (na podlagi iz 100Cr6) do 125 N (na podlagi iz OCR12). Te vrednosti so celo večje od tistih, ki smo jih izmerili pri visokotemperaturnih CrN-prevlekah. Rezultat dokazuje, da je adhezija prevlek, ki smo jih pripravili s pulznim naprševanjem, odlična. Tudi mikrotrdota je

primerljiva z mikrotrdoto visokotemperaturne prevleke (preglednica 1).



Slika 6: Sila razenja in koeficient razenja v odvisnosti od normalne obtežitve

5. SKLEPI

Pokazali smo, da lahko z uporabo pulznega postopka naprševanja pripravimo kakovostne CrN-prevleke pri temperaturi pod $200\ ^\circ\text{C}$. Njene tribološke lastnosti so primerljive z visokotemperaturno CrN-prevleko.

Literatura

- B. Navinšek, P. Panjan, I. Milošev, Surf. Coat. Technol. 97 (1997) 182–191
- P. Hedenqvist, M. Bromark, M. Olsson, S. Hogmark, E. Bergmann, Surf. Coat. Technol. 63 (1994) 115–122
- G. Erkens, R. Cremer, T. Rasa, Ninth International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 13–17. 9. 2004, Book of Abstracts, p. 152
- J. Lin, Z. I. Wu, X. H. Zhang, B. Mishra, J. J. Moore, W. D. Sproul, Thin Solid Films 517 (2009) 1887–1894
- Y. B. Gerbig, V. Spassov, A. Savan, D. G. Chetwynd, Thin Solid Films 515 (2007) 2903–2920
- P. Panjan, M. Čekada, M. Panjan, S. Paskvale, D. Kek Merl, Proceedings of the International Conference »New Challenges in Heat Treatment and Surface Engineering«, Cavtat 2009

OPTIČNO DOLOČANJE NIČELNE TOČKE OBDELOVANCA NA CNC STROJU

Simon KLANČNIK, Jože BALIČ, Niko ROZMAN, Ivo PAHOLE, Mirko FICKO, Simon BREZOVNIK

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

POVZETEK

Strojni vid (machine vision) je v zadnjih letih postal sestavni del sodobnih proizvodnih okolij. Raznovrstnost aplikacij na različnih področjih omogoča večanje produktivnosti, nižanje stroškov in višjo kakovost proizvodov. V prispevku je predstavljen primer uporabe strojnega vida pri določanju ničelne točke obdelovanca na namiznem rezkalnem stroju LAKOS 150 G in sicer z uporabo nizkocenovne komercialne kamere. Delovanje razvitega sistema je ponazorjeno s praktičnim primerom, ki potrjuje učinkovitost implementiranega sistema pri dejanski uporabi na obdelovalnem stroju.

1. UVOD

Sistemi računalniškega vida se uporabljajo za nadomeščanje človekovega vizualnega zaznavanja, na primer kontrola kvalitete izdelkov, vodenje tehnoloških procesov, laboratorijske analize slike in podobno. Digitalni sistemi, kjer je model za reševanje problema vgrajen v programsko opremo, nudijo objektivno kontrolo proizvodnih procesov, polizdelkov in končnih izdelkov. Sistemi računalniškega vida zagotavljajo ponovljivost postopkov, znižujejo proizvodne stroške in lahko zmanjšajo škodljive vplive proizvodnega procesa na okolje. Tovrstni kontrolni sistemi pomagajo izboljšati konkurenčno sposobnost tehnoloških procesov.

Umetni vid je uporaben kot senzor za vodenje sistema odkar oponaša človeški vid in dovoljuje brezkontaktno zaznavanje neposredne okolice industrijskega sistema. Od prvih raziskovalcev s področja sistemov strojnega vida, ki so opisovali uporabo povratne zanke umetnega vida za korekcijo pozicije robota in s tem natančnost opravljanja naloge, je zaznati tudi precejšen razvoj robotskih manipulatorjev vodenih direktno na osnovi umetnega vida. Dandanes pa so v prodaji številni sistemi najrazličnejših proizvajalcev obdelovalnih sistemov s popolnoma integriranim sistemom

umetnega vida. Ti sistemi so visoko sofisticirani in temu primerna je tudi njihova cena.

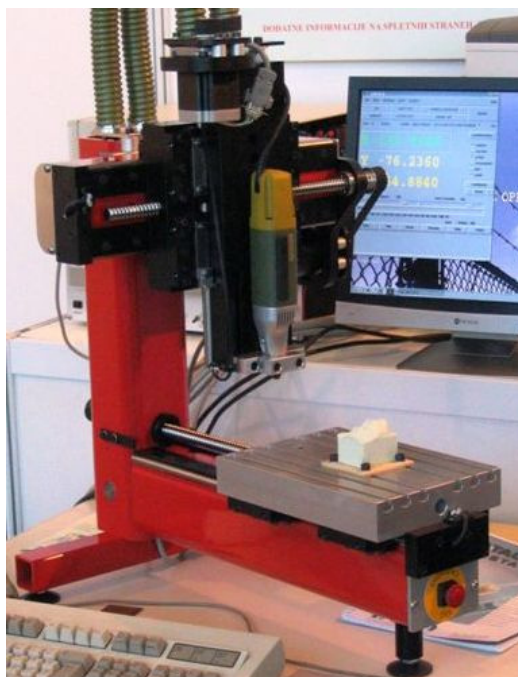
V članku je predstavljen razvoj sistema za optično določanje ničelne točke [1] obdelovanca z uporabo enostavne in cenene opreme. Naš primarni cilj je bil razviti sistem za samodejno določanje ničelne točke obdelovanca na namiznem rezkalnem stroju LAKOS 150 G. Seveda je sistem zasnovan tako, da ga je mogoče uporabiti tudi na drugi obdelovalnih strojih, kjer je potrebno določanje izhodišča obdelovanca.

Članek je organiziran v naslednjem vrstnem redu. Po uvodnem delu je na kratko predstavljena uporabljena strojna oprema. Nadalje je podrobno predstavljena zasnova sistema in sicer sama integracija na obdelovalni stroj LAKOS 150G ter osnovni princip delovanja sistema. Da lahko iz slike zajete s kamero izluščimo koristno informacije, je sliko potrebno obdelati s primernimi algoritmi za digitalno obdelavo slik. Postopek obdelave slike je predstavljen v četrtem poglavju. V petem poglavju so na kratko predstavljeni rezultati delovanja sistema za testen primer. Članek se konča s kratkim zaključkom.

2. STROJNA OPREMA

Sistem za optično določanje ničelne točke surovca smo implementirali na namiznem rezkalnem stroju LAKOS 150G, ki je prikazan na

Sliki 1. LAKOS je namizni triosni CNC obdelovalni stroj, ki je bil razvit predvsem kot učilo za izobraževalne institucije, ki obravnavajo mehatronske sisteme. Namenjen je predvsem lahkim obdelavam. Primeren je za obdelave z odrezavanjem in operacije, kot so npr. nanašanje lepila, nanašanje barvil, nanašanje tesnil, uporabljen je tudi kot robot za merjenja, robot za testiranja, robot za montažo itd... Ker je to šolski stroj je zasnovan enostavno in tako nudi še veliko možnosti za razvoj novih aplikacij in možnosti uporabe. Krmiljenje stroja se izvaja s pomočjo osebnega računalnika opremljenega z Linux operacijskim sistemom in sicer s pomočjo odprtokodnega CNC programskega paketa EMC2.



Slika 1: Namizni rezkalni stroj LAKOS 150G

Za optično določanje ničelne točke je potrebno na stroj namestit kamero, ki je nameščena fiksno in se njena lega več ne spreminja po kalibraciji sistema. V ta namen smo v delavnici Inštituta za proizvodno strojništvo, na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, izdelali namensko stojalo, ki je zasnovano tako, da je položaj kamere mogoče enostavno spreminjati glede na zahteve aplikacije, pri kateri jo

uporabljamo (spreminjanje oddaljenosti kamere od opazovanega objekta,...) (Slika 2).

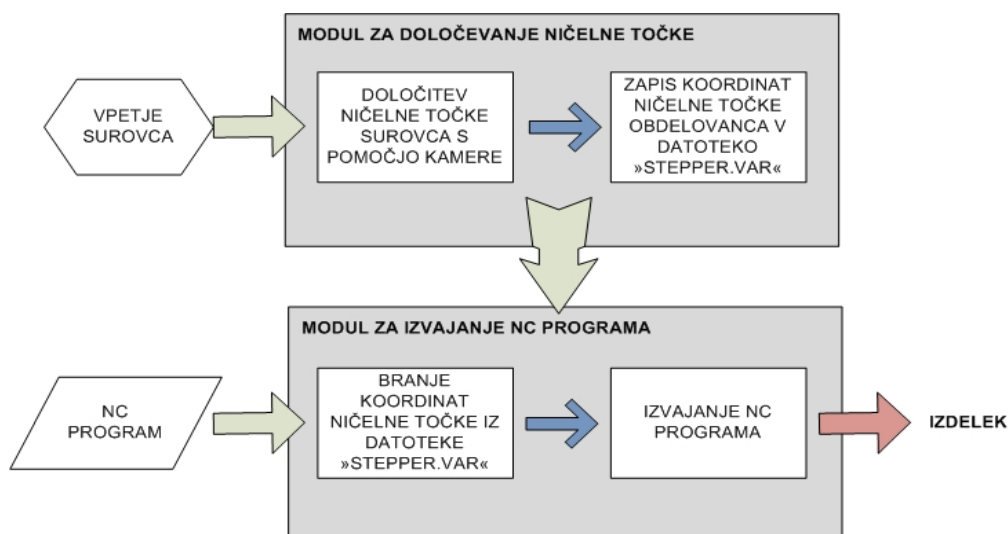
Uporabljena je cenena QuickCam kamera proizvajalca Logitech (Slika 2). S pomočjo te kamere lahko zajamemo do 30 slik na sekundo. Največja resolucija, ki jo lahko dosežemo ob direktnem zajemu video signala je 320x240 slikovnih točk. Zajemanje video signala na osebni računalnik poteka preko USB 2.0 vmesnika. Fokus kamere se nastavlja ročno.



Slika 2: Stojalo za kamero in kamera na rezkalnem stroju LAKOS 150 G

3. ZASNOVA SISTEMA

Na Sliki 3 je prikazana blokovna shema principa delovanja sistema. Ko vpnemo obdelovanec najprej poženemo sistem za optično določanje ničelne točke [2]. Iz zajete slike se določijo koordinate ničelne točke surovca. Za vsako os posebej se izračuna vrednostjo koordinate ničelne točke surovca (informacija pridobljena iz slike) in sicer v koordinatnem sistemu stroja. Te vrednosti se shranijo v datoteko »stepper.var«, ki je sistemska datoteka odprtokodnega okolja EMC2 in je namenjena shranjevanju spremenljivk, ki se morajo ohraniti tudi ob naslednjem zagonu aplikacije.

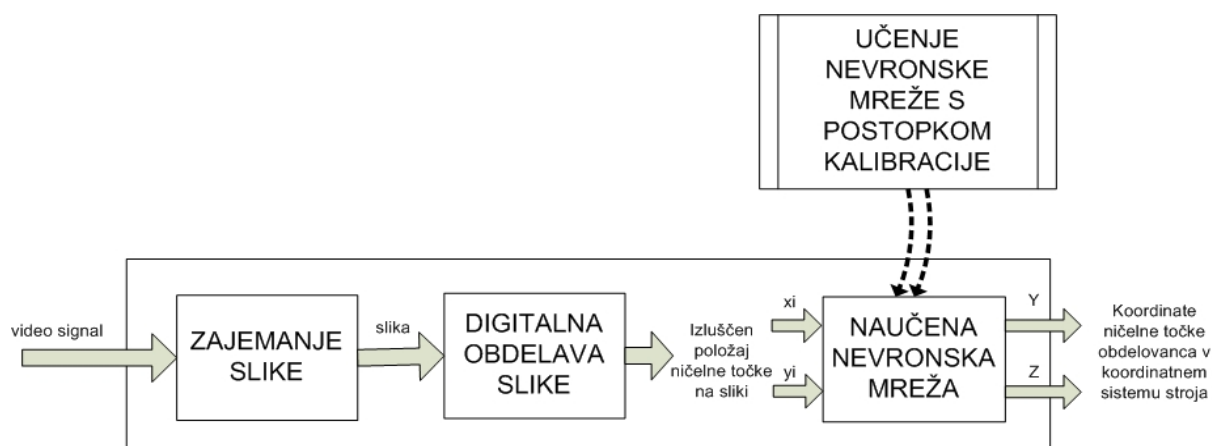


Slika 3: Temeljno delovanja sistema

Ko naložimo v okolje EMC2 datoteko z NC programom, se hkrati iz datoteke »stepper.var« preberejo koordinate ničelne točke surovca. Takoj za tem se obdelava na rezkalnem stroju LAKOS 150G prične izvajati.

Na Sliki 4 je s pomočjo blokovnega diagrama prikazano delovanje modula za optično določanje ničelne točke obdelovanca. Ob namestitvi kamere na stroj je sistem potrebno najprej kalibrirati, da se določijo relacije med koordinatami zajete slike in prostorskimi koordinatami stroja. Kalibracija se izvede enkrat in je ni treba ponavljati, dokler se ne spremeni položaj kamere. V našem sistemu smo implementirali kalibracijo kamere s pomočjo umetne nevronske mreže. Naučena nevronska

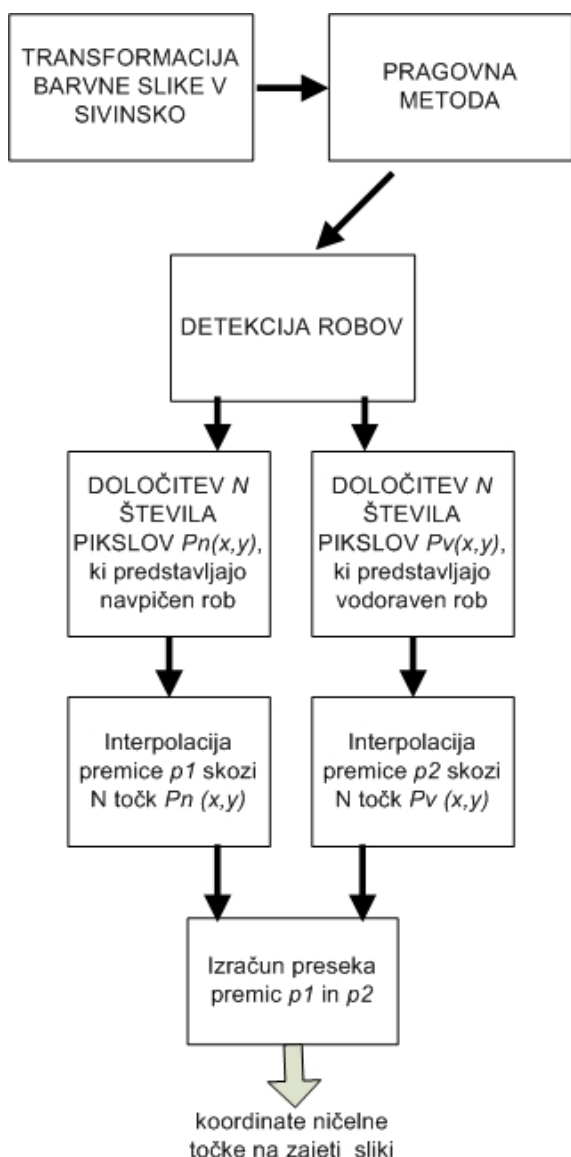
mreža predstavlja kalibracijski model. Ko je učenje nevronske mreže končano lahko začnemo uporabljati sistem za določanje ničelne točke obdelovanca. Najprej se preko kamere zajame slika vpetega obdelovanca. V naslednjem koraku zajeto sliko obdelamo s primernimi algoritmi tako, da iz nje izluščimo informacijo o položaju ničelne točke obdelovanca v koordinatnem sistemu slike. Te koordinate so vhodni podatek v naučeno nevronska mrežo, ki smo jo učili v fazi kalibracije sistema. Kot izhod iz nevronske mreže dobimo iskan podatek in sicer dejansko vrednost položaja ničelne točke obdelovanca (v milimetrih) v koordinatnem sistemu stroja.



Slika 4: Blokovna shema delovanja sistema

4. OBDELAVA SLIKE

S pomočjo primernih algoritmov za digitalno obdelavo slike [3-9] lahko iz nje izluščimo informacijo, ki nas zanima. V našem primeru želimo na sliki poiskati območje, ki predstavlja ničelno točko obdelovanca (robno točko na obdelovancu). Na Sliki 5 je prikazan potek obdelave slike.



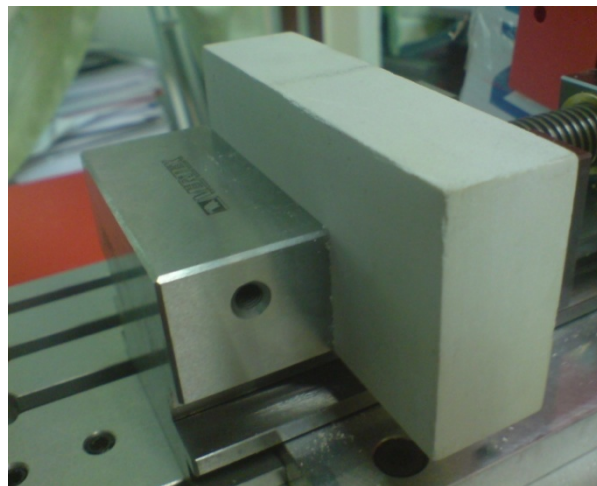
Slika 5: Shematski prikaz poteka obdelave zajete slike

V naši aplikaciji smo se omejili na sivinske slike. V ta namen najprej barvno sliko, ki jo zajamemo s kamero, transformiramo v sivinsko

(monokromatsko) sliko. To storimo tako, da vsakemu pikslu na sliki obtežimo rdečo, modro in zeleno barvno komponento, njihova vsota pa nam predstavlja sivino tega piksla. V naslednjem koraku s pomočjo pragovne metode ločimo iskani objekt (v našem primeru je to obdelovanec) od ozadja. Metoda temelji na primerjanju vrednosti sivine vsakega piksla z neko pragovno vrednostjo. V naši aplikaciji uporabljamo Sobelov algoritem za detekcijo robov [3]. Za uporabo tega algoritma smo se odločili zato, ker je naš sistem postavljen v okolju kjer je vpliv šuma minimalen (nespremenjena scena) in tako je Sobelov detektor robov dovolj robusten, da zanesljivo določi robove na sliki.

5. REZULTATI

Sistem smo testirali z različnimi surovci prizmatične oblike. V nadaljevanju so prikazani rezultati delovanja sistema za surovec, ki smo ga poljubno vpeli na obdelovalno mizo rezkalnega stroja LAKOS (Slika 6).



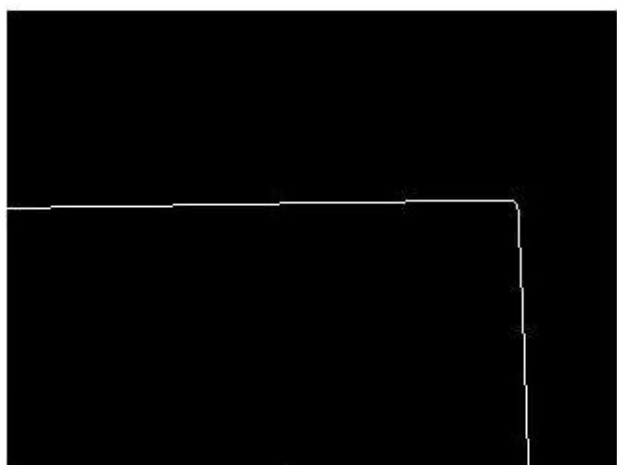
Slika 6: Testni surovec vpet na rezkalnem stroju LAKOS 150G

S pomočjo kalibrirane kamere se zajame slika obdelovanca, ki jo obdelamo s pragovno metodo. S tem ločimo iskani objekt od ozadja. Rezultati obdelave slike s pragovno metodo so predstavljeni na Sliki 6.



Slika 6: Slika obdelana s pragovno metodo

Na Sliki 7 so predstavljeni rezultati obdelave slike s Sobelovim algoritmu za detekcijo robov. Z belo barvo so na sliki prikazani zaznani robovi obdelovanca.



Slika 7: Slika obdelana s Sobelovim detektorju robov

Končni rezultat digitalne obdelave zajete slike je določena ničelna točka obdelovanca na sliki. Ničelna točka, ki jo je določil implementiran algoritem obdelave, je za izbran testen primer prikazana na Sliki 8.



Slika 8: Določene koordinate ničelne točke

Iz Slike 8 vidimo, da je sistem določil koordinate ničelne točke $x=268,3$ in $y=100,0$ in sicer v koordinatnem sistemu, katerega izhodišče je postavljeno v zgornji levi vogal slike. Ti dve vrednosti predstavljata vhoda v nevronske mreže, ki smo jo učili v fazi kalibracije, njeno znanje pa predstavlja relacijo med koordinatami slike in koordinatami stroja. Izhod iz nevronske mreže je tako pozicija ničelne točke obdelovanca v koordinatnem sistemu stroja in sicer v predstavljenem testnem primeru je sistem določil, da je $Y=22,7$ mm in $Z=87,2$ mm. Orodje stroja smo zapeljali v to točko in ugotovili, da je sistem natančno določil ničelno točko obdelovanca. Z uporabljenimi kamerami resolucije 320x240 pikselov lahko pri uporabi sistema na stroju LAKOS določimo ničelno točko obdelovanca na 0,3 mm natančno. Z uporabo kamere višje resolucije pa bi lahko natančnost sistema izboljšali.

6. ZAKLJUČEK

Razvit sistem za optično določanje ničelne točke se je skozi številna testiranja izkazal kot zanesljiv in primeren za uporabo v praksi. Okolica obdelovanca ostaja navadno nespremenjena oziroma je mogoče na sistem namestiti enobarvno podlago, ki omogoča, da enostavno ločimo obdelovanec od ozadja in je tako delovanje sistema zanesljivo in robustno. V prihodnosti bomo na rezkalni stroj LAKOS 150 G namestili primeren izvor svetlobe, ki bo omogočal enakomerno in konstantno osvetlitev obdelovanca in njegove okolice. S tem bomo

povečali zanesljivost delovanja sistema v različnih okoljih z različno osvetlitvijo prostora (okolice). Prav tako bi bila za praktično uporabo boljša kamera z večjo resolucijo.

Povzamemo lahko, da se je predstavljen sistem izkazal kot zanesljiv in učinkovit za uporabo na namiznem rezkalnem stroju LAKOS 150G. Sistem pa je zasnovan tako, da je primeren za uporabo tudi na drugih obdelovalnih strojih in napravah za optično določanje ničelne točke obdelovalca.

Literatura

- [1] Pahole, I., Ficko, M., (2004), Programiranje NC strojev, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor.
- [2] Kamnik, M., (2008), Uporaba strojnega vida v prilagodljivih obdelovalnih sistemih, magistrska naloga, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor.
- [3] Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. (1993), Digital Image Processing, Addison-Wesley, Boston.
- [4] Iglesias, T.; Salmon, A.; Scholtz, J.; Hedegore, R. (2006), Handbook of Machine Vision, Wiley-VCH, Weinheim.
- [5] Image processing fundamentals, dostopno na WWW: www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP [14.4.2009].
- [6] Klančnik, S., Balič, J., Planinc, P., (2007), Obstacle detection with active laser triangulation, Advances in production engineering & management, Vol. 2, 79-90.
- [7] Klančnik, S., (2006) Zaznavanje ovir s pomočjo strukturirane svetlobe, Zbornik petnajste mednarodne Elektrotehniške in računalniške konference ERK'06, Portorož.
- [8] Canny Edge Detection Tutorial, Avtor: Bill Green (2002), http://www.pages.drexel.edu/~weg22/can_tut.html [14.4.2009].
- [9] Liang, R. L.; Basallo, E.; Looney, C. G., (2001), Image Edge Detection with Fuzzy Classifier, proceedings of the ISCA 14th international Conference, Las Vegas.

OPTIMIRANJE IN ADAPTIVNO VODENJE PROCESOV ODREZAVANJA Z NEVRONSKIMI MREŽAMI

Uroš ŽUPERL, Franci ČUŠ
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Od industrijske revolucije dalje je bil proces odrezavanja kovin poglavitni proces v obdelovalni industriji. Problem, s katerim so se srečevali v proizvodnji skoraj celo stoletje, je bil: kako ugotoviti učinkovite pogoje odrezavanja kovin za operacije odrezavanja. S široko uporabnostjo CNC-strojev in ostre konkurence med proizvajalci je pomembnost optimizacije rezalnih pogojev zelo naraščala. V zadnjih nekaj letih so umetne nevronske mreže oznanile pomemben potencial pri reševanju kompleksnih problemov. Področja uporabnosti vsebujejo združen spomin, signalno upravljanje, vzorčno razpoznavanje, modeliranje in optimizacijo, robotizacijo in adaptivno vodenje procesov. Vodenje procesov obdelave je trenutno v središču pozornosti zaradi potencialnih ekonomskih koristi povezanih z avtomatizacijo odrezavanja; 10% dodatna investicija v izboljšanje zmogljivosti sistema vodenja povzroči 100% povečanje produktivnosti. Za uspešno avtomatizacijo, kjer se proces obdelave odvija brez človekovega posredovanja, je potrebno kontinuirano spremljati in prilagajati rezalne parametre in prav tu pride do izraza uporabnost nevronskih mrež.

1. UVOD

Brez orodij in obdelovalnih strojev se v industrijski proizvodnji nič ne spreminja. Gospodarske zahteve silijo podjetja iz strojegradnje in orodjarstva, da iščejo vse možne potenciale racionalizacije na vseh področjih proizvodnje.

V zadnjem času so postale nevronske mreže uporabne za nekatera področja v zvezi z odrezavanjem kovin [7,8]. V nadaljevanju je predstavljena optimizacija z upoštevanjem več dejavnikov, ki temelji na nevronskih mrežah za planiranje operacije struženja z enim prehodom oz. ene točke. Namen je predstaviti potencial nevronskih mrež za optimizacijo operacij odrezavanja. Prav tako je namen primera oceniti sistem podjetja s kontrolnimi zmožnostmi nevronskih mrež, ki integrirajo več dejavnikov v samo enega.

Pomanjkljivost modernih CNC sistemov je, da se rezalni parametri kot so podajanje, rezalna hitrost in globina reza, še vedno programirajo v off-line načinu. Rezultat je, da so rezalni pogoji običajno izbrani ekstremno konzervativno z namenom preprečiti poškodbe orodja in stroja. Zato so mnogi CNC sistemi neučinkoviti in

obratujejo pri rezalnih pogojih, ki so daleč od optimalnih. Danes so na pohodu adaptivni sistemi vodenja (AC), ki omogočajo on-line prilagajanje rezalnih pogojev [1,4,8]. V nadaljevanju je opisan takšen sistem, ki z digitalno adaptacijo rezalnih parametrov nadzoruje rezalno silo in ohranja konstantno hrapavost obdelane površine med frezanjem.

2. DOLOČITEV OSNOVNIH PROBLEMOV OPTIMIZACIJE REZALNIH PARAMETROV

V procesu odrezavanja kovin je veliko faktorjev, ki vplivajo na proces planiranja strojnih operacij. Te faktorje lahko definiramo kot tip strojne operacije (struženje, frezanje,...), kot parametre orodnih strojev (togost, moč stroja,...), kot parametre rezalnih pogojev (rezalna hitrost, velikost podajanja, globina reza,...) in kot karakteristike obdelovanca (material, geometrija,...). Med vsemi temi faktorji so rezalni parametri (hitrost, velikost podajanja in globina reza) nedvomno med pomembnejšimi v strojni obdelavi.

V operaciji struženja je rezalna hitrost v_c definirana kot stopnja, pri kateri neobdelana površina obdelovanca preide rezalni rob orodja. Velikost podajanja f je razdalja, ki jo opravi orodje

v aksialni smeri ob vsakem obratu obdelovanca. Globina reza a_p je debelina odstranjenega materiala obdelovanca, merjena v radialni smeri. Določanje optimalnih rezalnih pogojev za dano strojno operacijo vključuje tudi razmerje med minimalno stopnjo odzemanja materiala in minimalno obrabo orodja. S povečanjem stopnje podajanja ali hitrosti vretena se poveča stopnja odzemanja materiala in s tem tudi stopnja proizvodnje. To pa se kaže v prekomerni obrabi orodja, pogostejši menjavi orodja in povečanju proizvodnih stroškov. Zaradi tega je potrebno določiti optimalno vrednost za rezalno hitrost, stopnje podajanja in globine reza skupaj ter upoštevati omejitve, kot je poraba moči in energije. Naloga optimizacije je določiti takšne optimalne obdelovalne parametre, kot so v_c (rezalna hitrost), f (podajanje) in a_p (globina reza), da dobimo najboljše rezultate za stopnjo proizvodnje, stroške obdelave in kvaliteto obdelave.

3. FUNKCIJE VREDNOSTI OBDELOVALNIH PARAMETROV

Celoten razvoj planiranja strojnih procesov temelji na optimizaciji ekonomskih kriterijev glede na tehnične in upravne pogoje. Ekonomski kriteriji so v operacijah odrezavanja zajeti kot sestavni del stroškov, časa in kvalitete.

V nadaljevanju bodo obravnavane naslednje funkcije: stopnja proizvodnje bo maksimirana, stroški obdelave bodo minimirani in kvaliteta rezanja bo maksimirana.

Stopnjo proizvodnje običajno merimo s celotnim časom, ki je potreben za izdelavo enega izdelka t_i , in je funkcija stopnje odrezavanja kovin (MRR - Metal Removal Rate) in življenjske dobe orodja T ; enačba je:

$$t_i = t_o + V(I + t_m / T) / MRR + t_p \quad (1)$$

kjer so t_o , t_m , t_p in V pripravljalni čas orodja, menjalni čas orodja, prosti čas orodja in prostornina odstružka. V določenih operacijah so t_o , t_m , t_p in V konstante, od koder sledi, da je t_i funkcija MRR in T .

Stopnja odrezavanja kovin MRR. MRR lahko z analitično izpeljavo izrazimo kot produkt rezalne hitrosti, stopnje podajanja in globine reza, to je:

$$MRR = 1000 \cdot v_c \cdot f \cdot a_p \quad (2)$$

Obstojnost orodja T . Obstojnost orodja je merjena kot povprečen čas med menjavami in ostrenji orodja. Zveza med življenjsko dobo orodja in strojnimi parametri je dana z že znano razširjeno Taylorjevo enačbo:

$$T = k_T / (v_c^{\alpha_T} \cdot f^{\beta_T} \cdot a_p^{\gamma_T}), \quad (3)$$

kjer so k_T , α_T , β_T in γ_T vedno pozitivni konstantni parametri. To je empirična formula in zato je potrebno konstante oceniti statistično.

Stroške obdelave [5] lahko izrazimo kot stroške na izdelek S_i . Imamo dva pogoja obdelovalnih stroškov, ki se nanašajo na obdelovalne parametre: obstojnost orodja T in čas na izdelek t_i .

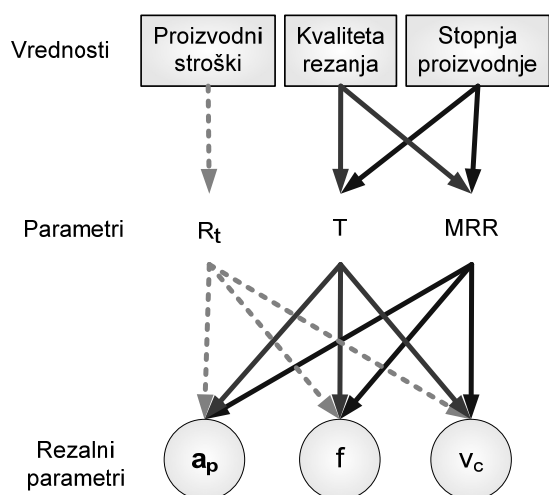
$$S_i = (S_o / T + S_l + S_0) \cdot t_i \quad (4)$$

pri tem so S_o , S_l in S_0 orodni stroški, stroški raziskav in režijski stroški. V določenih operacijah so S_o , S_l in S_0 neodvisni od strojnih parametrov.

Kvaliteta obdelave: Obstaja več metod za merjenje kvalitete obdelave, kot so termin hrapavosti površine, celovitost površine itd. Najpomembnejši pogoj merjenja kvalitete je hrapavost površine. Aritmetično povprečje srednje linije R_a lahko (v nekaterih primerih) približno izrazimo kot:

$$R_a = R_t = k_s \cdot v^{\alpha_s} \cdot f^{\beta_s} \cdot d^{\gamma_s}, \quad (5)$$

kjer so k_s , α_s , β_s in γ_s konstante, ki pripadajo specifični kombinaciji orodje-obdelovanec. Slika 1 prikazuje hierarhično strukturo, ki temelji na zgoraj omenjenih parametrih.



Slika 1: Prikaz hierarhične strukture vrednosti, atributov in rezalnih parametrov

Omejitve: Obstaja več faktorjev, ki omejujejo rezalne parametre. Taka je razpoložljiva moč, ki pogojuje rezalne parametre. Ti faktorji običajno izvirajo iz tehničnih določil in uporabnih zahtev. Upoštevane zbrane omejitve so naslednje:

1. Eksplicitne meje rezalnih parametrov.

Zaradi omejene kapacitete stroja in upoštevanja varnosti operaterja so rezalni parametri običajno omejeni znotraj določenih mej.

$$\begin{aligned} v_{cmin} &\leq v_c \leq v_{cmaks} \\ f_{min} &\leq f \leq f_{maks} \\ a_{pmin} &\leq a_p \leq a_{pmaks}. \end{aligned} \tag{6}$$

2. Implicitne omejitve zaradi kapacitete stroja in karakteristik obdelovanca.

Kapaciteto strojnega orodja poda običajno proizvajalec. Kapaciteto stroja pa predstavlja rezalna moč, rezalna sila itd. Podobno so s fizikalnimi lastnostmi določene obdelovalne karakteristike materiala obdelovanca. Rezalna moč P in sila F sta moč in sila, ki sta uporabljeni med strojno operacijo. Porabo moči lahko izrazimo kot funkcijo rezalne sile in rezalne hitrosti [2]:

$$P = k_P \cdot v \cdot f_F^\beta \cdot d_F^\gamma, \tag{7}$$

kjer je $k_P = k_F / (6122,45 \cdot \eta)$.
Meje rezalne moči in sile so:

$$P(v_c, f, a_p) \leq P_{maks} \tag{8}$$

$$F(v_c, f, a_p) \leq F_{maks}.$$

Tako je potrebno problem optimizacije rezalnih parametrov formulirati kot optimizacijski problem ob upoštevanju več dejavnikov. Ti so:

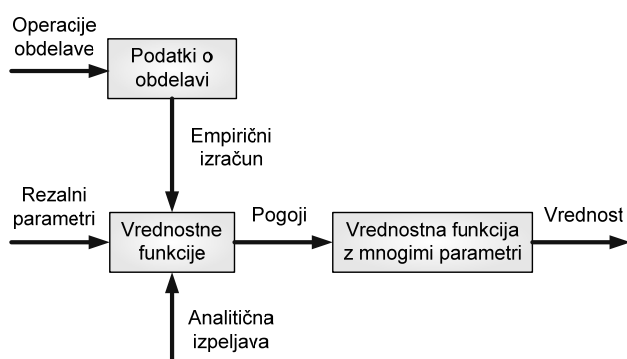
$$\begin{aligned} \min t_i(v_c, f, a_p) \\ \min S_i(v_c, f, a_p) \\ \min R_a(v_c, f, a_p). \end{aligned} \tag{9}$$

4. PRISTOP K OPTIMIZACIJI REZALNIH PARAMETROV

Ob prisotnosti mnogih neenakih in nasprotnih parametrov so idealne rešitve, ki bi optimizirale vse parametre, zelo redke. Da bi lahko ovrednotili medsebojni vpliv med pogoji ter dobili celotni prioriteten sistem vrednosti podjetja, je priporočljivo ovrednotiti funkcijo vrednosti obdelovalnih parametrov, ki predstavlja prednostne parametre v podjetju. Ta funkcija je definirana kot funkcija z realnimi vrednostmi, ki parametrom glede na opredeljen prednostni kriterij podjetja opredeli večji vrednostni indeks.

Eden od pristopov za določanje najpomembnejših rezalnih parametrov je pristop z maksimizacijo implicitne vrednostne funkcije parametrov podjetja. Slika 2 prikazuje predlagan pristop k optimizaciji rezalnih parametrov za planiranje strojnih operacij. Leva stran slike prikazuje objektivno bistvo, ki se nanaša na ustvarjanje podatkov in procese za objektivno določanje. Desna stran je pretežno subjektivna, kjer so vsi vplivni dejavniki vneseni v indeksno vrednostno lestvico, ki ovrednoti vse proizvodjalčeve prednosti.

Bistvo učenja nevronske mreže je v izdelavi urejenih notranjih povezav, ki temeljijo na določenih sklopih vadbenih vzorcev. "Feed forward" nevronska mreža, ki je bila izdelana z večplastnim "perceptronom" (zaznavnim členom), je dokazala, da lahko z mrežo določamo splošne približne vrednosti, in demonstrirala zmožnost obdelave kompleksnih sistemov. Odkar so večplastne nevronske mreže sposobne izračunati približne vrednosti vsake funkcije, so večplastne nevronske mreže sposobne določiti prioriteten strukturo vsakega podjetja.



Slika 2: Diagram predlaganega pristopa k optimizaciji rezalnih parametrov.

5. POSTOPEK IZDELAVE

Proces ovrednotenja prioritet se prične z določitvijo sklopov vzorčnih podatkov in ugotovitev prioritetenih podatkov podjetja. Ugotovitev prioritetenih vrednosti podjetja vključuje izdelavo funkcij obdelovalnih parametrov za ovrednotenje izbranih primerov. Dobljene informacije o prioritetenih vrednostih so v obliki razmerij.

Primeri, združeni z ustreznimi razmerji, predstavljajo tako vadbene sklope podatkov kot tudi sklope za trening, ki so temelj za učenje z nadzorom. "Feed forward" nevronska mreža naj bo trenirana s sklopom podatkov za trening zaradi preizkusa funkcije, ki opredeljuje dejavnike podjetja. Sklop podatkov za testiranje se uporablja za potrditev in določitev dobljene nevronske mreže. Če testni rezultati niso zadovoljivi, to pomeni, da dobljeni napačni rezultati presegajo nivo še dovoljenih odstopanj, je potrebno nevronska mrežo ponovno trenirati z drugim sklopom podatkov in drugačno začetno konfiguracijo mreže.

Model nevronske mreže, ki je bil konstruiran na osnovi prioritetenih vrednostih, predstavlja proizvodne značilnosti in proizvodno strategijo podjetja. Ko je vrednostna funkcija, ki opredeljuje vse pogoje znotraj mreže, določena, je potrebno, kolikor pride do spremembe pogojev v podjetju, to funkcijo tudi spremeniti. Ker so spremembe pogojev v podjetju v normalnih okoliščinah dokaj

Preglednica 1: Rezultati izračuna nevronske

Osnova	v_c [m/min]	f [mm/obr.]	a_p [mm]	t_i [min]	S_i [Evro]	R_a [μ m]
--------	---------------	---------------	------------	-------------	--------------	------------------

redke, je sprememba funkcije nevronske mreže manj zahtevna kot kompletno prestrukturiranje nevronske mreže.

Za ovrednotenje funkcije lahko uporabimo večplastno zgradbo "feed forward" nevronske mreže [6].

Glede na dosedanje izkušnje so kot vhodni podatki nevronske mreže potrebni trije pogoji: t_i , S_i in R_a . Kolikor vrednosti t_i , S_i in R_a niso v podobnem merilnem območju, je potrebno vse podatke poenotiti, da se izognemo računskim problemom. Kolikor je vrednostna funkcija točno opredeljena znotraj nevronske mreže, je za izhodne podatke potreben samo en izhodni nevron. Za treniranje večplastne nevronske mreže se prednostno uporablja adaptivni učni algoritem.

Za določitev prioritetenih pogojev lahko uporabimo različne prioritetenne modele, različne strukture nevronskih mrež in različne učne algoritme. Ko je funkcija ovrednotena, bo ta funkcija, ki je osnova nevronske mreže, uporabljena za določanje vseh prioritetenih pogojev podjetja in optimizacija več dejavnikov bo reducirana le na maksimizacijo enega dejavnika, kot sledi [3]:

$$\text{maks } y [t_i(v_c, f, a_p), S_i(v_c, f, a_p), R_a(v_c, f, a_p)] \quad (15)$$

kjer je y izhodna spremenljivka nevronske mreže. Najpomembnejše rezalne parametre lahko določimo z uporabo konvencionalnih matematičnih računskih tehnik.

6. PRIMER

Kot demonstracija podrobne procedure in delovnih karakteristik predlaganega načina določanja optimalnih obdelovalnih parametrov je prikazan primer, ki temelji na hipotetičnih podatkih.

Na CNC-stružnici želimo obdelati surovec iz železove zlitine z orodjem iz karbidne trdine. Da poenostavimo, lahko predpostavimo, da so bili konstantni parametri v funkciji in omejitveni pogoji vnaprej določeni glede na obstojnost orodja, hrapavost končne površine,

$v_c [t_i, S_i, R_a]$	90,00000	1,728503	5,00000	0,459051	0,317014	0,815663
$y [t_i, S_i, R_a]$	90,00000	1,728491	5,00000	0,459053	0,317013	0,815659

Osnova	MMR [mm ³ /min]	T [min]	F [kg]	P [kW]	θ [°C]
$v_c [t_i, S_i, R_a]$	777826,19663 4	45,0788 91	20,0000 00	0,81667 0	180,406892
$y [t_i, S_i, R_a]$	777820,74236 6	45,0793 81	19,9999 24	0,81666 3	180,406589

rezalne sile in temperature.

Na podlagi konstruirane večplastne mreže so z uporabo komercialnega programskega paketa dobili optimalne rezalne parametre. V začetku so bile tako dobljene le splošne rešitve. Preglednica 1 prikazuje optimalne rezalne parametre ter ustrezne vrednosti funkcije in procesne izhodne vrednosti, ki temeljijo na maksimizaciji tako implicitne funkcije $v_c [t_i (v_c, f, a_p), S_i (v_c, f, a_p), R_a (v_c, f, a_p)]$ kot tudi trenirane nevronske mreže $y [t_i (v_c, f, a_p), S_i (v_c, f, a_p), R_a (v_c, f, a_p)]$. Tako lahko povzamemo, da daje optimizacijski pristop, ki temelji na nevronskih mrežah, dovolj natančne približke glede na realne optimalne rešitve.

7. SISTEM ADAPTIVNEGA PRILAGAJANJA REZALNIH PARAMETROV

Osnovna zamisel tega pristopa je združiti algoritem posrednega (off-line) in on-line optimiranja. (slika 3). Na osnovi takega kombiniranega sistema vodenja je možno lažje in natančneje nadzorovati komplicirane procese kot s standardnimi pristopi vodenja. Sistem vodenja se z adaptacijo podajanja avtomatsko prilagaja trenutnim rezalnim razmeram. Kadar so obremenitve vretena majhne, sistem poveča podajanje preko pred-programiranih vrednosti, kar ima za posledico znatno zmanjšanje časa obdelave in proizvodnih stroškov. Kadar so obremenitve vretena velike, se podajanje zmanjšajo, kar varuje rezalno orodje pred

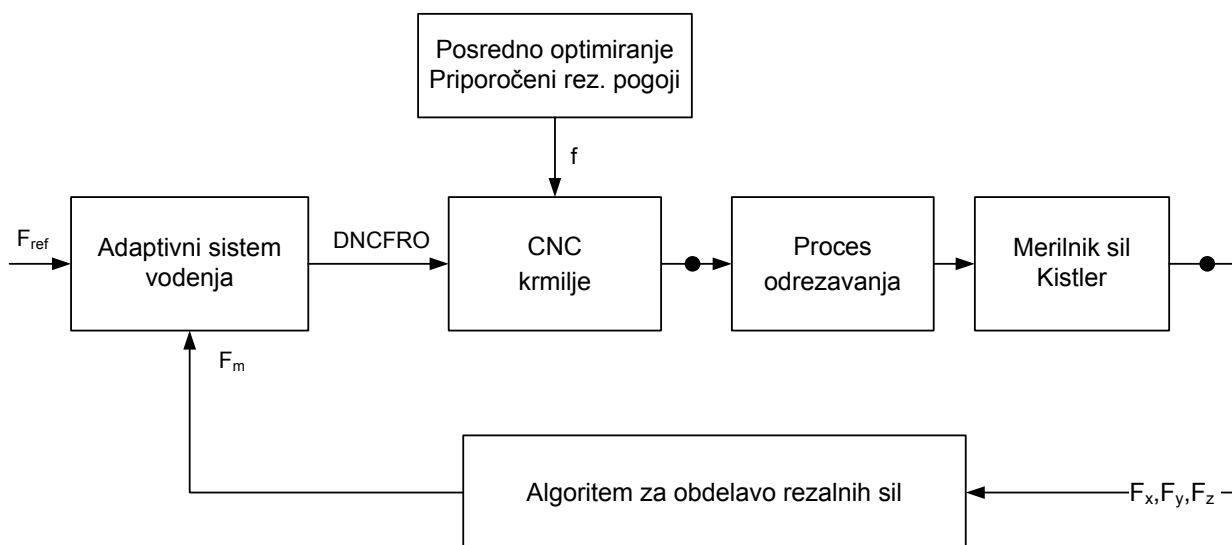
poškodbami in lomom. Kadar sistem zazna ekstremne sile, avtomatsko zaustavi stroj, da zaščiti rezalno orodje.

Spodaj je podano zaporedje korakov pri on-line optimizaciji postopka struženja.

1. Priporočeni rezalni pogoji se določijo z lastno-razvitim softverom za izbiro priporočenih rezalnih pogojev [5].
2. Priporočene vrednosti podajanja, se nato pošljejo CNC krmilju stroja.
3. Izmerjene rezalne sile se posredujejo nevronski krmilni shemi.
4. Nevronska krmilna shema prilagodi optimalne vrednosti podajanja in jih pošlje nazaj stroju. Dejanska vrednost podajanja je produkt popravka podajanja (DNCFRO) in programirane stopnje podajanja.
5. Koraki 1 do 3 se ponavljajo do konca obdelave.

Oprema za zajemanje podatkov se sestoji iz dinamometra, vpenjalne priprave in softverskega modula. Rezalne sile so izmerjene s piezo-električnim dinamometrom nameščenim med stružnim nožem in suportom.

Modul vmesnikove strojne opreme je sestavljen iz povezovalnega bloka, modula za obdelavo analognega signala in 16-kanalnega analogno-digitalnega A/D pretvornika (PC-MIO-16E-4). V A/D pretvorniku bo analogni signal pretvorjen v digitalni signal, tako da softver



Slika 3: Zgradba sistema za adaptivno nastavljanje rezalnih parametrov.

LabVIEW lahko sprejme in prebere podatke. S programom LabVIEW so nato električne napetosti pretvorjene v X, Y in Z komponento sil.

Komunikacija med sistemom vodenja in NCkrmiljem stroja je izvedena preko RS-232 protokola.

8. ZAKLJUČEK

Uporaba nevronske mreže bo v prihodnosti ob tako bliskovitem razvoju računalništva prav gotovo nepogrešljiv pripomoček v strojništvu. Bolj kot kdaj koli je očitno, da obdelovalni stroji in postopki projektiranja ne morejo več uspešno delovati brez podpore zmogljivih računalnikov in dobrih programov, ki upravljajo vse procese. Tudi razvoj računalništva ne bi tako napredoval, če tega tempa ne bi uspešno spremljal razvoj obdelovalnih postopkov. Ta primer kaže, kako pomembna je interakcija in simbioza vseh znanstvenih ved tehnike, saj je le ob uporabi celotnega znanja možno dosegati kaj revolucionarnega.

Glavni namen razvoja nevronske mreže je posnemanje delovanja človeških možganov, da bi v prihodnosti znal računalnik sam odločati med vnaprej določenimi mejnimi vrednostmi. Sedaj so ti programi še v fazi izdelave in preizkušanja, vendar kažejo dobljeni rezultati dobra izhodišča za nadaljnje delo in ni več nemogoče, da bo v prihodnosti računalnik uspel nadomestiti človeka

pri sprejemanju odločitev o določanju najoptimalnejših pogojev obdelave.

Literatura

- [25] Čuš, F., Balič, J.: Optimization of cutting process by GA approach, *Robot. comput. integr. manuf.*, Vol. 19, (2003), p. 113-121.
- [26] Kopač, J.: Rezalne sile in njihov vpliv na gospodarnost obdelave = Cutting forces and their influence on the economics of machining., *Stroj. vestn.* Vol. 3, (2002), p. 121-132.
- [27] Lee, B.Y., Tarng, Y.S.: Cutting-parameter selection for maximizing production rate or minimizing production cost in multistage turning operations, *Journal of Materials Processing Technology* 7, (2000), p. 61-66.
- [28] Liu, Y., Zuo, L., Wang, C.: Intelligent adaptive control in milling process, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 12, (1999), p. 453-460.
- [29] Muršec, B., Čuš, F., Balič, J.: Organization of tool supply and determination of cutting conditions, *J. mater. process. technol.*, Vol. 100, (2000), p. 241-249.
- [30] Tang, Y.S., Hwang, S.T., Wang, Y.S.: Neural network controller for constant turning force, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 34, No. 4, (1999), p. 453-460.
- [31] Zhang, L.M.: *Model of Artificial Neural Network and its Application*, Fudan University Publishing House, 1992.
- [32] Župerl, U., Čuš, F.: Optimization of cutting conditions during cutting by using neural networks, *Robot. comput. integr. manuf.*, Vol. 19, (2003), p. 189-199.

PALETIZACIJA V FLEKSIBILNI PROIZVODNJI - PRIMER PC ORODJARNE V KOVINOPLASTIKI LOŽ D.D.

Marijan MERHAR¹, Marjan DOBOVŠEK², Jure DOBOVŠEK²

¹ PC Orodjarna Kovinoplastika Lož d.d.

²Vpenjalni sistemi, d. o. o.

IZVLEČEK

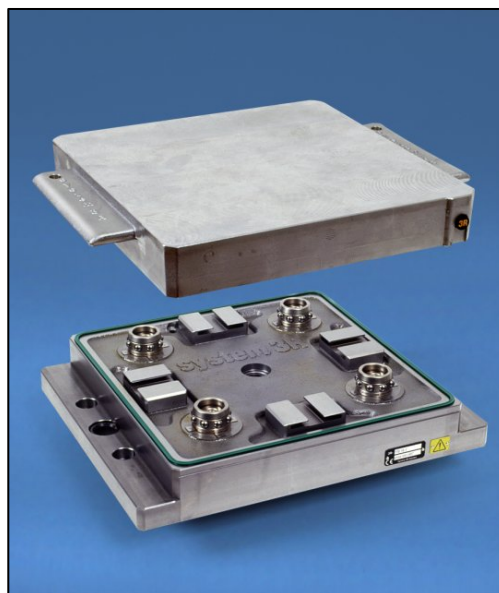
V PC ORODJARNI podjetja KOVINOPLASTIKA LOŽ že več let uporabljamo paletni sistem Dynafix za vpetje obdelovancev na obdelovalnih strojih in kontrolo na merilnem stroju. Z nakupom obdelovalnega centra Daewoo z vrtljivo mizo smo se odločili, da bomo paletni sistem Dynafix uporabili tudi na tem stroju. Na vrtljivo mizo smo namestili dve bazi. Na palete smo pritrjili različne primeže. V preizkušanje smo dobili paletno s ploščo s T utori, naslonsko letvijo, nasloni in sponami za vpetje nizkih obdelovancev in paletno s centrirnimi primežem. Sistem Dynafix se je izkazal kot točen in robusten sistem, ki omogoča tudi grobo obdelavo. Za uspešnejše delo bomo potrebovali še enoto za prednastavitve, ki jo bomo uporabili za poravnavanje in kontrole obdelovancev, ki jih lahko opravimo brez merilnega stroja.

1 UVOD

Tudi v fleksibilni proizvodnji kjer obdelujemo obdelovance posamično ali v majhnih serijah postajajo zahteve po izkoriščenosti obdelovalnih strojev vedno večje. Rešitev je v skrajševanju pripravljalnih časov. Vpetja, poravnavanja in kontrole obdelovanca ne smemo opraviti na obdelovalnem stroju, temveč na drugih cenejših delovnih mestih. Za vpetje obdelovancev moramo na obdelovalnih strojih porabiti čim manj časa. Pri tem so nam v veliko pomoč paletni sistemi. V naši orodjarni že več let uporabljamo paletni sistem **Dynafix** proizvajalca **System 3R**. Tudi na obdelovalni center Daewoo ACE-V400, ki ima vrtljivo mizo smo namestili paletni sistem Dynafix. Na vsako stran mize je pritrjena po ena baza, tako da lahko na drugi strani mize že med obdelavo pripravljamo naslednji obdelovanec. S kontrolno paletno bazo poravnamo z X,Y osema in določimo izhodiščno ničelno točko baze. Za vpetje obdelovancev so na palete pritrjeni primeži in druga primerna vpenjala. Položaj obdelovanca kontroliramo na merilnem stroju ali na obdelovalnem stroju, v načrtu pa imamo tudi uporabo prednastavitvene priprave.

2 OSNOVNE ZNAČILNOSTI SISTEMA 3R Dynafix

Sistem Dynafix sestavljajo pnevmatske baze velikosti 280x280 mm, 340x280 mm, okrogle Φ 386 mm in 340x280 mm z luknjami za Refix čepe premera 20 mm (Slika 1).



Slika 1: Baza in paleta sistema Dynafix

Osnovna velikost palet je 280x280 mm, 400x400 mm in Φ 386 mm. Ponovljivost vpetja je pod 0,002 mm, sistemska napaka pri uporabi

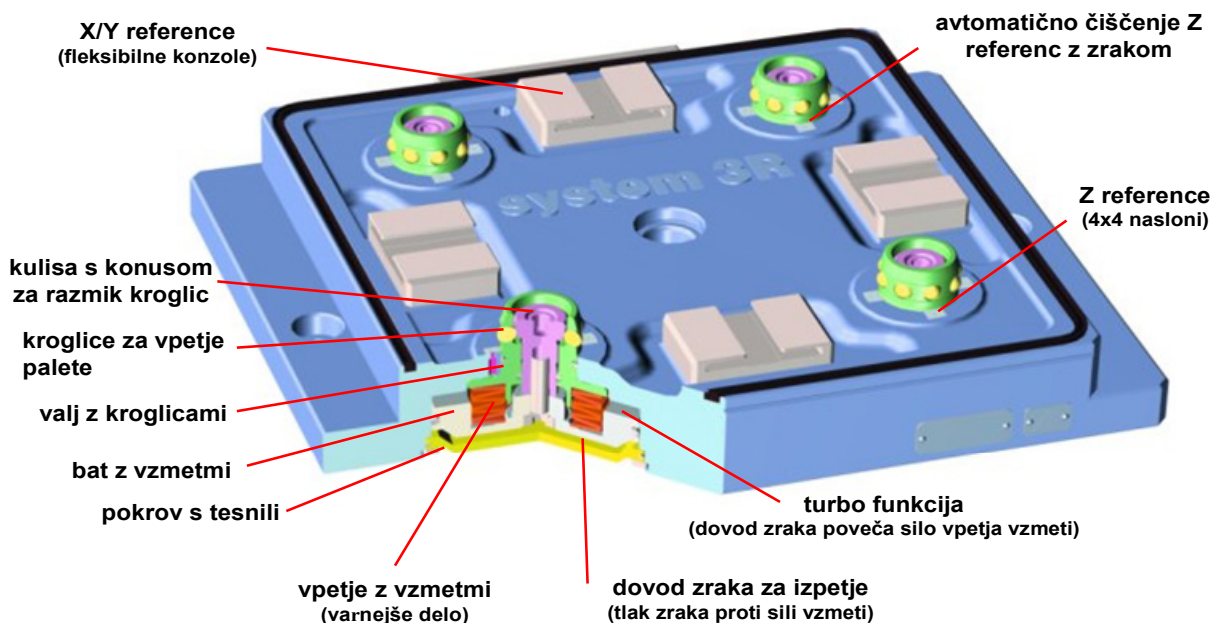
treh baz pa je pod 0,005 mm. Točnost pozicije centra palete pri indeksiranju – zasuku za 90° je 0,005 mm. Sila vpetja je 60000 N. Največji dovoljeni moment pri obdelavi obdelovancev v sistemu Dynafix je 1450 Nm. Priporočljiva masa obdelovanca je do 250 kg in velikosti do 350x350x350 mm.

2.1 DELOVANJE SISTEMA 3R Dynafix

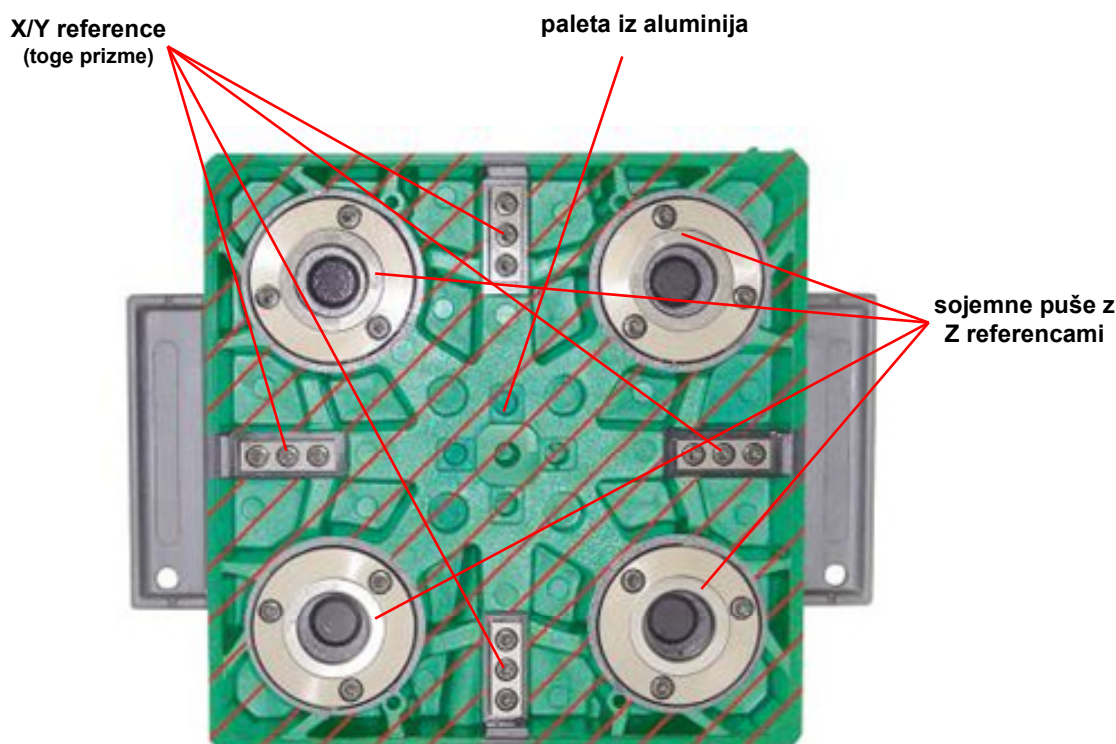
Sistem Dynafix sestavlja baza, ki je pritrjena na mizo stroja in paleta z obdelovancem, ki je pritrjena na bazo. Bazo sestavlja podnožje iz poboljšane jekla na katerih so Z reference s 4x4 nasloni, ki so lokalno kaljeni in imajo izvrtine za avtomatsko čiščenje naležnih površin pri uporabi avtomatske menjave z manipulatorji ali roboti (Slika 2a). Vse Z reference so brušene vzporedno s spodnjo ravnino baze in zagotavljajo paralelno vpetje palete. Paleta naleže na Z reference baze z brušeno površino sojemnih puš, ki so pritrjene na paletu (Slika 2b). Določitev izhodiščne

ničelne točke omogočijo štiri reference X/Y v obliki fleksibilnih konzol iz kaljenega jekla, ki so pritrjene na podnožje baze s po šestimi vijaki. Točnost sistema je zagotovljena z brušenjem utorov na X/Y referencah, ko so te že pritrjene na bazo (Slika 2a). V utore naležejo brušene konične prizme, ki so pritrjene na paletu s po tremi vijaki (Slika 2b). Pri vpetju se prizme usedejo na konzole malenkost pred naleganjem Z referenc, zato se konzole podajo in zagotovijo naleganje prizem na vse konzole po celotni dolžini. Tako je določena izhodiščna ničelna točka, ki se nahaja v središču baze in paralelnost z X/Y osjo.

Vpetje palete na bazo poteka preko kroglic, ki so nameščene v štirih valjih. V vsakem valju je po osem kroglic. Pri vpetju vzmeti preko konusa na kulisi pritrjeni na batu potisnejo kroglice navzven. Te naležejo na konični del sojemne puše na paleti. Cela paleta se pomakne navzdol, dokler vse puše ne naležejo na Z reference. Sila vpetja je določena s silo vzmeti. Z dodatnim dovodom zraka nad bat (turbo



Slika 2a: Princip delovanja sistema 3R Dynafix – baza sistema



Slika 2b: Princip delovanja sistema 3R Dynafix – paleta sistema

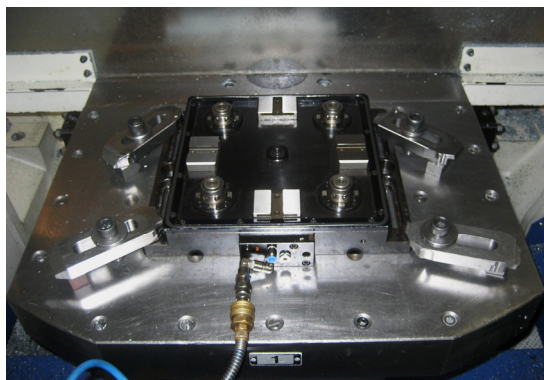
funkcija) to silo lahko še povečamo. Na Z referencah baze so izvrtine za čiščenje naležnih površin z zrakom, ki jih uporabljamo tudi za kontrolo vpetja. Pri vpetju kontroliramo tlak zraka, ki ga dovajamo skozi izvrtine na Z referencah. Če tlak zraka po določenem času ne naraste pomeni, da zrak izteka skozi izvrtine, ker paleta ni dobro vpeta. V tem primeru sojemne puše ne nalegajo v celoti na Z reference baze. Javljena je napaka, ki prepreči nadaljevanje obdelave. Kontrola vpetja je zelo pomembna pri avtomatski menjavi palet, saj lahko pride do poškodb stroja in delavcev, če paleta ni pravilno vpeta.

Za izpetje moramo dovesti zrak v prostor pod bat, ki ga s spodnje strani zapira pokrov s tesnili. Tlak zraka premaga silo vzmeti, premakne bat s kuliso navzgor in sprosti kroglice. Paleta tedaj lahko snamemo z baze.

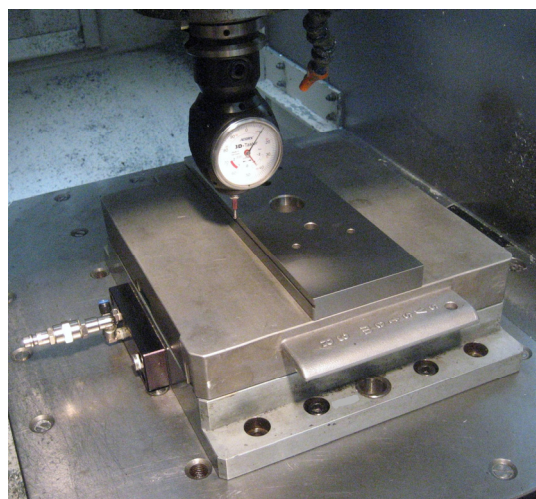
3 PRIPRAVA BAZ NA OBDELOVALNEM CENTRU DAEWOO IN VZPOSTAVITEV SISTEMA

Na vrtljivo mizo obdelovalnega centra Daewoo ACE-V400 smo pritrdili dve bazi, kjer na eni poteka obdelava, na drugi pa priprava obdelovanca. Baze smo pritrdili s sponami na obe strani mize (Slika 3). S kontrolno paletto smo bazi poravnali z X/Y osjo in določili izhodiščno ničelno točko posamezne baze (Slika 4a,b). S tem smo vzpostavili sistem na obdelovalnem centru. Ker zaenkrat palette vpenjamo ročno, stalnega priključka za dovod zraka za izpetje palet še nismo pripravili. Pri vpetju nove paleta na mesto za pripravo najprej priključimo zrak, nato izpnemo paletto z že obdelanim obdelovancem in namestimo paletto z novim obdelovancem. Časa za menjavo imamo dovolj, saj na nasprotni strani mize

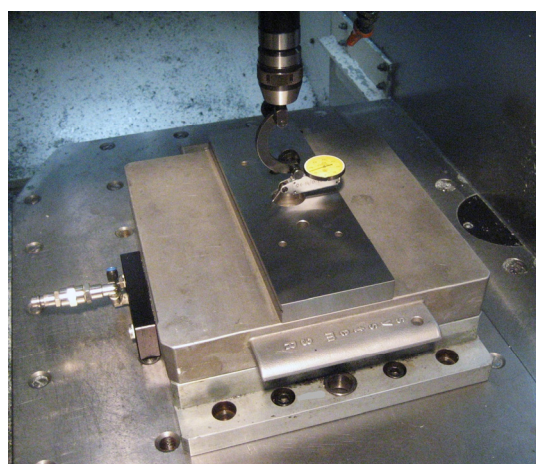
poteka obdelava. Čiščenje naležnih površin za Z ravnino in kontrolo vpetja opravimo ročno.



Slika 3: Baza na mizi obdelovalnega centra

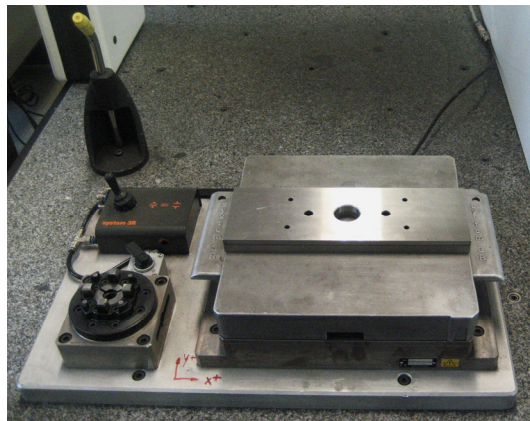


Slika 4a: Poravnavanje baze na mizi obdelovalnega centra s kontrolno paleto



Slika 4b: Določitev ničelne izhodiščne točke baze na mizi obdelovalnega centra s kontrolno paleto

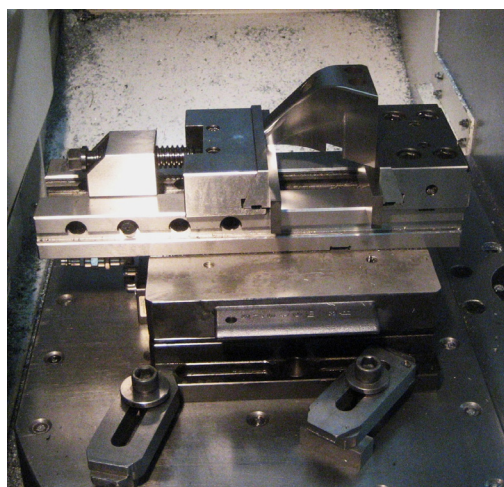
Vzpostavitev sistema zahteva kontrolo baze na merilnem stroju. Tudi to naredimo s kontrolno paleto (Slika 5).



Slika 5: Kontrola baze na mizi merilnega stroja s kontrolno paleto

4 PRIMERI UPORABE PALETNEGA SISTEMA DYNAFIX

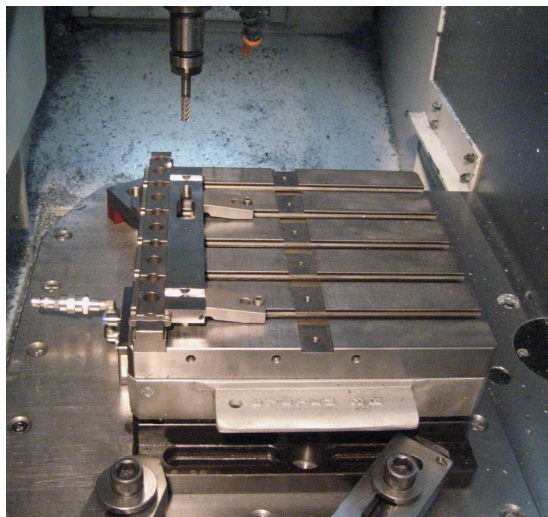
Najpogosteje obdelovance vpenjamo v primeže. Kupili smo Röhmove primeže in jih pritrdili na palete sistema Dynafix (Slika 6). Fiksni naslon smo poravnali s smerjo X. S tem zagotovimo, da je stranica obdelovanca, ki nalega na fiksno stranico primeža poravnana z osjo X, če paleto zasučemo za 90° pa z smerjo Y.



Slika 6: Paleta z Röhmovim primežem

Za vpetje nizkih obdelovancev smo dobili v testiranje paleto s ploščo s T utori, naslonsko

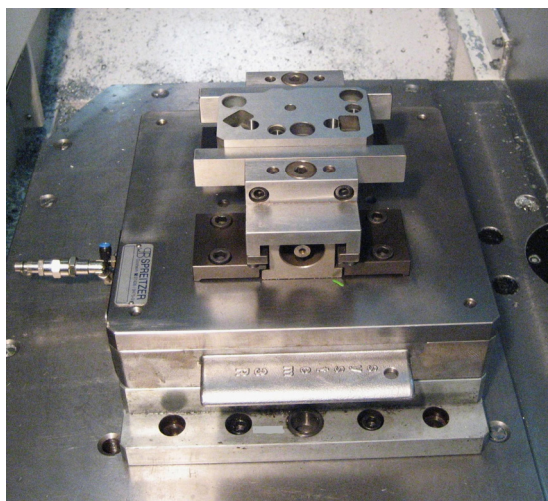
letvijo, nasloni in sponami (Slika 7). Meritve so pokazale, da s posamezno spono dosežemo silo vpetja do 5000 N. Spone obdelovanec pri vpetju potisnejo navzdol tako, da ne pride do



Slika 7: Paleta s ploščo s T utori, naslonsko letvijo in sponami

dvigovanja obdelovanca. Dvigovanje obdelovanca na strani vpetja (pri gibljivem delu) je problem s katerim se pogosto srečujemo. Če ne želimo, da obdelovanec stoji postrani, ga moramo dodatno poravnati, kar je z dolgotrajnim preverjanjem vzporednosti obdelovanca z Z ravnino zamudno delo.

V testiranje smo dobili tudi paletu s centrirnim primežem (Slika 8). Ta je primerna predvsem za vpetje manjših obdelovancev.



Slika 8: Paleta s centrirnim primežem

Pri vpetju smo sicer izmerili dvig obdelovanca pod 0,01 mm, vendar je zaradi izvedbe primeža, ki obdelovanec vpne centrično, ta dvig vzporeden z Z ravnino.

5 KONTROLA IN PORAVNAVANJE OBDELOVANČEV

Kontrolo položaja obdelovanca glede na izhodiščno ničelno točko kontroliramo na merilnem stroju ali obdelovalnem centru. Meritve nam omogočijo vnos korekcij med izmerjeno in predvideno pozicijo obdelovanca glede na izhodiščno ničelno točko. Če te meritve opravimo na merilnem stroju, s tem ne izgublamo časa na obdelovalnem stroju.

Velikokrat se pojavi zahteva po poravnavanju obdelovanca s posamezno osjo X, Y ali poravnavanje z ravnino Z. Na merilnem stroju poravnavanje obdelovanca ni možno. Vsa poravnavanja opravimo sedaj na obdelovalnem centru. V tem času stroja ne moremo uporabiti za obdelavo. V bodoče nameravamo v ta namen uporabiti posebno pripravo (Slika 9) ali cenejši stroj na katerem bo nameščena baza sistema Dynafix.



Slika 9: Priprava za prednastavljenje in poravnavanje z bazo Dynafix

6 ZAKLJUČEK

Na obdelovalnem centru Daewoo ACE-V400 smo pričeli uporabljati paletni sistem Dynafix. Do sedaj smo ta sistem uporabljali na strojih za obdelavo s potopno elektroerozijo in kontrolo na merilnem stroju. Paletni sistem Dynafix je dovolj tog sistem za grobo in dovolj točen za fino obdelavo. Na palete smo namestili primeže za vpetje obdelovancev, preizkusili pa smo tudi vpetje in obdelavo nizkih obdelovancev na paleti s ploščo s T utori. Za vpetje manjših obdelovancev smo preizkusili tudi vpetje na paleti s centrirnim primežem.

Prednost paletnega sistema je v skrajševanju pripravljalnih časov in s tem večje izkoriščenosti obdelovalnih strojev. Ti sistemi omogočajo kontrolo obdelovancev med posameznimi fazami obdelave in njihovo ponovno vpetje na stroj brez prepenjanja obdelovanca.

Poravnavanje obdelovancev sedaj opravljamo na obdelovalnem centru. Z napravo za prednastavljanje bomo tudi ta dela opravili na cenejših delovnih mestih in na ta način prihranili na času in stroških.

PRIMERJAVA EBM IN SLM TEHNOLOGIJ ZA IZDELAVO LOBANJSKIH VSADKOV

Urška KOSTEVŠEK, Žiga KADIVNIK, Lovro KRAJNC, Tomaž BRAJLIH, Bogdan VALENTAN, Jožef PREDAN, Bojan AČKO, Igor DRSTVENŠEK

POVZETEK

Fakulteta za strojništvo Univerze v Mariboru, natančneje Laboratorij za inteligentne obdelovalne sisteme, je v sodelovanju z zdravniki Univerzitetnega kliničnega centra Maribor izdelal lobanjska vsadka. Raziskava je potekala na dveh lobanjskih vsadkih. En vsadek je bil izdelan s postopkom EBM, drug pa s postopkom SLM. Ocenjevali smo primernost postopka za izdelavo lobanjskih vsadkov. Raziskovalno delo temelji na merjenju hrapavosti površine vsadkov, nateznih preizkusih materiala in natančnosti izdelave, katero smo primerjali s pomočjo optičnega skenerja.

1. UVOD

Lobanjski vsadki so oblikovno zahtevni in po meri narejeni elementi iz biokompatibilnih materialov, ki so narejeni s tehnologijami slojevite izdelave. Le-te omogočajo izdelavo poljubno oblikovanih in zahtevnih izdelkov, ne navezujoč se na tehnične omejitve, ki so znane pri konvencionalnih izdelovalnih postopkih.

Potek izdelave, v našem primeru lobanjskega vsadka, se začne pri CT-skeniranju lobanje človeka, ki se je ponesrečil ali kako drugače poškodoval in potrebuje umeten, nadomesten del lobanje. Nato sledi izdelava 3D CAD modela lobanje, v katerem se poškodovani del oz. mesto na lobanji zapolni s primerno oblikovanim »vsadkom«. Vsak lobanjski vsadek, ki gre kasneje v uporabo in ima geometrijsko zahtevno izdelavo, mora biti izdelan na napravi za slojevito izdelavo, ki omogoča izdelavo iz biokompatibilnega materiala. V našem primeru sta bila vsadka izdelana na dveh napravah, ki omogočata izdelavo iz titana.

2. OPIS POSTOPKOV EBM IN SLM

Prvi lobanjski vsadek (Slika 2) je bil izdelan s postopkom taljenja z elektronskim

snopom (EBM). To je način slojevite izdelave kovinskih izdelkov. Za razliko od nekaterih tehnik sintranja kovin, so izdelki enakomerne gostote, brez razpok in zelo trdni. EBM metoda izdelave proizvede izdelek iz kovinskega prahu s karakteristikami kovine, ki jo pri tem uporabljamo. Stroj bere podatke iz 3D CAD modela. Material nanaša po slojih, debeline 0.05 mm. Ti sloji so staljeni in povezani z računalniško vodenim elektronskim snopom. Proces se odvija v vakuumu, zato je primeren za izdelavo izdelkov, ki so narejeni iz materialov, kateri kemično reagirajo s kisikom. Material, ki se uporablja, je prah iz prečiščene zlitine kovine, brez nepotrebnih primesi. Zaradi tega EBM ne potrebuje dodatne termične obdelave za pridobitev dobrih mehanskih lastnosti [1].

Drugi lobanjski vsadek (Slika 2) je bil izdelan s postopkom selektivnega laserskega taljenja (SLM). Ta metoda uporablja laser premera 30 μm , za spajanje majhnih delcev kovinskega prahu v zelene 3D objekte. Naprava z laserjem selektivno spaja prah z uporabo prečnih slojev generiranih iz 3D modela. Ko je en sloj obdelan, se postelja s prahom spusti za debelino ene plasti, na vrh se nanese nov prah in proces se ponavlja, dokler ni izdelek končan. Izdelava s postopkom SLM poteka v vakuumu, kar

omogoča uporabo zlitin, ki hitro reagirajo s kisikom, kot je titan [2]. Da dobimo dobre mehanske lastnosti, izdelek po končani obdelavi potrebuje dodatno termično obdelavo.



Slika 2: Lobanjska vsadka. Levi je izdelan s postopkom SLM, desni pa s postopkom EBM.



Slika 3: Merilnik hrapavosti Mitutoyo SurfTest SJ-201P

3. HRAPAVOST POVRŠINE VSADKOV

Hrapavost površine je celotnost nepravilnosti površine z razmeroma majhnimi koraki, ki navadno obsegajo nepravilnosti, ki jih povzročajo obdelovalni postopki ali drugi vplivi [3].

Hrapavost površine lobanjskih vsadkov je bila izmerjena s prenosnim merilnikom hrapavosti Mitutoyo SurfTest SJ-201P (Slika 3), ki je v lasti Laboratorija za tehnološke meritve, Fakultete za strojništvo v Mariboru. Merilnik meri hrapavost površine z diamantno konico na referenčni dolžini 0.25 mm v območju natančnosti 0.01 μm . Za natančno merjenje je bila naprava umerjena na priloženem etalonu [4].

Nato je sledilo merjenje lobanjskih vsadkov. Hrapavost je bila izmerjena na obeh lobanjskih vsadkih in te meritve so bile večkrat ponovljene na različnih mestih. Rezultate z ekstremnimi odstopanji smo odstranili. V spodnji tabeli (Tabela 1) so prikazani rezultati merjenja obeh vsadkov. Kot je razvidno iz tabele, ima lobanjski vsadek, narejen s postopkom EBM, približno dvakrat večjo hrapavost površine kot lobanjski vsadek, narejen s postopkom SLM.

Tabela 1: Rezultati merjenja hrapavosti

	Ra [μm]	Ry [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]
SLM	7,34	40,24	40,24	8,85
	9,52	42,96	42,96	11,75
	8,59	50,85	50,85	11,51
	8,00	35,91	35,91	9,12
	8,03	40,92	40,92	9,49
	7,85	38,10	38,10	9,52
	8,49	45,30	45,30	10,93
	8,26	42,04	42,04	10,17
EBM	14,40	64,64	64,64	16,42
	15,41	84,50	84,50	18,59
	17,51	84,96	84,96	21,23
	15,46	91,53	91,53	20,72
	18,56	81,62	81,62	22,33
	14,86	75,70	75,70	17,56
	15,28	77,01	77,01	18,58
	15,93	80,00	80,00	19,34

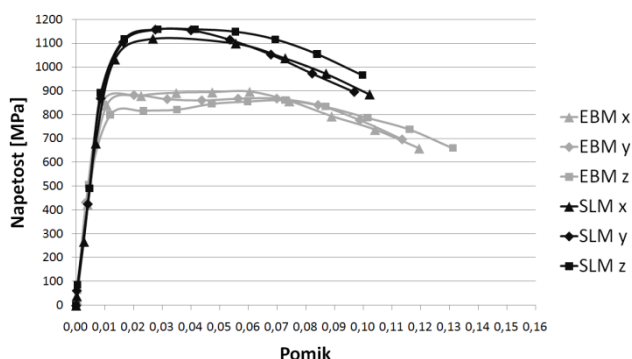
4. NATEZNI PREIZKUSI MATERIALA

Z nateznim testom merimo odpornost materiala na statično oziroma počasi naraščajočo natezno silo. Testi so bili opravljeni v Laboratoriju za strojne elemente in konstrukcije na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, na univerzalnem preizkuševalnem stroju INSTRON 1255 [5].

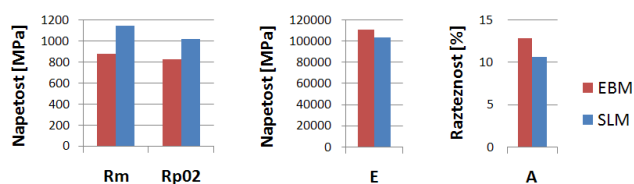
Epruvete, na katerih potekajo natezni preizkusi, imajo predpisano obliko. Uporabljeni so bili kratki standardni preizkušanci z začetno merilno dolžino 25 mm in premerom 5 mm.

Testiranih je bilo 6 epruvet, tri izdelane s postopkom EBM in tri s postopkom SLM. Epruvete so bile pri nastajanju obrnjene vzdolž različnih delovnih osi stroja za slojevito izdelavo. Tako lahko primerjamo razlike mehanskih lastnosti izdelka glede na obrnjenost le tega pri izdelavi.

Na spodnjem grafu (Graf 1) so upodobljeni rezultati vseh šestih meritev. Iz rezultatov je razvidno, da pride do odstopanj meritev v smeri, v kateri stroj nalaga material. Pri epruvetah, izdelanih s postopkom SLM, material prenese večje statične obremenitve v osi Z. Pri epruvetah, izdelanih s postopkom EBM, pa je material v osi Z bolj žilav. Opazne so tudi razlike med epruvetami, izdelanimi s postopkom EBM in SLM (Graf 2). Pri epruvetah, katere so bile izdelane po metodi SLM, je natezna trdnost in meja plastičnosti višja. Je pa zato modul elastičnosti večji pri epruvetah, izdelanih po postopku EBM. Te epruvete imajo tudi večjo duktilnost.



Graf 1: Rezultati nateznih preizkusov



Graf 2: Primerjava natezne trdnosti (R_m), meje plastičnosti (R_{p02}), modula elastičnosti (E) in razteznosti (A)

5. OPTIČNO SKENIRANJE

Geometrijsko pravilnost izdelka lahko preverjamo s koordinatno merilno napravo ali pa s trirazsežnim skenerjem. Čeprav je odčitavanje točk s koordinatno merilno napravo veliko natančnejše (celo stokrat več, kot pa je natančnost izdelovalnega stroja), smo se v tem primeru odločili za trirazsežni skener. Ker je oblika vsadkov zelo zapletena, moramo za natančno preverjanje s koordinatno merilno napravo zajeti veliko število točk. S tipalom lahko tudi »potujemo« po vsadku, vendar to v tem primeru ni zaželeno, saj lahko zaradi velike hrapavosti površine hitro pride do obrabe ali celo poškodbe merilnega tipala. Lobanjski vsadki niso velikih dimenzij, zato je zajemanje skenov s trirazsežnim skenerjem potekalo hitro. Za zajem celotne geometrije vsadka so bili potrebni le štirje skeni iz različnih strani.

Trirazsežni skener (Slika 4) je naprava, ki zajema podatke o realnem fizičnem predmetu. Zajeti podatki se nato uporabijo za konstruiranje digitalnega trirazsežnega modela skeniranega predmeta [6].

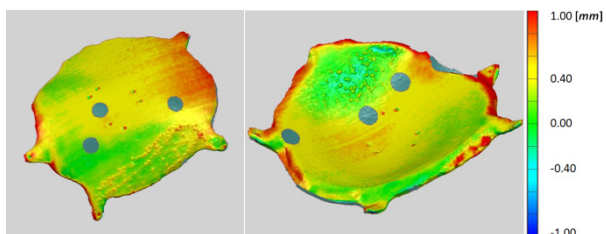


Slika 4: Trirazsežni skener ATOS II

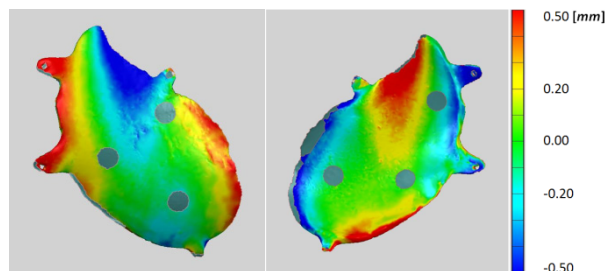
Na vsadka smo pred začetkom meritev nalepili referenčne točke in podpore, da smo ju lahko poskenirali iz vseh smeri. Ker trirazsežni skener ATOS II deluje na principu optičnega zajemanja podatkov, sta bila vsadka prekrita s posebnim sprejem na osnovi titanovega oksida. Proizvajalec spreja trdi, da ob minimalnem potrebnem nanosu debelina nanosa ni večja od nekaj mikrometrov, zato to ne bi smelo vplivati na naše meritve.

Vrednotenje rezultatov je potekalo v programskem paketu ATOS v6.0.2-6.

Naslednji sliki (Slika 5 in Slika 6) prikazujeta odstopanje skenirane mreže izdelanega vsadka od 3D CAD modela. Rdeča barva pomeni odstopanje v pozitivno smer (točka leži izven 3D CAD modela), zelena ujemanje, modra pa odstopanje v negativno smer (točka leži v notranjosti 3D CAD modela).

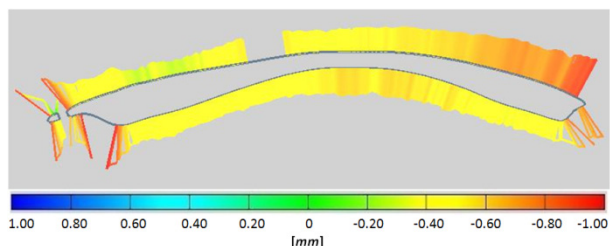


Slika 5: Rezultati preverjanja geometrijske oblike vsadka, narejenega s postopkom EBM

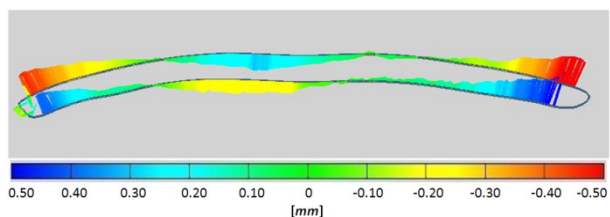


Slika 6: Rezultati preverjanja geometrijske oblike vsadka, narejenega s postopkom SLM

Za lažjo primerjavo geometrijske oblike je bila po sredini vsakega vsadka vstavljena dodatna ravnina. Po teh dveh ravninah potekata spodaj prikazana prereza (Slika 7 in Slika 8), na katerih so z barvnimi črtami prikazana odstopanja. To nam pokaže, da se pri vsadku, izdelanim s postopkom SLM, pojavi tudi oblikovno odstopanje. Vsadek, izdelan s postopkom EBM, je po celotnem prerezu večji od 3D CAD modela vendar pravilne oblike.



Slika 7: Vsadek narejen po postopku EBM



Slika 8: Vsadek narejen po postopku SLM

6. ZAKLJUČEK

Dobljeni rezultati so pokazali, da je hrapavost na vsadku, izdelanem po postopku SLM, manjša v primerjavi z drugim vsadkom. Ta vsadek ima tudi višjo natezno trdnost in mejo plastičnosti, vendar manjšo duktilnost. Slaba lastnost tega vsadka je oblikovno odstopanje

geometrije, kar pa so posledice deformacij med samo izdelavo izdelka. Pri vsadku, izdelanem po postopku EBM, so rezultati optičnega skeniranja pokazali, da je bil končni izdelek samo povečan za določen faktor od njegovega začetnega 3D CAD modela, oblikovno pa ni opazno izstopal. Na osnovi pridobljenih rezultatov predvidevamo, da bi bilo veliko lažje zmanjšati geometrijsko napako izdelave na izdelku izdelanem na napravi EBM, kar lahko dosežemo s pravilno izbiro faktorja pomanjšanja začetnega 3D CAD modela vsadka. Pri vsadku, izdelanem s postopkom SLM, bi bilo težje odpraviti odstopanja oblike izdelka, saj to z le spreminjanjem 3D CAD modela ni mogoče doseči.

Literatura

- [33] Internetna enciklopedija Wikipedia dostopno na: http://en.wikipedia.org/wiki/Electron_beam_melting
- [34] Internetna stran podjetja TWI Ltd. dostopno na: http://www.twi.co.uk/content/laser_slm.html
- [35] Puhar J., Stropnik J. *Krautov strojniški proročnik*. Slovenija, Maribor: Littera picta, 2003
- [36] Šafner J., Kostevšek U., Kadivnik Ž., Brajliah T., Drstvenšek I. *Ugotavljanje hrapavosti površin po peskanju*. Slovenija, Maribor: 2008
- [37] Gubelj N. *Navodila za laboratorijske vaje - Konstrukcijski elementi I*. Slovenija, Maribor: 2008
- [38] Brajliah T. *Določitev metode za preizkušanje natančnosti naprav za slojevito izdelavo*. Slovenija, Maribor: 2008

PRIMERJAVA EBM IN SLM TEHNOLOGIJ ZA IZDELAVO LOBANJSKIH VSADKOV

Urška KOSTEVŠEK, Žiga KADIVNIK, Lovro KRAJNC, Tomaž BRAJLIH, Bogdan VALENTAN, Jožef PREDAN, Bojan AČKO, Igor DRSTVENŠEK

RAZLIČNE METODE MERJENJA NOTRANJIH PREMEROV

Tadej TASIČ, Bojan AČKO, Andrej GODINA, Tomaž BRAJLIH, Jakob ŽILJCOV, Miran MILFELNER

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

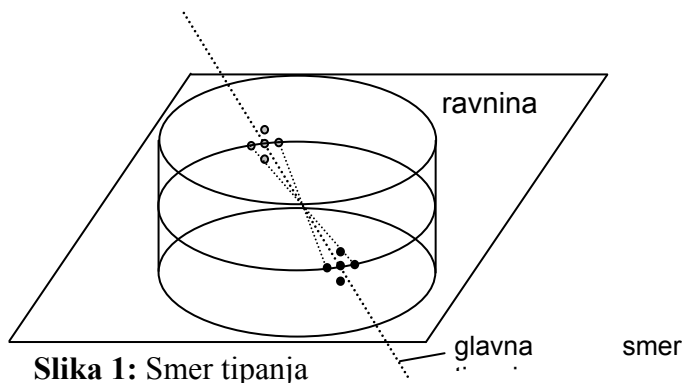
Za izvedbo kalibracijske meritve mora biti na voljo sledljiv standard meritve. Poleg tega potrebujemo napravo za prenos mere iz standarda na merjenec. Za merjenje notranjih premerov se v Laboratoriju za tehnološke meritve (LTM) poslužujemo štirih različnih naštetih postopkov. V vseh primerih pred izvajanjem meritve merjenec pregledamo, očistimo, vpnemo in izravnamo:

1. merjenje premera na 1D napravi (če ima merjenec označbo glavne smeri, tipamo točkovno v označeni smeri, v nasprotnem primeru pa pravokotno na smer, ki gre skozi identifikacijske označbe na merjencu),
2. merjenje premera na KMN točkovno (z določenim številom koordinat sistem izmeri središčne koordinate merjenca. S pozicioniranjem tipala v središče izvrtine tipamo v vzdolžni smeri dve ekstremni koordinati, iz katerih sistem izračuna premer merjenca),
3. merjenje premera na KMN po postopku skeniranja površine (s tipalom KMN po krožnici skeniramo površino merjenca v preseku poljubnega premera. Iz poljubno izbranega števila točk in na merjencu in njihovih koordinat si sistem z uporabo ustreznih filtrov in Gaussovega algoritma izračuna srednji premer),
4. merjenje premera na KMN z LI (postopek z absolutno sledljivostjo. KMN nam služi kot vpenjalni in vodilni sistem, meritev se izvaja z LI. Ta postopek bo podrobneje predstavljen v prispevku).

Opisane metode se uporabljajo tudi za merjenje kalibracijskih obročev, ki služijo kot etaloni v industriji in bomo ta primer prikazali v prispevku.

1. 1D naprava

Za meritev po tem postopku nastavimo izhodiščno mero (montiramo tipala za notranje merjenje) s končnimi merili. Etalon, ki predstavlja izhodiščno mero moramo rotirati v horizontalni in vertikalni ravnini tako dolgo, da najdemo minimalno mero. Premer merjenca merimo v glavni smeri tipanja (slika 1), v kolikor ni označena jo označimo sami.



Slika 1: Smer tipanja

- Dodatno izmerimo dva premera v ravnini P tako, da merjenec zarotiramo okoli osi valja za približno ± 1 mm glede na glavno smer tipanja,
- dodatno izmerimo dva premera v glavni smeri tipanja vzporedno z ravnini P, vendar zamaknjeno za vrednost približno ± 1 mm,
- s tipanjem premerov izven glavne osi ugotavljamo oblikovne odstopke v okolici glavne osi,
- meritev glavne osi ponovimo 5 krat, srednjo mero zabeležimo kot izmerjeni premer.

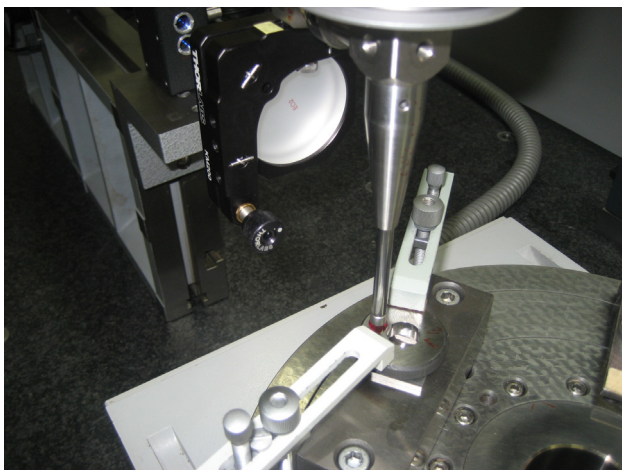
Po tem postopku dosegamo naslednjo razširjeno negotovost:

$$U = 0,6 \mu\text{m} + 3,2 \cdot 10^{-6} \cdot L ; k = 2$$

1. KMN točkovno

Osnovni princip koordinatne merilne tehnike bazira na koordinatni merilni napravi. KMN ima tri pomične med seboj pravokotne osi. Osi so

označene s X, Y in Z. Te osi oblikujejo prostorski koordinatni sistem podobno kot pri NC frezalnem stroju. Premik vzdolž posamezne osi registrira linearni merilni sistem. Podatki se prenašajo do prikazovalnikov premika, ter računalnika. Povezavo med merjencem in osmi KMN omogoča merilna glava. Merilna glava je lahko tipalna ali brez dotika. Merjenec je med meritvijo pritrjen na mizo KMN s vpenjalnim sistemom. Ker vpetje ne zagotavlja, da so osi baznih površin merjenca vzporedne s pomiki osi KMN, pride do kosinusne napake, ki je pri tridimenzionalnih merjencih, ki niso vzporedni z nobeno osjo KMN lahko precej velika in jo je težko oceniti. Mehanična izravnava merjenca je zelo zamudna, oziroma včasih neizvedljiva, zato vseh KMN uporablja računalniška izravnava merjenca. Merjenec (v našem primeru merilni obroč) vpnemo na vrtljivo mizo KMN in naredimo izravnavo (slika 2).



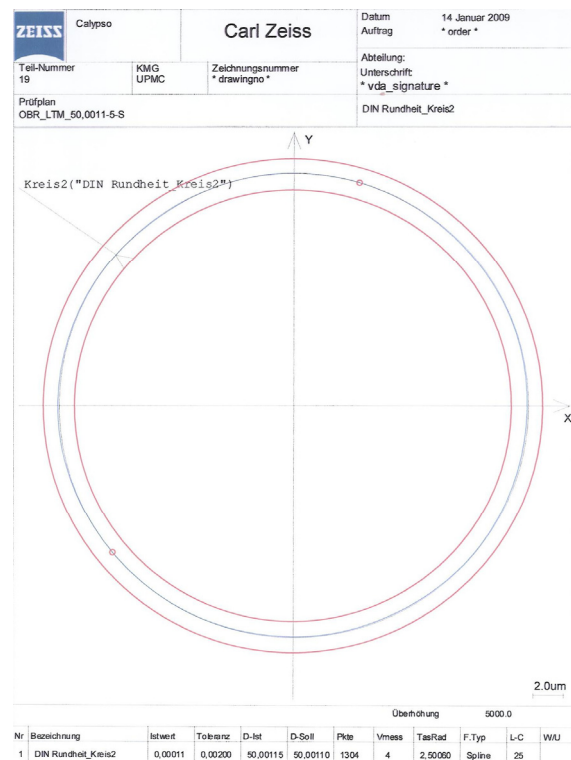
Slika 2: Postopek izravnave na merjencu

S točkovnim tipanjem izmerimo premer tako, da iz zelene točke na notranjem premeru merimo v smeri preko središčne točke merjenca do druge točke na površini in tako nam program Calypso iz koordinat, ki jih zajame, izračuna in poda premer merjenca. Premer se lahko izmeri v več točkah, na podlagi takih rezultatov pa je mogoče sklepati tudi o pravilnosti oblike notranjega premera merilnega obroča. Po tem postopku dosegamo naslednjo razširjeno negotovost:

$$U = 2,1 \mu\text{m} + 3,1 \cdot 10^{-6} \cdot L ; k = 2$$

2. KMN SKENIRANJE POVRŠINE

Merjenec pripravimo za meritev enako kot v prejšnjem postopku. Po narejeni izravnavi se merjenca dotaknemo v zeleni točki notranjega premera in s tipalom skeniramo površino merjenca po notranji površini. Pri skeniranju lahko izberemo poljubni kot meritve (pri merilnih obročih ponavadi izberemo kot 370° , da zajamemo vso površina) in pa poljubno število točk, ki jih program tekom skeniranja zajame. Iz zajetih koordinat Calypso izračuna in prikaže obliko merjenca, iz rezultata so razvidna odstopanja površine od pravilne oblike, hkrati pa dobimo rezultat merjenega notranjega premera merjenca. Na sliki je prikazan izpis meritve po tem postopku (slika 3).



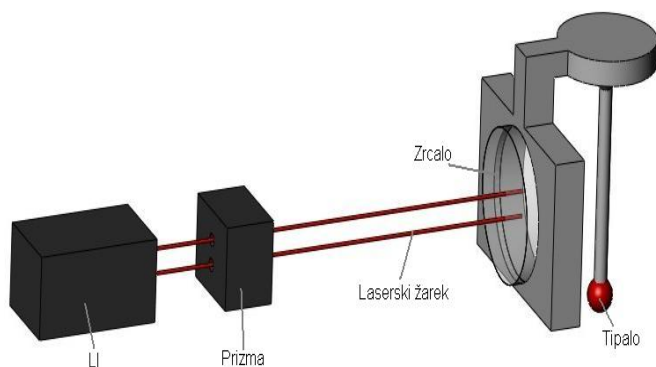
Slika 3: Izpis meritve po postopku skeniranja površine

Po tem postopku dosegamo naslednjo razširjeno negotovost:

$$U = 1.8 \mu\text{m} + 4 \cdot 10^{-6} \cdot L ; k = 2$$

3. INTEGRACIJA KMN IN LI

Želeli smo dobiti rezultate meritve notranjih premerov po postopku z absolutno sledljivostjo. V ta namen smo integrirali KMN in LI v en sistem za merjenje. Izbrali smo primerno tipalo, katerega uporabljamo pri vseh pri naših meritvah pri tem postopku in imamo zanj izračunane in eksperimentalno določene vse parametre, ki vplivajo na meritev. S posebnim vpenjalom smo v bližino tega tipala pritrdili zrcalo, katerega smo naknadno vpeli v tipalno glavo KMN. Na granitno mizo smo namestili še laserski interferometer in interferometrično prizmo (slika 4).



Slika 4: Skica našega integriranega sistema

Optični sistem smo izravnali v x in z smeri KMN. Tako smo dobili integriran sistem LI in KMN, na katerem tudi izvajamo meritve notranjih premerov. Kako zgleda sistem v realnosti, je prikazano na sliki 5.



Slika 5: Postavitev komponent v integriranem sistemu

KMN nam služi kot vpenjevalni in vodilni sistem. Merjenec je vpet, kot je navedeno pri prejšnjih postopkih. Merimo vedno v smeri x na KMN. Tipalo zapeljemo v središčno točko merjenca, od tam se pomaknemo v pozitivno smer x osi KMN vse do točke, kjer se merjenca dotaknemo s tipalom. Na tej točki resetiramo LI na 0 in se nato zapeljemo skozi središčno točko merjenca (negativna smer na osi x KMN) v drugo točko meritve, kjer se merjenca ponovno dotaknemo. Zrcalo nam omogoča, da se s tipalom poljubno gibljemo za velikost premera zrcala v y in z osi. Pri tem postopku imamo za uporabljeno tipalo eksperimentalno določen koeficient za merjenje notranjih dimenzij med dvema površinama $k = 4,99605 \text{ mm}$, ki zajema premer tipalne kroglice, uklon tipala in deformacijo tipalne kroglice zaradi merilne sile in se ga prišteje rezultatu meritve, katerega prikaže LI. Tako se dobi kalibrirana vrednost merjenca.

Za meritev po tem postopku pri pogojih v LTM je ovrednotena razširjeno negotovost meritve:

$$U = \sqrt{(0.2 \mu\text{m})^2 + (0.54 \cdot 10^{-6} \cdot L)^2} ; k = 2$$

5. ZAKLJUČEK

Raziskava narejena v LTM z integracijo LI in KMN omogoča, da lahko pri nas merimo notranje premere po treh različnih postopkih, kar omogoča možnost hitre primerjave rezultata in razširja spekter ponudbe storitve uporabniku. Z metodo integracije pa je tudi znižana prej dosežena najboljša negotovost meritve.

Literatura:

[39] Lasertex LI LSP30-3D user manual, 2007

[40] Ačko, B. (2007). Calibration of measuring instruments on a coordinate measuring machine. *Adv produc engineer manag*, Vol. 2, No. 3, 127-134.

[41] Ačko, B. (1998). Calibration of coordinate measuring devices in the laboratory conditions, *Strojniski vestnik*, Vol. 44, No. 2, 41- 46

[42] Drstvensek, I., Valentan, B., Brajlj, T., Ačko, B., Balič, J., Žiljcov, J. (2007). Different methods of collecting data for reverse engineering. V: GYENGE, Csaba (ur.). *Annals of MTeM for 2007 & Proceedings of the 8th International conference Modern technologies in manufacturing*, Cluj-Napoca, 4th -5th October 2007. Cluj-Napoca: Technical University, Department of Manufacturing Engineering, cop., 131-134.

[43] Ačko, B. (2003). A universal model for evaluating measuring uncertainty in calibration, *International Journal of Simulation Modelling*, Vol. 2, No. 4, 121-129

STRATEGIJA IZDELAVE 3D ORODIJ

Janez KOPAČ , Milan BALAŽIC, Oliver LESKOVŠEK
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; LABOD

Povzetek :

Veliko zmanjšanje naročil v zadnjem letu je posledica gospodarske krize. izhod išče vsako podjetje na svoj način. Še včerajšnja krilatica in priseganje na Kakovost, Čas izdelave in Stroške ni več zadosten razlog za uspeh. Strategija proizvodnje se nagiba v trajnostno inženirstvo, ki naj bi začasno omogočalo pravi pristop, za naprej pa tudi zagotavljalovse potrebne aspekte v smislu zajemanja subjektivnih potreb tako izdelovalca, kot uporabnika izdelkov. Sočasno pa je potrebno upoštevati čimveč vidikov s strani varovanja okolja, virov energije in drugih ekoloških zahtev.

Zaključki

Pojem trajnostnega inženirstva je širok spekter pogledov na proizvodnjo. V orodjarstvu je zagotovo poudarek na energiji, materialih in ekologiji. Prehod načina proizvodnje - izdelave 3D orodij iz klasičnega na moderno, ki zajema CNC tehnologije in VHO postopke. Trajnostna izdelava pa je nadgradnja. Klasični postopki so zanemarjali ozir na okoljevarstvo, ker je bil vodilni kriterij, čas izdelave, oziroma stroški in kakovost. Z nadgradnjo in uvajanjem novih postopkov , kot je naprimer LENS tehnologija, je doprinos v tako imenovani "sustainable manufacturing" značilen. Ta tehnologija omogoča poleg v celoti novega pristopa tudi popravila in nadgradnje 3D orodij (dies and moulds).



**DOSEGANJE IN IMPLEMENTACIJA
PRINCIPOV TRAJNOSTNEGA
RAZVOJA V OBDELOVALNIH
PROCESIH**

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo

KATEDRA ZA
MENEĐMENT
OBDELOVALNIH
TEHNOLOGIJ

LABOD

We do not inherit the earth from our ancestors, we borrow it from our children.
—Native American proverb

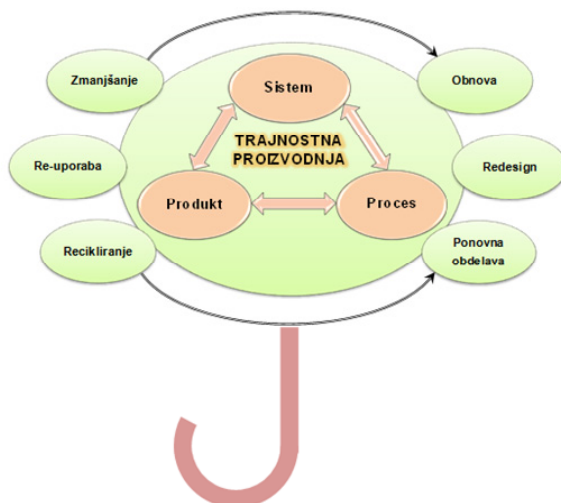
Uvod

- Industrija je v zadnjem času vedno bolj izpostavljena pritiskom okolje varstva, socialne in ekonomske regulacije, tehnologije, potrebe kupcev, itd.
- Na začetku 21^{ega} stoletja, se pojavljajo skrbi po trajnostnem razvoju, še posebno osredotočene na področje aktivnosti razvoja industrijskega okolja in nacionalnega razvoja
- Definicija trajnostnega razvoja je bila predstavljena iz strani ministrice Gro Harlem Brundtland (1987)
- ***Trajnostni razvoj je »razvoj, ki zagotavlja izpolnjevanje današnjih potreb, brez oskrunjanja možnosti zagotavljanja potreb naslednjim generacijam«***

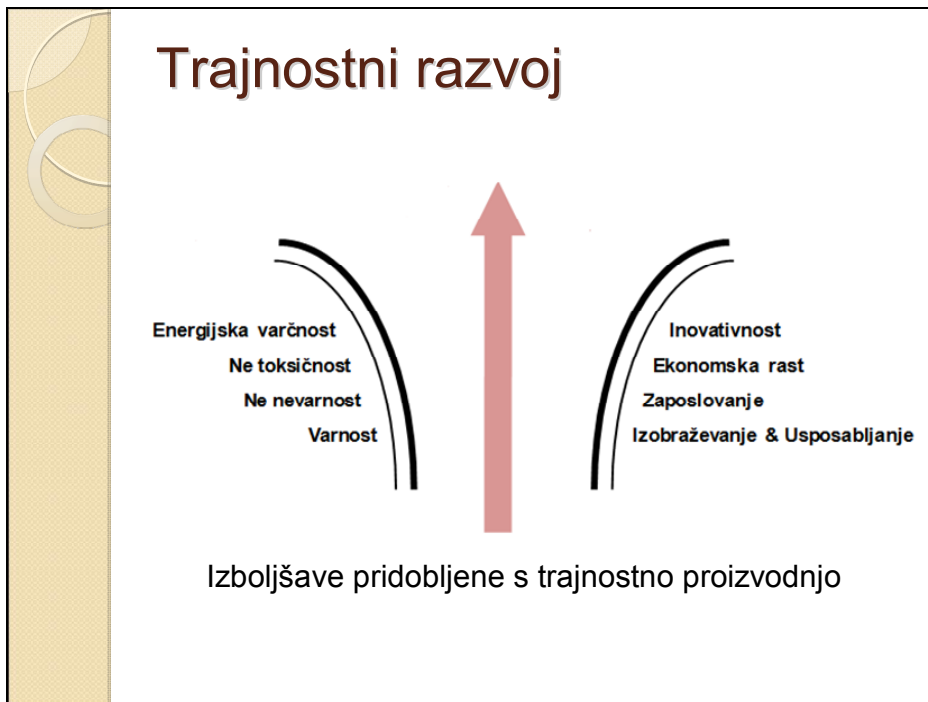
Uvod

- Globalna družba vedno bolj izrablja naravne vire, potrošnja energije je vedno večja, naravnih virov zmanjkuje, odpadki se množijo, itd.
- Potrebna je reorganizacija izdelovalnih oziroma proizvodnih tehnologij v takšni smeri, da bodo dosegala principe trajnostnega razvoja
- To ne bo pomagalo realizirati le globalne trajnostne prihodnosti, pač pa tudi zadostiti ideji "Manufuture" (zagotavljanje prihodnosti obdelovalnih procesov)

Trajnostni razvoj



Začetna faza: trajnostna proizvodnja



Trajnostni razvoj

- Za zagotavljanje okoljskih, ekonomskih, zdravstvenih, itd. zahtev skozi celotno življenjsko dobo izdelka, je potrebno razviti in prilagoditi nove tehnologije proizvodnje
- Tehnologije, katere bodo zagotavljale koncept napredka proizvodnih procesov oz. sistemov in tako pomembno prispevale k doseganju globalnega trajnostnega razvoja
- Eno od takih tehnologij v proizvodnji predstavlja proces kriogenega odrezavanja, katerega metodologija predstavlja doprinos k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje, zdravje, itd. med proizvodnimi oz.

Trajnostni razvoj

- Praksa v proizvodnih oz. obdelovalnih industrijah pretežno bazira na tradicionalnih strošek/dobiček metodah
- Zagotavljanje visoke kakovosti produktov ob nizkih stroških in visokih dobičkih/zaslughih
- Potrebno je upoštevati okoljevarstvene zahteve, katere so povezane z dodatnimi razvojnimi omejitvami in povečanimi stroški
- Zahteve upoštevamo na začetku verige razvojnega procesa, tako da so integrirane v obdelovalno/proizvodne procese



UTRJEVANJE ALUMINIJEVIH ZLITIN S KVAZIKRISTALNIMI FAZAMI

Niko ROZMAN, Simon KLANČNIK, Franc ZUPANIČ
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

POVZETEK

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja je bila odkrita nova vrsta strukturne ureditve kovinskih materialov, ki so jo poimenovali kvazikristalna struktura. Ti materiali imajo zaradi svoje strukture specifične lastnosti. Lahko se pojavljajo kot enofazni materiali ali kot ena izmed faz v kristalni oziroma amorfni strukturi. Članek opisuje pregled obstoječega stanja na področju utrjevanja aluminijevih zlitin z kvazikristalnimi fazami in uporabnost teh materialov v industrijske namene. Kot primer je podana tudi raziskava zlitine Al-Mn-Be-Cu, kjer dobimo ob primernih pogojih enakomerno razporejeno drobno ikozaedrično fazo v aluminijevi osnovi. S tem se povečata trdota in trdnost materiala za več kot 60%.

1. ALUMINIJEVE ZLITINE IN UTRJEVANJE

Aluminij je najperspektivnejši predstavnik lahkih kovin glede masovne proizvodnje. Njegova uporaba temelji predvsem na ugodnem razmerju gostota / trdnost. Boljše rezultate kažejo magnezijeve zlitine, ki pa se zaenkrat uporabljajo v precej manjši meri. Poleg majhne gostote ima aluminij dobro električno in toplotno prevodnost ter odpornost proti koroziji [1,2]. Kljub porastu uporabe kompozitnih materialov kot nadomestek aluminijevih zlitin, je njegova proizvodnja oziroma poraba v porastu iz leta v leto. Najpogosteje se ga uporablja v prehranbeni, avtomobilski, letalski in gradbeni industriji. Visoka cena aluminija je povezana z dragimi postopki pridobivanja te kovine z pomočjo postopkov elektrolize, kjer se ločijo aluminijevi atomi od kisika.

Največja slabost aluminija je težavno in drago doseganje visokih trdnosti primerljivih z železovimi kovinami. Prav tako je slabost nizka temperatura tališča (933,5K), ki onemogoča njegovo uporabo pri visokih temperaturah. Nizko tališče in kristalna struktura sta povezani z majhno trdnostjo [3]. Zaradi potreb industrije se posveča veliko pozornosti utrjevanju aluminija in njegovih zlitin. Aluminij lahko utrdimo z uporabo primernih zlitinskih elementov ter termičnimi in mehanskimi obdelavami [4]. S temi postopki

lahko dosežemo trdnosti aluminijevih zlitin tudi preko 500 MPa, kot so npr. Al-Zn-Mg-Cu zlitine. Zlitine sistema Al-Zn se komercialno imenujejo zlitine serije 7000 in lahko dosežejo trdnosti tudi preko 700 MPa.

V zadnjem času se je pričel razvoj novega načina utrjevanja aluminijevih zlitin s pomočjo hitrega ohlajanja in nastankom posebnih faz v mikrostrukturah.

2. VNOS KVAZIKRISTALNE FAZE KOT UTRJEVALNI FAKTOR

Leta 1984 je Schetman [5,6] odkril novo fazo v zlitinskem sistemu Al-Mn, ki ni imela lastnosti značilne za kristalno, ne za amorfno strukturo. Poimenovali so jo kvazikristalna snov. Kasneje so odkrili, da ima urejeno strukturo na svojevrsten in kompleksen način. Kristalno snov lahko opišemo z osnovnimi celicami, s katerimi lahko zapolnimo celoten prostor. Te imajo točno določene možne simetrije. Kvazikristal pa ima t.i. kristalografsko prepovedane simetrije, kar lahko ugotovimo na podlagi uklonskih vzorcev. Do sedaj odkriti kvazikristali imajo 5, 8, 10 ali 12-števne simetrijske osi. Najpogostejši so ikozaedrični kvazikristali (i-faza), ki imajo 5-števne simetrijske osi. Takšno strukturo opišemo v 2D z petkotniki. To so liki, s katerimi ne moremo v celoti prekriti ploskve. Na podlagi uklonskih vzorcev so ugotovili tudi

kvaziperiodičnost strukture kvazikristalov. To pomeni, da so razdalje med atomi neperiodične v 3D prostoru, kljub temu pa lahko z matematičnimi zapisi in višjedimenzijskimi prostori ugotovimo nek vzorec periodičnosti.

Kvazikristali so lahko stabilni ali metastabilni. Stabilni kvazikristali so težko dosegljivi, saj se večinoma nahajajo v zelo ozkih koncentracijskih območjih in rastejo v konkurenci z veliko intermetalnimi spojini, ki so večinoma zelo krhke faze in predstavljajo šibki člen materiala. Metastabilni kvazikristali nastajajo kot nadomestek za neke druge stabilnejše kristalne faze. Kvazikristale se najpogosteje pojavljajo v zlitinah: Al-Mn, Al-Mn-Be, Al-Mn-Pd, Al-Mn-Fe, Al-Cu-Fe, Al-Fe-Cr, Al-Ni-Co,...

Zaradi strukture, ki je sestavljena iz supercelic (do nekaj sto atomov) imajo kvazikristali posebne mehanske, električne in magnetne lastnosti. Če se osredotočimo samo na mehanske lastnosti, so te posebne zaradi drugačnih kristalnih napak. Kot primer lahko navedemo dislokacije, ki omogočajo plastično deformacijo kristalnih snovi. Pri vnosu dislokacij v kvazikristalno snov so bili odkriti primeri dveh različnih dislokacij v kvazikristalih: metadislokacije in dislokacije s fazonskimi napakami. O metadislokacijah sta najpomembnejše raziskave naredila Feuerbacher in Heggen, ki sta raziskovala zlitine Al-Mn-Pd [7-9]. V tem primeru so napake, ki se obnašajo kot dislokacije, le da gre tu za skupke napak, ki so kvazikristalne ravnine z deformirano strukturo in jim rečemo fazonske ravnine. V drugem primeru gre za klasične dislokacije in delne (parcialne) dislokacije, ki lokalno močno deformirajo strukturo v smislu nastanka fazonskih napak [10]. Fazonske napake so lokalna odstopanja mreže okoli dislokacije (na večjih oddaljenostih). Zaradi velikosti napak (metadislokacije so lahko tudi tisočkrat večje od dislokacij) je za njihove pomike potrebna zelo velika energija in jih je zato skoraj nemogoče premakniti pri nizkih temperaturah.

Kot utrjevalna faza so bili kvazikristali prvič uporabljeni leta 1987 v zlitini Al-Li-Cu-Mg [11]. V aluminijevi osnovi so poskušali ustvariti majhne kvazikristalne delce, ki bi omogočali utrjevalni učinek. Za dober utrjevalni učinek je

potrebno doseči drobne in enakomerno gosto razporejene delce, ki bi imeli učinek podoben disperzijskemu utrjevanju. Na tem področju je bilo za tem narejeno dokaj malo, saj so večinoma za doseganje takšnih delcev potrebne ekstremne ohlajevalne hitrosti. Te lahko dosežemo samo s specifičnimi neindustrijskimi metodami kot sta atomizacija (ta je industrijska metoda) in litje na vrteči boben. Takšno litje ustvari ulitke neprimerne za praktično uporabo, razen v primeru izdelave prahov za sintranje. Takšno sintranje prav tako ni kvalitetno zaradi oksidacije aluminijevih prahov pri visokih temperaturah (razen če bi delali vse v varovalni atmosferi, kar pa predstavlja velik strošek). Pri utrjevanju s kvazikristalnimi delci in litju z metodami hitrega strjevanja (okoli 10^6 K/s) so nekateri uspeli narediti aluminijeve zlitine z nateznimi trdnostmi do 1500 MPa [12]. Na področju izdelave aluminijevih zlitin utrjenih z kvazikristalnimi fazami so najpomembnejše raziskave opravili Inoue, Schurack, Jun in drugi [13-20]. Inoue, eden izmed najvplivnejših strokovnjakov na področju kvazikristalne snovi, je z uporabo redkih zemelj kot legirnih elementov in primernimi pogoji izdelave dosegel aluminijevo zlitino utrjeno z kvazikristalno snovjo z natezno trdnostjo okoli 800MPa. To je zelo velika trdnost, če upoštevamo da je dosežena brez termomehanskih obdelav. Pomemben dosežek je uspel tudi Schuracku, ki je dosegel trdnosti podobnih zlitin z relativno dobrimi žilavostmi okoli 850 MPa pri injekcijskem litju palic Ø3 mm palic.

Ena izmed možnih uporab takšnih materialov, ki potrebujejo velike ohlajevalne hitrosti, so tanke plasti [21]. Nanos tankih plasti kot trdni nanos na osnovo se uporablja že v precejšnji meri.

V našem laboratoriju se ukvarjamo z metastabilnimi aluminijevimi zlitinami Al-Mn-Be in Al-Mn-Be-Cu. Schechtman je odkril i-fazo v zlitini Al-Mn, pri ekstremnih ohlajevalnih hitrostih. Za tem je Song odkril, da dodatek Be zmanjša kritično ohlajevalno hitrost potrebno za nastanek te faze [22]. Vendar dodatek Be vseeno ne zmanjša te kritične hitrosti dovolj; pri teh zlitinah nam je uspe utrjevalni učinek pri ulitkih debeline 1 mm. Za večje debeline smo se odločili za dodatek Cu. Pri raziskavi smo odkrili, da večja

kot je debelina vzorca in posledično manjša kot je ohlajevalna hitrost, nižja je nukleacijska hitrost za nastanek metastabilnih kvazikristalnih delcev. Zato so ti pri večjih vzorcih večji in redkejši, kar povzroča zmanjšanje utrjevalnega učinka. Poleg ohlajevalnih hitrostih ima velik vpliv tudi kemijska sestava. Predvsem pomembna sta deleža Mn in Be.

3. EKSPERIMENTALNO DELO

Zlitino smo naredili iz komercialnih predzlitin (Al99,9, AlMn20, AlBe5.5, AlCu50) s taljenjem v indukcijski vakuumski peči. To zlitino smo zatem lili v bakrene kokile z različnimi formami in s tem dosegali različne ohlajevalne hitrosti [23]. Pri litju v bakrene kokile smo za litje v forme debelejšje od 2 mm uporabili gravitacijsko litje, pri tanjših presekih pa je bilo potrebno antigravitacijsko litje z pomočjo podtlaka. Podtlak je bil uporabljen samo v primerih, kjer je bilo to potrebno, zaradi negativnega vpliva na poroznost materiala. Narejene vzorce smo zatem pregledali z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM) in ugotavljali trdote materiala. Kemijska sestava zlitine je podana v tabeli 1.

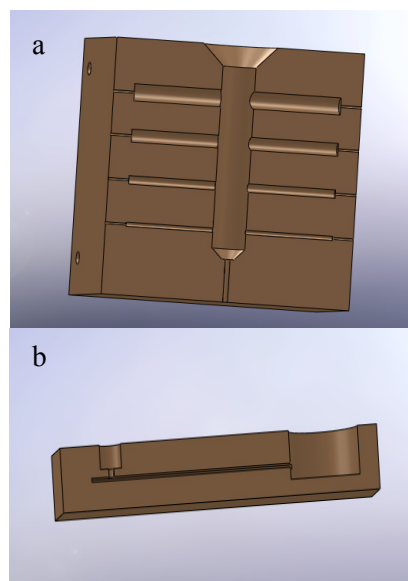
Tabela 1: kemijska sestava zlitine

Kemijski element	Al	Mn	Be	Cu
Atomski delež (%)	91,2	4,9	1,7	2,2

4. REZULTATI IN DISKUSIJA

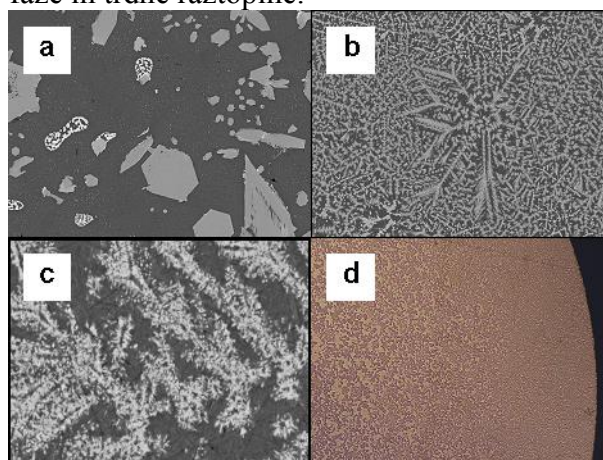
Bakrene kokile (slika 1) sta imeli forme z prerezi 1 mm x10 mm, Ø2,5 mm, Ø4 mm, Ø6 mm, Ø8 mm in Ø 16 mm. Slika 1a prikazuje kokilo za gravitacijsko litje, ki omogoča izdelavo več vzorcev naenkrat, kar pomeni, da jih lahko izdelamo v enakih razmerah. Slika 1b pa prikazuje kokilo namenjeno za litje tankih ulitkov s pomočjo vakuuma. Na mestih z najhitrejšim in najpočasnejšim ohlajanjem smo odvzeli vzorce in jih pregledali z pomočjo SEM ter analizirali faze z kemijsko metodo EDX. Na sliki 2 vidimo razliko v mikrostrukturi, ki je nastala zaradi različnih ohlajevalnih krivulj. Slika 2a prikazuje mikrostrukturo počasi ohlajenega vzorca, ki jo

sestavljajo trdna raztopina in velike manganove ter bakrove intermetalne faze (τ_1 in θ) [24].



Slika 1: bakrene kokile
 a-gravitacijsko litje, b-litje z vakuumom

Z večanjem ohlajevalne hitrosti se njihov delež zmanjšuje in pri določeni vrednosti se prične pojavljati kvazikristalna faza in sicer i-faza, ki ima petštevno simetrijo. Slika 2b, c prikazuje mikrostrukturo pri vzorcih ulitih v 1mm debele forme. Zaradi velikih ohlajevalnih hitrosti so popolnoma izginile intermetalne faze in smo dobili finejšo mikrostrukturo sestavljeno samo iz i-faze in trdne raztopine.



Slika 2: mikrostrukture
 a-počasno ohlajanje, b-hitro ohlajanje, c-
 kvazikristalna faza pri hitrem ohlajanju, d-
 gradient mikrostrukture

Slabost te zlitine je velika občutljivost na ohlajevalne hitrosti in je posledično zelo težko ustvariti ulitke, ki bi imeli homogeno mikrostrukturo skozi celoten prerez (2d).

Tabela 2 potrjuje predvidevanje, da kvazikristalna faza utrdi material. Ta utrjevalni učinek je zelo močan, ne le zaradi trdnosti kvazikristalne faze, ampak tudi zaradi mejnih površin med kvazikristalnim delcem in aluminijevo trdno raztopino [24]. Mejna površina je zaradi kvazikristalne strukture semikoherentna, kar pomeni, da se delno ujema z osnovo. To lahko trdimo zaradi velikih simetrij i-faze in neperiodičnosti atomov.

Tabela 2: mikrotrdote

Vzorec	1 mm	6 mm	50 mm
Mikro-trdota HV	185	147	118

5. SKLEPI

Utrjevanje aluminijevih zlitin z kvazikristalnimi fazami kaže zelo dobre rezultate v smislu povečevanja trdnosti ob zadovoljivi žilavosti. Problem nastaja zaradi ohlajevalnih hitrosti, ki omejujejo debeline ulitkov. Zato bo potrebno še veliko raziskav na tem področju, da bomo dobili čimbolj optimalne zlitine, primerne za masovno proizvodnjo.

V primeru opisane zlitine lahko ugotovimo, da z fino razporejenimi metastabilnimi i-fazami lahko povečamo trdoto in s tem tudi trdnost zlitine za več kot 60%. Pri večjih ulitkih se tako drobna mikrostruktura pojavi samo na zunanem delu vzorca, kar bi lahko bilo uporabno kot nekakšna zaščitna plast – kot gradientni material.

Literatura

- [1] Anžel I., Zupanič F.: Gradiva – visokošolski učbenik, Fakulteta za strojništvo UM Maribor 2007
 [2] Hatch, J.E. (ep.), Aluminum, Properties and Physical Metallurgy, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1984
 [3] A. Kelly, N. H. Macmillan: Strong solids; Oxford Science Publications, Oxford 2000
 [4] H.R. Shercliff, M.F. Ashby, Acta Metallurgica et Materialia, Volume 38, Issue 10, October 1990, Pages 1789-1802

- [5] K. F. Kelton, Quasicrystals, structure and stability; The institute of materials Washington University, 1993 Sant Luis
 [6] H. R. Trebin, Quasicrystals, structure and physical properties; University of Stuttgart, 2003 Stuttgart
 [7] M Heggen, M Feuerbacher, *Materials Science and Engineering A, Volumes 400-401, 25 July 2005, Pages 89-92*
 [8] M. Feuerbacher, S. Balanetsky, M. Heggen, *Acta Materialia, Volume 56, Issue 8, May 2008, Pages 1849-1856*
 [9] M. Feuerbacher, D. Caillard, *Acta materialia* 54 (2006) 3233 – 3240
 [10] U. Messerschmidt, M. Bartsch, *Scripta materialia* 49 (2003) 33 - 39
 [11] Sainfort, P. Dubost, B. and de physique, J., *Colloque C3, 1987, 48(9), 407*
 [12] Inoue, K. Ohtera, A.P. Tsai, T. Masumoto, *Jpn. Appl. Phys.* 27 (1988) L4479
 [13] Inoue, *Prog. in Mat. Sci.* 43 (1998) 365
 [14] E.S. Park, D.H. Kim, *Mettall. Mater. Int.* 11 (2005) 19-27
 [15] A Inoue, H Kimura, *Material science and engineering A286* (2000) 1-10
 [16] F. Schurack, J. Eckert, L. Schultz: *Acta Materialia* 49 (2001) 1351-1361
 [17] J-H Jun, J-M Kim, K-T Kim, W-J Jung: *Material science and engineering A449-451* (2007) 979-982
 [18] D.H. Bae, M.H. Lee, K.T. Kim, W.T. Kim, D.H. Kim: *Jurnal of alloys and compounds* 342 (2002) 445-450
 [19] A Inoue: *Progres in material science* 43 (1998) 365-520
 [20] A Inoue, H Kimura: *Journal of light materials* 1 (2001) 31-41
 [21] Roulex D., Pigeat P., *Progres in Surface Science*, vol. 81, 10-12 (2006), 488-514
 [22] Song G S, Fleurey E, Kim S H, Kim W T, Kim D H: *J. Mater. Res.* 17 (2002), str. 1671-1677
 [23] J. Campbell: *Casting Practise – The 10 Rules of Castings*; 2004 Oxford
 [24] G Effenberg: *Ternary alloys – vol. 7*; VCH Verlagsgesellschaft, 1991 Germany
 [25] Arnold E.: *The plastic deformation of metals*; R.W.K. Honeycombe 1984

ZASNOVA IN IZVEDBA CNC OBDELOVANEGA STROJA ZA MODELARSKE NAMENE

Ivo PAHOLE, Luka RATAJ, Simon KLANČNIK, Mirko FICKO, Simon BREZOVNIK, Jože BALIČ
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

POVZETEK

V članku so zajete osnovne zahteve za CNC-obdelovalni stroj za modelarske namene. Opisana je izvedba stroja in njegove lastnosti skupaj z izračuni glavnih in podajalnih gibanj. Prikazani so prenosni elementi stroja, podane meritve pozicionirne natančnosti, vodenje in krmiljenje stroja. Na koncu je prikazana še izdelava testnega izdelka in ugotovitve.

1. UVOD

Hiter tehnološki razvoj postavlja pred kovinsko predelovalno industrijo vedno nove in zahtevnejše naloge. Izdelava mora biti hitra, kvalitetna in poceni, kar pa so zahteve, ki jim je vedno težko slediti. Tem zahtevam se mora prilagajati tudi konstruiranje, gradnja in izkoriščanje obdelovalnih strojev. Današnja proizvodnja zahteva prilagodljive stroje za posamično in maloserijsko proizvodnjo. Serijska proizvodnja je le še v malem obsegu. Glavno vlogo so prevzeli numerično krmiljeni obdelovalni stroji (NC-stroji) in računalniško vodeni prilagodljivi (fleksibilni) inteligentni proizvodni sistemi [1-4].

Večja zmogljivost in natančnost obdelovalnih strojev je bistveno vplivala na razvoj funkcijskih elementov, ogrodij, vodil, ležajev, menjalnikov. Celotna konstrukcija mora biti toga in sklopi morajo delovati kinematično in geometrično brezhibno. Z večjo zmogljivostjo so naraščali tudi dinamični problemi, ki pa jih je bilo mogoče reševati šele v zadnjem času, ko so bili na razpolago primerni merilni postopki [1].

V članku je predstavljena zasnova in izvedba CNC obdelovanega stroja za modelarske namene. Članek je organiziran v naslednjem vrstnem redu. Po uvodnem delu je predstavljen namen in opis izdelave CNC rezkalnega stroja. Sledi kontrola

statične togosti stroja in preračun osnovnih podatkov stroja. S pomočjo meritev smo določili pozicionirno natančnost stroja, kar je opisano v petem poglavju. Krmiljenje stroja je predstavljeno v šestem poglavju. Sledi predstavitev programskega orodja Mach, ki je namenjeno za upravljanje CNC stroja. V osmem poglavju so predstavljeni rezultati za testen primer. Članek se konča s kratkim zaključkom.

2. NAMEN IN OPIS

Stroj je namenjen za izdelavo tiskanih vezij in gravur. Glede na velikost obdelovalnega območja je primeren tudi za izdelavo manjših 3-D izdelkov [4]. Zaradi dobre preglednosti in enostavnosti uporabe je stroj primeren tudi za pedagoške namene. Konstrukcijsko je stroj zasnovan iz treh sestavnih delov in sicer iz:

- Ležeče koordinatne mize, katera je iz sive litine in omogoča gibanje v X in Y osi.
- Vertikalnega stebra, kateri je iz aluminija in omogoča gibanje v Z osi. Nanj je pritrjeno glavno vreteno in vgrajena krmilna elektronika z napajanjem.
- Dela, ki ga predstavlja osnovna plošča iz konstrukcijskega jekla in povezuje oba prva dela ter daje stroju stabilnost.

Za glavno vreteno je uporabljen rezkalnik proizvajalca »Kres«. Zaradi manjše moči

glavnega vretena ter rezalnih sil je predvidena uporaba frezal manjših dimenzij in sicer do 8 mm. Ravno tako so predvidene manjše globine freziranja. Z upoštevanjem teh omejitev za pogon posamezne obdelovalne osi zadostuje cenovno sprejemljiv bipolarni koračni motor z ustreznim krmilnikom. Krmilnik preko osebnega računalnika krmili motorje po načinu korak-smer. Spremembo rotacije koračnega motorja v translacijo omogoča kroglično navojno vreteno s kroglično matico. Vrtilni moment se iz motorja na vreteno prenaša preko zobatega jermena. Za translacije osi X in Y so uporabljena drsna vodila tipa lastovičji rep z možnostjo nastavitve bočne ohlapnosti. Za translacijo vertikalne Z osi sta uporabljena dva okrogla vodilna stebra po katerih drsi nosilec glavnega vretena. Stroj ima vgrajena končna mikrostikala, ki omejujejo gibanje obdelovalnih osi izven delovnega območja in s tem preprečujejo poškodbe stroja. Kot grafični uporabniški vmesnik je uporabljen program Mach3, kateri preko LCD zaslona tipkovnice ter optične miške komunicira z operaterjem stroja [4].

V Preglednici 1 so predstavljeni tehnični podatki razvitega CNC rezkalnega stroja, na Sliki 1 pa je prikazan prototip obdelovalnega CNC rezkalnega stroja.

Preglednica 1: Tehnični podatki stroja

Krmilje:	unipolar microstepping hobby CNC
delovno območje X-os	180 mm
delovno območje Y-os (prečno)	140 mm
delovno območje Z-os (navpično)	250 mm
Natančnost ponovljivost	0,05 mm
območje vrtljajev gl. vretena	10000 - 31000 min ⁻¹
pomik-brezstopenjsko vse osi	0- 900 mm/min
pogonsko vreteno	1000 W
dolžina stroja	500 mm

širina stroja	400 mm
višina stroja	550 mm
masa stroja	70 kg

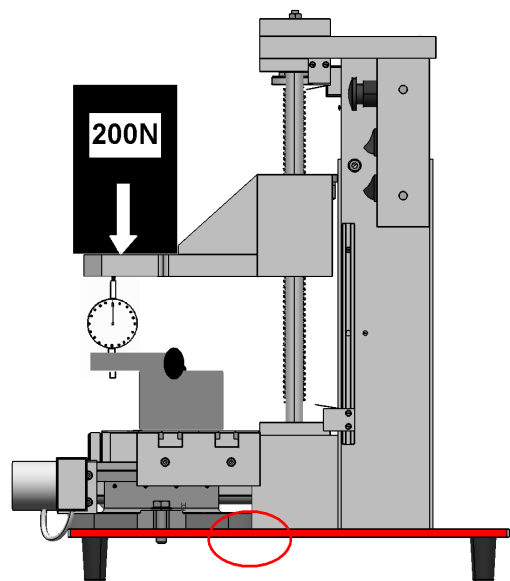


Slika 1: Obdelovalni CNC rezkalni stroj

3. KONTROLA STATIČNE TOGOSTI

S kontrolo statične togosti smo ugotovili povprečje konzolnega nosilca na katerega je pritrjeno glavno vreteno stroja. Kontrolo smo izvedli na način, kot jo prikazuje Slika 2. Pri obremenitvi smo na merilni uri izmerili povprečje nosilca za 0.13 mm. Podobno meritev smo opravili na različnih in skrajnih točkah v smeri obdelovalne osi Z.

Rezultati so pokazali enaka odstopanja iz česar je razvidno, da so steber in vodila sami po sebi dovolj togi in se ne deformirajo preveč. Najšibkejši člen je osnovna plošča, katera povezuje steber obdelovalne Z-osi ter koordinatno X-Y-os mizo (Slika 2).



Slika 2: Prikaz meritve statične togosti v smeri obdelovalne osi Z in z rdečo barvo označena osnovna plošča

4. DOLOČITEV OSNOVNIH PODATKOV STROJA

Preračun hitrosti glavnega vretena smo naredili za rezkarje iz karbidnih trdnin in rezkarje iz hitroreznih jekel. Potrebne podatke smo zbrali iz spletnega kataloga »BTS« [5] in strojno tehnološkega priročnika [6]. V nadaljevanju je prikazan izračun parametrov obdelave za rezkarje iz hitroreznega jekla, izračun za rezkarje iz karbidnih trdnin pa smo izvedli po enakem postopku.

Podatke za rezkarje iz hitroreznega jekla smo izbrali iz strojno tehnološkega priročnika [6] in sicer so:

$$\begin{aligned} d_{\min} &= 1\text{mm} && \text{HSS} \\ d_{\max} &= 20\text{mm} && \text{HSS} \\ v_c &= 50\text{m/min} && \text{za baker} \\ v_c &= 200\text{m/min} && \text{za aluminij} \end{aligned}$$

Najprej smo določili območje rezalnih hitrosti glavnega vretena:

$$B_V = \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{200\text{m/min}}{50\text{m/min}} = 4$$

(1)

kjer je :

$$\begin{aligned} B_V &\dots\dots\dots\text{območje rezalnih hitrosti} \\ v_{\min} &\dots\dots\dots\text{minimalna rezalna hitrost} \\ v_{\max} &\dots\dots\dots\text{maksimalna rezalna hitrost.} \end{aligned}$$

Na podlagi izbranega materiala orodja in obdelovanca izračunamo rezalno hitrost:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot v_{Cal}}{\pi \cdot d_{\min}} = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 1} = 31830\text{min}^{-1} \quad (2)$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot v_{Ccu}}{\pi \cdot d_{\min}} = \frac{1000 \cdot 50}{\pi \cdot 20} = 795\text{min}^{-1}$$

(3)

$$v_{\min} = \frac{d_{\max} \cdot \pi \cdot n_{\min}}{6000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 795}{6000} = 8,32\text{m/min} \quad (4)$$

$$v_{\max} = \frac{d_{\max} \cdot \pi \cdot n_{\max}}{6000} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 31830}{6000} = 335\text{m/min} \quad (5)$$

kjer je z d označen premer orodja in z n vrtilna hitrost na minuto.

Sledi izračun največje in najmanjše vrtilne hitrosti:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot v_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}} = \frac{1000 \cdot 335}{\pi \cdot 1} = 53316\text{min}^{-1} \quad (6)$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot v_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \cdot 8,32}{\pi \cdot 20} = 132,4\text{min}^{-1} \quad (7)$$

Iz izbranih različnih materialov orodja in obdelovalnega materiala [6, 7] smo dobili s preračunom območje vrtilne hitrosti obdelovalnega stroja:

$$\begin{aligned} n_{\min} &= 132\text{min}^{-1} \\ n_{\max} &= 88808\text{min}^{-1} \end{aligned}$$

Kadar govorimo pri obdelovalnih strojih o pomožnih gibanjih, mislimo pri tem na razna podajalna in pomična gibanja. To so tista medsebojna gibanja obdelovanca in orodja, ki določajo geometrijo obdelovanca. Pot teh gibanj

je mnogo zahtevnejša po obliki in hitrosti od glavnega - rezalnega – gibanja. Podajalni pogoni morajo ustrezati več zahtevam, kot so togost, ki pogojuje izvajanje gibanja neodvisno od vplivnih sil, ki nastajajo med obdelavo, enakomernost gibanja in hitro reagiranje pri spremembi hitrosti. Od motorja se gibanje prenaša na suporte preko krogličnega vretena in matice.

Vsi trije koračni motorji imajo pri polno koračnem vodenju ločljivost $1,8^\circ$ na korak. Kar da motorju 200 korakov na obrat.

$$n = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} = 200 \text{ korakov/obrat}$$

(8)

Ti motorji imajo pa tudi možnost pol koračnega vodenja kar jim ločljivost razpolovi na $0,9^\circ$ in poveča število korakov podvoji na 400. Slabost tega je, da se zmanjša navor.

$$n = \frac{360^\circ}{0,9^\circ} = 400 \text{ korakov/obrat}$$

(9)

Prestavno razmerje jermenic je enako za vse tri podajalne osi in znaša, $i = 4$

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{60}{15} = 4$$

(10)

Z_1 – število zob na pogonski jermenici

Z_2 – število zob na gnani jermenici

Prestavno razmerje nam poveča število korakov in s tem tudi natančnost vodenja, kar znaša $n_k = 1600 \text{ korakov/obrat}$ pri ločljivosti $\varphi_k = 0,225^\circ$

$$n_k = \frac{n \cdot Z_2}{Z_1} = \frac{400 \cdot 60}{15} = 1600 \text{ kor./obrat}$$

(11)

$$\varphi_k = \frac{\varphi \cdot Z_1}{Z_2} = \frac{0,9^\circ \cdot 15}{60} = 0,225^\circ \text{ zasuka}$$

(12)

Krogelno vreteno ima vzpon vijčnice 5 mm/obrat in premer 16 mm.

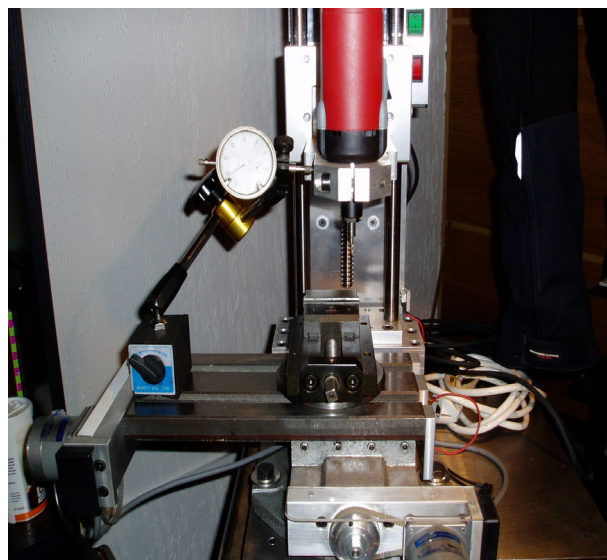
$$\Delta l = \frac{0,225^\circ \cdot 5 \text{ mm}}{360^\circ} = 0,003125 \text{ mm}$$

(13)

Iz izračunov sledi, da je teoretična točnost podajanja koordinatnih miz enaka $\Delta l = 0,003125$ mm za vsak korak motorja. Kar pomeni, da za 1 mm poti mize, motor naredi 320 korakov.

5. POZICIONIRNA NATANČNOST-PONOVLJIVOST

To meritev smo praktično izvedli s pomočjo analogne merilne ure (Slika 3). Meritev smo opravljali večkrat na treh različnih mestih in različnih oseh. Rezultati so pokazali, da se odstopanja na različnih mestih razlikujejo. Vrednosti se gibljejo od 2 μm na osrednjem delu vodil in do 4 μm na koncih vodil.



Slika 3: Merjenje ponovljivosti na X-osi

V preglednicah 2, 3 in 4 so predstavljeni rezultati meritev natančnosti na posameznih oseh stroja.

Preglednica 2: Meritve pozicionirne natančnosti na x-osi.

	točka x90, y40, z-80	točka x0, y- 40, z80	točka x-90, y0, z80
--	-------------------------	-------------------------	------------------------

1. meritev	-0.02 mm	0.00 mm	0.01 mm
2. meritev	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm
3. meritev	-0.01 mm	0.00 mm	0.02 mm

Preglednica 3: Meritve pozicionirne natančnosti na y-osi.

	x90, y40, z-80	x90, y0, z-80	x0, y-40, z0
1. meritev	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm
2. meritev	0.02 mm	0.01 mm	0.00 mm
3. meritev	0.01 mm	0.00 mm	0.00 mm

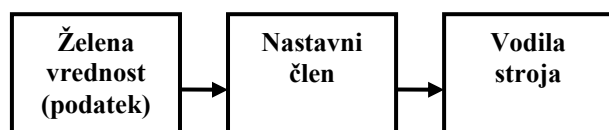
Preglednica 4: Meritve pozicionirne natančnosti na z-osi.

	x90, y0, z-80	x0, y-40, z0	x0, x40, z80
1. meritev	0.01 mm	0.00 mm	0.00 mm
2. meritev	0.01 mm	0.00 mm	0.01 mm

6. KRMILJENJE STROJA

Z razvojem elektronike so NC-krmilja zamenjali za CNC-krmilja [8], (Computer Numerical Control), ki vsebujejo tudi računalnik. V principu opravlja CNC-krmilje enake naloge kot NC-krmilje, vendar lahko zaradi vgrajenega računalnika prevzame vrsto posebnih nalog (višje vrste interpolacije, programsko povezavo krmilja s strojem, korekcijo radija rezalnega roba, tehniko podprogramov in še marsikaj).

Pri numeričnem krmiljenju, kjer imamo na stroju vgrajena merilne člene t.i. digitalni zaznavalec pozicije, se za vsako os premika ponavadi uporablja posebna regulacijska zanka.



Slika 3: Odprto zankni sistem vodenja

V našem primeru uporabljamo koračne motorje [9], zato ne potrebujemo dodatnih merilnih členov in regulacijske zanke, saj koračni motor lahko deluje s krmiljem neposredno brez povratne regulacijske zanke (Slika 3). Slabost tega je, da pri tem zanemarjamo pogoške prenosnih elementov in dejanska pozicija podajalne osi odstopa od želene pozicije (posledično slabša natančnost stroja kot pri uporabi povratne regulacijske zanke).

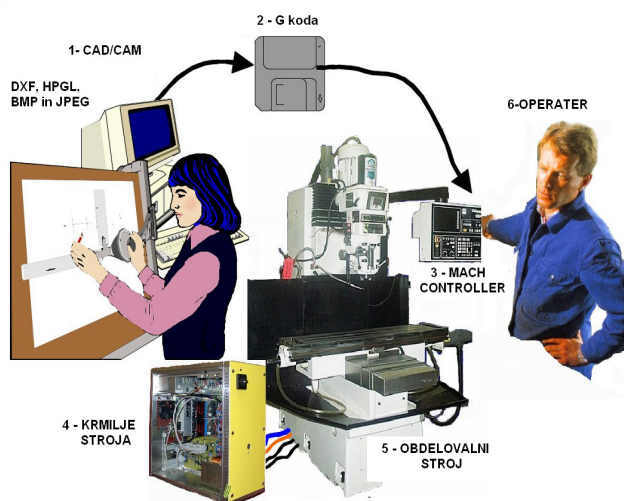
Za uporabo na stroju smo izbrali krmilje Hobby CNC Chopper Driver Board Kit s katerim lahko krmilimo 3- ali 4- koračne motorje preko računalniškega LPT-vmesnika. Izbrano krmilje ima sledeče karakteristike:

- maksimalna vhodna napetost 42 V DC, minimalna vhodna napetost 12 V DC, priporočljiva vhodna napetost 24 V DC,
- maksimalni tok 3 A na fazo, minimalni 500 mA,
- koračno in smerno krmiljenje,
- kompatibilen s programsko opremo: DeskNC, TurboCNC, Mach in podobnimi programi.

7. PROGRAMSKI PAKET MACH

Ta program je primeren za preprosto upravljanje CNC-stroja. Odlikuje ga enostavno programiranje, nalaganje ter dekodiranje programa. Program se dobi lahko preko spleta tako, da ga enostavno naložimo na naš osebni računalnik. Z njim je možno upravljati celotni stroj samo z kazalnimi tipkami na tipkovnici. Za prenos signala iz osebnega računalnika na krmilnik uporabimo serijski LPT-vmesnik, kot pri starejših tiskalnikih.

Stroj lahko s programom krmilimo prostoročno, lahko pa tudi preko G-kode pisanih stavkov. V primerjavi z drugimi dekodirniki pa je konkurenčen, saj mu je mogoče vnesti tudi različno kodirane programe v formatu: DXF, HPGL, BMP in JPEG. Primeren je za graviranje in izdelovanje vseh vrst 3-D izdelkov. Slika 4 prikazuje diagram poteka programiranja stroja z Mach-om.



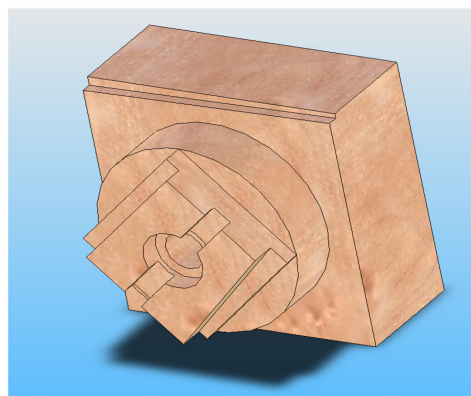
Slika 4: Diagram poteka programiranja z orodjem Mach

Na začetku moremo program najprej nastaviti. Nastavimo mu parametre iz našega stroja kot so: prestavno razmerje, vzpon vijačnice in tip koračnega motorja in sicer tako, da se načrtovane mere na ekranu ujemajo z dejanskimi na stroju. Če ne pazimo se hitro lahko zgodi, da preobremenimo koračni motor. V tem primeru koračni motor ne zmore slediti hitrim koračnim impulzom in se v trenutku ustavi [9], [10].

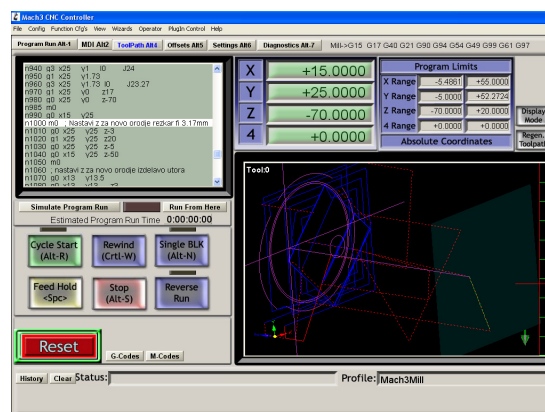
Program ima možnost krmiljenja štirih osi X-linearno, Y-linearno, Z-linearno ter 4-kot četrto krožno gibanje. V našem primeru uporabljamo samo tri osi. Obstaja pa še vedno možnost nadgradnje četrte krožne osi.

8. TESTEN PRIMER

V nadaljevanju bo predstavljen testen izdelek, ki smo ga izdelali s pomočjo razvitega CNC stroja. Najprej smo naredili model testnega izdelka (Slika 5).



Slika 5: CAD model izdelka



Slika 6: Simulacija poti orodja v programu Mach

S pomočjo orodja Mach smo najprej naredili simulacijo izdelave (Slika 6), nato pa smo izdelek dejansko izdelali na stroju.

9. ZAKLJUČEK

Pri izdelavi testnega izdelka in na podlagi nekaterih meritev se je gradnja izkazala za uspešno. Za boljšo natančnost stroja bi bilo potrebno:

- namestiti dajalnike pozicije in uporabiti povratno regulacijsko zanko,
- ojačitev osnovne plošče,
- ojačitev konzolnega nosilca.

Za večje pomike bi bilo potrebno koračne motorje zamenjati s servomotorji. Za obdelavo trših materialov pa bi bilo potrebno uporabiti

glavno vreteno večjih moči in navora. Ugotovili smo, da je takšna gradnja stroja cenovno ugodna, saj smo za izgradnjo stroja porabili veliko manj sredstev, kot bi jih pri nakupu podobnega stroja na trgu.

Literatura

- [1] Ivo Pahole, Jože Balič: *Obdelovalni stroji*, učbenik Fakulteta za strojništvo, Maribor, marec 2003.
- [2] Ivo Pahole, Igor Drstvenšek, Mirko Ficko: *Programiranje numerično krmiljenih strojev – rezkanje*, Navodila za vaje, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2006
- [3] Luka Rataj: *Tehnološka zasnova obdelovalnega CNC stroja za pedagoške namene* : diplomsko delo visokošolskega strokovnega študijskega programa, Fakulteta za strojništvo Maribor, 2008.
- [4] Vojko Andrejašič, Janez Kopač, Peter Krajnik. Gradnja 4 osnega CNC frezalnega stroja. *Orodjarstvo* (2008) vol11. S199-S202
- [5] *BTS Company*: Dostopno na WWW: <http://www.stroji.com/novice.php?lang=si&novica=75>
- [6] *Strojnotehnološki priročnik*, 6.izdaja. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 1992.
- [7] Franc Tržan: *Mehanska tehnologija*, skripta, Univerza v Mariboru Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2000
- [8] Spletna stran: *Datashet*, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/176061/ALLEGRO/SLA7078MR.html>
- [9] Ivan Zagradišnik, Bojan Slemnik: *Električni rotacijski stroji*, učbenik, Fakulteta za Računalništvo in Informatiko, Maribor, 2001
- [10] Jenko Anton: *Osnove CNC tehnologije*, učbenik, zavod za tehnično izobraževanje, Ljubljana, marec 1987

KALIBRACIJA MERIL

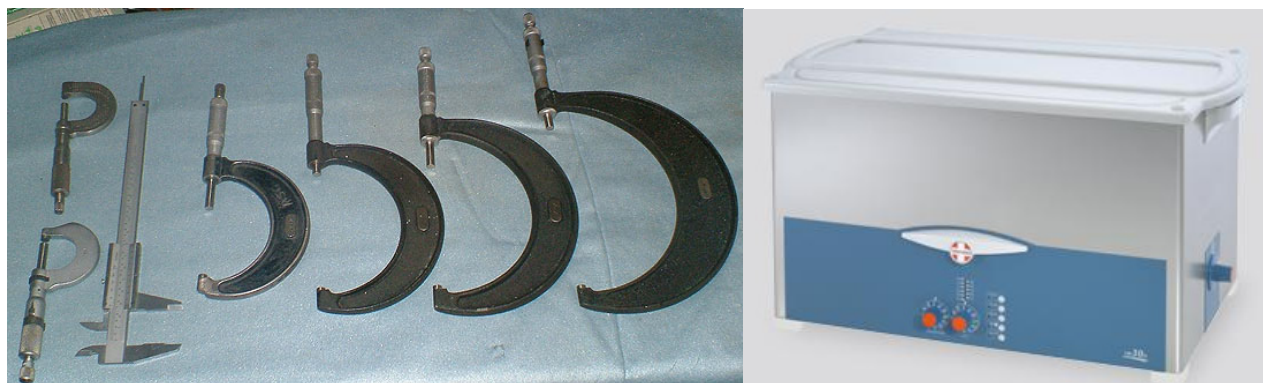
Primož HAFNER
LOTRIČ d.o.o.

Temelj za pravilno delovanje svetovne trgovine danes predstavljajo trije osnovni stebri, in sicer standardizacija, certificiranje in meroslovje. Zato, da so poročila med seboj primerljiva oziroma, da se priznavajo ne glede na to kje je bil pregled opravljen, v prvi vrsti skrbi standardizacija, nadalje pa certificiranje in meroslovje. Posamezen proizvod ali storitev se najlažje »opiše« z vrednostmi skupaj z merskimi enotami, ki so usklajene z mednarodnim sporazumom o enotah (SI - international system of units). Meroslovje tako skrbi za pravilno merjenje oziroma, da merila delujejo točno, ponovljivo, funkcionalno, ...

Bistven postopek pri tem je kalibracija merila, ki nam pove dejansko stanje merila, in se izvede z referenčno vrednostjo – etalonom, ki je primerljiv na višjo nacionalno ali mednarodno referenco. Vsi etaloni, ki imajo ustrezno sledljivost, vodijo k definiciji enote. Tako pridemo do krovnega dokumenta meroslovja, ki je bil prvotno podpisan v letu 1875 in se imenuje Meterska konvencija.

Meroslovje po definicije pomeni znanost merjenja. V modernem svetu si ne znamo zamisliti vsakdana brez merjenja. Tako se vsak dan, ne da bi se tega prav dobro zavedali, srečujemo z merjenji, takimi ali drugačnimi. Lekarna, trgovina, bencinska črpalka, tehnični pregledi vozil, proizvodna so le nekateri primeri.

Zakonitosti v meroslovju se bistveno ne razlikujejo od ekonomskih. Z dobrim izdelkom, vam nihče ne more zagotoviti uspeha, čeprav ste na dobri poti. Ravno tako dobro merilo, še ne pomeni dobrega rezultata ali dobre kvalitete. Vsekakor za dober rezultat potrebujemo še znanje, izkušnje, dobro vzdrževanje, preverjanje točnosti, katerim skupni imenovalc so človeški resursi.



Slika levo prikazuje merila po pranju v ultrazvočni kopeli na sliki desno

Usposobljen merilec je dejansko predpogoj za dobro meritev, ne pa tudi zadosten. Zavedati se je potrebno elementov, ki vplivajo na točnost meritev in jih ne moremo omejiti ali zanemariti. To so tako imenovani vplivni parametri, ki so različni za različne vrste meritev. Na splošno v ta sklop lahko uvrstimo okolje, izvajalca (merilca), postopek in samo merilo. Glede na zahtevnost merjenja jih nato ali upoštevamo oziroma rezultat korigiramo ali jih ne upoštevamo - zanemarimo. Pri industrijskih meritvah vsekakor zanemarimo veliko parametrov, ki bistveno ne vplivajo na točnost končnega rezultata. Usposobljen merilec tako zazna tudi napačne ali »sumljive« rezultate, in ima občutek za izboljšave postopka, kar nas pripelje do prihranka. Na koncu potrebujemo reprezentativen oziroma primerljiv rezultat, s čimer lahko zagotovimo primerno kakovost našemu proizvodu ali storitvi.

Kakovost je parameter, ki je povezan z naročnikom oziroma njegovimi željami in pričakovanji. Že dolgo velja, da kakovost ni le tehnološki vidik, ampak tudi ekonomski. Tako kakovosti ne moremo narekovati mi sami ampak izdelek oziroma posledično naročnik. Vsi skupaj se moramo zavedati, kakšne so zahteve potrošnika oziroma kakšna pričakovanja goji naročnik.

Za zagotavljanje primerne kakovosti, poleg ostalih parametrov potrebujemo tudi ustrezno merilo s katerimi bomo zadostili merskim parametrom. V prvi vrsti je potrebno poznati zahteve za točnost, natančnost (ponovljivost), obliko, vzdržljivost in specialne zahteve. Pogosto se zamenjuje pojem razdelek in točnost merila. Enostavno povedano lahko rečemo, da potrebujete 10x boljši razdelek, da boste zadostili točnosti s katero morate izvajati meritve. Dolgoročno je za merilo bistveno vzdrževanje, ki ga je lahko enostavno zagotoviti s postopkom kalibracije.

Kalibracija vam lahko izvede akreditiran kalibracijski laboratorij, ki vam izda certifikat o kalibraciji akreditiranega laboratorija. Organi, ki nimajo potrjene usposobljenosti, vendar so zaupanja vredni, vam bodo izvedli sledljivo kalibracijo, vendar je potrebno poudariti, da je sledljivost zagotovljena zgolj merilni opremi. Akreditacija je orodje, neodvisni in nepristranski organ, ki ugotavlja usposobljenost različnih ustanov za različne postopke. Kalibracijski laboratoriji se tako presojujejo v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025, ki podaja splošne zahteve za sistem vodenja kalibracijskih laboratorijev. Ugotavlja se tehnična kompetentnost organa, kamor spadajo merilna oprema (zagotovljena primerna sledljivost), ustreznost prostorov za izvajanje postopkov, usposobljenost osebja, ki mora biti dokazana in pisni postopki z izračuni korekcij in merilne negotovosti. Vsi opisani parametri so zadostni pogoj za dobro kalibracijo, zato na splošno veljajo akreditacija za zadosten dokaz usposobljenosti nekega kalibracijskega laboratorija. Podrobnosti o tem v kakšnem obsegu, s kakšno najboljšo merilno zmogljivostjo in morebitne omejitve pri izvajanju kalibracij, lahko najdete na straneh akreditacijske hiše pri kateri je organ akreditiran. Evropska unija je pred kratkim sprejela pravni akt o akreditaciji, ki med drugim predvideva nacionalno ureditev področja akreditacije. Tako bo po 1.1.2010 veljalo načelo, da se nek organ iz Slovenije lahko akreditira samo pri javnem zavodu Slovenska akreditacija

Kalibracija je izvedena v skladu s standardom, ki velja za vrsto merila. Standard vedno poda minimalne zahteve za izvedbo, med katerimi so potek kalibracije, točke v katerih naj bi se kalibracija izvedla in morebitne druge zahteve.

Kalibracija tako zajema tudi čiščenje merila, izvede se test funkcionalnosti, kjer se izvedejo potrebna popravila in naravnavanja. Nato se izvede temperaturna prilagoditev merila, ali kakšna druga prilagoditev, če je potrebna. Meroslovni pregled vsebuje različne teste, ki se opravijo z etaloni zato, da se zagotovi reprezentativen rezultat kalibracije. Na koncu organ izda certifikat o kalibraciji, ki vsebuje vse bistvene in potrebne podatke za interpretacijo merilnih rezultatov, ter mora uporabniku omogočiti ugotovitev ustreznosti merila. Akreditiran certifikat mora vsebovati logotip akreditacijske hiše ali sklicevanje nanjo, podatke o merilu in lastniku, opisane morajo biti merjene veličine in merilni postopek, pogoji v katerih se je kalibracija izvedla, identifikacija izvajalca, datum izvedbe, ter odgovorno osebo in njen podpis z datumom. Poleg merilnih rezultatov in merilne negotovosti, so na certifikatu navedena še stanje merjenca pred kalibracijo, izjava o merilni negotovosti, ter izjava o dolgotrajni stabilnosti rezultata. Poudariti je potrebno, da kalibracija v nobenem primeru ne pomeni, da je merilo ustrezno. Merilo je last uporabnika in le ta odloča o tem kaj je zanj sprejemljivo in kaj ne. Laboratorij lahko oceni stanje merila samo na podlagi predhodno, s strani uporabnika, podanih zahtev in dovoljenih odstopanj.

Periodo kalibracije določi uporabnik sam na podlagi izkušenj, pogojev v katerih bo merilo delovalo, zahtevani točnosti, itd. Periodo v izjemnih primerih določi tudi zakonodaja (tehnični pregledi vozil) ali standard (gradbeništvo).

Laboratorij LOTRIČ je v letošnjem letu predstavil kar nekaj novosti na področju kalibracije meril. Mednje spadajo dolžinska in kotna merila – vzporedna mejna merila ali merilne kladice, merilne urice in elektronska tipala, debelinska in zevna merila, toga črtna in tračna merila, mikrometri, kljunasta merila, gladki in navojni trni in obroči, ter kotomeri in kotniki. Druga novost je na področju mase, kjer lahko izdamo akreditiran certifikat za predmete katerekoli poljubne mase. Momentni ključi, volumske posode, dozirni sistemi prav tako spadajo v sklop širitev obsega akreditacije. Tu so še sevalni termometri, pH metri in sterilizatorji. Laboratorij je postal tudi organ za periodične preglede opreme pod tlakom in varnostnih ventilov.

Poleg kalibracij in kontrol podjetje zastopa uveljavljene blagovne znamke na področje termometrov in vlagomerjev, volumetričnih naprav, masnih in tlačnih senzorjev, uteži, ultrazvočnih kopeli in farmacevtske opreme. V programu pa ponuja tudi merilnike krvnega tlaka in pnevmatsko orodje.

Da boste v prihodnje točneje in natančneje merili se lahko udeležite strokovnih seminarjev na izbrano temo. Pri tem vam bomo z veseljem tudi v praksi pokazali kaj in kako izvajamo kalibracije na najvišjem nivoju v laboratorijskih pogojih, izvedeli pa boste še marsikaj. Vse informacije dobite na naši domači strani www.lotric.si.

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

PROBLEMATIKA PREOBLIKOVANJA TANKE PLOČEVINE IN UPORABA HIDRAVLIKE V ORODJIH

Igor STROPNIK, Blaž NARDIN
Gorenje Orodjarna d.o.o.

POVZETEK

Za našo orodjarno je predstavljal ta projekt pomemben finančni zalogaj, hkrati pa tehnološki izziv, ki ga je bilo potrebno izpeljati v zelo kratkem času. Kljub temu, da so se na začetku nekateri postavljeni pogoji in iz njih izhajajoči problemi zdeli nerešljivi nam je s pomočjo izkušenj, strpnega in visoko strokovnega dela v projektni skupini uspelo doseči vse zahteve naročnika orodij. Razvili smo tehnologijo - metodo, konstrukcijo in tehnologijo za posamezne orodne komponente, orodja izdelali, jih preizkusili in optimirali do zagona nulte serije. Pri delu so bile uporabljene najsodobnejše RR metode kot so sočasno inženirstvo, CAE simulacije, 3D CAD konstruiranje, določevanje materialnih karakteristik vhodne surovine, CAQ za zagotavljanje ponovljivosti in merilnih protokolov.

1. UVOD

Ob sprejemu odločitve v programu Kuhalnih aparatov v GORENJU za izdelavo nove generacije kuhalnih aparatov se je sprejela tudi odločitev o postavitvi nove avtomatizirane linije za izdelavo pečic. Zaradi občutljivosti razvojnih aktivnosti, varovanja intelektualne lastnine in industrijskih skrivnosti, je bilo nujno potrebno, da vse vitalne razvojne komponente razvije in izdela podjetje, ki mu naročnik zaupa. Program Indop in Gorenje Orodjarna d.o.o. sta zaradi svoje lastniške strukture v tem primeru predstavljala 100% varno in zanesljivo okolje, ob hkratnem vrhunski podpori na področju znanja, veščin orodjarskih, hidravličnih, pnevmatskih, elektronskih in informacijskih tehnologij. V zelo kratkem času je bilo potrebno razviti in izdelati popolnoma avtomatizirano linijo za izdelavo pečic.

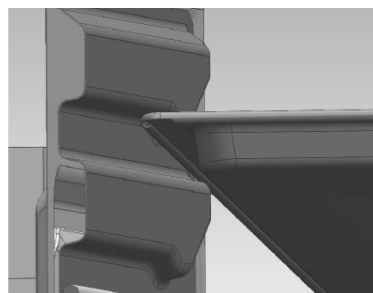
1. ZAHTEVE

Tako kot vedno smo od naročnika dobili nekaj osnovnih zahtev za izdelavo linije pečic. Pečica je izdelana iz materiala **DC 04 EK** z debelino **0.5 mm**. Pločevina je nizko ogljučna, namenjena preoblikovanju z visokimi stopnjami

deformacij in je ustrezna za nadaljnjo površinsko zaščito emajliranja. Na liniji se morajo izdelovati štirje (4) različni tipi oboda pečice in sicer:

- Plin žična vodila,
- Plin vlečena vodila,
- Električna žična vodila,
- Električna vlečena vodila.

Zaradi varnostnih standardov, ki veljajo za vodila pekačev v pečici (Slika 1) mora biti geometrija vlečenih vodil izdelana z zelo strmimi stenami in z zelo malimi radiji na prehodih med površinami. Takt linije mora zagotavljati nemoteno proizvodnjo 2100 pečic v eni izmeni. Zahtevana je bila popolna avtomatiziranost predelave linije za izdelavo vseh tipov pečic. Prostor predviden za linijo je bil velikosti $12m \times 31m$



Slika 1: Varnostna zahteva za vodila pekača

3. PROBLEM

Tako sta bila pri razvoju orodij za preoblikovanje pred konstruktorje postavljena dva ključna tehnološka cilja, ki smo ju natančno analizirali:

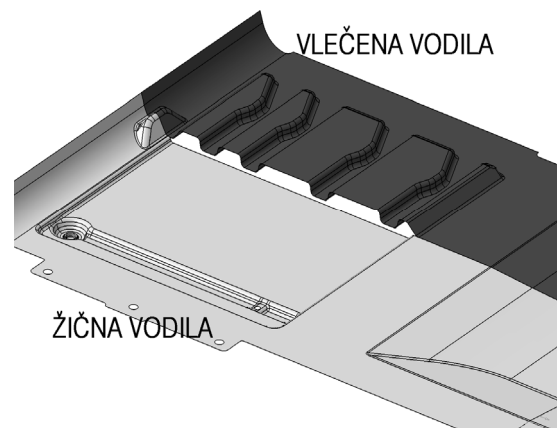
a) Iz pločevine, ki je za 37,5% tanjša od predhodne, je bilo potrebno izdelati novo pečico, ki je ustrezala vsem zahtevam uporabe:

- preprečiti je potrebno tanjšanje pločevine v vseh delih pečice večje od 28%,
- z ustrezno določitvijo tehnologije izdelave, je potrebno omogočiti estetsko A površino brez gubanja in prelaganja materiala,
- preprečiti je potrebno valovitost izdelka zaradi avtomatske strege v liniji,
- 100% je potrebno zadostiti tolerancam v toleriranih področjih zaradi avtomatskega spajanja in robotizirane strege,
- zadostiti je potrebno ponovljivost procesa.

b) Potrebno je bilo določiti takšno tehnologijo, da je možno izdelati pečico v taktu vsaj 15 sekund:

- tehnologija je morala zagotavljati takt izdelave ob pogoju nepretrganja pločevine,
- z ustreznimi postopki inženirstva površin aktivnih delov orodij, je bilo potrebno zagotoviti ponovljivost ciklov izdelave za serijo izdelkov 9 milijonov kosov, ob pogoju minimalnega vzdrževanja,
- z vgradnjo mehatronskih sistemov je potrebno zagotoviti avtomatske menjave tipov oboda pečic.

Največji izziv je predstavljala velika razlika v geometriji med dvema osnovnima tipoma pečice (Slika 2) in sicer pečice z vlečenimi vodili in pečice z žičnimi vodili.

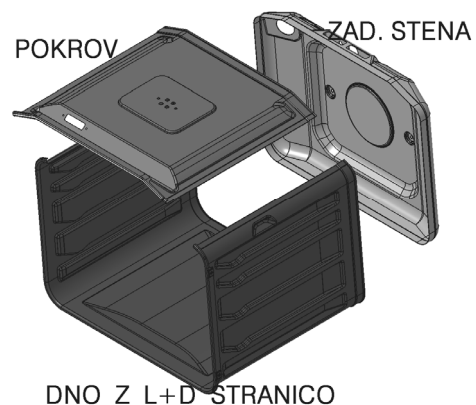


Slika 2: Razlika v geometriji osnovnih tipov pečice.

4. REŠITVE

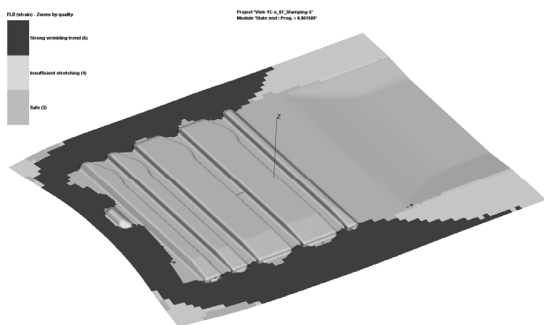
Na smem začetku smo skupaj s sodelavci programa IDOP določili tehnološki postopek za preoblikovalni del linije. Glede na možnosti za upogibanje in kasnejše varjenje pečice smo se odločili, da naročniku predlagamo izdelavo plašča pečice iz treh delov (Slika 3.).

Prvi del je predstavljal levo in desno steno ter dno pečice, drugi del je bil strop pečice, za katerega se je naročnik odločil, da se bo izdeloval na serijski stiskalnici zunaj linije in se bo na linijo vstavljal z robotom na mestu varjenja. Tretji del pa je zadnja stena pečice, za katero se vlek izdelava zunaj linije vse ostale operacije pa se izdelajo v sklopu linije v štirih orodjih.



Slika 3: Sestavni deli pečice

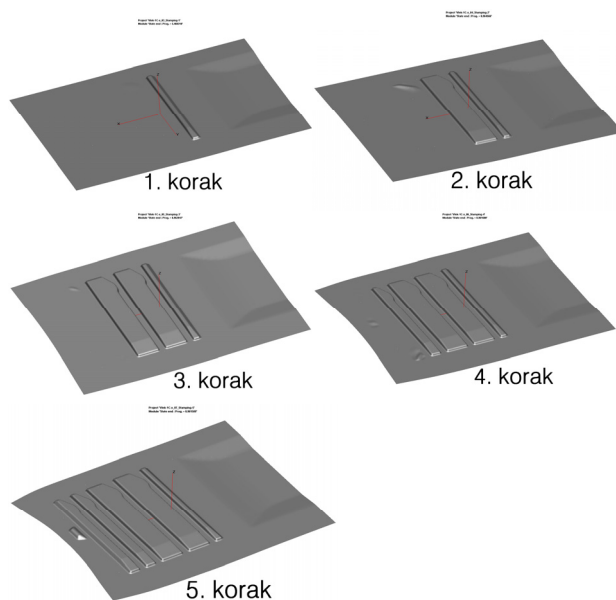
Po tem, ko so bili na podlagi izkušenj izbrani tehnološki postopki so bili le-ti preverjeni s pomočjo numeričnih simulacij. Za zagotavljanje verodostojnih rezultatov simulacij je bilo potrebno izvesti analizo materialnih lastnosti pločevine. To smo izvedli s pomočjo enosnega kontinuiranega vlečnega preizkusa v sodelovanju z Laboratorijem za preoblikovanje, Fakultete za strojništvo v Ljubljani. Za vse možne tipe materialov smo izvedli natezne preizkuse, jih ustrezno ovrednotili ter rezultate vnesli v bazo podatkov za izvajanje simulacij preoblikovanja pločevine. Izvedene so bile tudi meritve krivulj mejne deformabilnosti v posebej za to pripravljenem orodju (FLD). Smo se pa zavedali, da lahko pri sami izdelavi in preizkušanju orodja pride do določenih odstopanj, predvsem zaradi relativno velikega raztrosa lastnosti pločevine, ki se uporablja pri izdelavi pečice.



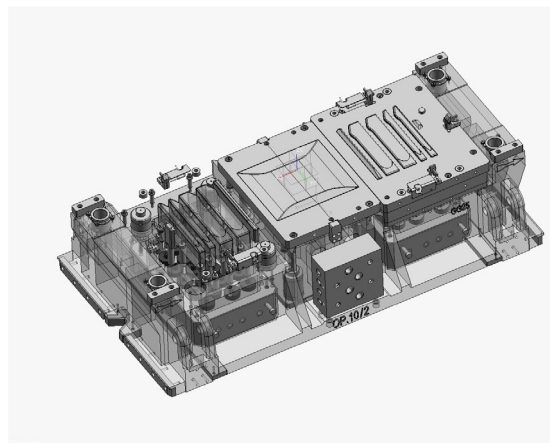
Slika 4: Rezultat simulacij brez razpok

Za izdelavo vlekov na prvem delu, smo se odločili izdelati dva vlečna orodja, ki se s pomočjo hidravličnih vpenjal in hidravličnih cilindrov avtomatsko menjata v stiskalnici. Kot smo predvidevali že na osnovi izkušenj so simulacije pokazale, da bo pri izvedbi pečice z vlečenimi vodili potrebno vsako rebro vodila vleči posebej. Odločili smo se za izvedbo orodja, v katerega so vgrajeni hidravlični cilindri, katerih vrstni red delovanja se krmili programsko. Na ta način smo rešili večji del problema pokanja pločevine. V prvem koraku se s silo paha stiskalnice

izdelava prvo rebro in vlek na sredini, nato pa se postopoma z vklapljanjem hidravličnih cilindrov v orodju izdelajo še preostala štiri rebra.



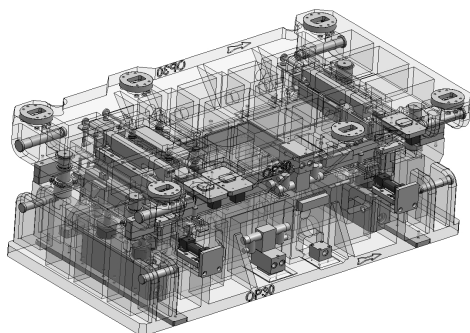
Slika 5: Postopno vlečenje reber



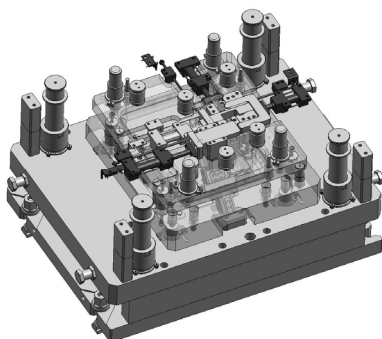
Slika 6: Vlečno orodje za tip z vlečenimi vodili

Za končni uspeh pa smo morali nekoliko spremeniti obliko reber za vlečna vodila. Za doseganje kvalitete površine okrog vlekov (brez gub) pa je bilo potrebno izvesti več preizkusov, kjer smo z različnimi vrednostmi sile pridrževanja, zračnosti med pločevinskim držalom in vlečno matrico tre intenziteto mazanja dosegli zahtevano kvaliteto površine.

Ker smo se že na smem začetku zaradi velike razlike geometrije med osnovnima tipoma pečic odločili za izdelavo dveh vlečnih orodij, smo morali poiskati še rešitve za problem točnega pozicioniranja v ostalih dveh orodjih (obrez+luknjanje in upogib), ki pa sta morala biti prilagojena za oba osnovna tipa. Problem je bil v tem, da smo morali zaradi zagotavljanja toleranc med vlečenimi oblikami in kasneje v rezilnem in upogibnem orodju izdelanimi luknjami in upogibi uporabiti, za pozicioniranje platine v teh dveh orodjih uporabiti ravno te med sabo zelo različne oblike. (Slika 2.) Odločili smo se za izvajanje predelave s pomočjo premičnih delov, ki so imeli obliko enega od osnovnih tipov. Zaradi zagotavljanja dolgotrajnega nemotenega delovanja tudi ob upoštevanju možnosti obrabe gibljivih delov in posledične možnosti zatikanja smo za uporabo hidravličnih cilindrov.



Slika 7: Upogibno orodje za oba osnovna tipa



Slika 8: Orodje za dodelavo zadnje stene

Možna bi bila uporaba tudi pnevmatskih cilindrov, ki pa bi zahtevali za doseganje vsaj

približno enakih sil preveč prostora, ki pa ga v teh primerih nismo imeli.

Enake rešitve smo uporabili tudi pri orodjih za dodelavo zadnje stene pečice le da so bili tu hidravlični cilindri uporabljeni za vklapljanje in izklapljanje aktivnih elementov orodja.

5. ZAKLJUČEK

Pri delu na tem projektu smo še enkrat več spoznali, da lahko veliko problemov, ki bi jih lahko imeli pri izdelavi orodij odpravimo, če v končni fazi razvoja polizdelka sodelujejo strokovnjaki iz razvojnih oddelkov naročnika orodij in orodjarne. V pomoč nam je bila tudi vključitev pomoči zunanjih strokovnjakov, tam kjer je to bilo potrebno. S pomočjo Laboratorija za preoblikovanje, Fakultete za strojništvo v Ljubljani smo dobili kvalitetne materialne podatke za izvajanje simulacij vleka tako, da so kasneje na orodju bile potrebne le manjše korekcije geometrije za doseganje zahtev naročnika. V današnjem času se predvsem v industriji bele tehnike pojavlja zahteva po čim večji avtomatizaciji proizvodnih procesov. Tako danes postajajo orodja vedno bolj podobna strojem, ki so opremljeni z različnimi senzorji in različnimi pogoni z hidravliko ali pnevmatiko. Zaradi tega se tudi v orodjarnah pojavlja potreba po strokovnjakih s področja mehatronike.

Zahvala

Avtorja se zahvaljujeta sodelavcem Andrej KUMER, Alojz JELEN, Marko LAH, Safet HODŽIČ, Mitja HABE, Andrej STROŽIČ, Roman REZMAN, Jože SEVČNIKAR za inovativno delo, ki ga opravili pri razvoju orodij za linijo pečic. Ta članek je bil tudi del nagrajene inovacije pri GZS. Zahvaljujeva se tudi Ministrstva za visoko šolstvo znanost in tehnologijo za sofinanciranje tega projekta v okviru projekta MEHSIS.

PREIZKUS FREZAL IZ KARBIDNE TRDINE PRI OBDELAVI HARDOX JEKLA

Simon ŽELEZNIK¹, Mirko SOKOVIĆ²

¹Cajhen rezilna orodja d.o.o., Laško, ²Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

POVZETEK

Na trgu je poleg roka dobave, inovativnosti, originalnosti in cene zelo pomembna tudi kakovost izdelka. Prav slednjo pa se lahko doseže s celovitim obvladovanjem kakovosti načrtovanja in proizvodnje izdelka.

V prispevku je predstavljen preizkus stebelnega frezala iz karbidne trdine pri različnih parametrih rezanja in geometrije frezala. Namen preizkušanja frezal je ugotoviti optimalne delovne parametre s katerimi je možno doseči največji izkoristek frezala.

1. UVOD

Podjetje Cajhen rezilna orodja d.o.o. se nahaja v Spodnji Rečici pri Laškem. To je družinsko podjetje, ki se od leta 1969 ukvarja z izdelavo preciznih rezalnih orodij za profesionalno obdelavo kovin, lesa in drugih materialov. Podjetje razvija, izdeluje in dobavlja obsežen izbor orodij iz karbidne trdine, DIA-PKD rezalna orodja, ki jih izdeluje iz prvovrstnih materialov surovcev, po najnovejših tehnologijah in na najsodobnejših CNC-strojih. Vsak izdelek (orodje), preden zapusti podjetje, je podvržen kontrolnim meritvam na visoko preciznih merilnih napravah in dobi nato svoj "potni list", ki ga spremlja do konca uporabne dobe. Na ta način se lahko izdelek vseskozi spremlja, vpeljuje morebitne potrebne izboljšave ali spremembe, itd. Vzporedno s proizvodnjo orodij se opravlja tudi storitev ostrenja rezalnih orodij. V podjetju so se poleg izvajanja kontrolnih meritev odločili preizkušati lastne izdelke na 5-osnem CNC frezalnem stroju Leadwell MV-30i. Namen testiranja orodij je ugotoviti koliko časa učinkovite obdelave zdrži orodje preden doseže obraba na prosti ploskvi dopustno mejo obrabe (kriterij obrabe) in maksimalne zmogljivosti frezal, pri določenih parametrih dela. Hkrati pa je cilj testiranja orodij tudi dvigniti samo kakovost

orodij z določenimi izboljšavami (rezalne geometrije, ipd.).

2. PREDSTAVITEV FREZALA

Frezalo oznake 303-04-4 MM G3 je stebelno frezalo s 4 zobmi ter z dvema različnima kotoma vzpona vijačnic (slika 1).



Premer frezala je $D = 4$ mm, premer vpenjalnega dela $D_1 = 6$ mm, dolžina rezalnega dela $L_1 = 12$ mm, dolžina frezala $L = 54$ mm, število zob frezala $Z = 4$, ter masa frezala $m = 0,02$ kg.

3. OPIS PRIMARNIH ZAHTEV ZA PREIZKUŠANJE FREZAL

Frezanje je postopek obdelave, pri katerem ima orodje (frezalo) več enakih rezil, od katerih jih reže manj kot polovica. Posebnost frezanja je, da se prerezi odrezka in zato tudi sile na posameznih rezilih neprestano spreminjajo in s tem

povzročajo dinamične obremenitve stroja. Ker reže hkrati več rezil so tudi statične obremenitve večje kot obremenitve pri večini drugih postopkov odrezavanja. Pri preizkušanju frezal smo uporabljali tako istosmerno, kot tudi protismerno frezanje. Pri istosmernem frezanju so veliko bolj ugodne vstopno-izstopne razmere, kot pri proti-smernem frezanju, hkrati pa dobimo tudi zelo dobro obdelano površino (majhna površinska hrapavost).

Preizkušanje je potekalo na frezalih, ki so bila dodatno prekrita s trdo prevleko (PVD); ta omogoča večje rezalne hitrosti kar pomeni večjo produktivnost in manjše stroške obdelave, manjšo obrabo in bolj zanesljivo proizvodnjo. Ker se v podjetjih zahteva vedno večja produktivnost se tehnologiji pri načrtovanju frezanja nagibajo k vedno večjemu odvzemu količine materiala obdelovanca (velike rezalne hitrosti), vse bolj prisotna pa je tudi obdelava izredno trdih jekel (≈ 65 HRC).

Zato se od frezal zahteva, da imajo veliko odpornost proti obrabi (velika trdota) in da prenašajo velike dinamične obremenitve (velika upogibna trdnost).

3.1 Primarni parametri dela

Pri frezanju je zelo pomemben podatek vrsta materiala obdelovanca. Od tega je odvisna primarna izbira vrste rezalnega materiala orodja (hitrorežno jeklo, karbidna trdina, PKD) in predvsem kakšne parametre dela bomo izbrali.

Osnovni parametri dela so:

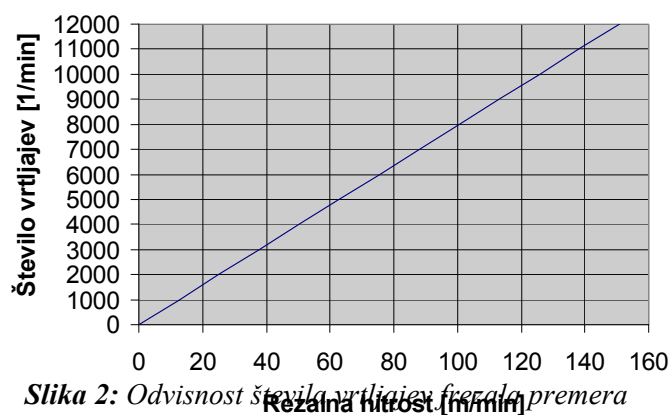
- rezalna hitrost v_c [m/min],
- globina frezanja a_p [mm],
- širina frezanja a_e [mm],
- podajalna hitrost v_f [mm/min].

Ko določamo parametre dela moramo vedeti kaj bomo delali. Če so predvideni veliki odvzemi materiala moramo najprej grobo frezati, za kar so zelo primerna frezala za grobo frezanje (grobo stebelno vijačno frezalo). Po grobi obdelavi sledi fina obdelava za kar so primerna predvsem frezala za fino frezanje (stebelno vijačno frezalo s kotom vzpona vijačnice 45°) in večjim številom zob ($6\div 10$ zob) kot tudi frezala za grobo in

srednje fino frezanje. Pri določevanju primarnih parametrov dela je bilo pomembno prav slednje, saj so ta frezala najbolj vsestransko uporabna.

3.1.1 Rezalna hitrost

Iz diagrama na **sliki 2** je razvidna odvisnost števila vrtljajev frezala od rezalne hitrosti, ki velja za premer frezala $D_c = 4$ mm.



Slika 2: Odvisnost števila vrtljajev frezala premera $D_c = 4$ mm od rezalne hitrosti

V praksi se rezalna hitrost za novi tip orodja določi glede na vrsto materiala obdelovanca in ima lahko odstopa cca ± 20 % glede na znano orodje. Zato pri obdelavi začnemo na spodnji meji rezalne hitrosti (v kolikor v preteklosti še nismo delali z izbranim materialom obdelovanca) in nato postopoma povečujemo rezalno hitrost, dokler se ne pojavijo vibracije in se občutno poveča hrupnost obdelave.

Pri določanju rezalne hitrosti je zelo pomemben podatek natezna trdnost materiala obdelovanca, ki v večini primerov zadostuje za izbiro rezalne hitrosti. Nenapisano pravilo je, da večja kot je natezna trdnost obdelovanca, manjša je rezalna hitrost. Vendar to ne drži v vseh primerih; dober primer za to je nerjavno jeklo, ki se, kljub relativno majhni natezni trdnosti, obdeluje z zelo majhnimi rezalnimi hitrostmi.

Velik pomen pri izbiri rezalne hitrosti imajo tudi trde zaščitne prevleke na rezalnih orodjih, saj se rezalna hitrost pri določeni obdelavi z uporabo trdih prevlek poveča za $70\div 90$ %, v primerjavi z rezalnimi orodji brez trdih prevlek, pri popolnoma enaki rezalni geometriji orodja in

podajanjih na zob. Osnovni podatki o materialu obdelovanca (Hardox jeklo) so predstavljeni v **tabeli 1**.

Tabela 1: Material obdelovanca in priporočena začetna rezalna hitrost

Materiala obdelovanca	Hardox 450
Vsebnost ogljika C [%]	1,2
Vsebnost mangana Mn [%]	12,5
Vsebnost silicija Si [%]	0,4
Vsebnost kroma Cr [%]	1,5
Natezna trdnost R_m [MPa]	900÷1100
Trdota HB	210
Razmerje a_e/D_c	1/2
Rezalna hitrost (s trdo prevleko) v_c [m/min]	125
Rezalna hitrost (brez trde prevleke) v_c [m/min]	70

3.1.2 Podajalna hitrost

Pri določanju podajalne hitrosti sta poleg vrste materiala obdelovanca pomembni tudi globina frezanja ter širina frezanja. Globina in širina frezanja pa sta odvisni predvsem od togosti frezalnega stroja, togosti vpetja obdelovanca in togosti vpetja rezalnega orodja (vpetje v vpenjalne stročnice, vpetje s krčnim nasedom). V praksi je zelo pomemben podatek podajanje na zob f_z , ki ga določimo po enačbi:

$$f_z = f_{z0} * K_{a_e} * K_{a_p}$$

kjer so:

f_{z0} – osnovno podajanje na zob [mm],

K_{a_e} – koeficient širine frezanja [1],

K_{a_p} – koeficient globine frezanja [1].

Kadar nismo povsem prepričani o lastnostih materiala obdelovanca (razne nečistoče v materialu obdelovanca; dobavitelj materiala poda zgolj okvirni podatek deleža ogljika (npr. 0,3÷0,4 % v jeklu, ipd.), izberemo tisto podajalno hitrost, ki je najmanjša izmed možnih podajalnih hitrostih. V praksi se to velikokrat izkaže kot dobra rešitev. Hkrati pa se izkaže tudi, da je

velikokrat težava v tem, da tehnologi izberejo premajhne podajalne hitrosti, kar povzroči velike vibracije med obdelavo. Težavo rešimo tako, da odrezujemo minimalno količino materiala (primerno za fino obdelavo) ali da povečamo podajalno hitrost oziroma podajanje na zob, ter zmanjšamo rezalno hitrost. Parametri za določitev podajanja na zob so podani v **tabeli 2**.

Tabela 2: Določitev podajanja na zob pri frezanju jekla Hardox 450

Material obdel.	f_{z0} [mm]	K_{a_e} [1]	K_{a_p} [1]	f_z [mm]
Hardox 450	0,032	$a_e/D_c = 0,5 \rightarrow 1$	$a_p = 1 * D_c \rightarrow 0,7$	0,0225

4. DOLOČITEV ZMOGLJIVOSTI FREZAL

Pri preizkusu zmogljivosti frezal so bili opravljeni trije preizkusi na obdelovancu iz jekla Hardox 450. Prvi preizkus je bil opravljen glede na maksimalne zmogljivosti frezala brez izteka, drugi preizkus glede na obrabo frezala ter tretji glede na maksimalne zmogljivosti frezala z iztekom.

4.1 Preizkus frezanja s frezalom 303-04-4 MM G3 brez izteka

Preizkus je bil opravljen s frezalom iz karbidne trdine K20, prekritim z AlCrN (PVD) prevleko, po t.i. "cik-cak" strategiji frezanja, kar pomeni kombinacijo istosmernega in proti-smernega frezanja. Obdelava je potekala brez hlajenja, na suho, pri naslednjih parametrih rezanja: $v_c = 125$ m/min, $f_z = 0,0225$ mm/z, $a_e = 2,0$ mm in $a_p = 4,0$ mm.

Rezultati preizkusa:

Obstojnost orodja: $T_{1p} = 66$ min.

Obraba: $W = /$, porušitev.

Do porušitve rezalnega robu frezala je prišlo pri proti-smernem frezanju po 66 minutah učinkovite obdelave.

4.2 Preizkus frezanja glede na obrabo s frezalom 303-04-4 MM G3

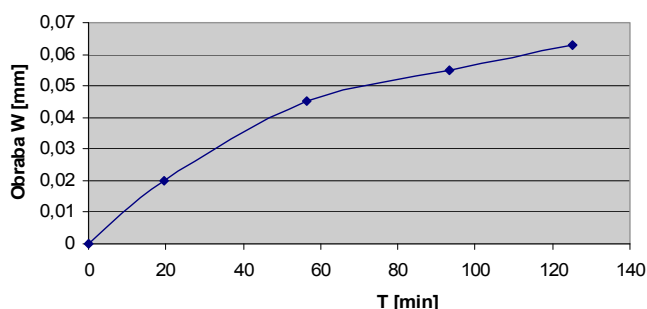
Pri frezanju je bil učinkoviti premer 1/4 premera rezalnega dela frezala. Globina frezanja je bila 1/2 rezalnega premera frezala, pri podajanju na zob 0,0225 mm.

Rezultati preizkusa:

Čas frezanja: $T_1 = 19,4$ min
 $T_2 = 56,4$ min
 $T_3 = 93,4$ min
 $T_4 = 125$ min

Obraba: $W_1 = 0,020$ mm
 $W_2 = 0,045$ mm
 $W_3 = 0,055$ mm
 $W_4 = 0,063$ mm

Iz **slike 3** je razvidno, da doseže frezalo iz karbidne trdine K20, prekrito s trdo AlCrN (PVD) prevleko, po 125 min učinkovite obdelave, obrabo na prvi prosti ploskvi le 0,063 mm.



Slika 3: Diagram obrabe prekritega orodja pri frezanju jekla Hardox 450

4.3 Preizkus frezanja s frezalom 303-04-4 MM G3 z iztekom

Pri frezanju je bil učinkoviti premer 1/2 premera rezalnega dela frezala. Globina frezanja je bila 1/1 rezalnega premera frezala, pri podajanju na zob 0,0225 mm.

Rezultati preizkusa:

Čas frezanja: $T_1 = 7,2$ min
 $T_2 = 14,4$ min
 $T_3 = 18,0$ min

Obraba: $W_1 = 0,025$ mm
 $W_2 = 0,075$ mm
 $W_3 = /$, porušitev.

Do porušitve rezalnega robu frezala je prišlo pri proti-smernem frezanju po 18 minutah učinkovite obdelave.

5. SKLEPNE UGOTOVITVE

Pri preizkusu frezala glede na maksimalne delovne parametre brez izteka se je izkazalo, da se je rezalni rob frezala porušil po 66 minutah učinkovite obdelave.

Pri preizkusu frezala glede na obrabo orodja smo merili obrabo na prvi prosti ploskvi (kriterij). Izkazalo se je, da je stebelno frezalo iz karbidne trdine K20, prekrito z AlCrN (PVD) prevleko, doseglo obrabo na prvi prosti ploskvi $W = 0,063$ mm po 125 minutah učinkovite obdelave.

Pri preizkusu frezala glede na maksimalne delovne parametre z iztekom se je izkazalo, da se je rezalni rob frezala porušil po 18 minutah učinkovite obdelave.

Literatura

- [1] Arhiv podjetja Cajhen rezilna orodja, d.o.o., 2009
- [2] Železnik, S., Sokovič, M.: Preizkušanje frezal na 5-osnem CNC-frezalnem stroju, diplomska naloga visokošolskega študija, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2009
- [3] Kopač, J.: Odrezavanje. Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 1991
- [4] Kopač, J., Dolinšek, S.: Odrezavanje. Dopolnilno gradivo za predavanje in vaje, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 1992
- [5] Kopač, J., Sokovič, M.: Tehnika odrezavanja. Sodobna rezalna orodja, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 1993
- [6] Spletna stran podjetja Cajhen rezilna orodja, www.cajhen.com – dostop, september 2009

SEZNAM RAZSTAVLJALCEV NA POSVETU

BASIC D.O.O., LJUBA RETELJ	Ljubljana
BTS COMPANY D.O.O.	Ljubljana
CAD&CAM	Zagreb, Hrvaška
FIBRO-OROTECH	Maribor
LOTRIČ D.O.O.	Selca
METALING D.O.O.	Ljubljana
OPS INGERSOLL	Nemčija
SIMING D.O.O.	Ljubljana
SECO TOOLS SI D.O.O.	Maribor
STT CELJE	CELJE
TEXIMP D.O.O.	Ljubljana
TOPOMATIKA	Zagreb, Hrvaška