



ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA

2 0 1 0

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI

Zbornik posvetovanja

**Redaktorja
dr. Janez Kopač
dr. Franci Čuš**

Ljubljana, 6.-7. oktober 2010





Naslov: **SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI**

Glavni pokrovitelj: **VOESTALPINE**

Pokrovitelj večera: **ACTINA D.O.O.**

Pokrovitelj: **BTS COMPANY D.O.O.**

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**





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: **SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI**

Programski svet

- prof. dr. Janez Kopač, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani
- prof. dr. Franci Čuš, Fakulteta za strojništvo v Mariboru
- Branko Bračko, Unior d.d., predsednik OO
- Janez Poje, Kovinoplastika Lož, d.d., predsednik uprave, predsednik ISTMA EUROPE
- dr. Blaž Nardin, Gorenje Orodjarna, predsednik UO Združenja kovinske industrije
- prof. dr. Miha Junkar, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani
- Vilijem Kern, Kern d.o.o., Hrpelje, direktor
- mag. Urban Žargi, LTH Castings d.o.o, Škofja Loka
- dr. Gašper Gantar, TECOS Celje, direktor
- prof. dr. Slavko Dolinšek, Univerza na Primorskem - Fakulteta za management Koper
- mag. Janja Petkovšek, GZS – Združenje kovinske industrije, direktorica
- Milena Vidmar – Mlinar, zunanja sodelavka Združenja kovinske industrije
- Željko Jokić, GZS – Združenje kovinske industrije

Organizatorji:

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



SISTEMI NA KLJUČ – PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI

Branko BRAČKO
predsednik odbora za orodjarstvo
UNIOR d.d.

Živimo in delamo v času velikih neznank in problemov, za katere smo vedno nekje v podzavesti upali, da se ne bodo pojavili v našem dnevniku poslovanja. Čez noč smo se znašli v kompleksnem labirintu iskanja različnih poti, ki naj bi vodile k znanemu in zelenemu izhodu. K izhodu, ki ga imenujemo rast prihodkov in dodane vrednosti, kontinuiteta zaposlovanja in investiranja, razvoj naprednih tehnologij, novi kupci, ... in manj stresen delavnik.

Soočamo se z zanimivo situacijo, ko poznamo cilj, a so poti do njega prezahtevne, neosvetljene ali enostavno prestrme. Vprašanja motivacije, fizične moči, drznosti in vztrajnosti, poslovne inovativnosti ter mreženja so zamenjala vprašanja, aktualna pred krizo: tehnološke zmožnosti, razpoložljivost kadrov, vloge finančnih inštrumentov ter finančnega delovanja, selitev v države s ceneno delovno silo, ...

Zaradi konkurence iz držav s ceneno delovno silo in naraščajočih zahtev kupcev išče evropsko orodjarstvo in strojogradnja nove strategije za dvig produktivnosti in sočasno skrajševanje pretočnega časa nastajanja orodja. Procesna sinhronizacija predstavlja možnost za zagotavljanje trajne konkurenčnosti orodjarstva in strojegradije ob prenosu osnov industrijske izdelave. Ta prenos v orodjarstvo in strojogradnjo pa mora spremljati tudi sistematičen menedžment sprememb, ker le tako lahko zagotovimo prepričanje visokokvalificiranih sodelavcev in s tem uspeh sinhronizacije.

Danes nam svetujejo, da se moramo prestrukturirati ter dvigniti dodano vrednost. Rešitev izven naših poslovnih procesov je skrita v eni besedi – RAST. V razpravah o tolmačenju te rešitve se izogibamo detajlom, ki govorijo o stroških, naprednem znanju in organizaciji, vlogi države ter finančnih storitev. Ko pišemo uvodnik za 32. posvetovanje Orodjarstvo in strojogradnja 2010, nam prihajajo na misel praktično identične interpretacije stanja s strani kolegov iz ostalih držav EU-ja. Sprašujemo se, ali razumemo delovanje industrije ter posamezne vloge v verigi dodajanja vrednosti. Sprašujemo se, ali imamo izdelane modele posodabljanja znanja ter ali sploh hočemo spremeniti pasivni razvojni karakter evropske družbe? »Back to the roots«, je dejal portugalski kolega. Verjamete ali ne, naša družba še vedno temelji na sposobnosti in zmožnosti industrijske proizvodnje izdelkov. Pravzaprav vsi računajo na nas ...

Orodjarstvo in strojogradnja sta vedno našla skoraj pravo pot v labirintu izhodov iz preprostega razloga, ker razumemo, da naši produkti in storitve morajo delovati. 1 EUR ustvarjene dodane vrednosti v orodjarstvu generira najmanj 56 EUR dodane vrednosti v industrijskem procesu, ki uporablja naš izdelek. V nekaterih primerih številka preseže vrednost 100 EUR.

Ko se vrnemo k posvetu, lahko ponovimo vsakoletni poziv organizacijskega odbora, ki vabi k skupnemu posvetu o nadaljnjih korakih.

DOBRODOŠLI V LJUBLJANI!

Za Programski svet
Branko Bračko
predsednik odbora za orodjarstvo
UNIOR d.d.





VSEBINA

SISTEMI NA KLJUČ – PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI

AKTUALNE GOSPODARSKE RAZMERE.....	13
mag. Samo Hribar Milič Gospodarska zbornica Slovenije	
DODANA VREDNOST ZA KUPCA IN ORODJARJA.....	15
Urban Žargi, LTH Castings d.o.o.	
ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?.....	19
Dr. Blaž Nardin, Gorenje Orodjarna d.o.o.	
STROJEGRADNJA V SLOVENIJI.....	25
Branko Bračko, Unior d.d.	

SKLOP I

AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI.....	31
Oliver Topić, Kovinoplastika Lož d.d.	
IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD.....	39
Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani	
KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5.....	45
David POTOČNIK, Boštjan PESAN, Stanko STEPIŠNIK, Miran ULBIN EMO-orodjarna d. o. o., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV.....	51
Ivo PAHOLE, Karel GOTLIH, Jože BALIČ, Mirko FICKO, Ivan ZAGRADIŠNIK Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, FERl, Univerza v Mariboru	
POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV.....	59
Vilko KOSIČ, Halder d.o.o.	
TEHNOLOGIJE SELEKTIVNEGA LASERSKEGA SINTRANJA KOMPOZITNIH MATERIALOV.....	63
Matic KRZNAR, Slavko DOLINŠEK Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo	
VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE	67
Franc ČUŠ, Valentina GEČEVSKA, Ivica VEŽA Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,, Faculty of mechanical engineering, Ss. Cyril and Methodius, Skopje, Makedonija, Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje,	





VZPOSTAVLJANJE SISTEMA ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI PRI IZOBRAŽEVANJU INŽENIRJEV.....	73
Franc ČUŠ, Janez KOPAČ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani,	
ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S »ČRNO« PREVLEKO.....	81
P. Panjan, S. Paskvale, M. Panjan, M. Čekada, B. Fišinger, M. Mernik, Institut "Jožef Stefan, Unior, Kovaška industrija d.d.	
MANAGEMENT OF RESOURCES IN TOOL MAKING COMPANY	87
Mihael DEBEVEC, Niko HERAKOVIČ University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana	

SKLOP II

AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO.....	97
Edvard STERNAD, Slavko DOLINŠEK IB-PROCADD d.o.o., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo	
ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANJA.....	103
Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	
FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL.....	109
Uroš ŽUPERL Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo	
GLOBOKOVRTANJE V ORODJARSTVU.....	115
Branko Ušaj, BTS d.o.o.	
ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME.....	123
Primož Hafner, Lotrič d.o.o.	
OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA.....	129
Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo	
SHELL-OVA HLADILNO MAZALNA SREDSTVA ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM.....	135
Actinia d.o.o.	
SHELL-OVA NOVA GENERACIJA OLJ ZA DRSNATA VODILA.....	139
Actinia d.o.o.	





"S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?"	141
Samo Gazvoda, TECOS	
VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU.....	147
Mihael DEŽELAK, Ivo PAHOLE, Andrej STEPIŠNIK, Stanko STEPIŠNIK, Leo GUSEL Emo-orodjarna d. o. o., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru	
CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS.....	155
Thomas RAINER, Voestalpine AG	



**SEZNAM AVTORJEV PRISPEVKOV ZBORNIKA POSVETOVANJA ORODJARSTVO INSTRUMENTARNA
2010**

A		I	
Actinia d.o.o.....	135, 139		
B		J	
BALIČ Jože.....	51		
BRAČKO Branko.....	25	K	
C		KOPAČ Janez.....	39, 73, 129
Č		KOSIČ Vilko.....	59
ČEKADA M.....	81	KRAMAR Davorin.....	129
ČUŠ Franc.....	67, 73, 103	KRZNAR Matic.....	63
D		L	
DEBEVEC Mihael.....	87	M	
DEŽELAK Mihael.....	147	MERNIK M.....	81
DOLINŠEK Slavko.....	63, 97	MIJUJUŠKOVIĆ Goran.....	39
E		N	
F		NARDIN Blaž.....	19
FICKO Mirko.....	51	O	
FIŠINGER B.....	81	P	
G		PAHOLE Ivo.....	51, 147
GANTAR Gašper.....	141	PANJAN M.....	81
GAZVODA Samo.....	141	PANJAN P.....	81
GEČEVSKA Valentina.....	67	PASKVALE S.....	81
GOTLIH Karel.....	51	PESAN Dejan.....	45
GUSEL Leo.....	147	POTOČNIK David.....	45
H		R	
HAFNER Primož.....	123	RAINER Thomas.....	155
HERAKOVIČ Niko.....	87	REIBENSCHUH Marko.....	123
HRIBAR MILIČ Samo.....	13	S	
		STEPIŠNIK Stanko.....	45, 147
		STERNAD Edvard.....	97, 147



Š

T

TOPIČ Oliver.....31

U

ULBIN Miran.....45

UŠAJ Branko.....115

V

VEŽA Ivica.....67

Z

ZAGRADIŠNIK Ivan.....51

Ž

ŽARGI Urban.....15

ŽUPERL Uroš.....103, 109







SISTEMI NA KLJUČ – PRILOŽNOSTI DODANE VREDNOSTI

AKTUALNE GOSPODARSKE RAZMERE

mag. Samo Hribar Milič
Gospodarska zbornica Slovenije

DODANA VREDNOST ZA KUPCA IN ORODJARJA

Urban Žargi, LTH Castings d.o.o.

ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž Nardin
Gorenje Orodjarna d.o.o.

STROJEGRADNJA V SLOVENIJI

Branko Bračko, Unior d.d.







ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA
2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

AKTUALNE GOSPODARSKE RAZMERE

Mag. Samo HRIBAR MILIČ
Gospodarska zbornica Slovenije

AKTUALNE GOSPODARSKE RAZMERE

Po šestih zaporednih negativnih četrletjih je imela Slovenija v drugem letošnjem kvartalu 1,1% rast BDP. V primerjavi s prvim polletjem lanskega leta se je BDP povečal za skromnih, a še kako pomembnih 0,6%. Pozitivni premiki so bili opazni tudi pri nekaterih drugih kazalcih. Tako so se naročila, zlasti na račun tujih – in še to pretežno nemških - v prvih sedmih mesecih povečala za 19,5%. Zaznati je bilo tudi pozitivno dinamiko izvoza. V prvih sedmih mesecih je bil izvoz blaga za 12,1% višji kot lani v istem obdobju. Uvoz blaga se je v tem času povečal za 12,4%, na kar so vplivale tako višje cene svetovnih surovin kot boljši obseg proizvodnje, ki je od lanskega višji za 5,5%. V medletni primerjavi je bila slovenska proizvodnja julija letos glede na lanskega julija za 9,5% višja, podjetja v predelovalnih dejavnostih so proizvedla celo za 10,4% več.

Vzpodbudne novice. Je torej Sloveniji uspelo doseči preobrat in pričeti novo obdobje rasti? Na Gospodarski zbornici Slovenije smo prepričani, da je še prezgodaj za optimizem. Tudi številni domači in tuji analitiki so glede prihodnjih gibanj na slovenskem in mednarodnem trgu z napovedmi previdni, enotni pa so, da bo okrevanje še negotovo, pogojeno s kombinacijami pozitivnih in negativnih dejavnikov ter ukrepi vlad posameznih držav. Tako UMAR kot OECD napovedujeta za tretji in četrti kvartal ponovno ohlajanje gospodarske rasti za Nemčijo in ostale razvite države, s katerimi največ poslujemo. S tem povezani verjetni ponovni padec naročil ob hkratnem šepanju našega domačega gospodarstva tako ne da upati na hitro premostitev krize.

V začetku septembra so bili objavljeni rezultati letošnjega poročila globalne konkurenčnosti Svetovnega gospodarskega foruma (WEF), kjer se je Slovenije uvrstila na 45. mesto med 139 državami na lestvici, kar je osem mest niže kot lani. To je precej manjši padec kot v svetovnem letopisu konkurenčnosti v IMD, kjer je letos padla za kar 20 mest in pristala na 52. mestu med 58 državami. Ti rezultati potrjujejo to, na kar na Gospodarski zbornici Slovenije že dolgo opozarjamo. Kriza je le razgrnila slabosti, za katere se v zadnjih dveh desetletjih nismo potrudili, da bi jih odpravili.

Vse nižja konkurenčnost, upadanje gospodarske moči, naraščanje nelikvidnosti, vse večja plačilna nedisciplin, prezadolženost velikega dela gospodarstva, zmanjševanje dobičkonosnosti, nenaklonjenost vlagateljev naložbam v Sloveniji ter preveliko število podpopovprečno produktivnih podjetij so pokazatelji resnih težav našega gospodarstva.

Obstoječe razvojne in gospodarske politike kažejo na nepripravljenost soočanja z dejanskimi razmerami. Medtem ko v drugih evropskih državah zmanjšujejo davke, javno porabo in povečujejo javna naročila ter s tem dajejo gospodarstvu več priložnosti za poslovanje, pri nas namesto zmanjševanja porabe zmanjšujemo investicije.

V konkurenčni bitki na globalnem trgu počasi izgubljam. Da bi lahko držali korak s svojimi tekmeci ali pa te celo prehiteli, že danes potrebujemo rešitve, povezane tako s kratkoročnimi ukrepi kot z resnimi konceptualnimi in strateškimi



AKTUALNE GOSPODARSKE RAZMERE

Mag. Samo HRIBAR MILIČ

Gospodarska zbornica Slovenije

spremembami politik ter iskanjem in ustvarjanjem novih priložnosti.

Vlada se mora urgentno lotiti reševanja likvidnostnega krča, presekati gordijski vozec plačilne nediscipline, podpreti naložbe in poenostaviti črpanje evropskih sredstev.

Nujen je resnejši pristop glede omejevanja javne porabe in dejanska izvedba napovedane zamrznitve plač v javnem sektorju. Za gospodarstvo, ki se v jesenskih mesecih srečuje z nevarnostjo novega vala stečajev in prisilnih poravnjav ter z zmanjševanjem števila zaposlenih, je povsem nesprejemljivo, da se povečano breme stroškov dela preobsežnega javnega sektorja vse bolj z različnimi dodatnimi davčnimi obremenitvami prenaša na gospodarstvo, ki je v evropskem merilu že sedaj nadpovprečno davčno obremenjeno. Nujna je racionalizacija javnega sektorja ob hkratnem povečanju učinkovitosti njegovega delovanja. Spremembe je treba izvesti na področju delovnopravne zakonodaje, z zagotovitvijo prožnih in varnih delovnih razmerij ter izpeljati začete reforme pokojninskega in invalidskega sistema ter zdravstvenega sistema. Nujne so tudi spremembe na področju davčne zakonodaje, deregulacije sistema in debirokratizacije poslovanja.

Če izvoz razumemo kot tisto gibalno silo slovenskega gospodarstva, ki lahko tudi v času krize zagotavlja konkurenčnost, stabilnost in vzdržnost sistema, moramo v Sloveniji vzpostaviti sistem, ki bo podjetjem prek mreže različnih institucij z različnimi oblikami podpore nudil pomoč pri internacionalizaciji in izvozni promociji, kot je to značilno v številnih drugih državah EU. Zakaj? Ker Slovenija na tujih trgih ustvari le približno 30% vseh prihodkov gospodarstva. 100 največjih družb izvozi 56% vsega izvoženega blaga in storitev v Sloveniji. Sicer imamo skoraj 12.000 gospodarskih subjektov, ki so registrirani kot izvozniki, vendar jih prek 10.000 izvaža le na trge nekdanje Jugoslavije in v sosednje države. Gre zlasti za mala in mikro podjetja, ki so sicer izvozno aktivna na teh trgih, niso pa še globalno

konkurenčna, saj jim za to primanjkuje znanja, informacij in vzpodbud.

Slovenija se je znašla na prelomni točki. Jasne in pravilno zastavljene strategije ter merljivi cilji so tisti, brez katerih skoka v prihodnjo družbo inovativnosti, ki deluje po povsem drugačnih načelih kot sedanja, ne bomo preživel. Pridnost, marljivost in zagnanost ne zadostujejo več. Le tehnološki preboj nam lahko zagotovi dolgoročno globalno konkurenčnost. Potrebujemo razvojne politike države in podjetij, s katerimi bomo povprečno produktivnost slovenskega gospodarstva podvojili na 70.000 evrov dodane vrednosti na zaposlenega. 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.

Ob sočasnem iskanju prave razvojne poti v smeri tehnološkega preboja in dviga konkurenčnosti gospodarstva pa je nujno ponovno vzpostaviti tudi skrhan socialni dialog in povrniti zaupanja v institucije, socialne partnerje, menedžerje in širšo družbo.

mag. Samo Hribar Milič
generalni direktor
Gospodarska zbornica Slovenije



ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA
2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

DODANA VREDNOST ZA KUPCA IN ORODJARJA

Urban ŽARGI
LTH Castings d.o.o.

Uvod

V zadnjih dveh letih smo priča velikim spremembam v poslovnem okolju, ki so posledica globalne krize. Zaradi občutnega zmanjšanja obsega poslovanja v praktično vseh industrijskih panogah, so se začele spreminjati zakonitosti na katere smo prisegli v zadnjem desetletju. Ena bolj prizadetih panog je proizvodnja vozil, predvsem tovornih. V začetnih mesecih krize so podjetja v panogi močno upočasnila razvojne aktivnosti in posledično investicije. Ob pomanjkanju novih projektov in zmanjšanem povpraševanju po serijskih orodjih, se je tudi orodjarstvo znašlo v globoki krizi. Dejstvo je, da kapacitete presegajo povpraševanje. Poleg tega se na globalnem trgu srečujemo z novo konkurenco iz daljnega vzhoda, ki dodatno zaostruje pogoje za poslovanje.

Vsak pretres oziroma kriza zahteva od podjetja (npr. orodjarne) premislek o ustreznosti temeljev na katerem je v preteklosti gradilo svoj poslovni model. Kriza je lahko pogubna za podjetje, hkrati pa odpira tudi možnosti za doseg konkurenčne prednosti.

STRATEGIJA

Po Porterju je bistvo poslovne strategije opredeljevanje poti do doseganja konkurenčne prednosti za posamezno podjetje. Do konkurenčne prednosti je možno priti na dva načina:

1. preko doseganja nižjih stroškov, kot jih dosegajo konkurenti,
2. preko diferenciacije proizvoda oziroma storitve.

Prva pot nas vodi v neizprosen boj stroškovne učinkovitosti in nadzorovanja stroškov. Zagotoviti moramo, da je naše delovanje bolj učinkovito ter predvsem cenejše od vseh (ali pa vsaj velike večine) na trgu. Ob globalni konkurenci je ta pot zelo težka in predvsem negotova. V primeru slovenskega orodjarstva gotovo tudi poslovno nevzdržna na dolgi rok. Druga pot od nas zahteva, da kupcu ponudimo nekaj kar ne dobi pri konkurenci. Ponuditi mu moramo celovito rešitev za nov projekt. Tukaj ne gre zgolj za razvoj orodij in njihov prenos v proizvodnjo. Gre

za pokritje celotnega projekta vključujoč tesno sodelovanje s kupcem v samem razvoju, sodelovanje z uporabnikom orodja v serijski proizvodnji in podporo v fazi same serijske proizvodnje (npr. vzdrževanje orodij). Vsekakor izbira slednje poti zahteva od podjetja (orodjarja) tudi ustrezno skrb za stroškovno učinkovitost.

SPECIALIZACIJA IN POVEZANOST ORODJARNE

Kriza je v veliki meri vplivala na razvojne cikle v industriji (pri kupcih). Ob začetni upočasnitvi, smo v zadnjem času priča pospešitvi razvojnih aktivnosti in hitrejšem lansiranju novih projektov (izdelkov). V času krize so podjetja (tudi naši kupci) optimirala stroške, posledično tudi svoje kapacitete, ki so jih usmerila v njihove ključne dejavnosti. Zato je toliko težje v tem trenutku pospešiti lansiranje novih projektov. Podjetja se v fazi razvoja osredotočijo na samo funkcionalnost novega izdelka. Tako razvit izdelek ne izpolnjuje vseh pogojev (izvedljivosti) za izdelavo. Razvoj, ki je povezan z oblikovanjem izdelka za



DODANA VREDNOST ZA KUPCA IN ORODJARJA

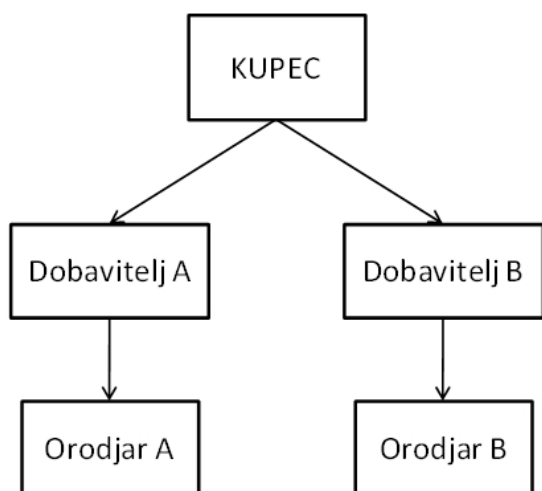
Urban ŽARGI
LTH Castings d.o.o.

samo izdelavo (pristop DFM – ang. »Design For Manufacturing« in DFA – »Design For Assembly«) pa v večini primerov kupci prenašajo na zunanje partnerje oziroma dobavitelje. Od svojih dobaviteljev kupci pričakujejo:

- aktivno sodelovanje pri razvojnih aktivnostih,
- kratke pretočne čase,
- fleksibilnost,
- primerno ceno.

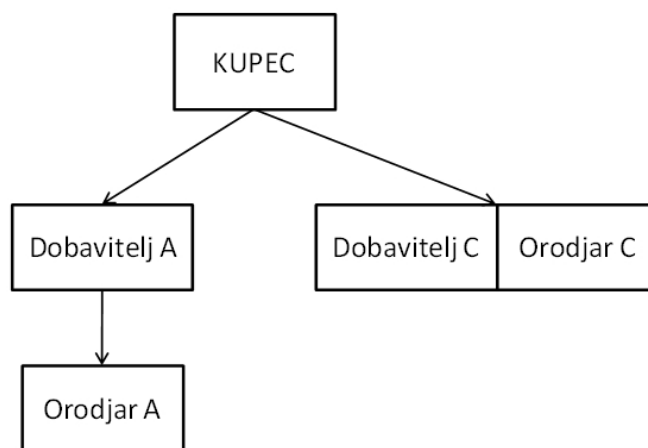
Kvaliteto ne moremo šteti med pričakovanja, ampak je dejstvo. V kolikor dobavitelj nima ustrezne kakovosti pri tekočih projektih, sploh ne dobi možnosti za sodelovanje pri novih projektih. Za kupca je stroškovno učinkovito v kolikor nabavo realizira s kar se da ozkim krogom dobaviteljev. Trend zmanjševanja števila dobaviteljev v zadnjih letih se je s krizo samo še pospešil. Tako kupec išče glavnega systemskega dobavitelja in drugega, ki pokrije manjši del količin oziroma predstavlja rezervo. Kratkoročno je pričakovati, da bodo kupci celoten spekter svojih izdelkov razdelili med nekaj ključnih systemskih dobaviteljev.

V tej točki lahko odpremo vprašanje pozicioniranja posamezne orodjarne. Za orodjarne lahko trdimo, da nastopajo v vlogi dobavitelja od dobavitelja. V večini primerov dobavitelj ponudi kupcu rešitev za serijski izdelek in nato sam išče orodjarja, ki bo sodeloval na projektu. Tak poslovni odnos lahko ponazorimo s sliko 1.



Slika 1

Dobavitelj A sodeluje na projektu z orodjarjem A. Glede na to, da gre za dve podjetji, ki sodelujeta na projektu, moramo upoštevati poslovne interese vsakega podjetja. Podjetje bo hotelo optimirati oziroma maksimirati svoj poslovni rezultat na projektu, kar v večini primerov ne daje optimalne rešitve za kupca. Alternativni varianta je dobavitelj C, ki v istem podjetju (sistemu) združuje tudi orodjarja C – slika 2.



Slika 2

Naveza C deluje kot celovit sistem, ki lahko kupcu ponudi celovito rešitev – rešitev »na ključ«. Kupec na ta način dobi systemskega dobavitelja z večjim spektrom kompetenc.

Tako poslovno sodelovanje ima gotovo nekaj prednosti, med katere lahko štejemo:

- poznavanja celotnega procesa (razvoj, orodjarstvo, serijska proizvodnja),
- razvoj orodij v večji meri upošteva potrebe serijske proizvodnje (DFM, DFA),
- tok informacij je zgolj na relaciji kupec – naveza dobavitelj in orodjar,
- večja fleksibilnost,
- doseganje krajših pretočnih časov,
- boljše stroškovna učinkovitost samega projekta,
- večja fleksibilnost v fazi serijske proizvodnje – hitrejša uvajanje sprememb,
- krajši odzivni časi v primeru lomov orodja.

Zavedati se je potrebno, da bo dobavitelj C že v fazi razvoja bolje optimiral izdelek, kar bo med drugim rezultiralo v manjšem izmetu v proizvodnji. Dobavitelj C si zagotavlja dolgoročno konkurenčnost.

Poleg naštetih prednosti ima tako poslovno sodelovanje tudi slabosti:

- večji poslovni sistem – zahteva dobro organiziranost,
- večje potrebe po virih – predvsem človeški viri,
- zaradi specializiranosti večja ranljivost na trgu.

S povezovanjem na strani dobavitelja (dobavitelj serijskih izdelkov in orodjar) kupec angažira za projekt manjši delež svojih virov, ker lahko posamezne aktivnosti prenese direktno na dobavitelja. Zaradi bolj tesne povezanosti verige lahko dosežemo boljše rešitve z manjšim številom iteracij, kar izboljšuje poslovni rezultat projekta – povečuje dodano vrednost.

DELATI TISTO KAR NAJBOLJE ZNAMO

Kot je predstavljeno na začetku, mora podjetje zasledovati cilje, ki si jih je zadalo v svoji strategiji. V kolikor želi kupcu ponuditi več (diferenciacija storitve), hitro dobimo v podjetju kompleksen sistem, ki vključuje celo množico operacij. Na drugi strani imamo omejene vire (človeške in finančne). Razvoj vseh operacij in tehnologij je s stališča omejitev tvegana poslovna poteza, ki v končni fazi ne prinaša maksimalne dodane vrednosti. Management podjetja mora pri izvrševanju strategije vzpostaviti učinkovit sistem merjena uspešnosti in managerske kontrole. Eden izmed sodobnih sistemov te vrste je sistem uravnoteženih kazalnikov (ang. »Balanced Scorecard« - BSC). BSC predstavlja sistem merjenja in presojanja uspešnosti poslovanja podjetja skozi prizmo štirih vidikov (Kaplan, Norton):

- finančni vidik,
- vidik poslovanja s strankami,
- vidik notranjih poslovnih procesov,
- vidik učenja in rasti.

Osnovna značilnost in prispevek BSC je v tem, da v sistemu merjenja poslovanja z vidika doseganja zastavljenih ciljev, povezanih z vizijo in strategijo podjetja, doda finančnim še nefinančne kazalce uspešnosti poslovanja. Na ta način dobimo celotno sliko poslovanja, ki je osnova za strateške odločitve. Ena izmed strateških odločitev je tudi odločanje za operacije (tehnologije), ki se bodo izvajale izven poslovnega sistema podjetja (v kooperaciji). Skozi finančni vidik (npr. kazalec dodane vrednosti), vidik poslovanja s strankami (konkurenčna prednost), vidik notranjih procesov (ključni optimirani procesi) in vidik učenja (dosežen nivo znanja – »know how«), lahko izberemo operacije, ki se strateško izločijo iz poslovnega sistema podjetja.

Orodjarstvo pokriva širok spekter operacij, ki izvirajo iz različnih tehnologij. Pri izboru operacij, ki jih lahko orodjarna preda zunanjim partnerjem (kooperantom) moramo upoštevati naslednje vidike:

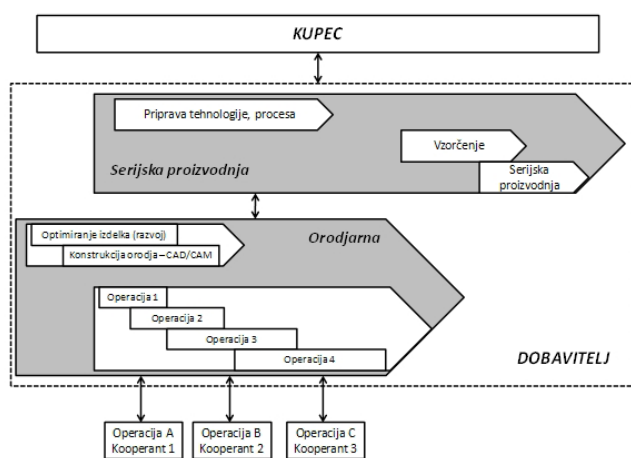
- vloga operacije pri komunikaciji in razvoju v povezavi s kupcem,
- zagotavljanje konkurenčne prednosti,
- nivo znanja, ki smo ga dosegli na področju posamezne tehnologije,
- človeški viri, ki so na voljo za izvajanje operacije,
- investicije potrebne za izvajanje operacije,
- zasedenost kapacitet s lastnimi potrebami.

V kolikor smo v orodjarni pravilno izbirali operacije, ki jih bomo izvajali zunaj našega procesa, bomo dosegli povečanje dodane vrednosti. Zavedati se moramo, da operacije za katere nismo specialisti, specializirani zunanji partnerji izvedejo boljše in stroškovno bolj učinkovito. Z osredotočenjem na ključne procese v orodjarni dobimo poslovni proces, ki ga tudi lažje oblikujemo in nadziramo. Tak proces omogoča relativno hitro uvajanje novih tehnologij, proizvodnih filozofij in je tudi bolj fleksibilen glede na nivo naročil. Simultano izvajanje operacij (simultani inženiring) mora biti vodilo pri načinu organizacije poslovnega procesa. V kolikor smo sposobni

DODANA VREDNOST ZA KUPCA IN ORODJARJA

Urban ŽARGI
LTH Castings d.o.o.

zagotoviti skrajševanje pretočnih časov na račun zmanjševanja mrtvih časov prehoda med operacijami in simultano izvajanje le teh, smo dosegli konkurenčno prednost in zopet povečanje dodane vrednosti. Tako postavljen sistem si lahko vizualiziramo s pomočjo slike 3.



Slika 3

Pri dobavitelju, ki združuje serijsko proizvodnjo in orodjarno, se orodjarna specializira za točno določen segment orodij. Pri tem konstrukcija (razvoj) orodjarne prevzame v povezavi s tehnologijo serijske proizvodnje razvojno funkcijo. Kupec ima samo enega pogovornega partnerja. Uspešno integracijo poslovnega procesa dobavitelja moramo zagotoviti z enotnim informacijskim sistemom (vsaj ERP, zaželeno PLM in MES). Orodjarna simultano opravlja razvojne aktivnosti in prične z izdelavo orodij. Na ta način lahko občutno skrajšamo čas med potrditvijo oblike kosa (design freeze) in prvimi vzorci iz orodja. V procesu izdelave se znotraj orodjarne opravijo samo operacije, ki so direktno povezane s obliko kosa, ostale pa lahko po potrebi prenesejo na kooperante. Odločitev o lokaciji izvedbe posa-

meznih operacij (orodjarna, kooperant) temelji na že predstavljenih kriterijih. Na ta način lahko dosegamo izredno kratke pretočne čase in ohranjamo fleksibilnost kapacitet.

ZAKLJUČEK

V svetu je kriza pospešila združevanje podjetij. V srednjeročnem obdobju lahko pričakujemo, da bo glavnino trga pokrila peščica globalnih igralcev (kupcev), ki bodo imeli svoj nabor dobaviteljev. V kolikor želimo sodelovati v tem procesu moramo kupcu zagotoviti konkurenčno ponudbo. Ena od možnosti je integracija v dobaviteljski verigi, ki omogoča ponudbo rešitve »na ključ«. V tej obliki ponudbe orodjarna prevzame eno od ključnih vlog. Za pripravo na uspešno izvedbo te naloge, se more orodjarna specializirati, prevzeti del razvojnih nalog (poznavanje procesov v serijski proizvodnji), definirati ključne tehnologije in zgraditi mrežo kooperantov, ki bodo omogočali kvalitetno izvedbo projekta. Na ta način se ne bo povečevala le dodana vrednost za kupca, ampak tudi dodana vrednost vseh procesov na strani dobaviteljev.



ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA

2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž NARDIN

Gorenje Orodjarna, d.o.o., Partizanska 12, 3320 Velenje

POVZETEK

V članku avtor obravnava problematiko orodjarske panoge, njene globalne izzive in dileme, s katerimi se srečujejo orodjarji. V zelo kritični situaciji, ko je svetovno gospodarstvo še vedno v zelo labilnem položaju in ga lahko vsaka manjša motnja vrže v ponovno recesijsko drsenje moramo orodjarji znati krmariti med temi čermi. Gotovo je, da brez prask iz krize ne bomo izšli, koliko prask pa si bomo prizadejali je pa drugo vprašanje. Kadrovsko vprašanje razvoja orodjarstva prav tako ni rešeno. Profitne stopnje so nizke, zato je potrebno za uspešen razvoj dejavnosti poslovati skrajno racionalno.

1. UVOD

Profesor Günter Schuh iz laboratorija WLZ v Aachnu je pred dobrim letom dni napisal, da smo orodjarji kralji kovinsko predelovalne industrije. Pa smo res? Po vsem kar se dogaja in kako cenijo kupci znanje, spretnosti in sposobnosti orodjarjev, se lahko oceni ta izjava dvo-nivojsko:

- Ko se rešuje tehnične in predvsem tehnološke probleme izdelave posameznih izdelkov, je znanje in mnenje orodjarjev nad vse cenjeno in iskano
- ko je potrebno znanje in rešitve tudi finančno ovrednotiti, pa se kraljevska zgodba zelo hitro zaključuje.

Kaj je temu krivo? Ali se orodjarji ne znajo dovolj dobro prodati? Kam gredo vse rešitve, ki jih v zgodnji razvojni fazi orodjarji ponudijo kupcem? Vse večje orodjarne v Sloveniji, pa tudi izven nje, ki se ukvarjajo s sistemskim pristopom h kupcem in h konceptu strateškega in razvojnega dobaviteljstva se soočajo z izzivom, kako kupcu ponuditi v razvojni fazi ravno toliko, da končne rešitve ne bo dobil, rešil pa bo številne tehnološke zagate. Le redka so partnerstva (takšna seveda obstajajo, vendar so zelo redka), ko se lahko orodjar zanese na pošten odnos že v fazi razvoja, ko sodeluje in

pomaga pri rešitvah. Prav tako v fazi pridobivanja ponudb kupci vedno zahtevajo »brezplačno in neobvezujočo« ponudbo, s specifikacijo tehnologije. In do tega trenutka s(m)o orodjarji kralji. Kaj pa potem?

2. GLOBALNI ORODJARSKI TRG

V večini primerov se pri globalnih kupcih najdemo v globalni konkurenci, kjer moramo s svojimi (že podanimi) rešitvami braniti svoje ponudbe pred orodjarji konkurenti, ki prihajajo iz Kitajske, Južne Koreje, Turčije, Španije, Italije, Portugalske, Mehike itd. V tem seveda ni nič spornega. Sporno pa je, da veliko kupcev vse rešitve, kljub dejstvu, da poznajo prednosti posamezne ponudbe, primerjajo med sabo, kljub temu, da vse ne dajejo enako kakovostnih rešitev. Tako se ponovno najdemo pred dilemo kaj narediti? Opcij je seveda ponovno več in med njimi so naslednje:

- vztrajamo pri naših kakovostnih rešitvah in upamo, da bomo ravno zaradi njih pridobili posel
- se prilagodimo globalnemu trgu in poiščemo še sprejemljive alternativne rešitve
- spustimo kakovostni nivo naših orodij, ker nabavne cene ne pokrivajo vseh stroškov





ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž NARDIN

Gorenje Orodjarna, d.o.o., Partizanska 12, 3320 Velenje

razvoja in izdelave orodij in z nižjo kakovostjo konkuriramo tekmečem

- igramo se dumping, ker pač moramo pridobiti delo.

Glede na dejstvo, da smo v zadnjem času vsi polni ust o t.i. »sustainable engineering« - trajnostni razvoj, je smotrno o tem razmišljati tudi na nivoju orodjarstva.

Prva varianta je seveda s stališča ponosa, vrednot in trme prav gotovo prava odločitev. Vprašljivo je samo dejstvo, kako dolgo nam bo takšna drža zagotavljala preživetje. Če imamo kupce, ki tovrstno držo cenijo, se takšnega kupca držimo kot klopi. Vendar na žalost, avtor osebno takšnih kupec ne pozna. Glede na izkušnje pa takšni kupci tudi ne obstajajo.

Druga predlagana rešitve je prav gotovo sprejemljiva, vendar pa ima kar nekaj zavor za realizacijo. Iskanje alternativnih rešitev zahteva veliko časa, razgledanosti in inovativnosti in predvsem dolgoročnega poznavanja kupca in medsebojnega zaupanja. Prav tako pa je v tem primeru potrebna spretnost, da kupca uspemo prepričati, da bodo alternativne rešitve enako dobre, kot so originalne. V primeru pravega partnerskega odnosa s kupcem je takšna rešitve najboljši kompromis, ki bo omogočil trajnostni razvoj, saj se išče t.i. win-win rešitve. In v takšnem primeru vsaj načelno lahko govorimo o deljenem riziku.

Nad tretjo opcijo, ki govori o spuščanju kakovosti naših orodij osebno nisem navdušen, vendar po krajšem razmisleku opcija niti ni tako slaba. Zakaj ponujati kupcu vrhunsko rešitev, če pa je leta ne potrebuje in je ni pripravljen plačati? Pri tej opciji je edino vprašanje, kako nizko si še upamo spustiti, da pa bo rešitev kljub slabi kakovosti ravno še zadostovala za izvedbo zahtevanega števila kosov. Tukaj bi se lahko zgledovali po modernih modelih mobilnih telefonov, ki delujejo ravno 2 leti in še malo. Takoj po preteku garancijske dobe pa se nekaj pokvari in potreben je nov telefon. Morda pa bi lahko preko inteligentnih orodij

sprožili ravno to, da takoj po preteku zahtevane življenjske dobe poseben aktuator »uniči« enega ali več ključnih delov. Opcija seveda ni realna.

S problemom dumpinga pa se orodjarji srečujemo tako na globalnem, kot tudi lokalnem nivoju. Obe vrsti dumpinga sta zelo problematični in predvsem zelo kratkoročni. Pa si pogledjmo dva primera:

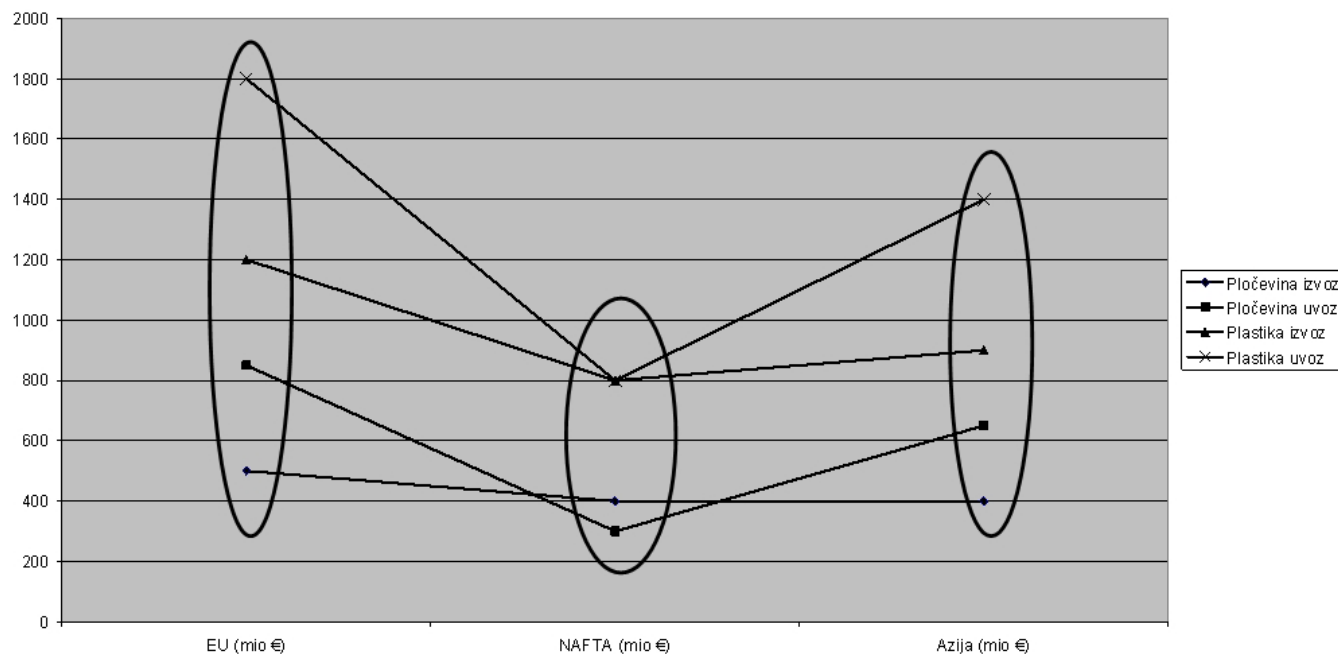
- Primer globalnega dumpinga – orodjarji iz nekaterih držav bližnjega in daljnega vzhoda preko izvoznih stimulacij, ki jim jih dajejo vlade držav podajajo nižje cene orodjem, kot pa le-te ekonomsko gledamo morale biti. Na to nimamo vpliva bi lahko rekli. Vendar temu ni tako. Na nas je, da se organiziramo in preko evropskega združenja orodjarjev (ISTMA Europe) ustavimo tovrstno nelojalno konkurenco.
- Primer lokalnega dumpinga – lokalni orodjarji, samo v želji, da bi pridobili posamezen lokalni posel ponudijo resnično nizke cene, ki pa dolgoročno niso vzdržne. Tovrstni dumping je mogoče še bolj problematičen, kot globalni, saj se ga regulativno ne da urejati. In pri tem se lokalni orodjarji ne zavedajo, da si z nizkimi cenami, s katerimi nastopajo sami sebi dejalo medvedjo uslugo, saj upajo, da bodo čez čas cene orodjem lahko dvignili. Vendar praksa govori ravno nasprotno – cene se nikoli več ne povišajo.

Že dolgo časa nazaj smo skupaj ugotovili, da je orodjarstvo globalni posel. Združenje ISTMA zbira statistike po celem svetu o količini proizvedenih orodij. Po podatkih ISTME [1] se na svetu registrirano izvede posle v višini ~10 milijard €, od tega predstavljajo orodja za brizganje plastike in gume ~69%, ostalo pa orodja za preoblikovanje pločevine. Podatki veljajo za leto 2008, pridobljeni pa so bili iz 17 držav, ki ustvarijo veliko večino orodjarskih storitev.





Obseg prometa z orodji



Slika 1: Obseg prometa z orodji po svetovnih regijah [1]

Iz slike 1 se da jasno razbrati, da se še vedno, kljub izjemno močni konkurenci iz daljnega vzhoda še vedno večina orodjarskega dela naredi v EU. Ob analizi podatkov lahko ugotovimo, da je orodjarski posel več ali manj stabilen in da se svetovni obseg orodjarskega dela ne spreminja bistveno. Res je, da je opažena fluktuacija iz ene regije v drugo (največji je odliv iz NAFTA regije predvsem v Azijo), vendar pa kumulativno gledano obseg poslov ostaja konstanten.

Iz navedenega lahko potrdimo, da države tretjega sveta (tukaj mislim predvsem Azijo (vključujoč Turčijo)) z gospodarsko politiko in izvoznimi subvencijami pomagajo lokalnim gospodarskim panogam, ki se ukvarjajo z izvozom, da lažje nastopajo na konkurenčnih tržiščih.

Evropska regulativa prepoveduje državno pomoč podjetjem. Mogoče pa je skrajni čas, da se podjetja v branži zganemo in opozorimo Evropsko komisijo na naše sume in sprožimo ustrezne postopke za uvedbo anti dumpinga. Nekaterim branžam je to zelo dobro uspelo in so to iniciativa izpeljali iz Slovenije (Niko Železniki).

3. KADROVSKI IZZIVI

Natančnost, potrpežljivost, inovativnost, sistematičnost. To bi naj bile glavne vrednote orodjarjev. Generacije orodjarjev, ki se jim sedaj počasi približuje čas, ko bodo lahko odšli v več kot zasluženi pokoj, poosebljajo vse prej navedene vrednote. Srednja generacija orodjarjev, je bolj ali manj uspela od starejših kolegov vsaj deloma potegniti čim več znanja in izkušenj. Mlada generacija orodjarjev, ki se z orodjarstvom ukvarjajo manj kot 10 let se prav tako trudi, da bi izpolnili zahteve, ki jih ima naš poklic.

Kaj pa naš podmladek? Tako imenovana Y generacija! Njihovo prvo vprašanje je: »Kaj je to natančnost, potrpežljivost, inovativnost, sistematičnost?« Po vpisu v poklicne šole v smeri orodjarstvo bi lahko na prste prešteli vse vpisane orodjarje na posamezni šoli. Kaj je temu krivo? Določeno krivdo moramo nase prevzeti delodajalci, ki ne znamo v dovolj veliki meri predstaviti poklic orodjarja kot vrhunski poklic, ki je vreden svojega truda in znanja. Prav tako je politika štipendiranja v posameznih podjetjih premalo



ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž NARDIN

Gorenje Orodjarna, d.o.o., Partizanska 12, 3320 Velenje

usmerjena v aktivno pridobivanje študentov in animacijo morda sorodnih smeri za potrebe naše branže.

Velik krivec za to, da nimamo podmladka pa je naš šolski sistem z vertikalno propustnostjo. Praktično vsi dijaki, ki se vpišejo v poklicno šolo po zaključku le-te preidejo na sistem 3+2 in tako zaključijo šolanje na srednji tehnični stopnji. Takoj nato pa se vpišejo na višjo strokovno šolo in po zaključku le te še na visoko strokovno šolo. In s tem je orodjar izgubljen. K vertikalnem razvoju posameznika spodbuja tudi šola sama, kar je njena legitimna pravica. Vendar pa s tem delajo izjemno veliko škodo orodjarski industriji, ki potrebuje kadre tudi s poklicno izobrazbo, ki bodo znali in zmogli v življenje spraviti tisto, kar si konstrukterji zamislijo. Brez njih, ročnih orodjarjev, je panoga zapisana propadu. Nekaj časa še imamo, da se izognemo črnemu scenariju, ne pa veliko.

Povsem drugačna pa je zgodba na področju visoko izobraženega kadra. Že kar nekaj časa v orodjarnah ne srečamo direktorja, ki bi ne bil zadovoljen z možnostjo pridobivanja inženirjev na vseh stopnjah. Tega kadra je trenutno dovolj, kljub temu, da je potrebno vse diplomante nato še v podjetjih vzgajati vsaj 5 let, da iz njih nastanejo resnično dobri strokovnjaki.

Brez spremembe šolske zakonodaje, ki bo omejila vertikalno prepustnost, se naši branži, kakor tudi sorodnim branžam ne piše nič dobrega.

4. RAZVOJNI POTENCIAL

Orodjarstvo kot takšno ni in ne more povzročiti svetovne gospodarske krize, predvsem zaradi svoje majhnosti, je pa dober indikator za dajanje signalov da je krize morda konec.

V preteklem letu, ki je bila za večino orodjarjev zelo problematično, pa je kljub svojemu negativnemu predznaku, veliko orodjarn izrazito delovalo na področju strateškega razvoja novih

tehniki in tehnologij za izdelavo orodij.

Pri pregledu rezultatov razpisov, ki jih je objavilo Ministrstvo za visoko šolstvo znanost in tehnologijo preko različnih posredniških teles (TIA) se lahko ugotovi, kaj so bila tista ključna razvojna področja razvoja. Večina prijaviteljev se je ukvarjala z razvojem na področju:

- novih materialov
- laserskih tehnik
- površinskih tehnologij
- inteligentnih orodij...

Prav to, da so podjetja, tudi v času krize investirala v lasten razvoj je zelo razveseljivo dejstvo. Danes, ko je kriza vsaj začasno, če ne za daljši čas mimo se lahko vidijo rezultati preteklega dela. Praktično vse orodjarne so danes polne z delom, saj so nam rezultati RR dela omogočili, da kupcu ponudimo nekaj več, kot smo jim lahko ponudili prej. Z novimi rešitvami pa konkuriramo tekmečem, ki so morda zaspali na svojih lovorikah.

Tudi ukrepi, ki so bili na razpolago v času krize (skrajšan delovni čas in instrument začasnega čakanja na delo) so prinesli pozitivne rezultate. Predvsem ukrep začasnega čakanja na delo je omogočil, da smo zaposlene dodatno izobraževali in to predvsem v času, ko smo za to imeli dovolj časa. Danes, bi tovrstna izobraževanja bila bistveno težje izvedljiva, če ne že celo nemogoča. Detajl, ki kvari pozitivno sliko tega ukrepa pa je birokracija dokazovanja dejanske izvedbe izobraževanja. A to je že druga zgodba, o kateri raje nebi govoril.

5. ZAKLJUČEK IN ALI SE IZPLAČA?

Odgovor je kratek in jasen: Seveda se!!! Naš posel je samo za močne, pogumne, izziva in znanja željne kadre. Z ustrezno promocijo, dobrim zgledom, primeri dobrih praks bo možno v mladih vzbuditi željo po tem, da je sestavljanje LEGO kock kreativno delo, ki ga je iz rane mladosti mogoče nadgraditi v izdelavo in sestavljanje pravih kock, ki so sposobne proizvajati najzahtevnejše izdel-



ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž NARDIN

Gorenje Orodjarna, d.o.o., Partizanska 12, 3320 Velenje

ke, ki nato letijo po celem svetu, se vozijo po cestah in so prisotni v praktično vsakem našem domu. Vsem nam je v veselje in ponos, ko lahko pokažemo, kaj smo naredili. Rezultati so merljivi in oprijemljivi. Niso spolzki kot delnice na borzi, managerski prevzemi ki se zaključujejo pred sodiščih, ampak trdo in neizpodbitno dejstvo.

Literatura:

1.NN: *ISTMA Statistical Year Book, 2010 Edition; Istma World, www.istma.org*





ORODJARSTVO, KAM BI TE DAL?

Dr. Blaž NARDIN

Gorenje Orodjarna, d.o.o., Partizanska 12, 3320 Velenje





ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA 2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

STROJEGRADNJA V SLOVENIJI

Branko BRAČKO
Unior d.d.

1. UVOD

Odbor za orodjarstvo je po več kot tridesetih letih delovanja pod okriljem Gospodarske zbornice Slovenije pred izzivom, kako naprej. Danes deluje kot podpora in sestavni člen Združenja kovinske industrije pri GZS in že dvaintrideseto leto prireja Posvet, ki je postal tradicionalno jesensko druženje orodjarjev. V preteklih letih je bilo veliko prehojenega. Bili smo priča razvoju novih tehnologij, ki smo jih uspešno integrirali v naše procese. Z njimi je prišel opazen napredek na področju izdelave raznih vrst orodij.

Po premisleku in glede na to, da v odboru delujejo tudi družbe, ki se poleg orodjarstva ukvarjajo tudi s strojogradnjo, smo se odločili, da delovanje odbora razširimo še na to široko področje. Povezovalnih elementov med obema področjema je veliko, pri čemer je strojogradnja dejavnost, ki združuje več različnih tehnično tehnoloških področij in ved oziroma so ta področja za strojogradnjo bistveno bolj pomembna, kot je to primer v orodjarstvu. Tu imam v mislih predvsem področja elektrike in elektronike, hidravlike, pnevmatike, robotike, transportnih sistemov, PLC in NC programiranja, ekologije; še marsikatera veda se vključuje v to področje.

2. SLOVENSKA PROIZVODNJA STROJEV IN NAPRAV V ŠTEVILKAH

Ko pogledamo uradne statistične podatke ugotovimo, da je proizvodnja drugih strojev in naprav (v nadaljevanju strojogradnja) po številu zapo-

slenih več kot 7x večja (vir AJPES za leto 2009) po prihodkih pa za skoraj 12x večja od orodjarstva. Že samo ta podatek nam pove, da je strojogradnja v Sloveniji močan gospodarski dejavnik. V nadaljevanju bi želel skozi številke in statistične podatke napraviti primerjavo med strojogradnjo in orodjarstvom.

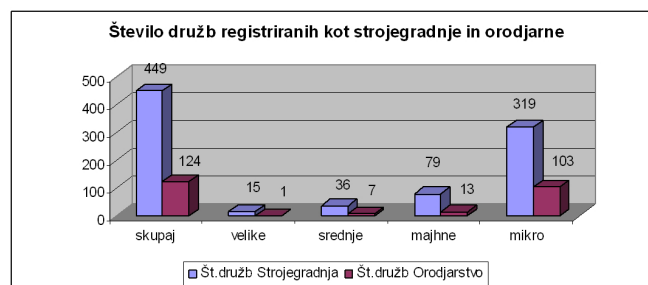


Diagram 1: Primerjava števila družb med strojogradnjo in orodjarstvom

Iz zgornjega diagrama je razvidno, kako zelo široko in obsežno je področje izdelave strojev in naprav v primerjavi z orodjarstvom. Povedati je potrebno, da se statistično v strojogradnjo šteje zelo veliko dejavnosti, ki morda na prvi pogled niti ne dajejo občutka, da gre za strojogradnjo. Vendar ko pogledamo natančneje, zelo hitro vidimo, da je to dejansko dejavnost izdelave strojev in najrazličnejših naprav, za katere se potrebuje poznavanje širokega področja najrazličnejših ved.



STROJGRADNJA V SLOVENIJI

Branko BRAČKO

Unior d.d.

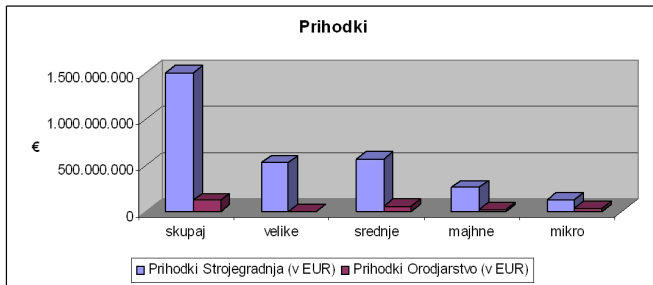


Diagram 2: Primerjava prihodkov v letu 2009 med strojgradnjo in orodjarstvom

Prihodki strojgradnje nazorno kažejo obseg te dejavnosti v Sloveniji. Najverjetneje je v naboru družb, statistično okvalificiranih kot strojgradnja tudi nekaj takih, ki se poleg strojgradnje ukvarjajo tudi s serijsko proizvodnjo, vendar nekatere pomembne strojgradnje v statistiki tudi manjkajo, saj so integrirane v večje poslovne sisteme.

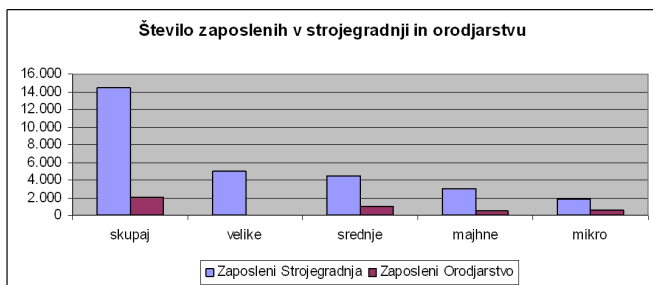


Diagram 3: Primerjava števila zaposlenih v letu 2009 med strojgradnjo in orodjarstvom

Iz števila zaposlenih vidimo, da je področje strojgradnje tudi pomemben zaposlovalec.

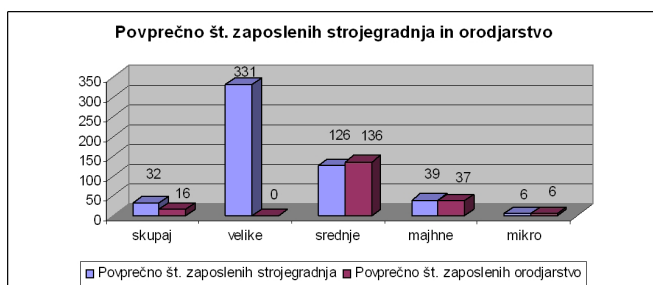


Diagram 4: Primerjava povprečnega števila zaposlenih v letu 2009 med strojgradnjo in orodjarstvom

Diagram kaže na precejšnjo podobnost med strojgradnjo in orodjarstvom tudi na področju velikosti družb. Razlika je le v velikih družbah, katerih v orodjarstvu ni.

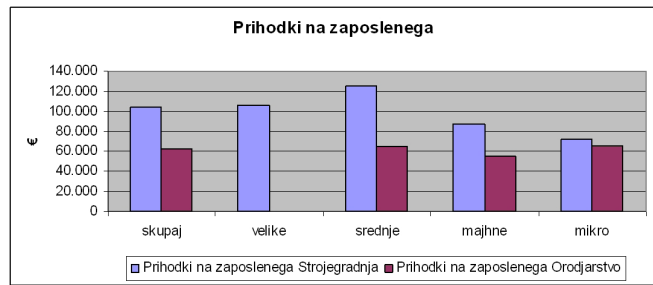


Diagram 5: Primerjava prihodka na zaposlenega v letu 2009 med strojgradnjo in orodjarstvom

Po prihodkih na zaposlenega je strojgradnja precej višje od orodjarstva. To gre pripisati tudi večjemu deležu nabavnih komponent za posamezni projekt, kot je to primer v orodjarstvu. Sistemi, ki se izdelujejo, vsebujejo veliko komponent, ki jih seveda ni mogoče izdelati v družbi in jih je nujno potrebno kupiti.

KAZALNIKI ^{B)}	Strojegradnja 2009		Orodjarstvo 2009		Strojegradnja 2008		
	Koeficient oz.	Indeks	Koeficient oz.	Indeks	Koeficient oz.	Indeks	
	vrednost v EUR	2009:2008	vrednost v EUR	2009:2008	vrednost v EUR	2008:2007	
KAZ 1. ^{A)} Finančna neodvisnost (kapital/ sredstva)	056/001	0,4	113,1	0,316	103,6	0,321	94,2
KAZ 2. ^{A)} Kratkoročni koeficient (kratkoročna sredstva / kratkoroč. obveznosti)	032/085	1,285	115,9	1,035	107,3	1,088	94
KAZ 3 Razmejje kratkoročnih poslovnih terjatev in obveznosti (kratkor. poslovne terjatve / kratkor. posl. obveznosti)	048/093	1,411	122,4	1,512	111,4	1,107	100,7
KAZ 4. ^{A)} Finančne naložbe v sredstvih (dolg. in krat. finančne naložbe / sredstva)	(019+040)/001	0,064	91,6	0,068	107,6	0,069	82,7
KAZ 5. ^{A)} Delež opredmetenih osnov. sred. (opr. osn. sred. / sredstva)	010/001	0,419	106,3	0,514	103	0,398	105,6
KAZ 6. ^{A)} Delež zalog v sredstvih (zaloge / sredstva)	034/001	0,183	82,3	0,146	89,6	0,228	101,5
KAZ 7 ^{B)} Koeficient zadolženosti (finančne in poslovne obveznosti / obveznosti do virov sred.)	(075+085)/055	0,558	91,9	0,629	97,3	0,641	102,7
KAZ 8 ^{B)} Delež neto dolga (neto dolg / obveznosti do virov sredstev)	((075+085)-(027+048)-019-040-052)/055	0,2	77,4	0,323	95,1	0,302	116,9
KAZ 9 Celotna gospodarnost (prihodki / odhodki)	(110+123+124+125+153+178)(127+166+181)	1,092	106,8	0,946	97,1	1,015	99,2
KAZ 10 ^{D)} Dobičkovnost prodaje (dobiček iz poslovanja / čisti prihodki iz prodaje) - PM	151/110	0,042	83,3	0,027	52,2	0,051	90,7
KAZ 11 ^{D)} Dobičkonosnost kapitala - ROE (neto dobiček / kapital)	(186-187)/056	0,169	153	-0,183	-	0,092	84,7
KAZ 12 ^{D)} Dobičkonosnost sredstev - ROA (neto dobiček / sredstva)	(186-187)/001	0,068	173,1	-0,058	-	0,029	79,8
KAZ 13 Prihodki na zaposlenega v EUR (prihodki / povp. št. zap.)	(110+123+124+125+153+178)/188	103.714	90,9	62.883	88,6	109.684	106
KAZ 14 ^{E)} Stroški dela na zaposlenega v EUR (str. dela / povpr. število zaposlenih)	139/188	20.482	96,8	21.121	96,2	20.888	107,8
KAZ 15 Plače na zaposlenega v EUR (stroški plač / povpr. število zaposlenih)	140/188	14.891	97,4	15.228	96,6	15.132	109
KAZ 16 Čisti dobiček na zaposlenega v EUR (čisti dobiček / povpr. število zaposlenih)	186/188	8.017	196,6	809	37,4	3.573	91,3
KAZ 17 ^{E)} Čista izguba na zaposlenega v EUR (čista izguba / povpr. število zaposlenih)	187/188	1.939	301,4	5.590	385,5	1.049	108
KAZ 18. ^{E)} DV na zaposlenega v EUR (dodana vred. / povp. število zaposlenih)	(126-128-148)/188	28.165	90,3	25.775	85,8	30.325	107,2
KAZ 19 Dolgoročna sredstva na zap. v EUR (dolgoročna sredstva / povp. št. zap.)	002/188	44.631	107,3	47.468	105,5	40.304	111,4
KAZ 20 Delež prodaje na tujih trgih (čisti prih. iz prodaje na tuj. trgih / prihodki)	(115+118)/(110+123+124+125+153+178)	0,605	90,4	0,484	104,6	0,67	99
KAZ 21 Delež denarnega toka iz poslovanja v prihodkih (amort. in dobiček zmanjšan za izg. / prihodki)	(145+186-187)/(126+153+178)	0,105	163,6	0,024	27,7	0,057	92,9
KAZ 22 Delež amortizacije (amortizacija / odhodki)	145/(127+166+181)	0,048	134,5	0,094	122	0,036	102
KAZ 23 ^{E)} Delež stroškov dela (stroški dela / odhodki)	139/(127+166+181)	0,216	113,9	0,318	105,5	0,193	100,9
KAZ 24 Dejanska davčna stopnja dobička (davek / celotni dobiček)	184/182	0,068	36	0,135	93,4	0,2	90,6
KAZ 25 ^{E)} Delež stroškov dela v dodani vrednosti (stroški dela / dodana vrednost)	139/(126-128-148)	0,727	107,2	0,819	112,2	0,689	100,6

Tabela 1: Kazalniki za strojogradnjo in orodjarstvo za leto 2009 in 2008

STROJEGRADNJA V SLOVENIJI

Branko BRAČKO

Unior d.d.

Kazalniki v zgornji tabeli kažejo na precej podobno sliko med strojogradnjo in orodjarstvom na področju dodane vrednosti na zaposlenega in deležu izvoza. To pomeni, da sta obe dejavnosti osredotočeni na podobne trge in kupce ter, da sta tehnološko podobno razviti. Delež amortizacije v odhodkih je v orodjarstvu še dvakrat višji kot strojogradnje; prav tako pa je polovico višji delež stroškov dela v odhodkih. To gre pripisati tudi višjemu deležu nabav v strojogradnji, vendar kljub temu orodjarstvo po zaposlenemu namenja 36% več za amortizacijo.

3. KRIZA V STROJEGRADNJI IN ORODJARSTVU

Če primerjamo kazalnike za obe področji vidimo, da je svetovna gospodarska kriza v našo branžo prišla šele v letu 2009. Indeksi v letu 2008 so bil še krepko pozitivni. Težave so se pri nas pojavile konec leta 2009 in za nekatere predvsem v letu 2010. Investicijski cikli so pri nas precej daljši kot pri nekaterih drugih dejavnostih, zato zamik ni presenečenje. Kljub ne tako drastičnim zmanjšanjem kot na nekaterih drugih področjih se je število zaposlenih v letu 2009 zmanjšalo za dobrih sedem odstotkov. Medtem se je v orodjarstvu število zaposlenih zmanjšalo za slabih 10%.

Poleg zahtevnih razmer zaradi svetovne gospodarske krize se v obeh dejavnostih srečujemo tudi z padanjem cen naših izdelkov in vse večjo konkurenco iz daljnega vzhoda. Kupec je v cilju zmanjšati stroške in poceniti svoje proizvode posegel tudi v povečevanje konkurence na področju investicijske opreme ter s tem zniževanje cen. Ob tem pa so se tehnično tehnološke zahteve zaostriale in ne dopuščajo nikakršnih odstopanj od predpisanega. To velja praktično za vsa področja.

Moja ocena je, da se orodjarstvo in strojogradnja danes nahajata na poziciji, ko se v veliki meri odloča o obstoju teh panog ne samo v Sloveniji ampak tudi širše.

4. ZAKLJUČEK

Tako kot orodjarstvo tudi strojogradnja pokriva zelo široko področje industrije in sicer od izdelave namenskih strojev za avtomobilsko industrijo do strojev za živilsko in tobačno industrijo, kmetijsko mehanizacijo, farmacevtsko industrijo, energetska področje...

Ko pogledamo nabor družb vidimo, da Slovenija premore velik potencial in nabor strokovnjakov za pokrivanje tako širokega polja znanj.

Poleg podjetij, ki so registrirana kot strojogradnja, pa je kar nekaj zelo pomembnih in tehnološko zelo razvitih strojogradenj še vedno skritih v sklopu velikih sistemov in se v statistiki ne vidijo. Področje strojogradnje je za stroko in akademsko sfero pomembno in jo je zato tudi smiselno vključiti v delo odbora za orodjarstvo in strojogradnjo. V naslednjem obdobju ima odbor nalogo, da integrira glavne nosilce strojogradnje v aktivno delo odbora ter da že naslednje leto posvet izzveni kot sinergija orodjarstva in strojogradnje, kar bo posvetu dalo novo dimenzijo, udeležencem pa zanimivo temo za diskusije.

SKLOP I

AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD

Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ
Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5

David POTOČNIK, Boštjan PESAN, Stanko STEPIŠNIK, Miran ULBIN
EMO-orodjarna d. o. o., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE, Karel GOTLIH, Jože BALIČ, Mirko FICKO, Ivan ZAGRADIŠNIK
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, FERI, Univerza v Mariboru

POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV

Vilko KOSIČ,
Halder d.o.o.

TEHNOLOGIJE SELEKTIVNEGA LASERSKEGA SINTRANJA KOMPOZITNIH MATERIALOV

Matic KRZNDAR, Slavko DOLINŠEK
Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE

Franc ČUŠ, Valentina GEČEVSKA, Ivica VEŽA
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,
Faculty of mechanical engineering, Ss. Cyril and Methodius, Skopje, Makedonija,
Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje,

VZPOSTAVLJANJE SISTEMA ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI PRI IZOBRAŽEVANJU INŽENIRJEV

Franc ČUŠ, Janez KOPAČ
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S »ČRNO« PREVLEKO

P. Panjan, S. Paskvale, M. Panjan, M. Čekada, B. Fišinger, M. Mernik,
Institut "Jožef Stefan, Unior, Kovaška industrija d.d.

MANAGEMENT OF RESOURCES IN TOOL MAKING COMPANY

Mihael DEBEVEC, Niko HERAKOVIČ
University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana





AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Primer: Varnostni element v avtomobilski industriji

Oliver Topic
Kovinoplastika LOŽ d.d., PC Orodjarna
Cesta 19. oktobra 57, 1386 Stari trg pri Ložu
Tel. (01) 7095-417
oliver.topic@kovinoplastika.si



32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010



1

Vsebina

1. UVOD

- predstavitev podjetja
- predstavitev projekta

2. VARNOSTNI ELEMENT V AVTOMOBILSKI INDUSTRIJI

- podatki o izdelku
- stroj za obdelavo ohišja
- stroj za montažo ohišja
- kontrola tesnosti

3. ZAKLJUČEK



32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010



2



AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

1. UVOD – predstavitev podjetja

OSNOVNA DEJAVNOST: - orodja
- strojogradnja

TEHNOLOŠKA OPREMA:

- Montažni stroji (paletni sistemi, togi - z delilno mizo, kombinirani montažni stroji)
- Namenski stroji in naprave (za obdelavo odlitkov, NC kovični stroji – orbitalno kovičenje, za točkovno varjenje, za kontrolo tesnosti, razigljevanje in namenske stiskalnice)
- Robotizacija (strega, varjenje in nanos tesnilnih mas)



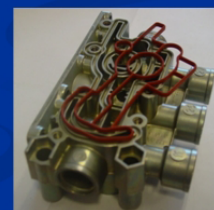
32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010



3

1. UVOD – predstavitev projekta

Izdelek predstavlja varnostni element v avtomobilski industriji.



32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010

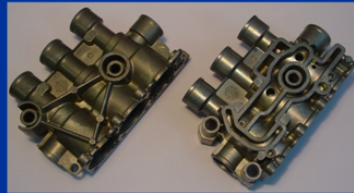


4



2. Varnostni element v avtomobilski industriji - izdelek

Izdelek je varnostni element v avtomobilski industriji. Uporablja se kot proporcionalni ventil sistema za bočno stabilizacijo pri tovornih vozilih in avtobusih.



Podatki o izdelku

Teža izdelka: **1,2 kg**

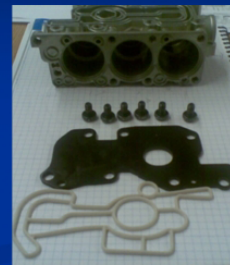
Material: **Cinkova legura**

Takt stroja 1: **15 sekund**

Takt stroja 2: **20 sekund**

Razpoložljivost montaže: **98%**

Kontrola izdelka: **100%**



Izdelek: **10 sestavnih delov 7 variant**

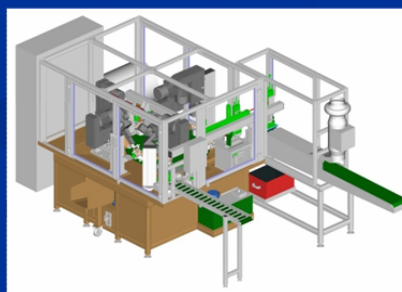


AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

Stroj za obdelavo ohišja – sestava in operacije

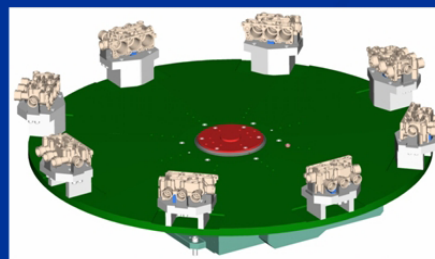
- Ogrodje stroja (Podstavek iz varjene konstrukcije z Al - zaščito in varnostnimi vrati)
- Delilna miza (8 gnezd, delitev 45°)
- Vhodni transporter (orientacija izdelka)
- Manipulator
- Postaja 2 - vrtanje luknje $\varnothing 2$
- Postaja 3 - vrtanje luknje $\varnothing 0,6$
- Postaja 5 – izdelava navojev (5× M22×1,5 in 8× M6)
- Postaja 7 – izdelava navojev (7× M6)
- Enota za pranje
- Enota za sušenje



Vhodne zahteve za obdelovalni stroj

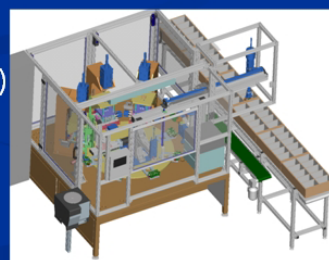
Zahteve za koncipiranje stroja za obdelovanje ohišja:

- ponovljivost pozicioniranja - vpenjanja
- vrtanje luknje $\varnothing 0,6$
- soosnost navojev M22 x1.5
- odstranjevanje opilkov
- izpihovanje
- sušenje

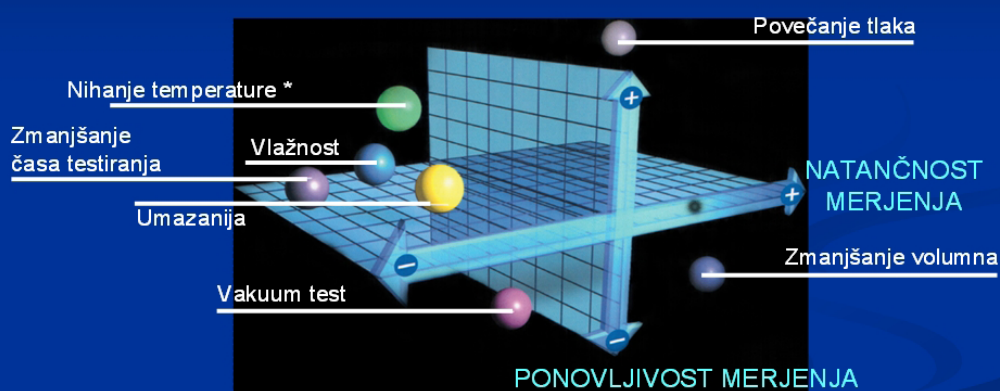


Stroj za montažo ohišja – sestava in operacije

- Ogrodje stroja (varjen podstavek z Al - zaščito, varnostnimi in servisnimi vrati)
- Miza delilna (8 gnezd, delitev 45°)
- Kontrola prisotnosti (prisotnost ohišja, tesnila in pokrivne pločevine)
- Vijačenje 7x M6 (dozirniki vijakov in X-Y enota z vijačnikom)
- Kontrola tesnosti – 1 (testiranje komore 1 in 3)
- Kontrola tesnosti – 2 (testiranje komore 2)
- Kontrola tesnosti – 3 (testiranje komor 1+2 in 3)
- Enota za izmet (enota za obračanje, manipulator, trak za dobre in slabe kose)

**Kontrola tesnosti z zrakom – vpliv spremenljivk**

Merjenje nihanja in natančnost kot funkcija dejavnikov merilnega procesa



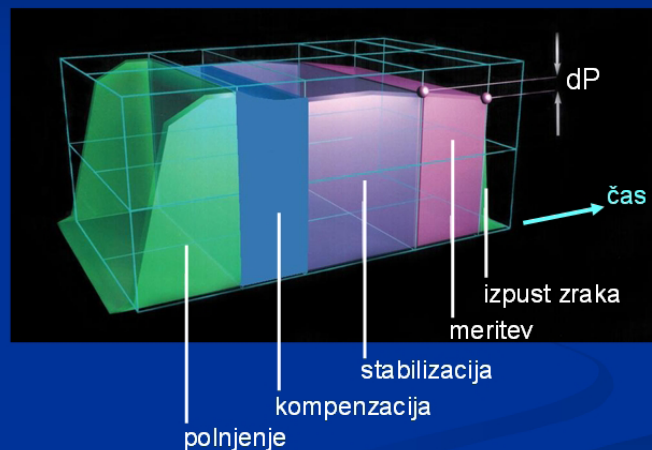
* velja za izdelek in medij za testiranje

AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

Kontrola tesnosti – proces testiranja v časovnem okviru

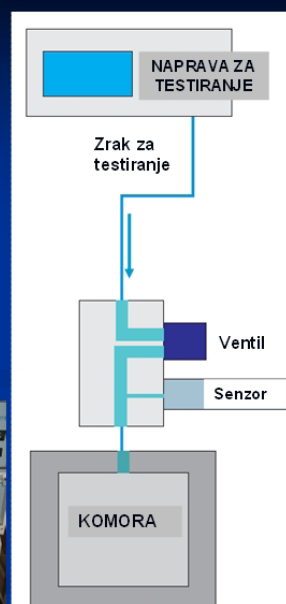
Merjenje in testiranje pomeni povezavo med človekom in strojem, med rezultati testa in PC. Vedno je pomembno, da pridobimo informacije in analizo na način s čimer bomo dosegli popolno dokumentacijo procesov in ponovljive rezultate.



Kontrola tesnosti – naprava za testiranje

POSTOPEK MERITVE:

- v napravo spustimo stisnjen zrak
- naprava spusti zrak v komoro pod tlakom 8bar in 13bar
- zapremo ventil
- začnemo z meritvijo
- s pomočjo senzorja merimo padec tlaka oziroma puščanje zraka
- spustimo stisnjen zrak
- odčitamo rezultate na napravi (dober/slab kos)





AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

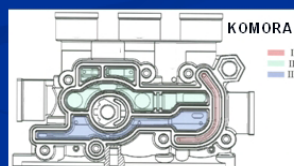
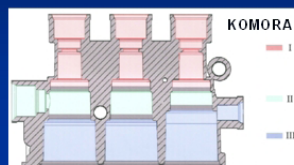
Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

Kontrola tesnosti – komore in tesnenje

TEST PUŠČANJA

Izdelek ima 3 različne komore.

- tlak 8 in 13 bar
- tesnilna mesta 4 - 10
- prostornina 10 – 30 ml
- dopustno puščanje 0,4 ml/min na tesnilno mesto
- celotno dopustno puščanje 1,6 – 4 ml/min
- tesneje z O-ringi in namenskimi tesnili



32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010

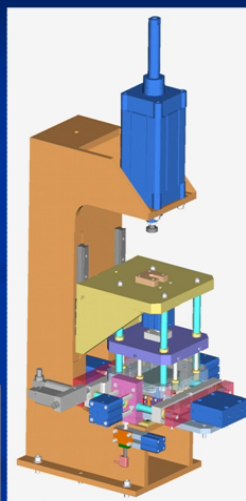


13

Kontrola tesnosti – posebnosti

Pri testiranju puščanja izdelka je zelo pomembno:

- natančnost izdelave in togost (ponovljivost zapiranja)
- vibracije na stroju
- ustrezna izbira materiala za polnila
- ustrezna izbira tesnil
- funkcija dejavnikov merilnega proces



32. posvet ORODJARSTVO in STROJEGRADNJA 2010



14



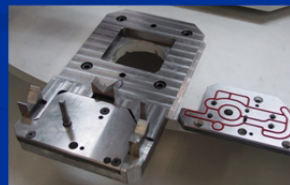
AVTOMATIZIRANA KONTROLA TESNOSTI

Oliver Topič,
Kovinoplastika Lož d.d.

3. Zaključek – proces optimiranja kontrole tesnosti

Pri testiranju in postopku meritve smo s pomočjo rezultatov optimirali:

- izbor tesnil glede na vzdržljivost
- material polnil glede na vzdržljivost
- sklop za zaklepanje postaje (glede na izdelek)
- nastavitve enote za testiranje puščanja





IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD

Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ

Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

POVZETEK

Visoko kakovostni grafit je prevladujoči elektrodni material pri obdelavi s potopno elektroerozijo. S tem tehnološkim postopkom se v orodjarstvu izdelujejo zahtevne gravure in jedra iz toplotno obdelanih orodnih jekel. Kvaliteta in zanesljivost teh izdelkov je močno odvisna od postopka izdelave grafitnih elektrod. Primarni postopek izdelave elektrod je HSC frezanje, saj omogoča veliko fleksibilnost in možnost avtomatizacije. Pri obdelavi grafita se dosegajo znatno krajši časi in vitkejša oblike, kar omogoča boljšo odzivnost in večjo konkurenčnost orodjarskih podjetij. Težave pa povzročajo abrazivnost grafita tokom obdelave, saj pospešuje obrabo orodij in s tem vpliva na učinkovitost izdelave. V članku so predstavljeni vplivi rezalnih parametrov na obrabo orodja, geometrično natančnost in hrapavost obdelane površine ter prikazane možnosti izdelave grafitnih elektrod z miniaturnimi frezali.

1. UVOD

Orodjarska industrija je tako kot mnogi drugi proizvodni sektorji vse bolj podvržena globalni konkurenci in spremembe za doseganje večje konkurenčnosti so nujno potrebne. Dobavni roki, kvaliteta izdelkov in stroški izdelave so glavni izzivi, s katerimi se sooča današnja orodjarska industrija. Najpogostejše rešitve pri soočanju s temi izzivi so nakup novih strojev, povečevanje delovnih ur, iskanje zunanjih izvajalcev ali dodajanje novih programskih rešitev. Tovrstne rešitve ne dajejo v celoti pričakovanih rezultatov in zato je potrebno iskati druge načine, da bi se rezultati izboljšali.

Prehod iz bakrenih na grafitne elektrode zahteva investicijo v moderni strojni park, s katerim lahko izkoristimo obilo prednosti grafita pri izdelavi zahtevnih gravur in jeder. Poleg ustrezne izbire grafita je potrebno paziti na sam proces izdelave grafitnih elektrod. Pri frezanju grafita so prisotni bistveno drugačni mehanizmi tvorbe odrezka v primerjavi s kovinami. Ustrezno znanje o obdelovalnosti grafita je tako ključnega pomena pri zagotavljanju stabilnosti procesa.

2. PROIZVODNJA IZOTROPNEGA GRAFITA

Elektrode za potopno elektroerozijo (EDM) se izdelujejo iz izotropnega grafita z visoko gostoto. Izotropnost materiala pomeni, da ima v vseh smereh enake lastnosti oz. so prisotna zgolj majhna odstopanja vrednosti. EDM grafit uvrščajo glede na njegovo povprečno velikost delcev v štiri razrede, od finega (20 μm) do angstoffinega (1 μm). Znotraj vsake razvrstitve proizvajalci izdelujejo grafite več različnih razredov z edinstvenimi mikrostrukturami in fizikalnimi lastnostmi za zadovoljitev potreb posameznih aplikacij. Te lastnosti grafita različnih proizvajalcev so odvisne od tehnike izdelave, vhodnih materialov in kontrole procesa (slika 1). Izotropni grafit se proizvaja s stiskanjem osnovnega materiala, ki je pomešan z vezivom. Za izdelavo grafita se uporabljajo različne vrste surovin. Vsaka surovina doprinese določene lastnosti končnemu izdelku (grafitu). Ključen del predstavlja hladno izostatsko stiskanje grafitne zmesi, kjer se aplicira tlak (2000 bar) z vseh smeri preko gumijaste membrane v komori zapolnjeni s tekočino (slika 2). Sledi proces sintanja pri temperaturi 1000°C. Ker vezivo vsebuje precejšno količino hlapljivih materialov, se mora

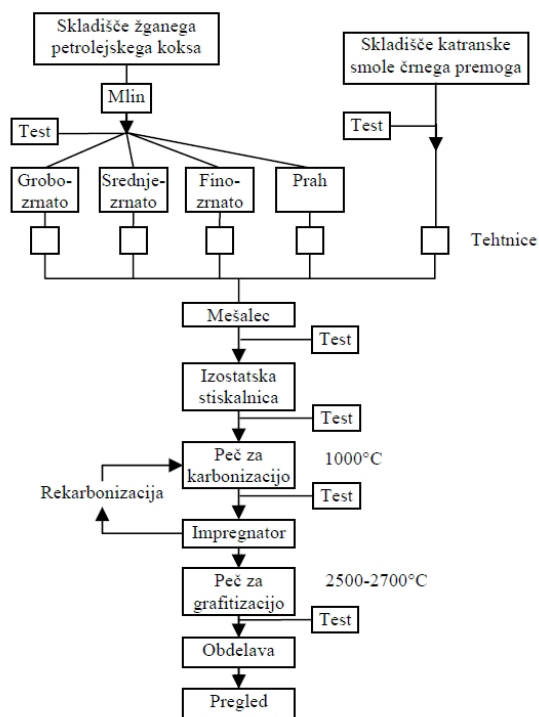


IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD

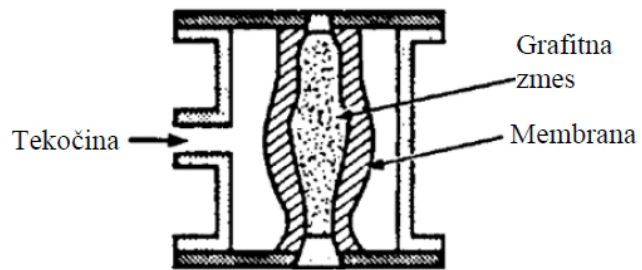
Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ

Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

stisnjena snov počasi segrevati, da se izognemo pretrganju snovi zaradi izhajajočih plinov; cikli trajajo običajno en mesec. Med počasnim segrevanjem se 60 % veziva pretvori v ogljik (karbonizacija), ostali del pa izpari kot plin. Za povečanje gostote se sintran ogljikov prah impregnira s smolo ali drugo organsko snovjo, temu sledi še en cikel sintranja. Vrši se lahko več korakov impregnacije, ki se zaključijo v nekaj mesecih. Končni korak je proces grafitizacije, pri čemer trdi ogljik (ogljikov grafit) segrejemo na temperaturo od 2500 do 2700 °C. Pri tej temperaturi se del amorfni atomov ogljika preuredi in tako tvori grafitne kristale. Celoten proces proizvodnje izotropnega grafita traja približno šest mesecev, zato so stroški proizvodnje dokaj visoki. Tako nastali izotropni grafit ima naključno usmeritev zrn in enakomerno mikrostrukturo.



Slika 1: Proizvodnja izotropnega grafita [1]



Slika 2: Izostatsko stiskanje zmesi [1]

3. OBDELOVALNOST GRAFITA

3.1 Abrazivnost grafita

Grafit je cenovno ugoden material, ki je na voljo v različnih oblikah in je odporen na kisline in baze. V praksi se uporablja grafit v prahu, koloidni disperziji, v trdnih in kompozitnih oblikah, za premagovanje trenja in obrabe. Ta material je ključna sestavina električnih ščetk, ki se jih uporabljajo v številnih motorjih. Lahko ga razpršimo v vodo, topila, olja in masti, da dosežemo boljše mazanje v ekstremnih pogojih uporabe, kot je mazanje kalupov matric pri preoblikovanju kovin. Grafit se uporablja kot samomazalno polnilo v številnih kovinskih, keramičnih in polimernih kompozitih. Mnoge raziskave so potrdile, da dobre mazalne lastnosti grafita niso samo posledica slojevite kristalne strukture in šibkih vezi med njimi, ampak se mazanje izrazito izboljša ob prisotnosti nekaterih ukapljivih hlapov, med katerimi je tudi vodna para [2]. Poleg tega se pri drsenju grafita ob kovino ali keramiko ustvari tanek transferni film, ki znatno zniža koeficient trenja.

Pri visokohitrostnem (HSC) frezanju grafitnih elektrod v splošnem odrezki nastajajo s krhkim lomljenjem materiala. Grafitne odrezke sestavljajo delci nepravilnih oblik in različnih velikosti; pri tem najmanjši delci materiala predstavljajo fin grafitni prah. Površina obdelovanca je polna majhnih kraterjev in preostalega prahu, ki nastane tokom odrezavanja. V splošnem ima grafit zaradi poroznosti nizko trdoto, vendar so meritve



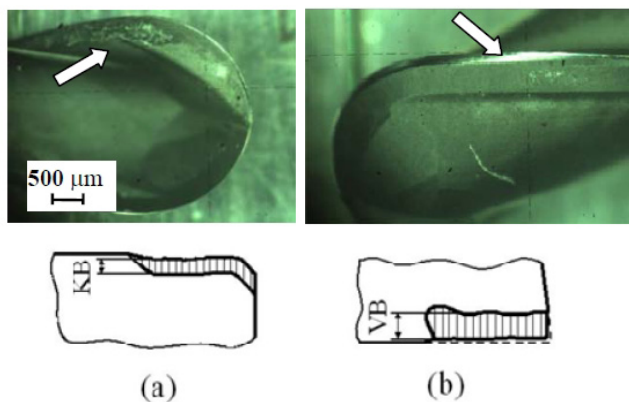
IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD

Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ

Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

pokazale, da je na mikroskopski skali izjemno trd (HV 1000) [3]. Zaradi tega imajo grafitni odrezki in obdelana površina visoke koeficiente trenja in s tem abrazivne lastnosti. Pri tem so fini prašni delci bolj abrazivni zaradi manjšega deleža porozne mikrostrukture. Abrazivna narava grafitnih delcev predstavlja največjo težavo pri izdelavi grafitnih elektrod. Orodja iz karbidne trdnine z diamantno prevleko so se izkazala za najbolj učinkovita. Vendar za razliko od prevlek za obdelavo kovin, ki zmanjšajo koeficient trenja, je primarni razlog diamantnih prevlek odpornost proti abrazivni obrabi.

Na površini frezala sta opazna dva tipa abrazivne obrabe. Prva abrazivna obraba je »mikroodnašanje«, ki se kaže v obliki brazd in grebenov na cepilni ploskvi (slika 3a). To je posledica trkov abrazivnih delcev, ki nastanejo pri odrezavanju grafita. Drugi tip abrazivne obrabe je »polirna« obraba«, ki je dominantna obraba prevleke (slika 3b). Ta obraba je posledica drsenja proste ploskve orodja ob abrazivni površini obdelovanca.



Slika 3: Obraba cepilne ploskve (a) in proste ploskve (b) na krogelnem frezalu $\varnothing 3$ mm z diamantno prevleko

Obdelovalnost posameznih grafitov, pri čemer je najbolj kritična obraba, nam določa njegova trdota, pri tem imajo višjo trdoto grafiti s finejšimi zrni in posledično manjšimi porami. Za določevanje trdote se praviloma uporablja Shoreov skleroskop C-2, ki meri trdoto na podlagi elastičnosti materiala. Preizkus poteka tako, da kladivo z diamantno konico, ki je v kalibrirani stekleni cevi,

spustimo z znane višine na vzorec. Lestvica za vrednost trdote je brez enot in je direktno povezana z višino odboja kladiva, in sicer trši ko je material, večja je višina odboja. Trdoto po Shore-u zaradi drugačnega principa merjenja ne moremo povezati s trdoto, ki jo dobimo z vtiskom (Vickers, Rockwel ali Brinell). Raziskave König-a [4] so pokazale, da večja trdota grafitov ni povezna z večjo obrabo orodij, kar je ravno obratno kot pri odrezavanju kovin. Intenzivnost obrabe orodij grafitov različnih razredov je tako najbolj odvisna od velikosti por in njihove porazdelitve v mikrostrukturi.

3.2 Vpliv rezalnih parametrov na obrabo orodja

Sliki 3a in 3b prikazujeta primerjavo povprečno obrabe proste ploskve VB v odvisnosti od podajanja na zob in rezalne hitrosti pri treh različnih dolžinah frezanja ($L=25$ m, 50 m in 75 m) [5]. Opažiti je, da se širina obrabe proste ploskve orodja izrazito zmanjša s povečevanjem podajanja na zob in rezalne hitrosti. Vpliv rezalne hitrosti na obrabo orodja je manjši kot vpliv podajanje na zob. Najmanjšo obrabo proste ploskve dosežemo z največjo vrednostjo podajanja na zob in rezalne hitrosti. To je drugačno obnašanje, kot ga poznamo pri frezanju jekla, kjer se s povečevanjem rezalnih parametrov obraba povečuje oz. obstojnost orodja zmanjšuje. Vpliv rezalne hitrosti na zmanjšanje obrabe lahko pojasnimo z odsotnostjo termične obrabe, saj so rezalne temperature bistveno nižje in bolj ugodna tvorba odrezkov [4]. Še bolj izrazit vpliv na tvorbo odrezkov in s tem zmanjšanje obrabe ima podajanje na zob, ker se zmanjša količina finih prašnih delcev in posledično poveča velikost maksimalnih delcev, ki delujejo manj abrazivno na orodje [5]. Z ekonomskega vidika je jasno, da je uporaba večjih podajanj na zob in višjih rezalnih hitrosti razumna, saj zmanjšuje stroške orodja in povečuje produktivnost.

Problem pri povečevanju podajanja nam povzroča zmogljivost podajalnih pogonov zlasti pri zahtevni geometriji. Doseganje višjih rezal-

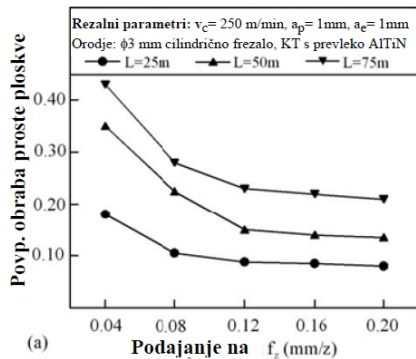


IZZIVI IN MOŽNOSTI IZDELAVE GRAFITNIH ELEKTROD

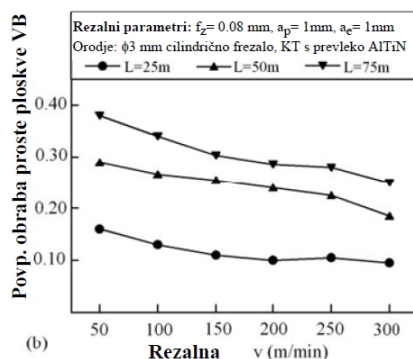
Goran MIJUŠKOVIČ, Janez KOPAČ

Laboratorij za odrezavanje, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

nih hitrosti pri frezalih majhnega premera pa je omejeno z maksimalni vrtljaji vretena.



(a)

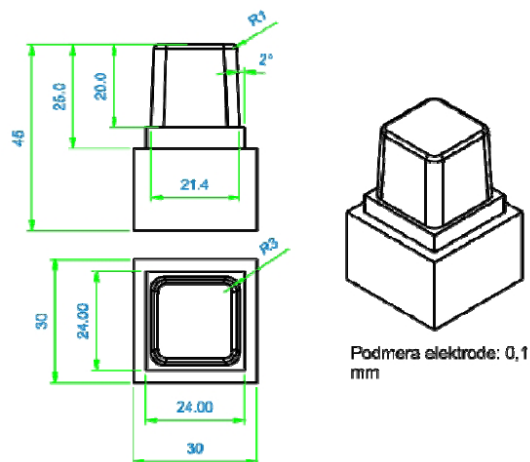


(b)

Slika 3: Vpliv rezalnih parametrov na povprečno obrabo proste ploskve orodja pri treh vrednostih poti obdelave [5]

3.1 Vpliv rezalnih parametrov na geometrijsko natančnost in hrapavost površine

Namen raziskave je bilo določiti vpliv parametrov freziranja na hrapavost površine in geometrijsko natančnost pri freziranju grafita. Eksperimenti so bili izvedeni na grafitu ISO-63, ki ima povprečno velikost delcev $5 \mu\text{m}$ in povprečni premer por $0,9 \mu\text{m}$ ter omogoča doseganje kvalitete obdelane površine do VDI 20. Pri eksperimentalnem delu smo uporabili geometrijo elektrode, ki je prikazana na sliki 4. Ta ima ustrezni snemalni kot, zaokrožitve in referenčni rob za določevanje pozicije.



Slika 4: Testna geometrija elektrode [6].

Izdelava elektrode je potekala v štirih operacijah: groba obdelava (frezalo $\sim 10 R_1$), fina obdelava referenčnega robu (frezalo $\sim 10 R_1$), fina obdelava vrha elektrode ($\sim 3 R_{1,5}$), fina obdelava stene elektrode ($\sim 3 R_{1,5}$).

Za fino konturno freziranje stene je bilo uporabljeno krogelno frezalo ~ 3 mm prototyp Walter z dolžino izpetja 32 mm. Izdelane so bile tri elektrode za posamezen razrede kakovosti obdelane površine VDI 20, 27 in 34. V preglednica 1 so po VDI razredih prikazane pripadajoče vrednosti srednje aritmetične hrapavosti (R_a), na osnovi katerih so bili analitično določeni rezalni parametri (globina rezanja in podajanje na zob). Število vrtljajev in dodatek na obdelavo sta bila nespremenjena za vse tri primere in sta znašala 20.000 vrt/min in 0,5 mm.

Kakovost obdelane površine (VDI 3400)	20	27	34
Srednja aritmetična hrapavost ($R_a, \mu\text{m}$)	1	2,2	5
Globina rezanja (a_p, mm)	0,216	0,321	0,485
Podajalna na zob (f_z, mm)	0,154	0,229	0,344

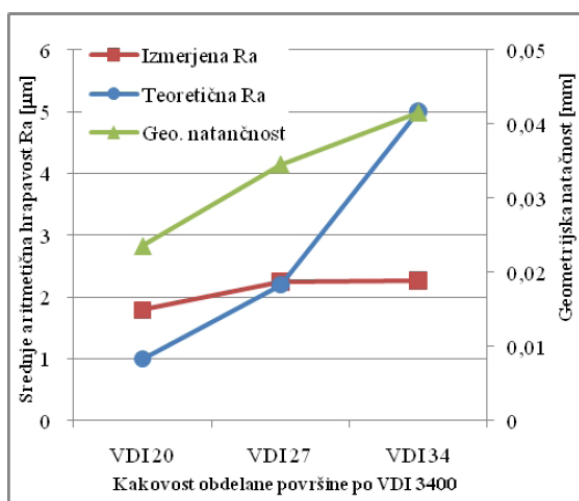
Preglednica 1: Rezalni parametri za fino obdelavo stene elektrode ($\sim 3 R_{1,5}$)

Meritve so bili izvedeni z merilnikom hrapavosti Mahr Perthometer S2 in koordinatnim meril-



nim strojem DEA Global. Srednjo aritmetično hrapavost smo merili na steni elektrode pravokotno na smer podajanja. Rezultati meritev srednje aritmetične hrapavosti in geometrijske natančnosti za posamezen razred hrapavosti so prikazani na sliki 5. Pri finem razredu VDI 20 opazimo, da je dejanska hrapavost Ra za 0,8 μm slabša od teoretične Ra. Pri srednjem razredu VDI 27 so opazna minimalna odstopanja hrapavosti Ra. Pri grobem razredu VDI 34 izmerimo bistveno boljšo hrapavost od teoretične Ra. Največji vpliv na izmerjeno hrapavost ima globina rezanja, ki določa razdaljo med rezi podajalnega gibanja vzdolž osi orodja. Podajanje na zob vpliva na hrapavost v prečni smeri, vendar je vrednost podajanja nižja od nastavljene zaradi nenehnih pospeškov in pojemkov, ki so posledica visokih podajalnih hitrosti in majhnih dimenzij. Za razliko od homogenih materialov je pri grafitu doseganje finih hrapavosti površin omejeno z velikostjo por. Po drugi strani pa se pri grobih površinah visoki vrhovih hrapavosti zlahka odkrhnejo.

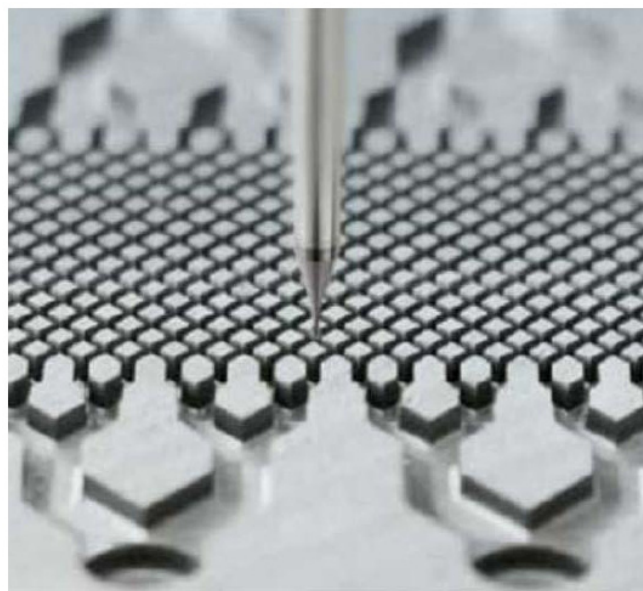
Meritve geometrijske natančnosti so pokazale enakomerno naraščanje odstopanja od CAD modela, in sicer od 0,025 mm do 0,04 mm na steno. To je v skladu s povečevanjem rezalnih parametrov, ki določajo volumen odrezanega materiala. To ima za posledico povečanje rezalnih sil, ki povzročijo ustrezno večje upogibanje frezala.



Slika 5: Srednja aritmetična hrapavost in geometrijska natančnost za razrede VDI 3400

4. IZDELAVA MIKRO-ELEKTROD

Velikosti izdelkov se zmanjšujejo, medtem ko se variante izdelkov povečujejo. Miniaturizacija izdelkov v orodjarstvu narekuje uporabo miniaturnih frezal ($< 1 \text{ mm}$) za izdelavo grafitnih elektrod, vendar se te ne uporabljajo zgolj za majhne elektrode, ampak tudi za kompleksne detajle na večjih elektrodah. Za razliko od freziranja v trdo je proces freziranja grafita dosti bolj stabilen, saj so prisotne bistveno manjše rezalne sile. Pri obdelavi v trdo se nad 54 HRC ter vitkih in globokih elementih pojavijo težave prezgodnjega loma miniaturnih frezal. Vse to je posledica sunkovitih gibov, napak krožnega teka in drugih procesnih nepravilnosti, ki lahko privedejo do slabe kakovosti površine in neustrezne geometrijske natančnosti. Tokom obdelave je lom občutljivih frezal težko zaznati, kar terja večji nadzor procesa in prispeva k daljšemu času obdelave. Izdelava grafitnih mikro-elektrod ima s tega vidika bistveno večje potenciale za avtomatizacijo. Slika 6 prikazuje primer mikro-elektrode, ki je bila izdelana z visoko preciznim frezanjem z miniaturnim frezali premera 1, 0,5, 0,2 mm. Čas izdelave mikro-elektrode je 45 min in rezalni parametri frezala γ 0,2 mm naslednji: $v_f = 1000 \text{ m/min}$, $n = 25.000 \text{ vrt./min}$, $a_e = 50 \mu\text{m}$ in $a_p = 20 \mu\text{m}$.



Slika 6: Mikro-elektroda iz fino-zrnatega grafita za mikro mešalno napravo [11]



Doseganje višjih rezalnih hitrosti je najbolj zahtevno pri frezalnih majhnega premera, zato mora imeti HSC obdelovalni stroj dovolj zmogljivo vreteno, ki omogoča visoko število vrtljajev. Vretena s hibridni ležaji zaradi prisotnega trenja povzročajo termični raztezek, zato je hitrost vretena omejena na približno 60.000 vrt/min. Uporabljajo se za primere obdelav, kjer so potrebe po večjih navorih. Za izjemno visoke hitrosti vretena se uporabljajo ležaji z zračno turbino, ki proizvedejo zelo majhen navor. Komercialno dostopna vretena z zračnimi ležaji lahko dosežejo 200.000 vrt/min. Za doseganje visokih natančnosti pri izdelavi mikro-oblik je potrebna precizna obdelovalna miza, kjer so pogosto uporabljeni linearni pogoni. V primerjavi s konvencionalnimi pogonskimi mehanizmi, kot je kroglično navojno vreteno, linearni pogoni nimajo napak zaradi trenja, obrabe in zračnosti. Poleg tega pa omogočajo zelo visoke pospeške na kompleksnih obdelovalnih poteh.

5. ZAKLJUČEK

Z razvojem rezalnih materialov je HSC frezanje kaljenih gravur in jeder povečalo fleksibilnost in produktivnost v orodjarstvu. Kljub temu ostaja izdelava kompleksnih grafitnih elektrod na visoko zmogljivih strojih eden ključnih postopkov v procesu izdelave orodij. Pri izdelavi elektrod je možnost avtomatizacije velika, kar narekuje manjšo prisotnost operaterja. Zato je potreba po poznavanju procesa nujna za zagotavljanje stabilnosti procesa in optimalnih parametrov obdelave. Glavno oviro predstavlja potek obrabe na rezalnem robu, ki jo je potrebno nadzorovati s sodobnimi laserskim sistemi.

Literatura

- [1]. Pierson, O. H.: *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes: Properties, Processing and Applications*, Noyes Publications, 1993
- [2]. Erdemir, A.: *Modern Tribology Handbook*, CRC press, 2001
- [3]. Clark, W. T., Connolly, A., and Hirst, W. *The friction and wear of electrographite*. Br. J. Appl. Phys., Vol. 14, 1963, p. 20–27
- [4]. König, W., Klocke, F., König, M.: *Hochleistungserspanung von Graphit., wt-Produktion und Management*, Vol. 85, 1995, p. 503-509
- [5]. Zhou, L., Wang, C., Y., Qin, Z.: *Tool wear characteristics in high-speed milling of graphite using a coated carbide micro endmill*, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Vol. 223/3, 2009, p. 267-277
- [6]. Mijuskovic, G.: *Optimiranje procesa frezanja grafitnih elektrod za elektroerozijsko obdelavo*, *diplomska naloga na FS*, 2009
- [7]. Arnone, M.: *High-Performance Graphite Electrode Machining*, *MoldMaking Technology Online*, 2005
- [8]. <http://www.moldmakingtechnology.com/articles/129905.html>
- [9]. Chae, J., Park, S.S., Freiheit, T.: *Investigation of micro-cutting operations*, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 46, 2006, pp. 313–332
- [10]. Kopač, J.: *Obdelovalni stroji, orodja in naprave*, Hren, Ljubljana, 2005
- [11]. Kuzman, K., in ostali avtorji: *Moderno proizvodno inženirstvo*, *Grafis trade*, Ljubljana, 2010
- [12]. *Mikrofräser*: www.lmt-tools.com, 2010

KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5

David POTOČNIK¹, Boštjan PESAN¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Miran ULBIN²

¹EMO-orodjarna d. o. o.

²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Visoko konkurenčno okolje na področju orodjarstva in strojegradnje v današnjem času od podjetij zahteva skrajšanje časa in znižanje stroškov konstruiranja ob hkratnem zagotavljanju visokih standardov za doseganje kakovosti izdelka. Eden izmed učinkovitih načinov za povečanje produktivnosti in kakovosti procesa konstruiranja je uporaba naprednih orodij sodobnih modelirnikov, ki omogočajo konstruiranje z vgrajenim znanjem. V prispevku podajamo opise ter skozi primere predstavljamo uporabnost nekaterih pomembnih orodij modula »Knowledgeaware«, ki znotraj programa Catia V5 omogoča vgradnjo znanja v CAD-modele izdelkov in s tem njihovo izdelavo, upravljanje in preverjanje.

1. UVOD

V vsakem podjetju, ki se ukvarja z razvojem izdelkov, se mnogokrat pojavlja problem zajemanja in ponovne uporabe znanja, ki v konstrukterskem smislu predstavlja razumevanje, kako mora izdelek delovati, ter uporabo tega razumevanja za ustvarjanje ustreznega izdelka. Tovrstna podjetja se na ta način vedno bolj zavedajo, da morajo biti programska orodja, ki jih uporabljajo pri razvoju izdelkov, sposobna zajemati znanje ter razvijalcem omogočati uporabo tega znanja v njihovih konstrukcijskih izvedbah izdelkov [5].

Danes sodobni modelirniki vključujejo vedno več orodij, ki omogočajo konstruiranje z vgrajenim znanjem in olajšajo delo v skupini ter kasnejše spreminjanje izdelka [4]. Znotraj programskega paketa Catia V5 zagotavlja ta napredni način konstruiranja modul »Knowledgeaware«, ki ga sestavlja šest podmodulov [3]. Uporaba omenjenega modula uporabnikom omogoča:






- vgradnjo znanja znotraj modela ter njegovo uporabo za zmanjševanje števila napak ali avtomatizacijo procesa konstruiranja in s tem doseganja maksimalne produktivnosti,
- zagotavljanje skladnosti konstrukcije s postavljenimi standardi s pomočjo zajemanja, nadgradnje, upravljanja in delitve znanja v

podjetju v baze pravil,

- izdelavo »intelligentnih« konstrukcijskih predlog, ki zajemajo geometrijo in »know-how« za ponovno uporabo z maksimalno varnostjo.

2. PREDNOSTI UPORABE ORODIJ ZA ZAJEMANJE ZNANJA

Skupina programskih komponent, v katerih je zajeto ekspertno znanje, ki je dodano modelu izdelka, je zajeta znotraj modula »Knowledgeaware« [2], katerega sestavljajo naslednji podmoduli: »Knowledge Advisor«, »Knowledge Expert«, »Product Engineering Optimizer«, »Product Knowledge Template«, »Product Function Optimization« ter »Product Functional Definition«.

Poz.	Ikona	Ime orodja	Opredelitev orodja	Orodna vrstica
a		Formula	Omogočanje ustvarjanja parametrov in opredelitev razmerij med parametri.	Knowledge Advisor Tools
b		Konstrukcijska Tabela	Omogočanje ustvarjanja in/ali uvažanja konstrukcijskih tabel	
d1		Preverjanje	Omogočanje opozarjanj v primerih kršitev v preverjanju in/ali pravilu.	
c		Urejevalnik Pravil	Omogočanje ustvarjanja pravila in njegove uporabe v dokumentu.	Reactive Features
d		Preverjanje	Omogočanje ustvarjanja preverjanja in njegove uporabe v dokumentu.	

Preglednica 1: Prikaz orodij, ki omogočajo vgradnjo znanja v programu Catia V5



KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5

David POTOČNIK¹, Boštjan PESAN¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Miran ULBIN²

¹EMO-orođarna d. o. o., ²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Vsak izmed podmodulov vsebuje v svoji orodni vrstici različno kombinacijo orodij. V nadaljevanju bomo podali opise petih orodij (preglednica 1), katerih poznavanje je ključno za izkoriščanje naprednih možnosti konstruiranja z vgrajenim znanjem. Do treh izmed omenjenih orodij (»Formula«, »Check« in »Design Table«) lahko dostopamo preko orodne vrstice »Knowledge Advisor Tools«, ki je, poleg v modulu »Knowledge« , na razpolago tudi v številnih drugih modulih programa Catia V5. Preostali dve orodji (»Rule Editor« in »Check«) pa sta dostopni preko orodne vrstice »Reactive Features« znotraj podmodula »Knowledge Advisor«. Z njihovo uporabo lahko uporabnik v proces konstruiranja vpelje aktivnosti, kot so:

- avtomatiziranje opredelitve izdelka in izdelavo generičnih modelov,
- zajemanje inženirskega znanja v podjetju in enostavno delitev »know-how« med vse uporabnike,
- zagotavljanje skladnosti s skupnimi standardi v podjetju,
- vodenje uporabnikov, ki niso seznanjeni s konstrukcijskimi lastnostmi izdelka, skozi proces konstruiranja,
- seznanjanje s končnimi specifikacijami konstrukcije [1].

3 PREDSTAVITEV ORODIJ ZA ZAJEMANJE ZNANJA

3.1 Orodje »Formula«

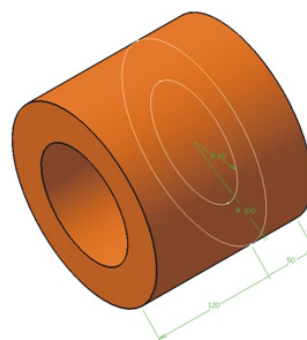
Z orodjem »Formula« (preglednica 1, pozicija a) lahko uporabnik dostopa do notranjih parametrov, izdelava nove uporabniške parametre ter ustvarja formule za opredeljevanje razmerij med parametri. Preden pričnemo z uporabo omenjenega orodja, moramo spoznati pomen izrazov parameter in formula znotraj programa Catia V5.

3.1.1 Parameter

Pri modeliranju dela, kot je npr. votel valj, pogosto pričnemo z izdelavo skice, zatem z njenim ekstrudiranjem naredimo iztisk, na koncu pa

izdelanemu modelu dodamo še preostale gradnike. Končen dokument je zgrajen iz gradnikov, ki definirajo njegove notranje lastnosti. Odstranitev enega izmed gradnikov se odraža v spremembi dokumenta. Te gradnike imenujemo parametri, le-ti pa igrajo pomembno vlogo pri uporabi modula »Knowledge« . Uporabljamo jih za popis lastnosti modela in jih lahko opredelimo z relacijami (gradniki znanja) ali jih v relacijah uporabimo kot argumente.

Glede na način nastanka poznamo dve vrsti parametrov: notranje (angl. intrinsic) in uporabniške (angl. user). Notranji nastanejo samodejno znotraj vseh gradnikov. Na sliki 1 so prikazani notranji parametri, ki so nastali kot posledica izdelave osnovne skice ter izvedbe operacije iztiska.



Double click on a parameter to edit it

Parameter	Value	Formula	Active
PartBody(Pad.1)FirstLimitLength	120mm		
PartBody(Pad.1)SecondLimitLength	50mm		
PartBody(Pad.1)Sketch.1(Radius.1)Radius	60mm		
PartBody(Pad.1)Sketch.1(Radius.2)Radius	100mm		
PartBody(Pad.1)ThickThin1	1mm		
PartBody(Pad.1)ThickThin2	0mm		
PartBody(Pad.1)Activity	true		

Edit name or value of the current parameter

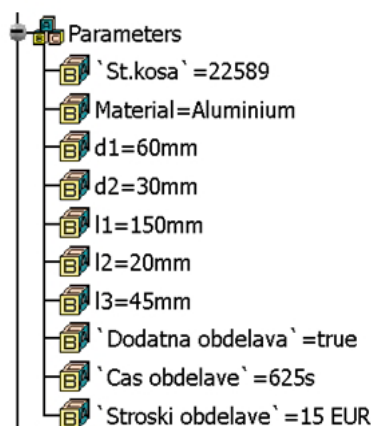
PartBody(Pad.1)FirstLimitLength 120mm

Slika 1: Prikaz notranjih parametrov, ki so nastali zaradi izdelave skice in njenega ekstrudiranja

Poleg notranjih parametrov omogoča Catia V5 tudi izdelavo uporabniških parametrov, s katerimi lahko izdelamo dodatne kose informacij, ki se nanašajo na dokument (slika 2). Opredelimo jih lahko na stopnji sestave, dela ali gradnika in kot enega izmed mnogih tipov parametrov, kot so: real, integer, string, Boolean, lenght, mass ... Uporabniške parametre lahko določimo tako, da zavzemajo samo predoločene vrednosti ali tako, da zavzamejo katerokoli vrednost, ki se ujema s tipom parametra [6]. Uporaba uporabniških parametrov prinaša v proces konstruiranja številne prednosti:

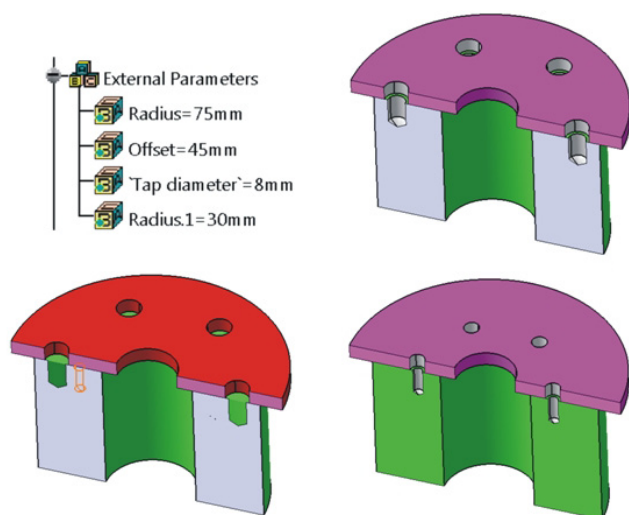


- omogočanje takojšnjega dostopa do parametrov, ki določajo geometrijo tako, da lahko vrednosti enostavno spreminjamo,
- centralizacijo ključnih informacij tako, da uporabniki, ki niso seznanjeni z modelom, tega uporabijo na enostavnejši način,
- enostavno oporo na parameter pri urejanju relacij,
- sposobnost ustvarjanja generičnih modelov, ki jih upravljamo neposredno iz zavihka uporabniškega parametra v drevesnem meniju.



Slika 2: Prikaz uporabniških parametrov v drevesni strukturi programa Catia V5

Poleg notranjih in uporabniških parametrov poznamo še zunanje (angl. external) parametre, ki so povezani s parametri v drugem dokumentu.

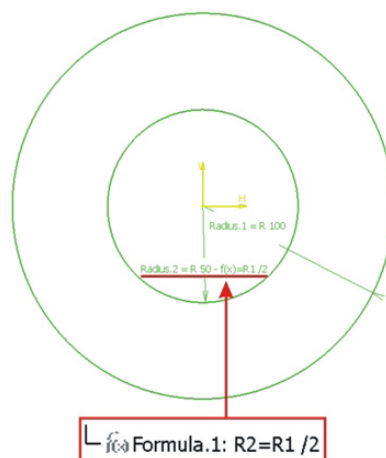


Slika 3: Prikaz uporabnosti zunanjih parametrov

Na sliki 3 so prikazani zunanji parametri, ki povezujejo medosno razdaljo in razmerje velikosti izvrtin med dvema deloma, ki se nahajata v isti sestavi. Ti preko ustreznih povezav omogočajo, da se na podlagi spremembe medosne razdalje in velikosti izvrtin spodnjega dela sestave prilagodi zgornji del. Omenjen proces se izvede po posodobitvi sestave.

3.1.2 Formula

S formulami opredelimo, kako izračunamo parameter v odvisnosti od ostalih parametrov v dokumentu. Definiramo jih lahko s parametri, operatorji ali funkcijami. Formula npr. nastane, ko pripišemo uporabniški parameter gradniku. Levi del relacije predstavlja parameter, ki smo ga omejili, desni del pa izjavo. Ko enkrat ustvarimo formulo, jo lahko upravljamo enako kot katerikoli drug gradnik iz drevesnega menija.



Slika 4: S pomočjo formule opredeljeno razmerje velikosti polmera med večjo in manjšo krožnico

Formule uporabljamo za:

- opredelitev relacij med parametri. V skicirki lahko npr. določimo, da bo polmer manjše krožnice vedno za polovico manjši od polmera večje (slika 4),
- za enostavno izdelavo generičnih modelov,
- a definiranje matematičnih relacij med parametri,
- za izračun lastnosti modela s preddefiniranimi funkcijami.

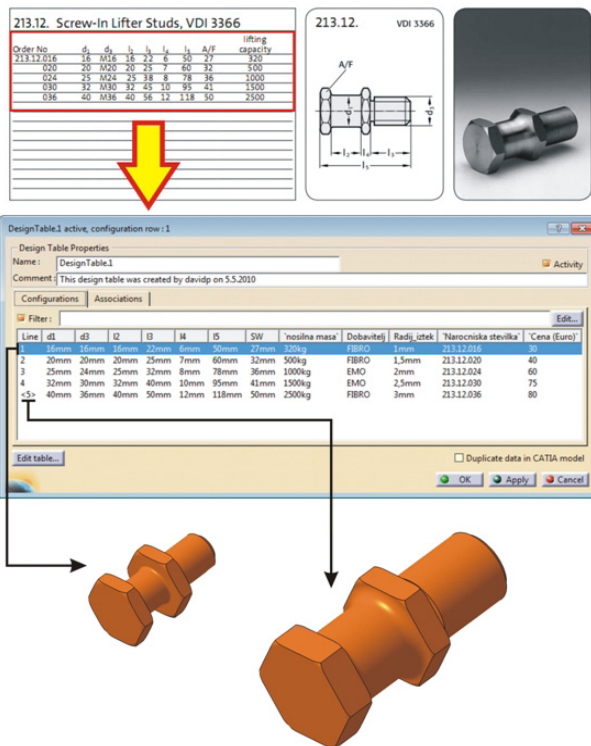
KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5

David POTOČNIK¹, Boštjan PESAN¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Miran ULBIN²

¹EMO-orođarna d. o. o., ²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

3.2 Orodje »Konstrukcijska tabela«

S tem orodjem je omogočena izdelava konstrukcijske tabele (preglednica 1, pozicija b), ki predstavlja MS Excelovo ali preprosto tekstovno tabelo v obliki beležnice in omejuje niz parametrov.



Slika 5: Opredelitev različic transportnega vijaka s pomočjo konstrukcijske tabele

Vsak stolpec tabele definira vrednosti parametra, vsaka vrstica pa njegovo konfiguracijo. Namen konstrukcijske tabele je vodenje parametrov dokumenta Catia iz zunanjih vrednosti. Konstrukcijska tabela zagotavlja možnost ustvarjanja družinskih komponent ter upravljanje z njimi. Te komponente so lahko npr. mehanski deli, ki se razlikujejo v vrednostih parametra (slika 5).

Konstrukcijsko tabelo lahko izdelamo iz obstoječih parametrov dokumenta Catia, kjer parametre, ki jih želimo vključiti, enostavno izberemo iz seznama parametrov ali iz zunanje datoteke.

Konstrukcijske tabele uporabljamo za:

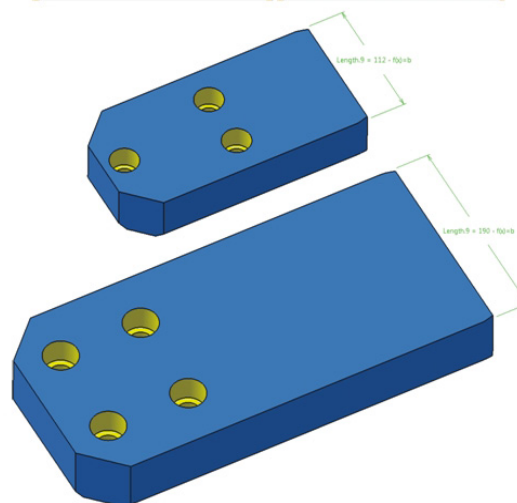
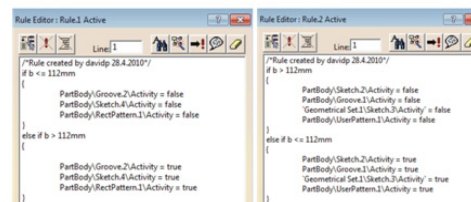
- definiranje možnih konfiguracij (popisov)

modela,

- enostavno izbiranje in preklapljanje samo med realističnimi konfiguracijami komponente,
- povezovanje vrednosti parametrov, ki jih ne moremo izraziti z matematično relacijo,
- ustvarjanje družin izdelkov.

3.3 Orodje »Urejevalnik Pravil«

Pravilo predstavlja niz predpisov, ki v splošnem temeljijo na pogojnih izjavah, s čimer kontroliramo razmerja med parametri.



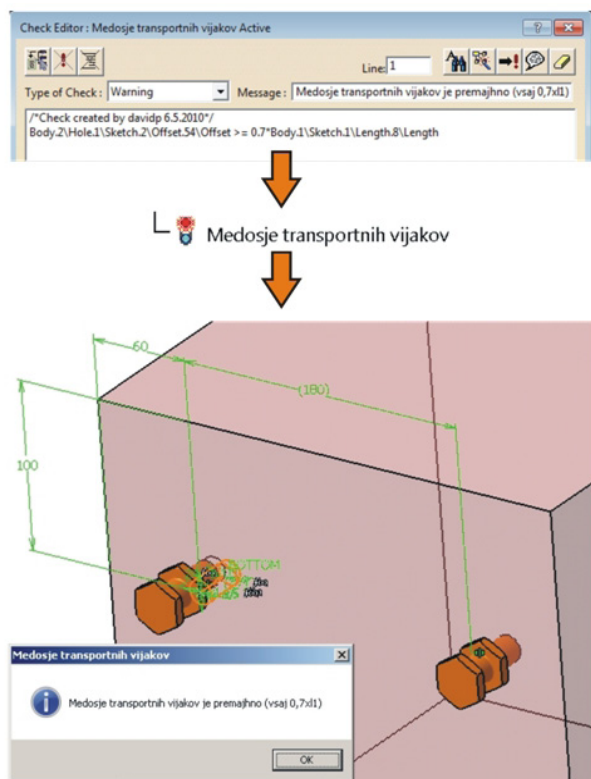
Slika 6: Prikaz zapisa pravil za opredelitev števila in razporeditve izvrtin vodilne letve

Na sliki 6 prikazujemo z »Urejevalnikom pravil« zapisana pravila, katera določajo spremembo števila in razporeditve izvrtin vodilne letve na podlagi spremembe njene širine označene s parametrom z oznako »b«.

3.4 Orodje »Preverjanje«

Preverjanje predstavlja niz izjav, ki uporabniku podajo namig ali so določeni pogoji izpolnjeni ali ne. Pri tem ločimo orodje, ki nam omogoča zapis izjav za izdelavo preverjanj (preglednica 1, pozici-

ja d) ter orodje, ki na podlagi izdelanega preverjanja uporabnika opozori na morebitno kršenje predpisov (preglednica 1, pozicija d1). Na sliki 7 je prikazan zapis, ki preverja ali medosje izvrtin za transportne vijake na orodju ustreza postavljenim predpisom. V primeru kršitve podanih zahtev dobi uporabnik informacijo, da postavljeni pogoji niso izpolnjeni ter da je potrebna modifikacija konstrukcije – pojavi se rdeča luč na semaforju.



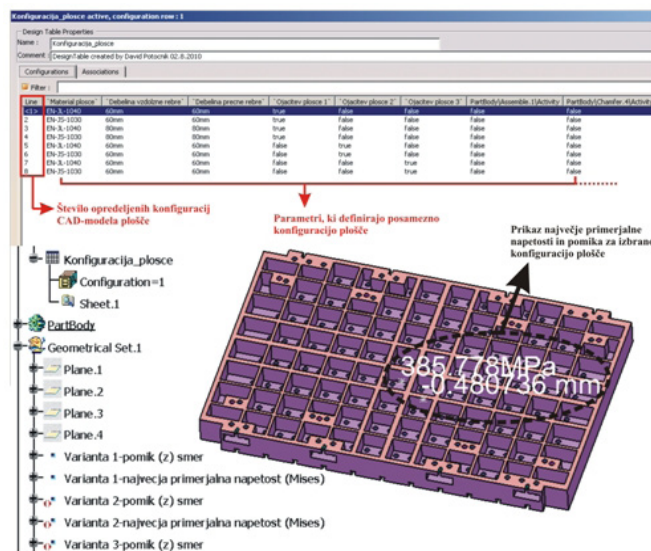
Slika 7: Prikaz opozarjanja na kršenje postavljenih predpisov

4 PRIMERI UPORABE ORODIJ

S pomočjo v prejšnjem poglavju opisanih orodij smo razvili sistem za podporo konstruiranju plošče stiskalnice ter izvedli parametrično-asociativni popis kombiniranega preoblikovalnega orodja. S tem smo dobili potrditev, da uporaba orodij za zajemanje znanja znotraj programa Catia V5 predstavlja učinkovito pot za povečanje kakovosti in produktivnosti konstruiranja.

4.1 Sistem za podporo konstruiranju plošče stiskalnice

Inteligentni sistem za podporo konstruiranju plošče stiskalnice je bil zgrajen za pomoč neizkušenim konstrukterjem znotraj podjetja Emo – Orođarna pri iskanju konstrukcijskih rešitev in sprejemanju odločitev. Sistem deluje na podlagi vgrajenega znanja strokovnjakov s področja konstruiranja, izbora materialov ter izvajanja numeričnih analiz po metodi končnih elementov v programskem paketu Abaqus, ki smo ga s pomočjo parametrov zapisali v bazo znanja (konstrukcijsko tabelo). Določena kombinacija parametrov predstavlja posamezno konfiguracijo plošče, do katere lahko uporabnik enostavno dostopa preko drevesnega menija programa Ca-tia V5.



Slika 8: Prikaz delovanja sistema

Preko aktivacije določene konfiguracije plošče v konstrukcijski tabeli sistem uporabniku ponudi konstrukcijsko rešitev ojačitve plošče na mestu delovanja maksimalne tlačne obremenitve, ponudi mu ustrezen material za izgradnjo plošče ter ga seznanj, kako oblika ojačitve in material vplivata na velikost in položaj največje primerjalne napetosti ter največjega pomika plošče v smeri delovanja obremenitve.

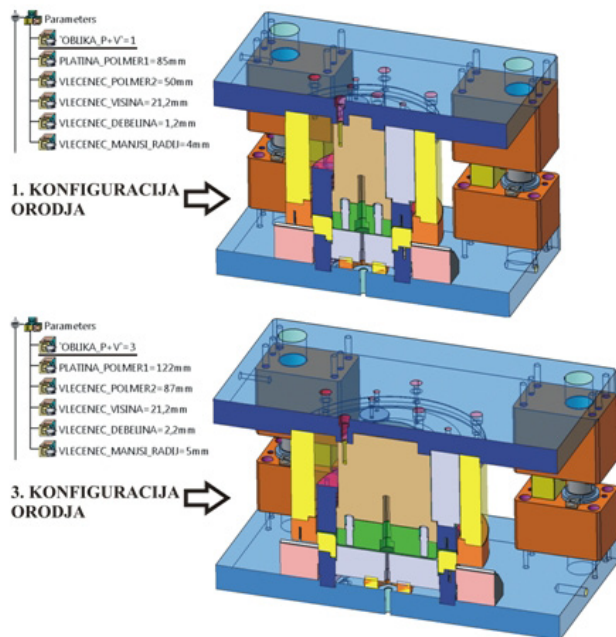
KONSTRUIRANJE Z VGRAJENIM ZNANJEM V PROGRAMSKEM PAKETU CATIA V5

David POTOČNIK¹, Boštjan PESAN¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Miran ULBIN²

¹EMO-orođarna d. o. o., ²Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

4.2 Parametrično-asociativni popis kombiniranega preoblikovalnega orodja

Pri parametrično-asociativnem popisu kombiniranega preoblikovalnega orodja smo s pomočjo parametrov (uporabniških in zunanjih) ter njihovih medsebojnih povezav v popolnosti opredelili celotno konstrukcijo orodja. Dosegli smo, da se je celotno orodje na podlagi predpisanih razmerij med parametri sposobno prilagajati različnim dimenzijskim konfiguracijam izhodiščnega modela, ki vsebuje dimenzijske opredelitve platine in končnega izdelka tj. okroglega lončka. S tem smo avtomatizirali proces konstruiranja omenjenega orodja (slika 9).



Slika 9: Prikaz spremembe celotne konstrukcije orodja, ki se prilagodi spremembi konfiguracije izhodiščnega modela [3]

5. ZAKLJUČEK

V vsak izdelek je v večji ali manjši meri vgrajeno znanje strokovnjakov s področja razvoja kot tudi znanje, ki pripada podjetju znotraj katere potekata razvoj in realizacija izdelka. Skupina programskih komponent, s katerimi lahko zajemamo ekspertno znanje in ga dodamo modelu izdelka, je v programskem paketu Catia V5 zajeta znotraj modula »KnowledgeWare« Z njegovo up-

orabo lahko podjetja naredijo velik korak k dvigu produktivnosti in kakovosti konstruiranja in si na ta način zagotovijo pomembno konkurenčno prednost.

Literatura

- [1] CATIA V5 Expert Mechanical Designer Book 1, Student Guide, Dassault Systemes.
- [2] Čukovič, S.; Devedž, G.; Galjak, M.: Primena KnowledgeWare Tehnologija pri projektovanju helikoidnih površi. Vir: www.cqm.rs/2009/. 04. 02. 2010.
- [3] Potočnik, D.; Pesan, B.; Ulbin M.: Parametrično-asociativni pristop h konstruiranju preoblikovalnega orodja v programskem paketu Catia V5. V Vir znanja in izkušenj za stroko /Industrijski forum IRT. Škofljica, PROFIDTP, 2010.
- [4] Ulbin, M.: Računalniško podprto konstruiranje: [skripta]. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2010.
- [5] http://www.catia.com.pl/tutorial/z2/knowledge_advisor.pdf. 04. 02. 2010.
- [6] http://www.engineering.com/content/COPS/pdf/COPS_KWare_Presentation.pdf. 03. 02. 2010.

»Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.«



LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE¹, Karel GOTLIH¹, Jože BALIČ¹, Mirko FICKO¹, Ivan ZAGRADIŠNIK²

¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

²FERI, Univerza v Mariboru

POVZETEK

Razvoj materialov za rezalna orodja je prinesel velik napredek. Tako novi materiali rezalnih orodij omogočajo obdelavo pri zelo visokih rezalnih hitrostih. Uporaba sodobnih rezalnih materialov je mogoča le če so izpolnjeni primerni pogoji pri obdelavi. Zagotoviti moramo zahtevane rezalne hitrosti, natančne podajalne hitrosti in ustrezno togost sistema stroj-orodje-obdelovanec. Najbolj nasprotujoči vrednosti sta gotovo zahtevana podajalna hitrost in togost. Z večanjem togosti posameznih elementov obdelovalnega stroja povečamo tudi maso posameznih delov stroja, kar pa ni ugodno za dinamične obremenitve.

Najbolj razširjen in tudi najbolj poznan pogon za doseganje premočrtnih gibanj je rotacijski elektromotor, ki poganja mehanski pretvornik krožnega gibanja v premočrtno gibanje. V večini primerov je to podajalno vreteno in matica. Tak način ima pa omejeno uporabo, zaradi statičnih in dinamičnih obremenitev.

S pojavom linearnih motorjev pa je veliko teh pomanjkljivosti mogoče odpraviti. Pa ne samo to, dosegati je možno še večje zmogljivosti, kot na klasičnih pogonih

1.1 Pogoni podajalnih gibanj

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 [1].

Pri konvencionalnih obdelovalnih strojih rabijo pomožna gibanja le delček energije, ki mora biti na razpolago za glavna gibanja. Zato so lahko konstrukcijski sklopi za pogone pomožnih gibanj izvedeni sorazmerno šibko [2].

Pri obdelovalnih strojih za visokohitrostne obdelave pa morajo biti pogoni podajalnih gibanj veliko bolj togi ob enem pa tudi sposobni prenašati dinamične obremenitve.

Sodobna krmilna tehnika omogoča pri ločenih podajalnih pogonih tudi odvisno podajalno

gibanje in sodobni stroji so večinoma tako že opremljeni. Takšni pogoni so sicer mehansko ločeni, z električnim krmiljenjem pa je poskrbljeno da tečejo med sabo zelo sinhrono. Po posameznih oseh lahko tečejo pogoni sinhrono v več oseh od 2 osi pa tudi do 6.

Pogoni za pomožna gibanja na numerično krmiljenih strojih morajo imeti sledeče lastnosti:

- vsaka koordinatna os ima svoj pogonski motor, ki ga lahko krmilimo ločeno,
- hitrost hitrega podajanja je $10 \div 100$ (200) m/min,
- vrtilno hitrost je možno krmiliti v območju podajalnih hitrosti $B = 10.000 \div 30.000$,
- zelo kratki zagonski in zaviralni časi.

Pri pogonih za pomožna gibanja numerično krmiljenih strojev je možno krmiliti hitrost od najmanjše do največje podajalne hitrosti zvezno brez preklapljanja med delovnim in hitrim podajanjem, kar omogoča na obdelovalnem stroju



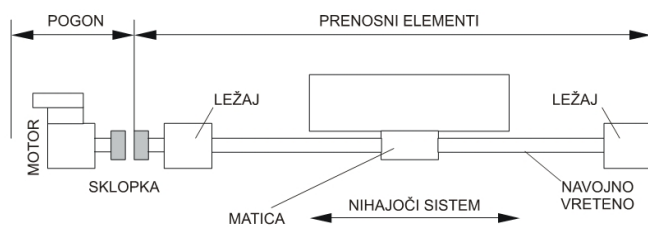
LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE¹, Karel GOTLIH¹, Jože BALIČ¹, Mirko FICKO¹Ivan ZAGRADIŠNIK²
¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, ²FERI, Univerza v Mariboru

enostavne konstrukcijske rešitve, saj ne rabimo mehanskega menjalnika.

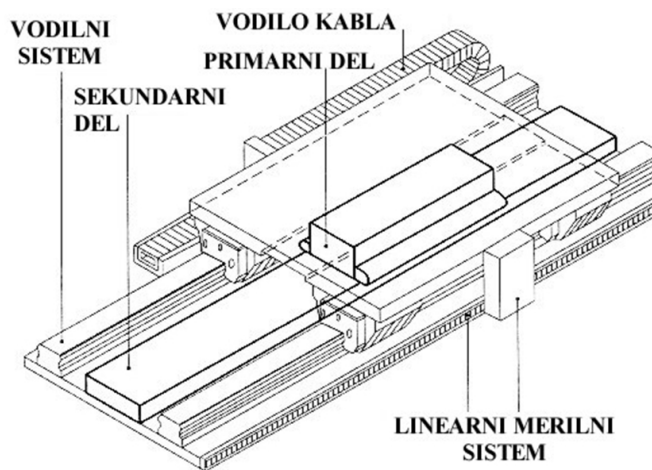
2 IZVEDBE POGONOV ZA PODAJALNA GIBANJA.

Premočrtna podajalna gibanja lahko dosežemo na več načinov. Najbolj razširjen in tudi najbolj poznan pogon za doseganje premih gibanj je rotacijski elektromotor, ki poganja proizvodnjo, obvladovanjeci želijo krajše dobavne roke, večjo kakovost in prilagodljivost storitev, nižje cene in podobno. Tega podjetje mehanični pretvornik krožnega gibanja v premočrtno gibanje. V večini primerov je to podajalno vreteno in matica [3]. Tak način ima pa omejeno uporabo, zaradi statičnih in dinamičnih obremenitev (slika 1)



Slika 1: Klasičen pretvornik rotacijskega gibanja v premočrtno gibanje

V zadnjem obdobju so v uporabi pogoni z linearnimi motorji.



Slika 2: Pogon z linearnim motorjem

3 DELOVANJE LINEARNIH MOTORJEV

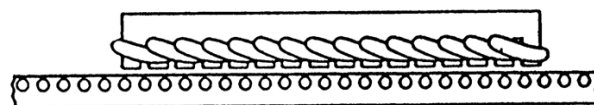
Linearni motorji, ki se uporabljajo za vgradnjo pri visoko dinamičnih (CNC) obdelovalnih strojih, so

navadno vgradni linearni motorji. Motorji so sestavljeni iz primarnega dela s trifaznim navitjem in enega ali več sekundarnih delov. Primarni del, ki je vgrajen v gibljivi del stroja, ima dimenzije, odvisne od velikosti stroja. Dolžina sekundarnega dela, sestavljena iz posameznih elementov, je odvisna od dolžine poti delovnega postopka. Za boljši izkoristek zmogljivosti motorjev in da se onemogoči segrevanje strojev sta primarni in sekundarni del hlajena z vodo. Hladilne plošče so sestavni del primarnega in sekundarnih delov. Hladilne plošče sekundarnih delov služijo tudi za pritrditev. Za pogon linearnega asinhronskega motorja (LAM) je potreben inkrementalni merilni sistem - merilna letev, ki pri hitrosti do 3,3 m/s omogoča visoko natančnost. Sile teh motorjev so odvisne od njihove velikosti.

3.1 Linearni asinhronski motor - splošni opis

Poznamo LAM s kratkostično kletko in kratkim primarjem, kot ga prikazuje slika 3. Takšna izvedba ima le en primar in jo imenujemo enostranska izvedba. Obstaja tudi dvostranska izvedba, ki ima dva primarja in pri kateri ne nastopi magnetna privlačna sila med obema aktivnima deloma stroja oziroma je privlačna sila tedaj kompenzirana. Privlačno silo med obema deloma stroja izračunamo po znani enačbi:

$$F = \frac{1}{2} \frac{B_{\delta}^2 A_{\delta}}{\mu_0}$$

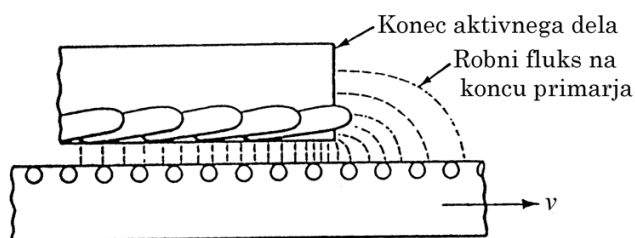


Slika 3: Stroj s kratkim primarjem kletkastega motorja [4]

Ta sila je do desetkrat večja od potisne sile, ki bo podana v nadaljevanju. Privlačna sila v času meritev, pri napajanju LAM z nazivnim tokom, zmanjša obstoječo zračno režo v sredini paketa (širine 120 mm) med primarnim in sekundarnim delom za približno 0,05 mm, kar je precej glede na zahtevano režo 0,5 mm [4].

Posebnost LAM v primerjavi z rotacijskim motorjem je tranzientni pojav zaradi robnega fluksa krajšega primarja od sekundarja, kar zmanjša točnost računanja karakteristik po konvencionalni teoriji. Slika 4 prikazuje polje na robovih, ki se sklene po zraku. Polje v zobeh sekundarja se lahko zgradi šele takrat, ko se primar in sekundar pokrivata, tj. takrat, ko teče v Figure 1

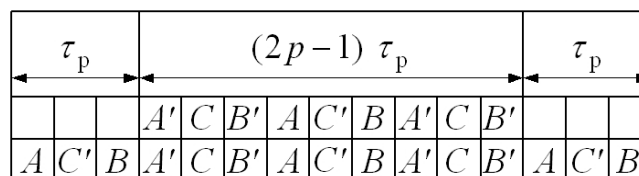
[2]. Vpliv statičnih robnih pojavov lahko opazimo tudi v primeru mirovanja primarja zaradi različnih faznih impedanc (zaradi načina vlaganja navitja), čeprav so napajalne napetosti simetrične. Robni pojavi povzročijo dodatne izgube in reducirajo potisno silo.



Slika 4. Razporeditev polja na aktivnem robu stroja [4]

Tako izkoristek kot faktor delavnosti teh motorjev sta manjša kot pri normalnih asinhronskih motorjih. Prednost pa nastane zaradi odpadlih mehanskih izgub, ki so posledica pretvarjanja rotacijskega gibanja v linearno gibanje v posrednih mehanskih prenosih in v numerični kontroli linearnega gibanja.

Tretja razlika med rotacijskim in linearnim motorjem je utripanje fluksa v jarmih linearnega stroja zaradi prerazporeditve polja, ker polje ne rotira, ampak potuje in se zato pojavi večji fluks v določenih delih jarma. Velikost pulzacije polja je odvisna od števila polov [2]. V nasprotju z rotacijskimi motorji imajo LAM liho število polov (5 ali 9). Prvi in zadnji pol LAM nista enaka preostalim. Vzrok je razporeditev navitja v utore primarja. Nekaj prvih in zadnjih utorev ima le polovično polne utore glede na preostale utore notranjih polov, kot prikazuje slika 5.



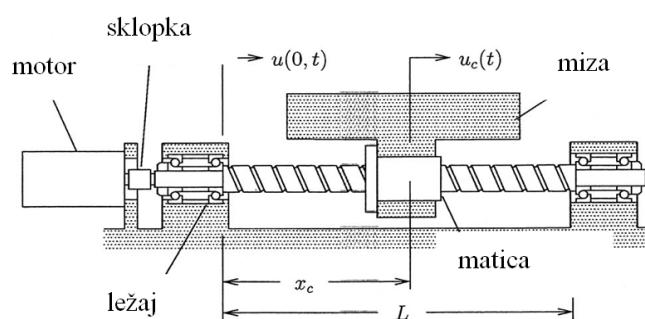
Slika 5: Primar LAM s polovično polnimi končnimi utori [4]

Navitje je običajno dvoplastno koncentrično [4] ali zankasto. Zaradi tetivljenja navitja je število polovično polnih utorev manjše, kot je število utorev na pol. Razsipana reaktanca navitja v končnih polovično polnih utoreh je večja. Del polja prvega in zadnjega pola med kratkim primarjem in daljšim sekundarjem se zaključuje tudi po zraku, kot kaže slika 5. Preostanek fluksa, tj. robni fluks zunaj aktivnega primarnega dela stroja, povzroči sekundarni tok in ta silo ter izgube, ki niso upoštevane v analitičnem izračunu aktivnega dela stroja.

4. DINAMIKA LINEARNIH POGONOV

V praksi se za pogon linearnih osi obdelovalnih strojev najpogosteje uporabljata dva pristopa. Prvi, bolj konservativni, temelji na pogonu s servomotorjem in transformaciji vrtenja rotorja motorja v premo gibanje mize z vreteni. Drug, moderen, pristop pa uporablja direktni pogon z linearnim servomotorjem.

4.1 Pogon z vretenom



Slika 6: Model linearnega pogona z vretenom [5]

Pogonska veriga linearnega pogona z vretenom je sorazmerno kompleksna. Sestavljena je iz motorja, gredne vezi, po potrebi zobniškega gonila in vretena. Vsi naštetni elementi s svojimi mehan-

LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE¹, Karel GOTLIH¹, Jože BALIČ¹, Mirko FICKO¹Ivan ZAGRADIŠNIK²
¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, ²FERI, Univerza v Mariboru

skimi lastnostmi in dinamičnimi interakcijami v kontaktih povzročajo zračnosti, elastičnosti in dušenja v sistemih, ki jih je težko popolnoma obvladati in zmanjšujejo natančnost mize. Veliko prestavno razmerje v zobniškem gonilu in v vretenu pa zmanjšuje odzivnost mize. Motorji so sicer manjši - instalirana moč sistema Matematični model pogonske verige, slika 6, ima obliko [1]:

$$\vec{F}(t) = M\ddot{\vec{u}}_c + C\dot{\vec{u}}_c + K\vec{u}_c$$

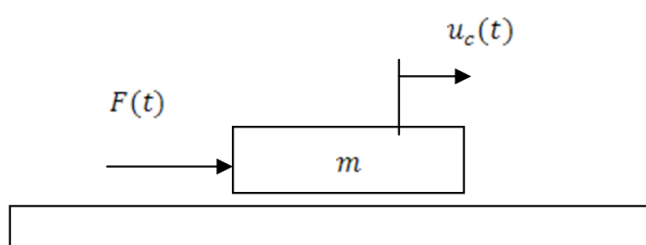
Pri čemer lahko pišemo:

$$M = \begin{bmatrix} n^2(J_m + J_1) + m & n^2 J_{12} - m \\ n^2 J_{12} - m & n^2 J_2 + m + m_c \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} n^2 C_m & 0 \\ 0 & C_c \end{bmatrix}$$

$$K = k_t \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

V navedenem primeru niso upoštevane elastičnosti celotne strukture, ki seveda še poslabšajo natančnost delovanja celotnega sistema. Kompleksnost zapisa da slutiti, da so sistemi linearnih pogonov, ki vključujejo najrazličnejše sisteme transmisij izredno zahtevni in težko obvladljivi, [2].



Slika 7: Model direktnega linearnega pogona s linearnim servo-pogonom [6]

Matematično model pogona po sliki 7 ima obliko:

$$F(t) = m\ddot{u}_c + c\dot{u}_c + ku_c \quad (5)$$

Pri čemer sta dušenje »c« in elastičnost »k« odvisna od fizikalnih razmer v elektromagnetnem polju linearnega motorja in v vodilih. Glede na preprostost modela in »direktnost« pogona je pri

takšnem načinu pogona delovne mize obdelovalnega stroja možno doseči zelo visoke pospeške in delovne hitrosti pomikov.

Za lažje razumevanje in predstavlo podajamo primer v številčnih vrednostih. Primer pokaže, da poraba energije pri linearnih motorjih precej naraste.

Če predpostavimo, da ima podajalna miza skupaj z obdelovancem maso $m=300\text{kg}$ in so maksimalne hitrosti, ki jih dosega miza pri pogonu z vretenom $v_v=45\text{m/min}$ in pri direktnem linearnem pogonu $v_d=90\text{m/min}$ bo največja kinetična energija mize:

$$E_{Kv} = \frac{1}{2}mv_v^2 = 84,375\text{J} \text{ za pogon z vretenom in}$$

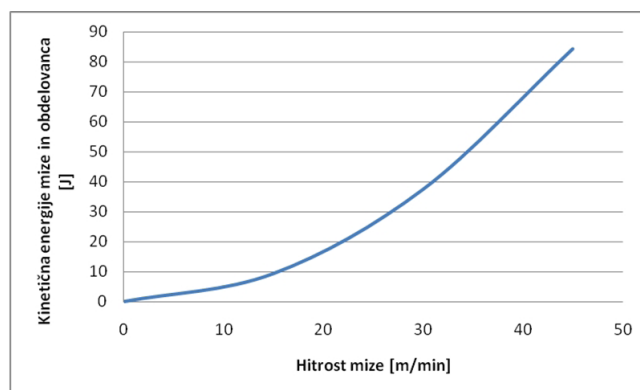
$$E_{Kd} = \frac{1}{2}mv_d^2 = 337,5\text{J} \text{ za direktni linearni pogon.}$$

Če pospešimo mizo v obeh primerih s pospeškom $a=10\text{m/s}^2$ bo potrebna instalirana moč:

$$P_v = \frac{d}{dt}(E_{Kv}) = 2,25\text{ kW} \text{ za pogon z vretenom in}$$

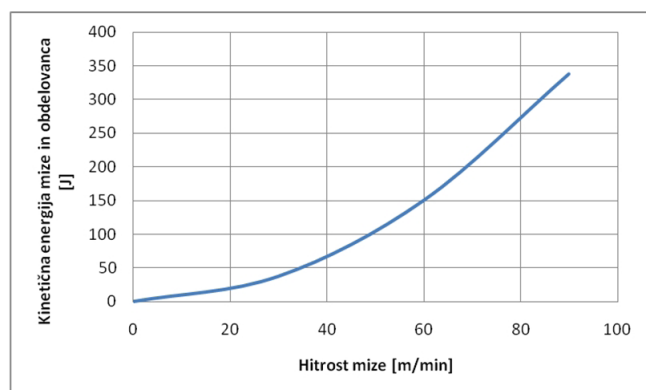
$$P_d = \frac{d}{dt}(E_{Kd}) = 4,50\text{ kW} \text{ za direktni linearni pogon.}$$

Potrebna energija za premo gibanje podajalne mize z obdelovancem v odvisnosti od hitrosti podajalne mize je podana v diagramu slika 8 za pogon s vretenom in slika 9 za direktni linearni pogon.



Slika 8: Kinetična energija mize in obdelovanca v odvisnosti od podajalne hitrosti pri pogonu s podajalnim vretenom

Iz izračunanega vidimo, da mora biti pri pogonu mize z direktnim linearnim pogonom in doseženo največjo podajalno hitrostjo $v=90$ m/min instalirana moč $P = 4,5$ kW, pri pogonu z vretenom dosežemo največjo hitrost $v=45$ m/min in instalirana moč bo $P = 2,25$ kW.



Slika 9: Kinetična energija mize in obdelovanca v odvisnosti od podajalne hitrosti pri direktnem linearnem pogonu

5. UPORABA

Na obdelovalnih strojih se linearni elektromotorji, vse bolj pogosto uporabljajo. Pred nekaj leti, je veljalo pravilo, da so linearni motorji primerni za pogone, kjer imamo večjo dolžino podajanja, na primer 1000 mm in več. Danes lahko vidimo da nekateri proizvajalci obdelovalnih strojev, vgrajujejo linearne motorje na podajalne osi, ki imajo relativno kratek hod (150 mm).

Iz zgoraj navedenega, lahko strnemo glavne značilnosti linearnih motorjev.

Prednosti:

- direktna pretvorba električne energije v premočrtno gibanje;
- ni obrabe in je zato zelo podaljšana življenjska doba;
- ni elastičnosti pogonske tuljave, velika statična in dinamična togost, majhna skupna masa in malo število komponent;
- v povezavi z digitalnimi krmilji je mogoča visoka stopnja krmiljenja in regulacije, s tem je omogočena dobra pozicijska natančnost tudi pri visokih hitrostih obdelave;
- zmožnost velikih pospeškov in pojemkov.

- Slabe strani:
- magnetno polje elektromotorja prijema feromagnetne odrezke;
- trenutno imajo relativno visoko ceno.

Zaradi uporabe linearnih motorjev kot podajalnih pogonov nastanejo določene zahteve na vodilih, saneh in ogrodnih sestavnih delih ter na sami konstrukciji.

Vodila morajo biti dimenzionirana na velike normalne sile, odlikovati jih mora majhno trenje in dovoljevati morajo velike hitrosti obdelovalnega postopka.

Sani morajo biti toge, da ne pride do pretiranega upogiba zaradi magnetnih sil. Ker se podajalne sile prenašajo brez prenosnikov, so največji možni pospeški direktno odvisni od premikajoče se mase. Sani in drugi premikajoči se deli so zaradi tega grajeni kot toge in lahke konstrukcije.

Dinamično obnašanje ni več omejeno z dinamiko pogonske tuljave, temveč z močjo motorja in linearno premikajoče mase motorja ter sani pa tudi z lastnimi treslji sestavnih delov.

Preko linearnih motorjev prihaja v strojno strukturo toplota in zato morajo biti predvidena izolacijska in hladilna sredstva, ki preprečujejo termoelastična preoblikovanja.

Za določanje pozicij se uporabljajo visoko ločljivi direktni merilni sistemi, ki pa so pritrjeni togo na ohišje. Pri navpičnih oseh se mora upoštevati še gravitacijska izenačitev.

Na obdelovalnih strojih lahko še vedno zasledimo tako klasičen pogon podajalnih gibanj, kakor tudi pogon z linearnimi motorji.

Zanimivo je pogledati največje hitrosti podajalnih gibanj. Pri klasičnem podajalnem pogonu, najdemo podajalne hitrosti do 50 m/min tu in tam, pa tudi nekaj več. Dinamične obremenitve namreč ne dovoljujejo večjih podajalnih hitrosti.



LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE¹, Karel GOTLIH¹, Jože BALIČ¹, Mirko FICKO¹Ivan ZAGRADIŠNIK²
¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, ²FERI, Univerza v Mariboru

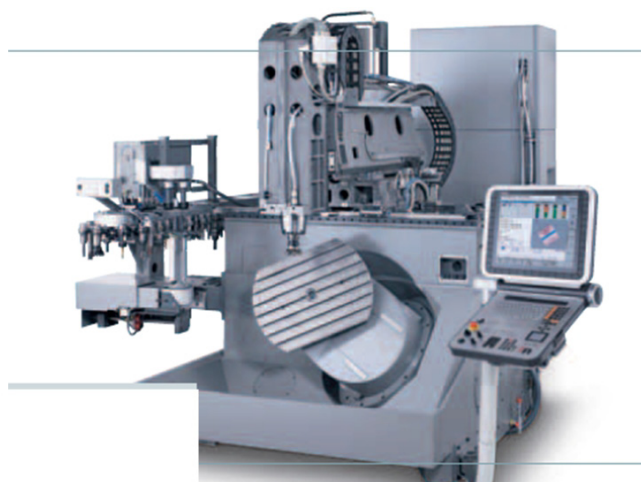
Pri pogonih z linearnimi elektromotorji pa najdemo obdelovalne stroje, ki podajalne hitrosti tudi do 90 m/min.

V po poglavju 4 je prikazan izračun podajalne sile. Vidi se, če želimo velike pospeške tudi do 10 m/s², mora biti podajalna sila dovolj velika. Posledično pa seveda tudi moč podajalnega pogona.

5.1 Uporaba na vrtalno frezalnih strojih

Velik prispevek imajo linearni motorji na področju vrtalno frezalnih strojev, pri obdelavah s postopkom visoko hitrostnega odrezavanja. Na sliki 10 je prikazan CNC vrtalno frezalni stroj krmiljen v 5 oseh [7].

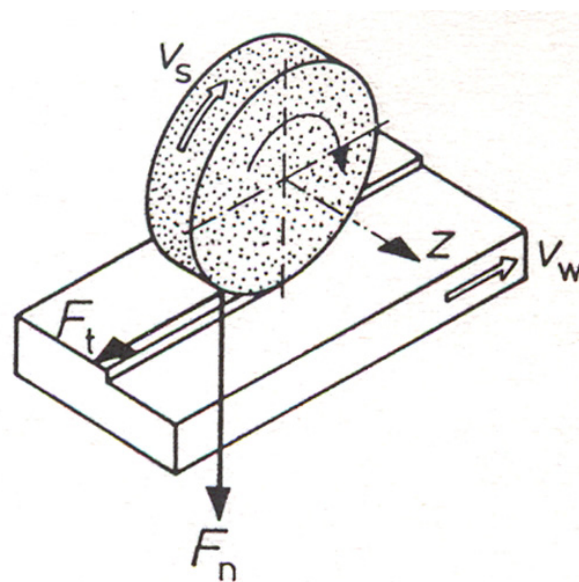
Pogoni v oseh x, y, z so gnani z linearnimi motorji. Največja hitrost podajalnega gibanja je 80 m/min. Največji pospešek pa je do 10 m/s². Pozicijska natančnost stroja je 8 mm po zahtevah VDI/DGQ 3441.



Slika 10: CNC vrtalno frezalni stroj krmiljen v 5 oseh,

5.1 Uporaba na ploskovnih brusilnih strojih.

Na ploskovnih brusilnih strojih velikokrat, je za podajalno hitrost značilno, da se ji velikokrat spremeni smer gibanja (slika 11).



Slika 11: Podajanja pri ploskovnem brušenju

Ker gre pri spremembi smeri gibanja za pojemalno in pospešeno gibanje, je velikost pospeška pomembna. Zato zapeljemo brus za določeno razdaljo izven obdelovanca. Včasih slišimo izraz, da na tem delu poti »brusimo zrak«. Z uporabo linearnih motorjev za pogon podajalnega gibanja pa so pospeški tudi do 3,5 mm/s². Pri klasičnih pogonih pa le do 1 m/s².

Za lažje razumevanje in predstavo je zanimiv podatek: dolžina brušenja je 100 mm. Pri pogonu podajalnega gibanja z linearnim motorjem, je čas brušenja krajši tudi do 4 krat, glede na klasičen način pogona podajalnega gibanja [8].

6. ZAKLJUČEK

V članku so prikazane bistvene tehnične značilnosti pogonov z linearnimi motorji na podajanih gibanjih. Pri izbiri tovrstnega pogona, pa je treba upoštevati tudi druge ključne faktorje. Eden zelo pomembnih je gotovo nabavna cena stroja in obratovalni stroški stroja. Ker pa so le ti različni, jih je potrebno obravnavati od primera do primera posebej.



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.] Ivan Zagradišnik: *Uvod v rotacijske in linearne električne stroje*, Univerza v Mariboru, FERi, Tiskarna tehniških fakultet, Maribor, 1999
- [5.] Kripa K. Varanasi in Samir A. Nayfeh: *The Dynamics of Lead-Screw Drives: Low-Order Modeling and Experiments*; *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, (2004) 126: 388-396.
- [6.] J. S. Chen, Y. K. Huang, C.C. Cheng: *Mechanical model and contouring analysis of high-speed ball-screw drive systems with compliance effect*; *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, (2004) 24: 241-250.
- [7.] <http://www.gildemeister.com/de, fraemaschinen, dm70evolinea>
- [8.] <http://www.ziersch-grinding.de/scripts/content.php4?LANG=de&NAVID=19>



LINEARNI MOTORJI SO MOČNO POVEČALI DINAMIČNE ZMOGLJIVOSTI OBDELOVALNIH STROJEV

Ivo PAHOLE¹, Karel GOTLIH¹, Jože BALIČ¹, Mirko FICKO¹ Ivan ZAGRADIŠNIK²
¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, ²FERI, Univerza v Mariboru





POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV

Vilko KOSIČ (povzeto po: Flexibilitätssteigerung durch
prozessintegriertes Gewindeformen; Uwe SCHUMANN, Maschinemarkt 2010)

POVZETEK

Halder d.o.o.

V orodjarski industriji se skriva še veliko potenciala. Predvsem so inovacije, usmerjene na rešitve, ki pripomorejo k povečanju učinkovitosti. Kot primer je potrebno na tem mestu izpostaviti integracijo procesa navojnih enot v štančna orodja in v orodja za preoblikovanje, s čimer se vzpodbuja gospodarnost.

Podjetja za izdelavo orodja se prepričljivo zanimajo za to, kako bi nenehno izboljševala in olajševala svoj proces izdelave in proizvodnje. Na podlagi trajne strokovne izmenjave s svojimi dobavitelji se neprestano razvijajo nove rešitve, ki na eni strani povečajo kakovost končnih izdelkov, hkrati pa tudi znižujejo stroške. Kot primer velja razvoj navojnih enot preko podjetja Steinel Normalien AG v Villingen-Schwenningenu. Na zadnji razstavi pločevine je inovativno podjetje predstavilo tlačilko, aktivne elemente, normalije in novo navojno enoto SMG v živo v akciji. Proizvodnja nakupovalnega čipa v obliki smeška na licu mesta je nazorno prikazala, kaj je v najboljšem primeru bistveno za proizvodna podjetja – celostne rešitve iz ene roke, ki poenostavijo celoten proces oblikovanja navojev. Pri tem je bilo tudi ponazorjeno, kaj je izdelovalcu orodja poleg tega pomembno in kaj nudi neprecenljivo prednosti, namreč celostni nadzor od načrtovanja do montaže, vključno s šolanjem in vzdrževanjem. Temu vodilu podjetje Steinel Normalien AG že leta dosledno sledi. V tej povezavi je podjetje Steinel predstavilo mehansko navojno enoto (SMG), ki jo poganja kardanska gred, s 360° nagibno glavo. Ta konstrukcija omogoča procesno integrirano oblikovanje navojev v štančnih orodjih in v orodjih za preoblikovanje (slika 1) v vsakem kotu, ki si ga lahko zamislite, in v vsaki smeri od 0° do 360°. SMG je odlično primerna za delo z navojem med procesom preoblikovanja v vsakem položaju, ki si ga lahko zamislite.

Pogon poteka mehansko s pomočjo giba tlačilke preko premikanja zgornjega dela orodja navzgor

in navzdol. Tukaj pritrjena zobata letev prenese dvižni premik tlačilke na reduktor. Le-ta spremeni linearni premik v vrtenje (slika 2). Ponovno se preko reduktorja specifično prestavno razmerje posreduje do kardanske gredi in se nato prenese na glavo naprave za oblikovanje.

Montaža SMG na za konstrukcijo predvidenem mestu na vsakokratni postaji je kolikor mogoče preprosta. Modularna sestava omogoča menjavo naprave za oblikovanje navojev s hitro odstranitvijo glave naprave za oblikovanje. Z nekaj prijemi lahko napravo SMG vzamete iz orodja. Ta preprosta montaža in demontaža nudita visoko prilagodljivost glede na svoje možnosti uporabe. SMG lahko brez težav uporabljate z različnimi orodji. Menjava para zobnikov v reduktorju omogoča prilagoditev navojne enote na različne dvige tlačilke ali na globine navoja.

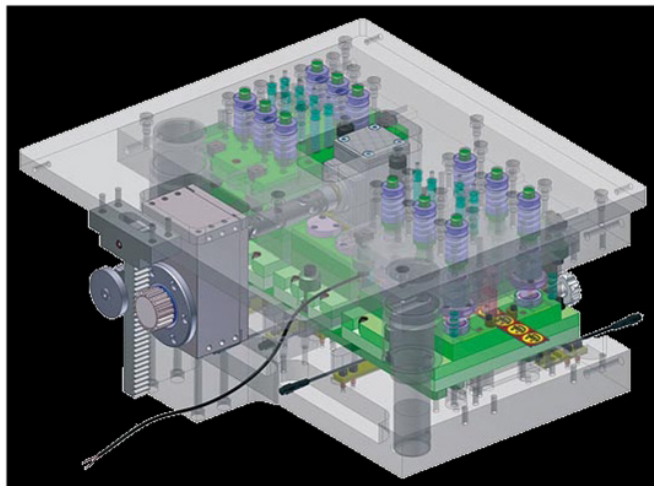


Steinel mehanske navojne enote (SMG) in multifunkcijske enote, poganjane preko servomotorja (SME) se dajo vgraditi v štančne procese in v procese preoblikovanja.

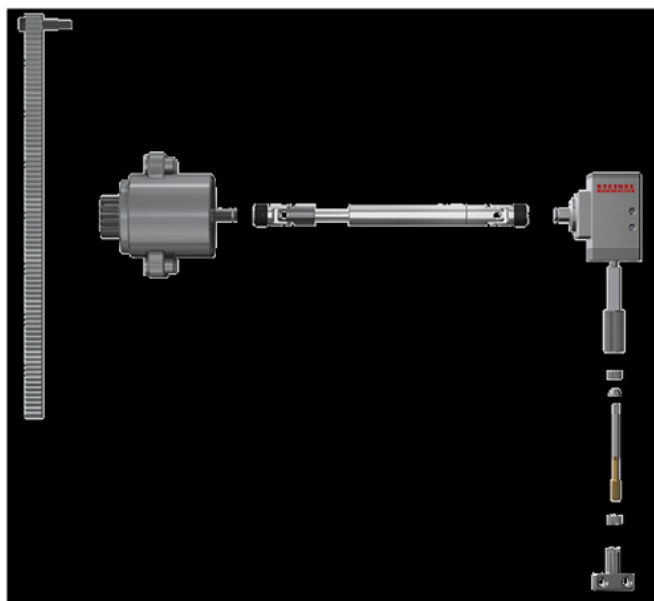


POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV

Vilko KOSIČ (povzeto po: Flexibilitätssteigerung durch prozessintegriertes Gewindeformen; UWE SCHUMANN, MASCHINEMARKT 2010)
Halder d.o.o.

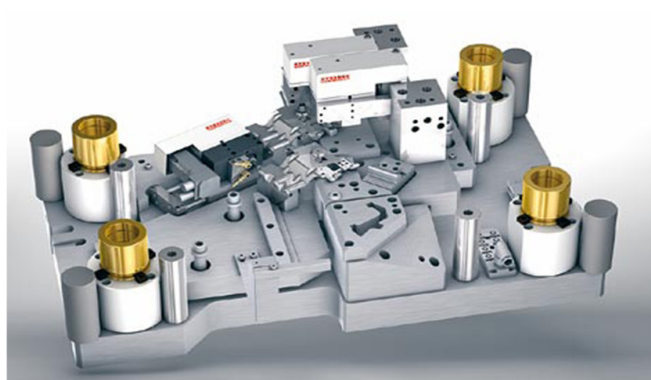


Slika 2: Mehanska navojna enota SMG, v celoti vključena v štančno orodje.



Slika 3: Mehanska navojna enota SMG SZ 8880 s svojimi posameznimi komponentami.

S-razmerje (razmerje poti naprave za oblikovanje z največjim gibom tlačilke) se prilagodi preko menjave parov zobnikov, kardanska gred pa na novo okolje uporabe. Poleg tega se doseže najvišja življenjska doba naprave za oblikovanje navojev, saj vodilna patrona natančno določa pot naprave za oblikovanje navojev.



Slika 4: Integracija več multifunkcijskih enot, ki jih poganja servomotor (SME), v enem orodju.



Slika 5: Multifunkcijska enota SME SZ 8870, ki jo poganja servomotor.

S temi lastnostmi – ponovna uporabnost, integracija v obstoječe linije izdelave in 100% sinhronost z gibom orodja – doseže SMG visoko stopnjo gospodarnosti.

Poleg mehanske SMG ima podjetje Steinel že leta v programu elektronsko, s servomotorjem gnano multifunkcijsko enoto (SME) (slika 3). Ta naprava za stranke specifične programske opcije z delovnimi poteki orodja in tlačilke. S SME (slika 4) je mogoče programirati in individualno uravnati možne delovne korake, kot je oblikovanje navojev, uvijanje vijakov in povrtanje izvrtin. To omogoča veliko število določenih procesov v orodju znotraj posameznega celotnega poteka proizvodnje.



POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV

Vilko KOSIČ (povzeto po: Flexibilitätssteigerung durch prozessintegriertes Gewindeformen; UWE SCHUMANN, MASCHINEMARKT 2010)
Halder d.o.o.

Vgrajeno upravljanje in nadzor procesa zanesljivo izključuje napake pri izdelovanju navojev. Sporočila o napaki je mogoče natančno lokalizirati in jih hitreje odpraviti. Pri prekoračenju ali nedoseganju mejne vrednosti se samodejno sproži alarm in proces se v trenutku zaustavi. Ti dejavniki predstavljajo pomembne prednosti za izboljšano kontrolo kakovosti znotraj procesa izdelave. Dodatno je mogoče dokumentirati vse podatke in komponente v enem poročilu o izdelavi. Preko analize te dokumentacije sta zagotovljena kontrola kakovosti in zavarovanje kakovosti za tekoče in nadaljnje procese.

Odločitev, katerega izmed obeh sistemov za oblikovanje navojev je najbolje uporabiti, je odvisna od specifičnih zahtev uporabnika.

Prizadevati si je potrebno za postopanje, kot je prikazano na tabli. Pri tem nudi podjetje Steinel svojo podporo, ki spremlja orodjarja do proizvodnje in vzdrževanja, že od najzgodnejšega stadija – namreč od konstrukcije delov.

S SME in SMG daje podjetje Steinel na razpolago dva sistema, ki sta bila zasnovana posebej za izdelavo orodja. Obe možnosti oblikujeta navoje (slika 5) v sledilnem orodju, transfernih tlačilkah, tlačilkah za fino štancanje, avtomatih za upogibanje, servotlačilkah kot tudi v orodju za preoblikovanje in avtomatih za navoje. Področja uporabe so vsestranska: navoji se potrebujejo v najrazličnejših panogah in pri najrazličnejših izdelkih, kot na primer v avtomobilski industriji za sedežne armature, pri vpetju motorja, pri proizvodnji ključavnic in držal za gredi. Znotraj elektrotehnike služijo pri izdelavi ohišij, prižem in ščitnikov. Za gospodinjske aparate in v industriji bele pločevine se uporabljajo za pritrdilne elemente, dele ohišja, okovja, zapore in zbiralnike. Na vseh teh področjih prednosti oblikovanja navojev v primerjavi z rezanjem navojev občutno učinkujejo. In še več: obe enoti sta naravnani na integracijo procesa, torej na oblikovanje navojev v orodju. Prednosti oblikovanja navojev kot takega so predvsem v naslednjih razlogih:



Slika 6: Pri procesu preoblikovanja in štancanja oblikovani notranji navoj z integriranimi navojnimi enotami.

- Preoblikovanje ne prekine poteka vlaken in povzroči večjo trdnost in stabilnost navoja.
- Ni nečistosti orodja zaradi odrezkov.
- Naprave za oblikovanje navojev imajo občutno daljšo življenjsko dobo kot naprave za rezanje navojev.
- Časi za izdelavo so krajši.
- Gladki in utrjeni navoji so optimalni za kasnejšo montažo.
- Površine so očitno boljše.

Poleg omenjenih pozitivnih vidikov oblikovanja navojev deluje še bolj dobičkonosno, da navoje že med posameznim procesom proizvodnje oblikujete v orodju samem – tudi in ravno pri serijah z več navoji.



POVEČANJE FLEKSIBILNOSTI ZARADI V PROCES INTEGRIRANEGA OBLIKOVANJA NAVOJEV

Vilko KOSIČ (povzeto po: Flexibilitätssteigerung durch prozessintegriertes Gewindeformen; UWE SCHUMANN, MASCHINEMARKT 2010)
Halder d.o.o.

Faze projekta stranke	Nadzor projekta Steinel Normalien
1. Konstrukcija delov za izdelavo	Vzpostavitev stika in svetovanje; preverjanje konstrukcijske skice.
2. Konstrukcija uporabljenega orodja	Preverjanje konstrukcijske skice.
3. Izbira navojnega sistema Preverjanje zahtev: <ul style="list-style-type: none">– Katera tlačilka bo uporabljena oz. je obstoječa?– Pri tlačilkah z visoko hitrostjo preko 150 hodov/min: SMG;– pri tlačilkah z visokimi hodi preko 600 mm (20"): SME.– Pri materialu visoke trdnosti oblikovanca, ki ga želite izdelati, in pri visokem prehodu navoja nad 12 mm: SMG.– Pri zahtevah glede varnosti pri procesu, nadzora in kontrole loma orodja: SME.	Podpora, svetovanje, načrtovanje.
4. Vključevanje sistema v konstrukcijo orodja <ul style="list-style-type: none">– Določijo se višine za vgradnjo in ugotovi se potreben prostor.– Določita se začetna točka naprave za oblikovanje in pot naprave za oblikovanje.– Razčistiti je treba potreben čas za podajanje.	Implementacija, prevzem, dokumentacija sistema.
5. Montaža in zagon sistema	Uvajanje v navodila za uporabo, izobraževanje.
6. Vzdrževanje	Vzdrževanje s strani tehnika servisne službe na licu mesta.

Tabela 1: Postopanje pri izbiri navojnih enot s strani podjetja Steinel.

V točki gospodarnost je integracija v proces nepremagljiva: ne prihaja do nobenega dodatnega delovnega poteka, dosežene so višje proizvodne kvote in hitrejši časi prehoda, ne nazadnje pa so tudi stroški za logistiko občutno nižji. Optimalna površina in integriran proces zagotavljata višjo kakovost. Preko avtomatiziranega procesa proizvodnje in preko možnega nadzora

procesa se v večji meri upošteva varnostni vidik. Podjetniška korist za orodjarja je zaradi teh prednosti neizmerna.

Možnosti za orodjarja, da se uspešno uveljavi na trgu, so zaradi takšnih inovativnih rešitev znatno povečane.



TEHNOLOGIJE SELEKTIVNEGA LASERSKEGA SINTRANJA KOMPOZITNIH MATERIALOV

Matic KRZNAR¹, Slavko DOLINŠEK²

¹Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.,

²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Tehnologija nalaganja slojev je že v samem začetku pomenila revolucijo hitrega prototipiranja na področju razvoja novih izdelkov vse od avtomobilske industrije pa do medicine. Takoj je začela izpodrivati klasične postopke. Z leti je na trg prišlo že toliko različnih strojev, ki uporabljajo tehnologij nalaganja slojev, da imaš kot kupec veliko izbiro odločiti se, s katero tehnologijo bi se dalo izdelke najbolj optimalno narediti. Pri tem imamo v mislih, kako hitro, cenovno najbolj ugodno ter najbolj kvalitetno. Velik napredek v zadnjih letih se je pokazal na področju razvoja novih materialov. Za vsako vrsto tehnologije nalaganja slojev je sedaj možno uporabiti več različnih materialov, kar pa vodi k temu, da stroji za to vrsto tehnologije postajajo vse bolj univerzalni.

1. UVOD – PRINCIP DELOVANJA STROJA ZA SELEKTIVNO LASERSKO SINTRANJE PLASTIČNIH PRAHOV

S stališča agregatnega stanja uvrščamo tehnologijo selektivnega laserskega sintranja med praškaste postopke, glede na način dodajanja pa spada med postopke selektivnega sintranja. Pri tehnologiji selektivnega laserskega sintranja (Slika 1) se uporabljajo fino zrnati prahovi, kateri kasneje s pomočjo laserja tvorijo model. Stroj za selektivno lasersko sintranje je sestavljen iz:

- sistema z oskrbo prahu,
- izdelovalne mize,
- priprave za nanašanje prahu,
- CO₂ laserjem,
- optičnim čitalcem in
- zalogovnikom odvečnega materiala.

Vse te komponente so nameščene v dušikovi atmosferi, da zmanjšamo možnost eksplozije, ki jo povzroči fin prah. Da zmanjšamo vnos energije laserja za sintranje prahu, je procesna komora segreta na temperaturo tik pod tališčem prahu.

Priprava za nanos prahu ima funkcijo, da iz sistema z oskrbo prahu enakomerno nanaša plasti materiala na delovno mizo. Ko je plast prahu nanesena na delovno mizo, jo laserski žarek, voden z optičnim čitalcem, zasintra (spoji). Ko je prerez zasintran, se delovna miza spusti za debelino plasti. Priprava za nanos materiala nato nanese naslednjo plast prahu na predhodno zasintrano plast. Zatem je zasintran naslednji prerez.

Ta postopek se ponavlja, dokler izdelek ni končan. Ko je izdelek končan, se vzame iz stroja, odvečni nezasintran prah pa se lahko spiha. Z razliko od stereolitografije in postopka ciljnega nalaganja, izdelki narejeni s tehnologijo selektivnega laserskega sintranja ne potrebujejo nikakršnih podpor previsnih delov na modelu, kajti podpora je kar sam nezasintran material.

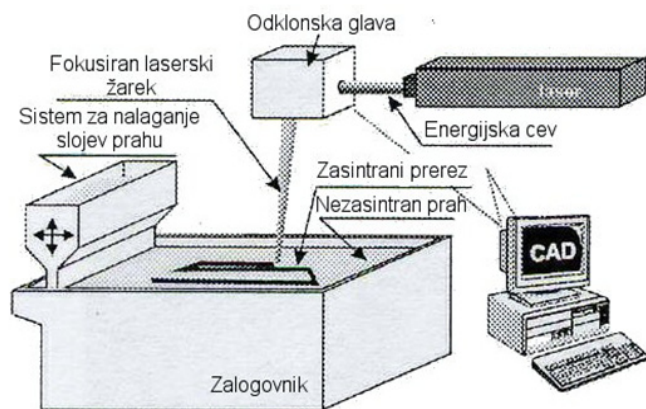
V Regionalnem tehnološkem centru Zasavje od sredine leta 2006 delujemo na področju selektivnega laserskega sintranja polimerov na stroju nemškega proizvajalca EOS z oznako EOSINT P385 (Slika 1).



TEHNOLOGIJE SELEKTIVNEGA LASERSKEGA SINTRANJA KOMPOZITNIH MATERIALOV

Matic KRZGAR¹, Slavko DOLINŠEK²

¹Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Shematični prikaz SLS procesa

Izbira materialov za tehnologijo selektivnega laserskega sintranja je precej široka. Metoda lokalnega taljenja in strjevanja nam dopušča uporabo mnogih materialov. To so poliamid; poliamid, polnjen s steklom; elastomeri; polisterin in tudi ostali polimeri.

Material za selektivno lasersko sintranje je v obliki prahu in je s pomočjo energije CO₂ laserja zlepljen skupaj, tako da na koncu tvori model.

Izbira pravega prašatega materiala je najpomembnejši faktor pri tehnologiji selektivnega laserskega sintranja. Vedeti je potrebno, ali bo izdelek oziroma prototip namenjen preizkušanju funkcionalnosti ali zgolj vizualni kontroli.

Če uporabljamo postopek SLS za funkcionalno prototipiranje, potem je pomembno izdelati vzorce kvalitetnega zunanega videza, kot tudi izdelke z dobrimi mehanskimi lastnostmi. Zunanji videz izdelka je v glavnem definiran z dimenzijsko natančnostjo in hrapavostjo površine, medtem ko so mehanske lastnosti definirane z natezno trdnostjo, površinsko trdoto ter gostoto. V centru trenutno uporabljamo dva materiala, to sta: poliamid 12 ter poliamid 12 polnjen s 30% steklenih kroglic.

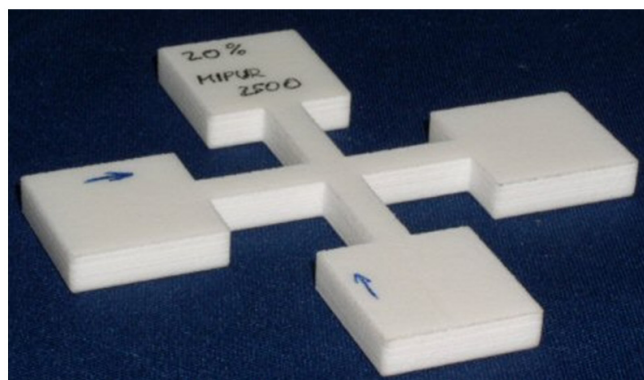
2. SINTRANJE KOMPOZITNEGA MATERIALA

Poizkusi so bili narejeni na že prej omenjenem stroju za selektivno lasersko sintranje EOSTIN P385 nemškega proizvajalca EOS GmbH, kjer se

lahko uporablja velik spekter prašnatih materialov. Večina materialov je na osnovi poliamida, lahko pa mu je dodan tudi drug material, na primer steklene kroglice, prah aluminija ali pa karbona. Na trgu za ta stroj pa še ni poliamidnega prahu, kateremu bi bil dodan keramični prah.

Za testne kose smo uporabljali testne križe (Slika 2). Na osnovi teh smo pri raziskavah določevali optimalne izdelovalne parametre.

Oblika križa je takšna, da že pri najmanjšem odstopenju parametrov od optimalnih pride do deformacij (Slika 3) in zaradi tega do manjših težav v prihodnosti, ko izdelujemo izdelke.



Slika 2: Testni križ



Slika 3: Deformirana plast testnega križa

Zelo pomembna stvar, ki je v začetku poizkusov delala mnogo težav, je vlažnost prahu. Keramični prah ima veliko higroskopičnost, tako da v začetku sploh nismo zaznali, da je vsebnost vlage v prahu

prevelika. V nadaljevanju poizkusov smo vsako šaržo keramike pred pripravo mešanice posušili v sušilni komori. Keramični prah se je v sušilni komori sušil štiri ure pri 80°C.

3. REZULTATI MERITEV HRAPAVOSTI

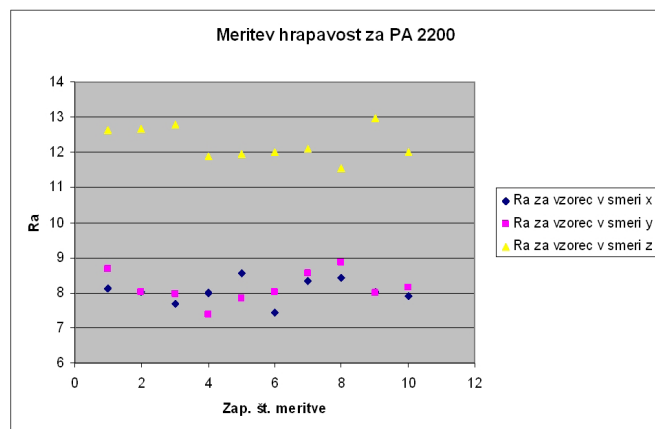
V Regionalnem tehnološkem centru Zasavje smo na stroju EOSINT P385 za selektivno lasersko sintranje polimerov izdelali testne kose na katerih so bile izvedene meritve hrapavosti.

Kosi so bili izdelani tako iz kompozitnega materiala, kot tudi iz materialov, ki jih v centru uporabljamo že od samega začetka.

V nadaljevanju so v preglednicah izračunane povprečne vrednosti hrapavosti (tabele 1 do 3), izmerjene vrednosti pa so prikazane v diagramih (slika 4 do 6).

Tabela 1: Rezultati meritev za material PA2200

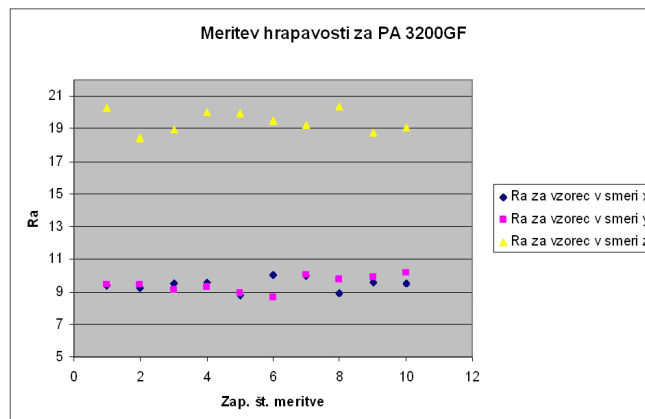
	X smer	Y smer	Z smer
Povprečna hrapavost v Ra	8,042	8,146	12,255
Raztros σ	0,338	0,440	0,469



Slika 4: Porazdelitev hrapavosti za vse tri smeri za material PA 2200

Tabela 2: Rezultati meritev za material PA 3200GF

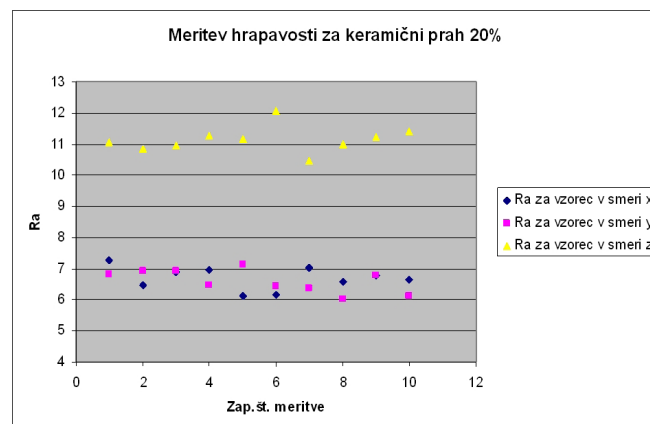
	X smer	Y smer	Z smer
Povprečna hrapavost v Ra	9,439	9,476	19,461
Raztros σ	0,392	0,509	0,664



Slika 5: Porazdelitev hrapavosti za vse tri smeri za material PA 3200GF

Tabela 3: Rezultati meritev za material PA2200 + 20% keramičnega prahu

	X smer	Y smer	Z smer
Povprečna hrapavost v Ra	6,678	6,600	11,140
Raztros σ	0,371	0,372	0,420



Slika 6: Porazdelitev hrapavosti za vse tri smeri za material PA 2200 + 20% keramičnega prahu

Iz rezultatov je razvidno, da so odstopanja med meritvami pri posameznem materialu v smereh x in y dokaj majhna. Ker je selektivno lasersko sintranje tehnologija z nalaganjem slojev materiala, smo že pred začetkom testiranj načrtovali večje odstopanje v smeri z, kar se je kasneje pokazalo tudi na rezultatih. Pri materialu PA 3200GF, ki je polnjen s 30% steklenih kroglic, pride v primerjavi z vsemi ostalimi testiranimi materiali do vidnih odstopanj pri meritvah hrapavosti v vseh smereh.

Tudi nov kompozitni material je polnjen z 20% keramičnega prahu, a vendar pri njem ne pride do odstopanj. Nasprotno, hrapavost sintrancev s polnjenim materialom s keramičnim prahom je še nekoliko manjša kot pa pri materialu PA 2200. Seveda tu govorimo o povprečnih vrednostih meritev, a vendar, to je zelo spodbuden rezultat, saj je gladkost površine zelo pomembna za nadaljno uporabo in dodelavo prototipov in izdelkov.

Bolj zanimiv podatek za kupca je seveda, ali lahko s strojem ves čas izdelujemo izdelke enakih hrapavosti. To nam pove raztros meritev. Raztros oziroma statistično gledano standardni odklon je v teoriji definiran kot koncentracija statističnih enot okoli aritmetične sredine. Raztros lahko tako v našem primeru opredelimo s "homogenostjo" izdelave, ob predpostavki, da so oziroma bodo meritve stodstotno natančne. Manjše, kot je potem odstopanje meritev samih med seboj, večja je natančnost in manjši seveda je raztros.

Idealno bi seveda bilo, če bi bil standardni odklon enak nič. To bi pomenilo, da so vse meritve enake, iz tega naprej pa sledi, da se s tem strojem lahko izdeluje izdelke popolnoma enakih hrapavosti za določen material. V našem primeru nikjer ne prihaja do velikega raztrosa meritev. Najnižji rezultat odklona smo dobili ravno pri izdelkih, ki so bili narejeni s poliamidnim prahom, ki mu je bil dodan 20% masni delež keramičnega prahu. Rezultat pokaže, da lahko s tem materialom sintriamo izdelke približno enakih hrapavosti, kar je za ponudnika storitev zelo pomembno, saj lahko kupcu zagotovi določeno hrapavost z minimalnim odstopanjem.

4. ZAKLJUČEK

Selektivno lasersko sintranje je ena od tehnologij nalaganja slojev, kjer lahko uporabnik kupcu nudi funkcionalne izdelke z dobrimi mehanskimi lastnostmi, vendar pa le to včasih ni dovolj, da se kupec za tovrstno tehnologijo izdelave odloči. Površinska kvaliteta izdelkov, narejenih

s tehnologijo laserskega sintranja, je trenutno največja pomanjkljivost v primerjavi z drugimi tehnologijami nalaganja slojev materiala. Potrebne so še nadaljnje raziskave o selektivnem laserskem sintranju kompozitnih materialov.

Tako bi lahko dosegli boljše rezultate glede površinske kvalitete, vendar pa je zato potrebno tesno sodelovanje s proizvajalci strojev, kajti le oni do potankosti poznajo ozadje stroja in njegove programe. Raziskava je dokazala, predvsem pa potrdila dejstva, da se s tehnologijami nalaganja slojev lahko izdeluje izdelke iz kakršnegakoli materiala, ki je na trgu dobavljiv v prašnati obliki ter, da se prašnati delci z dodajanjem energije zasintrajo (zlepijo).

Kompozitni material je še vedno v fazi preizkušanja. Z njim bi bilo potrebno opraviti še ostale analize, ki so pomembne za vsakega kupca. Tu imamo v mislih predvsem analizi trdnosti in trdote. Potrebno pa bo določiti tudi pravičen skrček materiala.

Literatura

- [1] Dolinšek S., Kert R., Krznar M.: "Neposredna izdelava končnih izdelkov z laserskim sintranjem polimerov", IRT 3000, Oktober 2007, Letnik 2, št. 11, str. 46-49
- [2] <http://www.eos.info>
- [3] EOS, Basic Training for EOSINT P385 V3.2



VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE

Franc ČUŠ¹, Valentina GEČEVSKA², Ivica VEŽA³

¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru,

²Faculty of mechanical engineering, Ss. Cyril and Methodius, Skopje, Makedonija

³Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje

POVZETEK

V Prispevek poudarja pomen vzdrževanja orodij za odrezovanje pri nalogah in ciljih manjšega podjetja ali orodjarne. Po razpoložljivih podatkih ugotavljamo, da še je to področje v podjetjih vedno zanemarjeno (Slovenija, Hrvaška, Makedonija).

Koncept racionalizacije na področju vzdrževanja potrebuje ustrezni informacijski sistem. Prikazani so osnovni analitični koraki za uvajanje informacijskega sistema »vzdrževanje«, na osnovi izkušenj v sodobnih podjetjih.

V prispevku so prikazana izhodišča in možnosti, kako se pristopi sistematično k razvoju izvedbe projekta informacijski sistem »vzdrževanje« .

1. UVOD

Proizvajalci ponujajo različne programske rešitve direktno podjetjem ali preko sejmov. Uporabnik se zelo težko odloča za nabavo, ker je treba upoštevati lastne specifičnosti vzdrževanja in univerzalnih možnosti, ki jih ponujajo različni paketi.

Dejstvo je, da imajo podjetja za modernizacijo težko izbiro. Visoke tehnologije, ki na veliko uporabljajo elektroniko in informatiko, imajo vse širše področje uporabnosti. Mimo nas pogosto prihajajo kot vrhunski modni dosežki z imeni, za katere je značilno, da za njimi stojijo kompleksne računalniške tehnologije.

Širom po svetu so projekti »tovarna bodočnosti« vodilo za modernizacijo. CIM predstavlja tovarno prihodnosti, v kateri so vse naloge od zasnove izdelka do njegove opreme, vključno s sestavljanjem, skladiščenjem, manipuliranjem, kakor tudi od kontrole kakovosti do vzdrževanja strojev in orodij, vodene in nadzirane z računalnikom.

V okolju slovenskih, hrvaških in makedonskih podjetij so to redke izjeme, večinoma podjetij se preusmerja iz konvencionalnih tehnologij v sodobne, pri tem pa nastopajo številni problemi [1].

2. POVEČAN VPLIV VZDRŽEVANJA REZALNIH ORODIJ

Čeprav so stroški potrebne modernizacije izredno visoki, tvegamo različne vplive, da modernizacija ne bo donosna in da nam lahko prinese zelo različen dobiček, slika 1.

Da bi bili konkurenčni, je treba najprej zamenjati stare stroje?

Odgovor:

- To ni nujno vedno res. Če star stroj – amortiziran, ki ne stane nič, zagotovi potrebno proizvodnjo, zagotavlja rešitev, ki zniža lastno ceno.
- Seveda je te stroje treba sistematično preventivno vzdrževati.

S tem pristopom razmišljanja pridobiva



VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE

Franc ČUŠ, Valentina GEČEVSKA, Ivica VEŽA
 Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

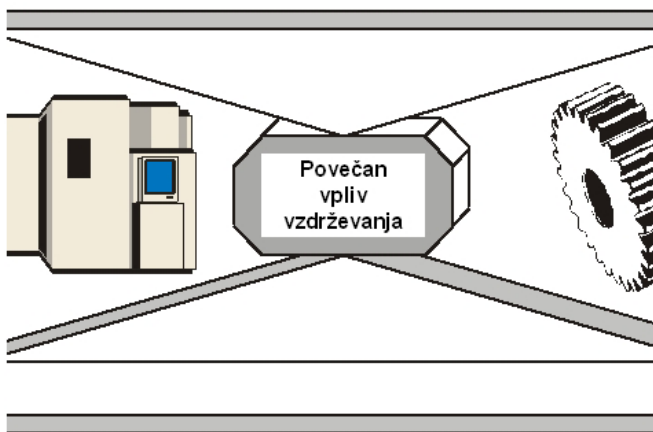
»vzdrževanje« vedno večji pomen tudi pri managementu podjetja, saj prispeva k uresničevanju skupnega cilja: ohranjanje in povečanje produktivnosti [2].

Iz skupnega cilja podjetja lahko definiramo dva cilja oddelka za vzdrževanje:

- zagotavljanje in povečanje razpoložljivosti naprav in orodij,
- zmanjšanje stroškov celotnega vzdrževanja.

Tržni vplivi

- povečana konkurenčnost
- povečani pogoji vplivov okolja
- zaostreni pogoji uporabe materialov
- povečana zapletenost proizvodov in proizvodnih sredstev
- veliki stroški nabave opreme
- velika hitrost povečanja inovacij

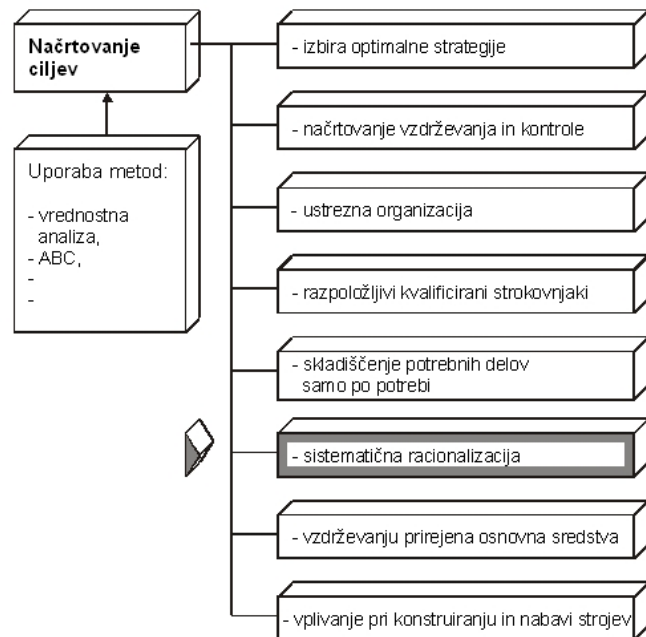


Podjetniški vplivi

- nadpovprečno povečanje stroškov vzdrževanja
- nadpovprečno povečanje stopnje integracije proizvodnih sredstev
- povečana potreba po vzdrževalnih delih

Slika 1: Vpliv in položaj vzdrževanja v gospodarskem okolju

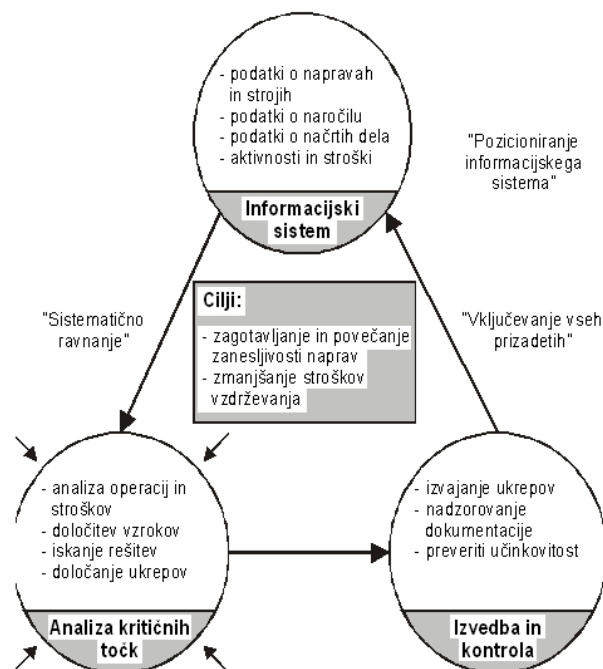
Udejanjanje teh dveh ciljev se izvaja z določanjem ustreznih prioritet pri načrtovanju, izvedbi in nadzoru vzdrževanja, slika 2. Stalna naloga pri aktivnostih vzdrževanja je »sistematična racionalizacija«. Vsako delo je lahko izvedeno boljše, če je opravljeno sistematično. Načrtovanje in proizvodnja izdelkov in storitev, ki imajo za porabnika največjo vrednost, je naloga managementa, za kar je potrebno dobro organizirano in sistematično delo, timsko delo, obširno znanje, kakor tudi nenehno kreativno razmišljanje [3, 4, 5].



Slika 2: Pregled načrtovanja ciljev vzdrževanja

3. KONCEPT RACIONALIZACIJE NA PODROČJU VZDRŽEVANJA

Sistem medsebojnih odvisnosti pri vzdrževanju prikazuje slika 3.

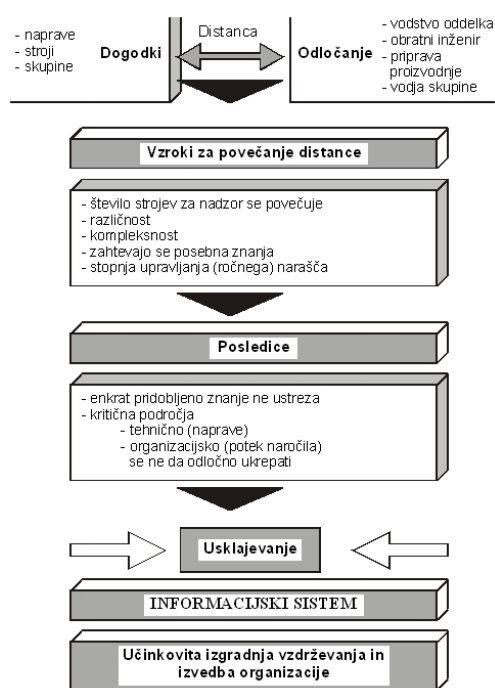


Slika 3: Sistem medsebojnih odvisnosti pri vzdrževanju

Pogoj za izvedbo »sistematične racionalizacije« je uporaba ustreznega informacijskega sistema, ki daje podporo načrtovanju, krmiljenju, izvedbi in kontroli. Analiza kritičnih točk podaja transparentni pregled vseh dogodkov na napravah in ustrezne podatke stroškov vzdrževanja [5, 6].

4. INFORMACIJSKI SISTEM JE POGOJ ZA RACIONALIZACIJO

Analiza stanja v številnih oddelkih vzdrževanja kaže, da tradicionalni »informacijski sistemi« (kartoteke, strojni listi, dnevnik mojstrov) ne dajejo potrebnih informacij za določanje ukrepov racionalizacije [1]. Vzroke za potrebno usklajevanje prikazuje slika 4.

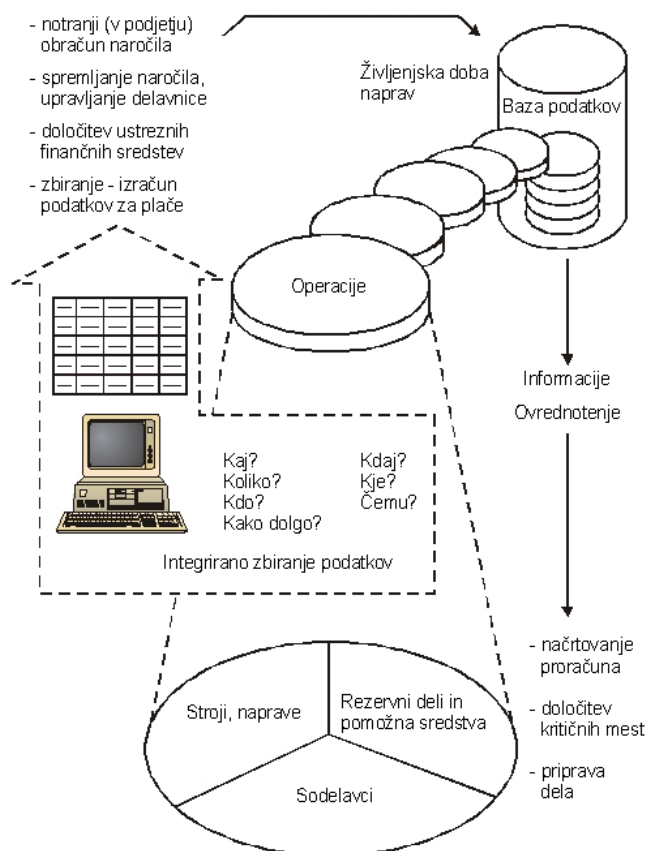


Slika 4: Prikaz vzrokov usklajevanja vzdrževanja

To pomanjkanje informacij lahko odpravimo z računalniško podprtimi informacijskimi sistemi, ki morajo izpolnjevati sledeče cilje:

- boljše poznavanje in ocena naprav in strojev ter upravljanje in ovrednotenje podatkov vzdrževanja,
- sistematično odkrivanje kritičnih mest,
- izboljšanje preglednosti in aktualnosti stroškov vzdrževanja,

- natančno načrtovanje in kontrola proračuna in dejanskih stroškov vzdrževanja,
- službo vzdrževanja boljše prilagoditi na potrebe naprav in strojev ter s tem povečevati gospodarnost,
- boljše dokumentiranje dogodkov in izkušenj ter njihovo prilagajanje novim konceptom [7, 8, 9]. Princip informacijskega sistema prikazuje slika 5.



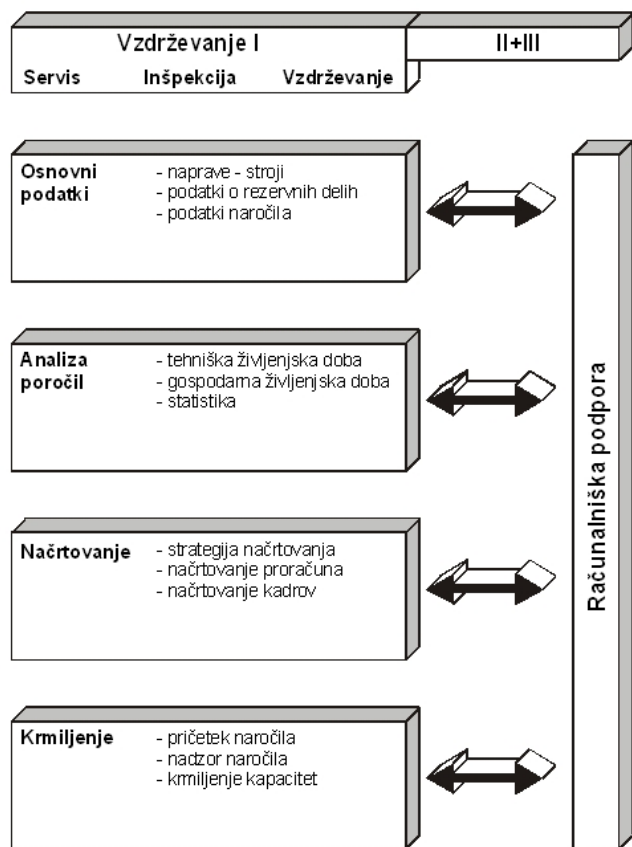
Slika 5: Princip informacijskega sistema vzdrževanja

5. OSNOVNE KOMPONENTE INFORMACIJSKEGA SISTEMA »VZDRŽEVANJE«

Osnovne elemente informacijskega sistema vzdrževanja orodij prikazuje slika 6. Ločimo naslednja štiri področja: osnovni podatki, analiza poročil, načrtovanje, krmiljenje.

VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE

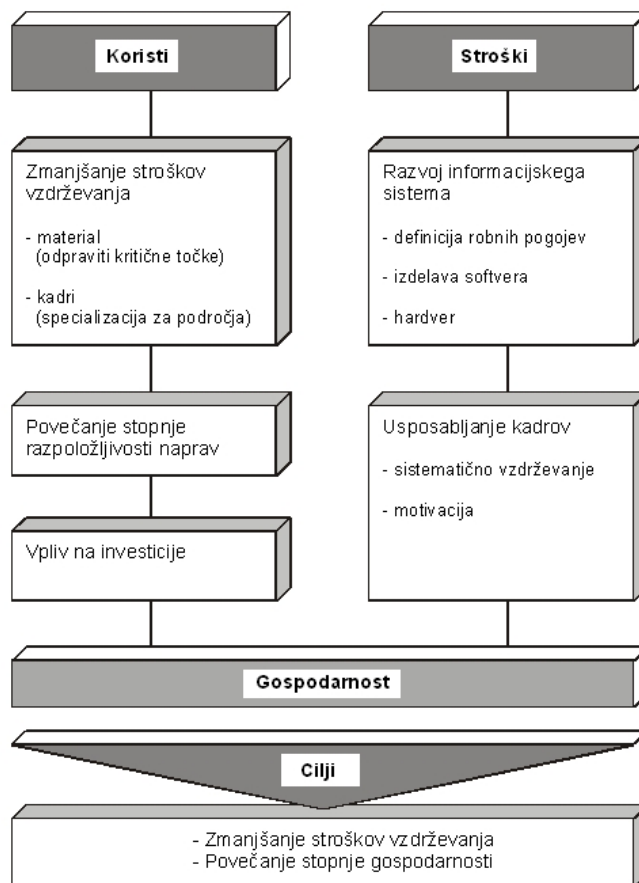
Franc ČUŠ, Valentina GEČEVSKA, Ivica VEŽA
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru



Slika 6: Sistemski elementi informacijskega sistema vzdrževanja

6. SPLOŠNI KONCEPT OCENE UČINKA INFORMACIJSKEGA SISTEMA VZDRŽEVANJA

Uvajanje računalniških projektov v splošnem predstavlja problem, saj so stroški uvajanja programskega sistema pogosto odvisni od medsebojne odvisnosti različnih faktorjev. Zato je pomembno, da se pripravi predhodna analiza gospodarnosti uvedbe informacijskega sistema [9, 10, 11]. Slika 7 prikazuje shematični pregled koristi in stroškov uvedbe informacijskega sistema.



Slika 7: Pregled koristi in stroškov uvedbe informacijskega sistema vzdrževanja

7. AKTIVNOSTI PRI UVAJANJU RAČUNALNIŠKO PODPRTEGA SISTEMA Z VIDIKA ODDELKA ZA VZDRŽEVANJE

Okvirno je potrebno določiti pričetek in končanje projekta, posamezne nosilce aktivnosti, možnosti vzporednih in zaporednih aktivnosti, zato se izdelava časovni načrt projekta.

Pregled osnovnih obveznih aktivnosti za sistemski pristop izvedbe projekta podaja standard DIN 69901. Pri uvajanju računalniško podprtega sistema je potrebno upoštevati spremembo vloge vzdrževanja v sodobni orodjarni.

Stara vloga:

- pogosto je specializirano po kvalifikacijah,
- izvaja popravila med delovnim časom orodjarni.

Nova vloga:

- povečana več stranskost,
- analiza liste naključnih dogodkov:
 - ugotavljanje in zasnovano ter izvedbo izboljšav,
 - zasnovano postopka tekočega vzdrževanja (ki ga izvajajo upravljavci pri strojih),
 - zasnova postopka preventivnega in nato predvidenega vzdrževanja,
- usposablja upravljavce strojev po postopkih tekočega vzdrževanja,
- ureja izboljšave na strojih, napravah in orodjih,
- preverja spoštovanje postopkov tekočega vzdrževanja,
- izvaja preventivno in predvideno vzdrževanje (zunaj delovnega časa proizvodnje),
- pomaga upravljavcu pri ponovnem hitrem zagonu stroja po popravilu okvare, ali zamenjavi orodja,
- izvaja popravila (zunaj delovnega časa proizvodnje),
- določa zahteve za zanesljivost prihodnjih sredstev in pomaga pri njihovem zagonu.

8. SKLEPI

Na področju vzdrževanja v orodjarnah moramo upoštevati, da je jedro sodobne organizacijske sinteze posameznih delnih nalog v večje delovne komplekse vprašanje centralizacije in decentralizacije nalog. V osnovi gre pri vprašanju centralizacije ali decentralizacije za temeljni organizacijski problem ravnotežja med delitvijo nalog in koordinacijo; obojega ne moremo uresničiti izolirano, temveč vedno v kombinaciji [10, 11, 12]. Računalniško podprti informacijski sistem »vzdrževanja« omogoča udejanjanje številnih ciljev, ki jih s tradicionalnimi metodami ni mogoče uresničiti. Proizvajalci softvera ponujajo različne rešitve direktno podjetjem, preko raznih sejmov, ali preko interneta. Uporabnik se zelo težko odloča za nabavo, ker je treba upoštevati lastne specifičnosti vzdrževanja in univerzalnih možnosti, ki jih ponujajo različni paketi [1, 13, 14]. V prispevku so prikazana izhodišča in možnosti, kako se pristopi sistematično k lastnemu razvoju

elementov vzdrževanja [1], ali pa se pripravi vse podlage za naročilo izvedbe projekta informacijski sistem »vzdrževanje« [1, 15].

S pomočjo prikazanih izhodišč smo v okviru projekta MAS - PLM TEMPUS pristopili k razvoju informacijskih osnov sistema za vzdrževanje orodij pri postopkih odrezavanja

Literatura

- [1] MAS - PLM TEMPUS JP ProjectNo. 144959 –TEMPUS-2008-IT-JPCR
- [2] Čuš, F. Vpenjalne priprave za procese odrezavanja. 1. natis. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2004. VI, 220 str.
- [3] Fritz, A., H., Schulze, G.: *Fertigungstechnik*, 483 str., 7. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2006
- [4] Čuš, F., Župerl, U. *Produktionsmanagement in Kleinen und Mittleren Unternehmen*. Mech. Eng. Sci. J. (Skopje), 2007, vol. 26, no. 1, str. 17-23.
- [5] Kopač, J., Jurkovič, J. Prihranki, izkazani z uvedbo 5-osnih odrezovalnih strojev. V: POLAJNAR, Andrej (ur.), POJE, Janez (ur.), JUNKAR, Mihael (ur.). *Orodjarne v svetu globalne sposobnosti : dobavitelj - kupec - orodjar : zbornik posvetovanja, Portorož, 09.-11. oktober 2007*. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo; v Mariboru: Fakulteta za strojništvo, 2007, str. 239-244.
- [6] 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.
- [7] Čuš, F., Gečevska, V., VEŽA, I. *Prestrukturiranje v smeri višjih tehnologij*. V: POLAJNAR, Andrej (ur.), BRAČKO, Branko (ur.). *Trajnostni razvoj - pot iz krize : Portorož, 7-9 oktober 2009 : zbornik posvetovanj*. Ljubljana: GZS, Združenje kovinske industrije, Odbor za orodjarstvo in strojogradnjo, 2009, str. 71-76.
- [8] Mijanovič, K., Kopač, J. *Environmental management inside production systems*. J. mater. process. technol.. [Print ed.], 2005, letn. 162/163, str. 759-765.
- [9] Gečevska, V., Čuš, F. *Knowledge management based process planning system*. Journal of machine engineering, 2009, vol. 9, no 4, str. 107-120.
- [10] Pušavec, F., Kopač, J. *Achieving and implementation of sustainability principles in machining processes*. Adv produc engineer manag, 2009, vol. 4, issue 3, str. 151-160, ilustr.
- [11] Čuš, F., Stepišnik, S.. *Uvajanje in uporaba sodobnih znanj v orodjarni*. V: PERME, Tomaž (ur.), ŠVETAK, Darko (ur.). *Industrijski forum IRT, Portorož, 08.-09. junij 2009*. Vir znanja in izkušenj za stroko : zbornik foruma. Škofljica: Profidtp, 2009, str. 181-186.
- [12] Kopač, J. *Odrezavanje : teoretične osnove in tehnološki napotki*. Ljubljana [i. e.] Domžale: [samozal.] J. Kopač,



VZDRŽEVANJE ORODIJ ZA ODREZAVANJE JE POTREBNO IN JE VEDNO ZAHTEVNEJŠE

Franc ČUŠ, Valentina GEČEVSKA, Ivica VEŽA
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

2008. 264 str., ilustr.

[13] Kockskämper, S., Technow, R.: *Eine Chance für den Maschinenbau; Kundendienst über Internet, fertigung 4* (1997), str. 46-48.

[14] Gečevska, V., Čuš, F., Pandilov, Z., Milfelner, M. *Implementation of activity based costing (ABC) in small and medium companies using proposed procedure. Journal of machine engineering*, 2006, vol. 6, no 4, str. 129-140.

[15] Gečevska, V., Čuš, F. *Intelligent process planning for competitive engineering. Strojarsstvo*, 2010, vol. 52, no. 1, str. 33-41.

[16] Hesse, S., Krahn, H., Eh, D.: *Betriebsmittel-vorrichtungen, Kommentierte Ausführungsbeispiele*, 223 str., HANSER Fachbuchverlag, 2002.

[17] Klöcke, F., König, W.: *Drehen, Fräsen, Bohren*, 547 str., 8. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2008.





VZPOSTAVLJANJE SISTEMA ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI PRI IZOBRAŽEVANJU INŽENIRJEV

Franc ČUŠ¹, Janez KOPAČ²

¹Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor

²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

E – mail: franc.cus@uni-mb.si, janez.kopac@fs.uni-lj.si

POVZETEK

Smo pod vtisom naraščajočega števila novih tehničnih dosežkov. Dinamično tehnološko spreminjanje, do katerega istočasno prihaja, je dandanes doseglo že takšno hitrost, ki nam komaj še dovoljuje, da vse novo povežemo in vrednotimo. V EU in v deželah »bolonjske deklaracije« se vzpostavlja skupni trg dela, visokošolski in raziskovalni prostor v okvirih globalne konkurenčnosti. Zaradi večje konkurenčnosti (tržnih razmer) se vzpostavljajo tudi minimalni skupni standardi za zagotavljanje kakovosti na ravni institucij in držav. Pri razvoju tega sistema in pri evalvacijah naj bi sodelovali vsi zainteresirani socialni partnerji tudi študenti in delodajalci/uporabniki. Odgovorni ministri so v Bergnu sprejeli standarde in smernice za zagotavljanje kakovosti na ravni države, tako glede zunanjih evalvacij visokošolskih institucij, kot glede ureditve in delovanja agencij.

Potreben je izreden napor za izobraževanje, usposabljanje in razlage, da bi lahko uveljavili potrebne spremembe v gospodarstvu, zato je pomembno vzpostavljanje sistema zagotavljanja kakovosti pri izobraževanju inženirjev.

Slovensko gospodarstvo v prihodnje ne bo več razdeljeno na bolj ali manj prednostne panoge, ampak se bodo podjetja in orodjarne delila na slaba in dobra. V manjših podjetjih so v zadnjih letih ustvarili res veliko novih delovnih mest, vendar precej manj kot jih je bilo izgubljenih v velikih podjetjih.

1. VZPOSTAVLJANJE NACIONALNEGA EVALVACIJSKEGA SISTEMA

Na Fakultetah za strojništvo se danes pripravlja veliko število mladih bodisi za raziskovalno delo bodisi za specializirane zaposlitve. Fakultete morajo biti še naprej tisti izvir, ki gasi žejo po znanju vedno več ljudi, ki v svoji radovednosti duha vidijo smisel življenja.

Družba uporablja, kar so inženirji proizvedli. Samo redki inženirji sledijo izključno svojim idealnim predstavam. Večina inženirjev ima nek cilj in ta je v okviru naše družbe. Gre namreč za to, da zadovoljujejo potrebe te družbe. Da izdelujejo izdelke, ki ljudem koristijo. Inženirji z večjo inovativnostjo pospešujejo tehnološko spreminjanje. Včasih so to komaj opazne spremembe, spet drugič povzroči ideja, ki se je porodila, skokovito spreminjanje. Za udejanjanje naštetega pa potrebujejo znanje, ki ga pridobijo v času kvalitetenega izobraževanja na fakulteti ali visoki šoli.

Številni poznavalci opozarjajo, da se na visokošolske reforme gleda z nezaupanjem. Na tem področju se je skoraj že vse poskusilo, toda rezultati le redko dosegajo pričakovanja. V mnogih državah so, kot se zdi, številni zaporedni in protislovni poskusi reform še povečali odpor visokošolskih sistemov do sprememb.

Toda kljub temu spremembe po evropskih državah potekajo v smeri bolonjskih procesov, v nekaterih državah hitreje v drugih počasneje

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

Dolgoročni potencial in največje možnosti pri iz-



vajanju strategije izobraževanja inženirjev so v razvijanju novih tržno usmerjenih programov za hitro rastoča majhna in srednje velika podjetja v vseh industrijskih sektorjih [1, 2, 3].

Vendar pa je opredeljevanje pojavnih znakov gospodarske krize premalo za spreminjanje programov izobraževanja inženirjev. 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 boleznin in odločna terapija, ki lahko reši bolnika gotove smrti (propada podjetja).

Ko se država odloči vpeljati sistematično evalvacijo visokega šolstva, obstajajo številne ravni odločitev, ki jih je potrebno sprejeti. Prva pomembna odločitev se nanaša na namene in cilje evalvacije. Glavni namen zunanje evalvacije je odgovornost visokega šolstva do širše družbe. Poleg odgovornosti so še drugi nameni, kot so na primer načrtovanje visokega šolstva, konkurenčnost, vpogled v kakovost, vrednost za denar, transparentnost in mednarodna kredibilnost visokega šolstva. Namen zunanje evalvacije je lahko tudi razvrščanje ali primerjanje kakovosti visokošolskih institucij, kar služi kot osnova pri razporejanju državnih sredstev.

Ravni skrbi za kakovost:

- Mednarodna, evropska (sodelovanje, postopki, standardi, mreža agencij).
- Republika Slovenija (zakon, merila, organi, vključenost v evropske mreže, nacionalni program).
- Institucija, članice (statut, pravilniki, merila, postopki, organi, poročila, letni programi, strategija).
- Osebe (pridobivanje, habilitacija, ocenjevanje, izpopolnjevanje učiteljev, sodelavcev, drugih).
- Študenti (pridobivanje, vpisna izbira, sprotne preverjanje, izpiti, pisne naloge, zaključek študija, delo diplomantov).

- Povratne informacije iz gospodarstva.

Cilj evalvacije je lahko nadzor ali pa izpopolnjevanje

Evalvacija katere cilj je akreditacija oziroma evalvacija, ki se konča z odločitvami o tem:

- ali enoto financirati ali ne,
- ali pa o tem ali jo financirati na določeni ravni,
- pomeni ambiciozni evalvacijski program, ki zajema skoraj vse institucije in skoraj vse stopenjske programe.

Evalvacija, katere namen je izpopolnjevanje:

- vodi v evalvacijski program, ki je lahko manj intenziven in
- zahteva manj sredstev in časa.

Elementi sistema za zagotavljanje kakovosti v visokem šolstvu:

- akreditacija visokošolskih zavodov in programov,
- ustanovitev neodvisne "Agencije",
- samoevalvacije visokošolskih zavodov in programov,
- zunanje evalvacije,
- vključenost študentov v evalvacije,
- objavljane rezultate,
- notranja kooperacija in mrežno sodelovanje "Agencije",
- skrb za napredek dela visokošolskih zavodov, ...

2. POGOSTO PRIDE DO ZAMENJAVE AKREDITACIJE IN EVALVACIJE

Jasno je potrebno razlikovati med akreditacijo in evalvacijo ter razjasniti njune namene. Evalvacijo v Zahodni Evropi opredeljujejo kot sistematično, kritično analizo kakovosti visokega šolstva. Ukvarja se s kakovostjo ciljev visokega šolstva in je lahko osredotočena na eno ali več področij: poučevanje in učenje, raziskovanje. Poteka lahko na ravni posameznega predmeta, programa ali disciplinarnega področja, oddelka, fakultete in univerze. Najbolj pogosto se izvaja na ravni programa ali institucije (univerze, fakultete). Eval-

vacija ima notranjo dimenzijo (samoevalvacija) in zunanjo dimenzijo (zunanji izvedenci).

Akreditacija predstavlja podelitev statusa in pomeni odobravanje, priznavanje in včasih tudi licenco oziroma dovoljenje za delovanje. Akreditacija kot proces temelji na uporabi predhodno opredeljenih standardov. Akreditacija je običajno odgovornost ministrstva, pristojnega za visoko šolstvo, medtem ko evalvacijo izvaja neodvisna agencija.

3. ALI SLEDIMO V SLOVENIJI PODPISANIM STANDARDOM

V Sloveniji že imamo organ za zagotavljanje kvalitete v visokem šolstvu, ki je na nacionalnem nivoju primerljiv z neodvisnimi evropskimi agencijami za zagotavljanje kakovosti imenuje se Nacionalna agencija za kakovost v visokem šolstvu (NAKVIS). Novi organ je postal neodvisna nacionalna institucija, ki bo zadostila zahtevam ENQA in postala njena polnopravna članica, ki bo evalvacije vršila skladno z metodologijo, uveljavljeno v večini držav EU.

4. ALI OBSTAJAJO ENOTNI KRITERIJI IN STANDARDI, KI BI JIH UPORABLJALI ZA ZUNANJE EVALVACIJE?

V evropskih državah ni enotnih kriterijev in standardov, ki bi jih uporabljali za zunanje evalvacije. Prakse in pravila se med državami razlikujejo. Tako npr. na Finskem kriterije oblikuje agencija v sodelovanju z visokošolskimi institucijami, medtem ko v Belgiji in na Nizozemskem kriterije oblikujejo univerze. Standarde v Veliki Britaniji predstavljajo nameni in cilji posameznih institucij, Na Danskem uporabljajo kriterije, ki jih oblikujejo posamezne visokošolske institucije v kombinaciji s "splošnimi kriteriji dobre prakse", v Nemčiji so standardi opredeljeni kot "cilji, ki jih oblikuje visokošolska institucija, stroka in akreditacijska agencija".

Nacionalna komisija za kvaliteto visokega šolstva

je na podlagi 47. člena Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o visokem šolstvu (Uradni list RS, št. 63/04) dne 25. 10. 2004 sprejela MERILA za spremljanje, ugotavljanje in zagotavljanje kakovosti visokošolskih zavodov, študijskih programov ter znanstvenoraziskovalnega, umetniškega in strokovnega dela. Ta akt določa področja, merila in postopke za spremljanje, ugotavljanje in zagotavljanje kakovosti visokošolskih zavodov, študijskih programov ter znanstveno raziskovalnega, umetniškega in strokovnega dela (zunanja evalvacija).

Merila imajo tri področja evalviranja:

1. visokošolski zavodi,
2. študijski programi,
3. znanstvenoraziskovalno delo.

5. GLAVNI CILJI ZUNANJE EVALVACIJE KAKOVOSTI VISOKOŠOLSКИH INSTITUCIJ S STRANI "AGENCIJ"

- Upoštevanje postopkov za notranje zagotavljanje kakovosti v visokošolskih institucijah.
- Razvoj postopkov zunanjega zagotavljanja kakovosti: Nameni in cilji postopkov so določeni in objavljeni, preden se oblikujejo sami postopki. Pri tem sodelujejo vsi odgovorni (tudi visokošolske institucije).
- Kriteriji za odločitve so objavljeni in dosledno uporabljani.
- Postopki agencij ustrezajo namenu in dosega-jo cilje.

POROČILA IN ANALIZE ZUNANJIH EVALVACIJ

- Poročila o zunanjih evalvacijah morajo biti napisana jasno in dostopna vsem, ki so jim namenjena.
- Postopki spremljanja (»follow-up«) uresničevanja priporočil, priprava akcijskih načrtov, dosledno izvajanje.
- Občasno ponavljanje ocenjevanja, pregledov (»reviews«). Trajanje ciklusa in uporabljeni postopki so jasno določeni in vnaprej objavljeni.
- Širše analize (»system-wide analyses«): Agencije pripravijo občasno poročila o splošnih

ugotovitev iz opravljenih evalvacij.

Zbiranje podatkov

1. Kvantitativni podatki - analiza dokumentacije.
2. Kvalitativni podatki - intervjuji s ključnimi deležniki na različnih nivojih:
 - vodstveni: dekan, prodekan, direktor, ...
 - pedagoški sodelavci: profesorji, predavatelji, asistenti
 - administrativni sodelavci: knjižnica, referat za študente, recepcija, kadrovska služba, računovodstvo, ...
 - mladi raziskovalci, raziskovalci,
 - študentje: redni, izredni, podiplomski.

Analiza podatkov

- Evidence o vsebini, opisani v samoevalvacijskem poročilu,
- primerjalna prečna analiza,
- podatki ponujajo "neodvisna in objektivna" merila:
 - potrjujejo in okrepijo ugotovitve, ali
 - identificirajo področja, ki so potrebna nadaljnje preučitve.

Pisanje poročila

Poročilo vsebuje zaključke komisije glede:

- učinkovitosti notranjega zagotavljanja kakovosti VŠZ in načinov, kako redno revidirajo kakovost programov ter uporabijo rezultirajoča priporočila,
- natančnosti, celovitosti ter zanesljivosti informacij, vključno s specifikacijami glede programov, ki jih VŠZ objavlja o kakovosti svojih programov in standardu diplom,
- opaženih primerov, kako VŠZ demonstrira veljavnost in zanesljivost informacij, ki nastanejo znotraj procesov zagotavljanja kakovosti.

Na osnovi pridobljenih informacij pilotskih evalvacij, bodo komisije podale :

- ocene o nivoju zaupanja, ki ga lahko imamo v izjave managementa VŠZ o kakovosti programov ter akademskih standardih diplom; ter po pregledu primarnih evidenc, ali VŠZ zagotavlja sprejemljive akademske standarde in

kakovost storitev,

- ocene o nivoju zaupanja, ki ga lahko imamo v natančnost, celovitost in resničnost informacij, ki jih VŠZ objavlja glede kakovosti programov in standardih diplom,
- izjavo o verjetni bodoči kakovosti programov in diplom,
- priporočila za prihodnje delovanje,
- komentarje o značilnostih, prednostih in omejitvah internih metod zagotavljanja kakovosti VŠZ.

6. STANDARDI IN SMERNICE ZA POSTOPKE SPREMLJANJA (»FOLLOW-UP«)

Postopki zagotavljanja kakovosti, ki vključujejo priporočila za delovanje/ukrepanje ali narekujejo pripravo akcijskih načrtov, imajo vnaprej določene postopke za spremljanje, ki se dosledno/konsistentno izvajajo.

Pri postopkih zagotavljanja kakovosti ne gre v prvi vrsti za posamezne »nadzorne« dogodke (external scrutiny events): gre predvsem za nenehno prizadevanje za boljše delo. Zunanje ocenjevanje se ne konča z objavo poročila; vključuje načrtovan (structured) postopek spremljanja (follow-up), tako da naj zagotovi, da bodo priporočilom sledili primerni načrti potrebnih aktivnosti (action plan) in da se bodo ti načrti tudi uresničevali (implemented). To lahko zahteva dodatne naknadne sestanke s predstavniki institucij in programov; njihov namen je spodbuditi hitrejše ukrepanje na področjih, ki so potrebna izboljšav.

7. VSI POSTOPKI ZUNANJEGA ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI SO TAKI, DA SE DOSEGAJO DOLOČENI / PREDVIDENI NAMENI IN CILJI

Agencije za kakovost znotraj Evropskega visokošolskega prostora (EHEA) izvajajo različne zunanje postopke za različne namene in na različne načine. Predvsem je pomembno, da izvajajo postopke, ki ustrezajo namenom, kot so jih določila same in jih objavile. Vendar izkušnje

kažejo, da nekateri široko rabljeni postopki zunanjega ocenjevanja zagotavljajo veljavnost (validity), zanesljivost in koristnost (usefulness) poleg tega pa so tudi temelj evropske dimenzije zagotavljanja kakovosti.

Med temi (skupnimi) elementi so je treba posebej omeniti:

- izvedenci (experts), ki izvajajo zunanje ocenjevanje, morajo imeti primerne spretnosti (skills) in so usposobljeni (competent) za izvajanje svojih nalog;
- pozorna izbira (selection) izvedencev (ocenjevalcev);
- zagotavljanje primerne informiranja (briefing) in usposabljanja izvedencev;
- uporaba mednarodnih izvedencev;
- sodelovanje študentov;
- zagotavljanje, da uporabljeni postopki ocenjevanja (review) tako, da zagotovijo zadosten vpogled (evidence), ki omogoča pripravo ugotovitev in zaključkov (findings and conclusions);
- uporaba modela, ki vključuje samoevalvacije, obisk, osnutek poročila, objavo poročila in spremljanje (self-evaluation/site visit/draft report/published report/follow-up model);
- usmeritev institucij v izboljšanje in krepitev (improvement and enhancement policies) kot je temeljnega elementa pri zagotavljanju kakovosti.

8. KREPITEV KAKOVOSTI IN »BOLOGNA«

Krepitev kakovosti je širši pojem od zagotavljanja kakovosti in je vsota mnogih načinov za razvoj vis. inštitucij.

Bolonjske reforme so možnost za ponoven premislek in spreminjanje programov, za reformo metod poučevanja (usmeritev v študenta, sprotno ocenjevanje, fleksibilne študijske poti), za okrepitev notranje komunikacije in večjo transparentnost.

Največja ovira za krepitev kakovosti je pomanjkanje sredstev za uvajanje ugotovljenih potreb-

nih izboljšav, ne pa narava notranjih ali zunanjih postopkov zagotavljanja kakovosti. V evalvacijske procese so vedno bolj vključene različne interesne skupine, še zlasti študenti in predstavniki gospodarstva.

V večjem delu Evrope je visokošolsko izobraževanje zadnjih deset let v krizi. Strukturna prilagajanja in politične spremembe so prizadeli prihodek visokošolskih ustanov. Zaupanje v visokošolsko izobraževanje se je z brezposelnostjo diplomantov in »begom možganov« zamažalo. Pretirano usmerjanje v družbene znanosti je privedlo v neravnovesje med skupinami diplomiranih, ki prihajajo na tržišče dela. Posledica tega je razočaranje tako skupin diplomantov kot skupin delodajalcev-predvsem nad kakovostjo znanja, ki ga visokošolske organizacije posredujejo.

9. KAKOVOST JE TOREJ RELATIVNA GLEDE NA ŠTEVILNE INTERESNE SKUPINE

Toda tudi znotraj teh skupin so podskupine, ki zastopajo ločene interese. Takšna rešitev namreč dopušča in priznava pravice različnih interesnih skupin do njihovih različnih perspektiv. Če želimo ugotoviti bistvo opredelitve kakovosti v visokem šolstvu, moramo najprej razumeti različna pojmovanja kakovosti, ki predstavljajo preference različnih interesnih skupin.

Zaradi različnih konceptov kakovosti visokega šolstva verjetno nikoli ne bomo dosegli dokončnega dogovora. Ni idealnega sistema preverjanja in zagotavljanja kakovosti, ki bi bil sprejemljiv za vse strani. Med temi različnimi koncepti se bo nenehno nadaljevalo spremenljivo ravnotežje.

Glavni namen zunanje evalvacije je odgovornost visokega šolstva do širše družbe. Poleg odgovornosti so še drugi nameni, kot so na primer načrtovanje visokega šolstva, konkurenčnost, vpogled v kakovost, vrednost za denar, transparentnost in mednarodna kredibilnost visokega šolstva. Namen zunanje evalvacije je



VZPOSTAVLJANJE SISTEMA ZAGOTAVLJANJA KAKOVOSTI PRI IZOBRAŽEVANJU INŽENIRJEV

lahko tudi razvrščanje ali primerjanje kakovosti visokošolskih institucij, kar služi kot osnova pri razporejanju državnih sredstev v RS.

10. SKLEPI

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.

Dobro izvedene samoevalvacije in zunanje evalvacije bodo prispevale k razvoju sistema zagotavljanja kakovosti v Sloveniji po evropskih priporočilih. Način dela zunanjih in notranjih ocenjevalcev lahko bistveno prispeva k zupanju v sistem zagotavljanja kakovosti. Izvedba samoevalvacij in zunanjih evalvacij mora biti ocenjena s strani sodelujočih inštitucij, partnerjev v visokoškolskem sistemu in zunanjih (tujih) ocenjevalcev.

Da bi dosegli visoko kakovost izobraževanja in nizke osip pri prehodu iz sekundarnega v terciarno izobraževanje, bo treba prihodnje generacije usmerjati na osnovi njihove usposobljenosti in interesov v določene univerzitetne programe ter zagotoviti izvajanje raznih oblik permanentnega in vseživljenjskega usposabljanja na visokoškolski ravni.

Tudi fakultete za strojništvo morajo na področju inženirskih poklicev izpeljati diferenciacijo in orientacijo učinkovitosti fakultet. To ima za posledico spremembe v notranji strukturi univerze in fakultet, saj se ugotavlja, da sedanji koncept izobraževanja inženirjev:

- deloma izpolnjuje zahteve trga delovne sile,
 - zaostaja za stalnimi zahtevami gospodarstva,
 - je preveč disciplinarno in fakultetno orientiran.
- Cilj sodobnega akademskega izobraževanja je

na poudarku velike fleksibilnosti programov, mobilnosti študentov in profesorjev, uvajanju kreditnega sistema študija oz nabora predmetov, vključevanju v evropske raziskovalne projekte, itd.

Univerze združujejo vse tradicionalne naloge, povezane z napredkom in prenosom znanja: raziskovanje, izumiteljstvo, poučevanje in usposabljanje ter nadaljnje izobraževanje. Odgovornost univerz in fakultet za strojništvo za razvoj celotne družbe ni nikjer tako očitna kot ravno v državah v razvoju, kjer igra kakovostno raziskovalno delo v ustanovah visokega šolstva odločilno vlogo pri zagotavljanju temeljev za razvojne programe.

Čeprav se nekdanja industrijska gospodarstva dejansko »deindustrializirajo« in prenašajo številne proizvodne zmogljivosti v tujino, množično priseljevanje kulturno drugačnih ljudstev iz drugih dežel vedno bolj pritiska na tradicionalne trge delovne sile ter na družbeno tkivo v deželah gostiteljicah. Te procese moramo v Sloveniji sprejeti in se zavedati, da nas je ta val globalizacije tudi zajel.



Literatura

[1] Čuš, F. Vzpostavljanje sistema zunanjih evalvacij : nacionalna komisija za kvaliteto visokega šolstva : predavanje; Posvet in skupne priprave na pilotske institucionalne zunanje evalvacije NKKVŠ, Brdo pri Kranju, 30. septembra 2006. 2006.

[2] Čuš, F., Balič, J. QA system in Slovenia and quality assurance practices on the University of Maribor. V: Katič, V. (ur.). XV skup Trendovi razvoja, Trend 2009, Kopaonik, 02-05. 03. 2009. Doktorske studije u Srbiji, regionu i EU : zbornik radova. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2009, str. 110-115.

[3] Kopač, J. Še boljše možnosti za kakovostno delo študentov. IRT 3000, feb. 2009, letn. 4, št. 19, str. 41, ilustr.

[4] Čuš, F. Eksterna evaluacija Univerzitet u Mariboru : plenarni referat, IV. Savjetovanje Reforma visokog obrazovanja "Razvoj sistema upravljanja kvalitetom u visokom obrazovanju", 16. i 17. april 2010, Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo, 2010.

[5] Univerza v Mariboru:

<http://www.uni-mb.si/podrocje.aspx?id=439>

[6] Univerza v Ljubljani:

<http://www.uni-lj.si/Kakovost/Kakovost/ArhivUL.asp>

[7] Univerza na Primorskem <http://www.upr.si/sl/lzobrazevanje/Kakovost/>





ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,

¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče

POVZETEK

Orodja za stiskanje kovinskih prahov so izpostavljena veliki abrazijski in adhezijski obrabi. Problem sta tudi sprijemanje kovinskega prahu na površino orodja in njegovo mazanje. Abrazijsko obrabo in sprijemanje lahko zmanjšamo tako, da na površino orodja nanese trdo prevleko, ki je hkrati trda in ima dobre mazalne lastnosti. Takšno kombinacijo lastnosti ima t. i. „črna“ prevleka, ki jo sestavljata spodnja plast TiAlN in zgornja plast na osnovi ogljika (a-CN). Prva plast, ki je zelo trda (okrog 3200 HV) zagotavlja obrabno obstojnost, druga mehkejša (okrog 1000 HV) pa zmanjša koeficient trenja in preprečuje sprijemanje materiala obdelovanca na površino orodja.

V prispevku predstavljamo rezultate testov obstojnosti orodij za stiskanje kovinskih prahov, ki smo jih zaščitili s »črno« prevleko. Preizkus je bil narejen v redni proizvodnji podjetja Unior Sinter (Zreče).

1. UVOD

Stiskanje prahov je postopek masovne proizvodnje majhnih komponent z enostavno ali kompleksno geometrijo. Bistvo postopka je oblikovanje izdelka s stiskanjem kovinskih prahov, ki mu sledi toplotna obdelava (sintranje). Sintranje je proces toplotne obdelave, v katerem se porozen material oblikovanca iz stisnjene prahu, ki ima veliko specifično površino, zgosti v trden izdelek. Temperatura sintranja mora biti nižja od tališča materiala, zato da izdelek ohrani obliko. Če je izdelek narejen iz mešanice prahov različnih materialov, potem se lahko ena od komponent stali, vendar mora biti taline čim manj, da se izdelek ne deformira. Pri tem je pomembno:

- a) da je temperatura sintranja čim nižja,
- b) da je gostota izdelka čim večja in
- c) da mikrostruktura ustreza kriterijem, ki jih zahteva specifična uporaba izdelka.

Pri tem je ključnega pomena zlasti gostota sintranih izdelkov, ki zelo vpliva na njihove mehanske lastnosti (predvsem na utrujanje materiala). Prisotnost por poveča kontaktne pritiske in poveča lokalne napetosti v materialu. Pore delujejo torej kot koncentrador napetosti in pri

cikličnih obremenitva povzročijo nastanek mikroin makrorazpok. Sintrani izdelki imajo sprejemljivo trdnost in druge fizikalno-kemijske lastnosti, če je njihova poroznost pod 10 %.

Pri izdelavi majhnih komponent je čas stiskanja prahov le nekaj sekund. Tako lahko naredimo visokokvalitetne izdelke iz različnih feritnih in neferitnih prahov različnih zlitin, keramike ali mešanice (kompozitov) prahov različnih materialov. Pri takem načinu oblikovanja izdelkov njihova dodatna obdelava ni potrebna. Druge prednosti so: velika produktivnost, nizka cena izdelkov, njihova geometrija je lahko zelo kompleksna in ima končno (net shape) obliko z ozkimi tolerancami. Novi materiali v obliki prahov in razvoj metod za njihov stiskanje so precej razširili možnosti njihove uporabe.

2 OPIS PROBLEMA

Kovinski prahovi so v splošnem zelo abrazivni in povzročajo obrabo orodij s katerimi jih stiskamo. Poleg abrazijske obstojnosti morajo imeti takšna orodja veliko odpornost kompresijske napetosti in žilavost. Problem, ki se pojavi pri stiskanju prahov je tudi mazanje. To je problem pri tistih



ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,

¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče

kovinskih prahovih, v katerih ni internega mazalnega sredstva ali če je njegova koncentracija majhna. Pri stiskanju mehkih kovinskih prahov pa je problem prenos prahu na visokolegirano orodno jeklo. Takšno sprijemanje materiala prahu na površino orodja povzroča adhezijsko obrabo (galling) orodja. Posledično se povečajo pritiski, ki so potrebni za stiskanje prahov, in sile za izmetavanje izdelkov iz matrice.

Naštete probleme lahko v veliki meri izločimo z nanosom trde začitne prevleke na orodja. Izberemo takšno trdo prevleko, ki ima čim manjšo kemijsko afiniteto do kovinskih prahov. Pri izboru primerne postopka nanašanja trdih prevlek moramo upoštevati, da mora postopek zagotoviti enakomeren nanos prevlek na orodje. Dodatne zahteve so, da mora postopek omogočiti nanos prevleke pri temperaturi pod temperaturo popuščanja orodnega materiala, da je adhezija prevleke čim boljša in da se hrapavost površine orodja po nanosu bistveno ne poveča. V poštev pridejo postopki PVD in kemijski postopki nanašanja iz parne faze v plazmi (PACVD – plasma-assisted chemical vapour deposition). Vsak od teh postopkov ima prednosti in slabosti. PACVD-postopki sicer omogočajo nanos enakomerno debele prevleke po celotni površini orodja (tudi v luknje, kanale). Tudi adhezija tako pripravljenih prevlek je odlična. Slabost postopka pa je majhen izbor prevlek, ki jih lahko na tak način pripravimo (majhen izbor sicer nevarnih prekursorjev na osnovi metal-organskih spojin). Izbor trdih prevlek, ki jih lahko pripravimo s PVD-postopki pa je skoraj neomejen, vendar pa je po drugi strani njihova oprijemljivost na podlage nekoliko slabša. Ker pri PVD-postopkih, ki temeljijo na naparevanju in naprševanju, potujejo uparjeni atomi iz izvira do podlage skozi vakuum v ravni liniji, je debelina nanosa prevleke v splošnem neenakomerna. Dokaj enakomeren nanos dobimo, če zagotovimo večkratno rotacijo orodja. Nanos prevleke v izvrtine je enakomeren le do globine, ki jo določa premer luknje. Pri zaščiti trnov s PVD postopki teh problemov ni.

Razvoj na področju izdelave komponent s stis-

kanjem prahov gre v smeri izdelave izdelkov večjih dimenzij in z boljšimi mehanskimi lastnostmi (večjo gostoto) ter večjo produktivnostjo. Vse to pa pomeni večjo termično in mehanske obremenitve orodja. Zato je neizogibna zaščita orodja z abrazijsko obstojnimi zaščitnimi prevlekami, ki hkrati onemogočajo sprijemanje.

Dolgoletne izkušnje podjetja Unior Zreče, obrat Sinter so, da med stiskanjem kovinskih prahov prihaja do pogostega loma novih orodij in posledično do zastojev strojev. Problem so tudi veliki stroški orodja, izmet, reklamacije kupcev zaradi napak na izdelkih in s tem povezana manjša produktivnost na stroju. V prispevku predstavljamo rezultate testov obstojnosti orodij za stiskanje kovinskih prahov, ki smo jih uspešno zaščitili s črno prevleko. Preizkus je bil narejen v redni proizvodnji podjetja Unior.

3 PRIPRAVA ČRNE PREVLEKE

Črna prevleka (slika 1) je narejena iz spodnje debelejše plasti TiAlN (mikrotrdota okrog 3200 HV) in tanjše vrhnje plasti na osnovi ogljika (a-CN, trdota okrog 1000 HV). Prva zagotavlja obrabno obstojnost, druga pa majhen koeficient trenja in majhno sprijemanje materiala obdelovanca na površino orodja. Prevleka TiAlN/a-CN je primerna za zaščito rezalnih orodij (za obdelavo jekla, litega železa in neželeznih zlitin) kot tudi za zaščito orodij za preoblikovanje (npr. orodja za globoki vlek, stiskanje kovinskih prahov). Funkcija vrhnje prevleke na osnovi ogljika je mazanje, zato lahko orodja, zaščitena s takšno prevleko, delajo na suho oz. z minimalno uporabo maziv.

Funkcija trde prevleke TiAlN je zaščita pred abrazijsko in oksidacijsko obrabo, medtem ko tanka plast trdega maziva bistveno zmanjša trenje, prepreči sprijemanje in zmanjša termično obremenitev orodja. Čeprav se vrhnja plast kmalu izrabi, ostane mazivo v vseh mikrokraterjih in porah.

Prevleke na osnovi ogljika imajo vrsto ugod-



ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,
¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče

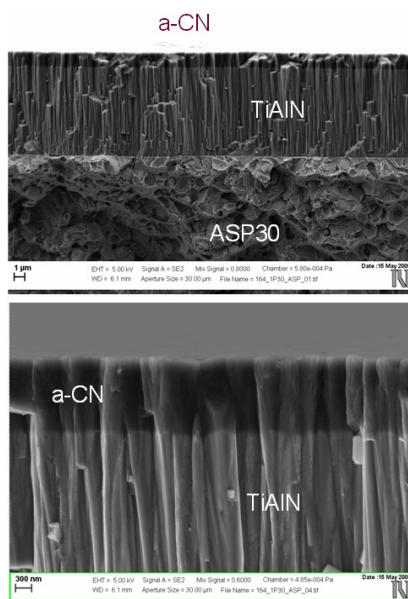
nih lastnosti, zaradi katerih se uporabljajo na različnih področjih. Ker so amorfne, nimajo kristalnih mej in so zato zelo gladke. Tako lahko pripravimo zelo tanke plasti, debele vsega nekaj atomskih plasti, ki pa so še vedno kompaktne in brez por.

Črno prevleko smo pripravili tako, da smo s postopkom naprševanja v napravi CC800/9 sinOx ML nanесли približno 2 μm debelo TiAlN plast, nato pa smo v isti napravi na enak način nanесли še ogljikovo plast, stabilizirano z dušikom. Pred nanosom so bila orodja očiščena s standadnim kemijskim postopkom. Po šaržiranju smo vakuumsko posodo izčrpali do visokega vakuuma. Sledilo je segrevanje podlag na temperaturo okrog 450 $^{\circ}\text{C}$ in ionsko jedkanje z mešanico argonovih in kriptonovih ionov, ki je zadnja faza čiščenja podlag. Sledil je nanos plasti TiAlN iz treh segmentnih tarč Ti-Al v atmosferi dušika. Med nanosom so bile podlage na negativnem električnem potencialu. Na tak način smo plast med nanosom obstreljevali z ioni iz plazme. To zagotovi boljšo oprijemljivost plasti TiAlN na podlago in rast goste kompaktne plasti s finostrukturno mikrostrukuro. Ogljikovo plast smo nanесли z naprševanjem, in sicer iz ene grafitne tarče. Razprševanje je potekalo v argon-dušikovi

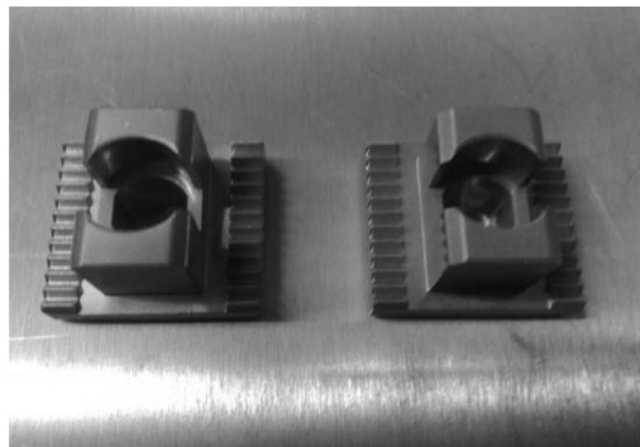
je grafitnih, del pa diamantnih. Delež dimantnih vezi je odvisen od deleža atomov, ki imajo dovolj veliko energijo, potrebno za oblikovanje diamantnih vezi.

4 PREIZKUS ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV ZAŠČITENIH S ČRNO PREVLEKO

V podjetju Unior, obrat Sinter so eden glavnih proizvodov zahtevni sintrani deli za volanske mehanizme avtomobilov (slika 2). Ti elementi služijo za nastavitev volana po višini in globini ter za zaklep tega sistema. Izdelke stiskajo v hidravličnih stiskalnicah, kjer so sile stiskanja od 150 do 200 ton. Največji strošek v procesu predstavlja orodje. Orodja so izdelana iz različnih visokokvalitetnih orodnih jekel, ki so izdelana po tehnologiji prahov (ASP-23, CPM-9V, CPM-3). Čelna stran trnov je bila izdelana s potopno erozijo, najprej pri pogojih grobe obdelave in nato pri pogojih fine obdelave. Delovna površina posameznega funkcionalnega dela orodja je bila spolirana. Z vidika uporabe je pomembna zračnost med terni in maticami, ki mora biti optimalna – če je prevelika, se v reži nabira kovinski prah, če pa je premajhna, se orodje med stiskanjem zatika in posledično zlomi.



Slika 1: Posnetek preloma "črne" prevleke narejen z vrstičnim elektronskim mikroskopom v atmosferi. Dušik, ki se vgradi v ogljikovo plast, stabilizira kemijske vezi med ogljikovimi atomi. Del vezi



Slika 2: Element za zaklep volanskega mehanizma izdelan s tehnologijo stiskanja kovinskih prahov





ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,

¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče



Slika 3: Trn za izdelavo elementa za zaklep volanskega mehanizma

V proizvodnji izdelkov s stiskanjem prahov so imeli v preteklosti naslednje probleme:

- majhna obstojnost orodja in veliki stroški orodja
- izmet
- reklamacij
- zastoji v proizvodnji.

Tehnologi so poskusili te probleme rešiti na več načinov:

- z izbiro novega orodnega materiala
- z boljšo obdelavo delovne površine orodja
- s spremembo parametrov potopne erozije
- z zmanjšanjem hitrosti stiskanja
- z zaščito orodij s trdimi prevlekami.

V proizvodnji naredili preizkus trnov (slika 3), ki imajo na čelni ploskvi gravuro v obliki zob. Pri trnih, ki so bili izdelani iz ASP-23 in CPV-9 sintranih jekel, so v proizvodnji imeli težave, ker so pogosto že po nekaj tisoč izdelanih kosih nastale v jeklu razpoke. Po približno 39.000 izdelanih kosih pa se je pričel kovinski prah sprijemati na delovno površino trna. Pri nadaljnjem delu so

se vrhovi zob odkrušili. Začasna rešitev je bila ponovno poliranje površine trna, vendar so se problemi ponovili po kratki seriji izdelkov. Boljši rezultati so bili doseženi s trni iz orodnega jekla CPV-3, s katerim so (z vmesnimi poliranjimi orodja) naredili do 50.000 kosov.

Najboljši rezultati pa so bili doseženi s trnom iz jekla CPV-3, ki je bil zaščiten s črno prevleko. Po izdelani seriji 40.000 kosov so bili le-ti mersko ustrezni, brez razpok, zobi na izdelkih pa trdni in neokrušeni. Poškodb na delovni površini orodja ni bilo in tudi poliranje orodja ni bilo potrebno, zadostovalo je le čiščenje z alkoholom. V celoti se je s trnom izdelalo 200.000 kakovostnih kosov in brez brez zastojev v procesu stiskanja. Primerjava obstojnosti trnov iz različnih orodnih materialov je pokazala, da se lahko:

- s trni iz orodnega jekla ASP-23 izdelala 0,65 serije (40.000 kosov), z minimalno eno obnovo
- s trni iz orodnega jekla CPM-9V izdelala 0,76 serije, z minimalno eno obnovo
- s trni iz orodnega jekla CPM-3V izdelala 0,83 serije, z minimalno eno obnovo
- s trni iz orodnega jekla CPM-3V s prevleko TiAlN/a-CN – izdelano 3,33 serije; po odstranitvi obrabljene prevleke s kemijskim jedkanjem, obnovi delovne površine orodja in nanosu nove prevleke, se lahko orodje ponovno uporabi.

5 ANALIZA OBRABE TRNOV

Obrabo delovne površine orodja smo analizirali s 3D-profilometrom in z vrstičnim elektronskim mikroskopom. 3D-profilometrija je neporušna metoda merjenja topografije, ki smo jo lahko izvedli na trnu po vsaki končani seriji izdelkov. Analizirali smo predvsem stanje zob na delovni (čelni) strani trnov, ki so najbolj izpostavljeni obrabi. Meritve smo naredili po izdelavi 68.000, 76.000, 133.000 in 200.000 kosov. Rezultati meritve so prikazani na sliki 4. Prve poškodbe prevleke so nastale na konici teh zob po seriji 133.000 kosov. Po končani seriji 200.000 izdelkov je bilo orodje zaradi poškodb izločeno iz proizvodnje.

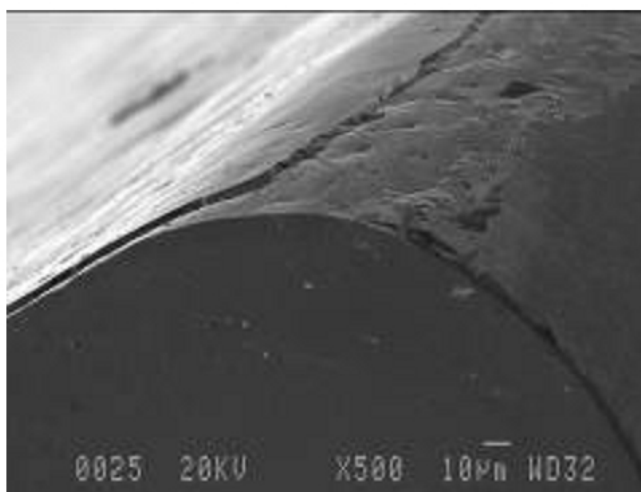




ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,
¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče

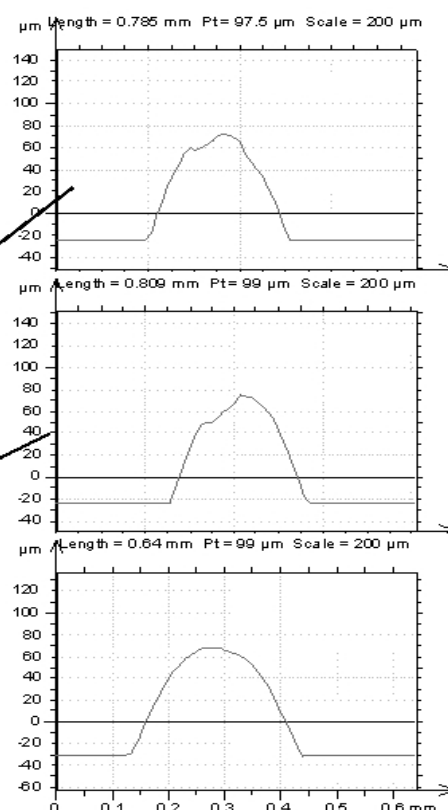
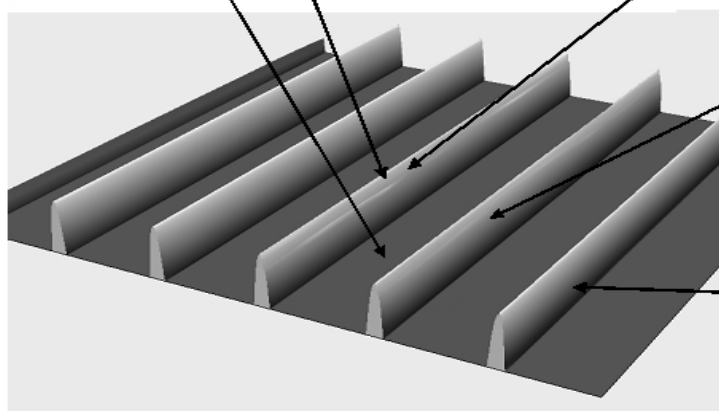
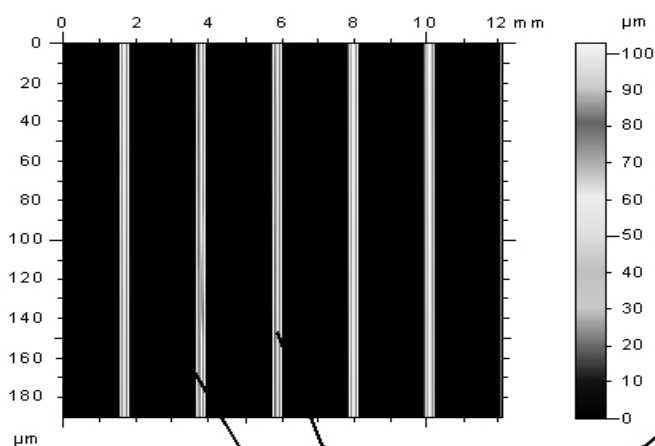
Za SEM-analizo smo čelo trna (ploščico debeline približno 1,5 mm) odrezali z žično erozijo. Z elektronskim mikroskopom smo opazovali značilne poškodbe prevleke (slika 5). Ugotovili smo, da je poškodovana zgolj prevleka.



Slika 5: SEM-posnetek značilne obrabe prevleke na zobu, ki je na čelni strani trna.

6 SKLEPI

Za zaščito orodij za stiskanje kovinskih prahov smo uporabili črno prevleko (TiAlN/a-CN). Črna prevleka je narejena iz spodnje debelejšje plasti TiAlN (mikrotrdota okrog 3200 HV) in tanjše vrhne plasti na osnovi ogljika (trdota okrog 1000 HV). Prva zagotavlja obrabno obstojnost, druga pa majhen koeficient trenja in majhno sprejemanje materiala obdelovanca na površino orodja. Obstojnost orodij, zaščiteneh s črno prevleko, se je v povprečju povečala za 4-krat, v nekaterih primerih pa tudi 10-krat. Pri tem ni pomemben le prihranek pri strošku izdelave in vzdrževanja orodja, ampak tudi to, da ni zastojev v proizvodnji. Bistveno se je zmanjšal tudi izmet in število reklamacij kupcev.



Slika 4: Analiza obrabe zob na čelni strani trna po izdelavi 200.000 kosov. Posneki so bil narejeni s 3D-profilometrom





ZAŠČITA ORODIJ ZA STISKANJE KOVINSKIH PRAHOV S "ČRNO" PREVLEKO

P. Panjan¹, S. Paskvale¹, M. Panjan¹, M. Čekada¹, B. Fišinger², M. Mernik²,
¹Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
²Unior, Kovaška industrija d. d., Zreče





MANAGEMENT OF RESOURCES IN TOOL MAKING COMPANY

Mihael DEBEVEC, Niko HERAKOVIČ
University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana

ABSTRACT

normous loss of production time in machining, handling and assembly operations in tool shops is caused mainly by resources' unavailability. For this reason the optimization of the production processes is of great importance especially for small and middle size tool shops. One of the possible tools for the optimization of production processes is the methodology of the detection and elimination of the majority of the possible mistakes and disturbances, which could cause deadlocks in the production process, in advance. The optimization tools which are available in the market nowadays are usually too expensive for smaller tool shops, therefore alternative solutions are necessary. In the proposed paper a low cost simulation model for simulation execution in standard simulation tool is presented. The main purpose of the model execution is optimization of the resource presence management. Resources are treated as one of the main parameters in the production process and all this is done in a way, which could enable also smaller tool shops to optimize their production processes from the resource presence viewpoint. An advanced method has been developed and presented in this paper, which is especially adapted to use in tool shops for executing a digital production in a digital factory primarily. Also the verification of the simulation model and the new method is presented in the paper through the testing of developed model on the real data from the real tool shop. At the end of the paper the comparison between the digital production simulation results and the real production results is presented, which proves the quality of the simulation model and opens the possibilities for its' future use in the practice.

1. INTRODUCTION

Niche production is one of the possible solutions for smaller companies and even smaller countries to survive in nowadays globally competitive market. Those companies, which are capable to adapt quickly to the new and very often quickly changeable market demands and which can at the same time organize their production resources also under unique and small quantity production (USQP) circumstances, can become and stay globally competitive, successful and innovative.

The data and practical experiences from many smaller companies prove that for example pure machining on machining centre represents only 5 % of individual operation duration. The rest 95 % of operation time is spent on lying of physical resources at the preliminary operations or before the next operations during setup times and much

of the time is unnecessary spent even on transportation and handling etc. of physical resources during the production process [1].

These numbers expose the enormous loss of production time in machining, handling and assembly operations, which is caused mostly by resources' unavailability. The right resources in the right time is one of the most important factors and even a condition for the production process and for each individual production operation to be able to start its' execution.

For this reason, most of the companies, not only smaller ones, should detect and eliminate in advance the majority of the possible mistakes and disturbances, which could potentially negatively influence the resources availability and herewith cause the deadlocks in the production and especially the manufacturing process and consecu-



tively the unexpected costs or profit losses. Optimization of the production and manufacturing process in such a way is also one of the fundamental orientation lines of lean production.

Therefore alternative, low cost simulation tools are necessary to be applied and new approaches to be undertaken which could enable also smaller companies to optimize their production processes, also under the niche production circumstances.

This paper deals with such an approach and suggests a new method, based on manufacturing in digital environment, where resources are treated as one of the main parameters in the manufacturing process execution level.

2. DIGITAL MANUFACTURING

Therefore, especially for smaller companies, which are struggling to find appropriate niches, it is necessary to optimize their production processes. This can be done by:

- either arranging the production operations in time scale ([2], [3], [4], [5]), which is the most common approach in the practice, or by
- improvement the production process in the level of operations' execution ([6], [7]).

Many different simulation tools are being used nowadays for optimization of production and manufacturing processes ([4], [5], [8], [9]). Some computer systems, usually called Digital Factory ([10], [11]) are designed for the use in large, mass production type enterprises ([8], [9]) and are practically not accessible by smaller companies, mostly because of a very high price of the digital factory systems [12].

The essential advantage of performing production and manufacturing process in digital environment, like digital factory is, in comparison with real conditions in the practice and with real factory, is that the digital factory operates only with data in virtual environment and not with real resources and material flow.

For this reason, the production process in virtual environment can be executed in any number of experiments and variations under different conditions, before actually the production plan in the real production system is executed [13]. This is the main reason, why digital or so called virtual environment is very useful and suitable, especially for the optimization of the production processes in advance.

3. ADVANCED APPROACH

Based on fundamental presumptions from the literature ([14], [15]) and experiences from praxis the new method and tool called MaDEIR (Manufacturing in Digital Environment Incorporating Resources) is suggested and presented in this paper, designed for the use of optimization of production processes in smaller companies.

The most important characteristic of the MaDEIR method, which distinguishes it from the similar standard systems, is an advanced approach, which takes into account all significant manufacturing physical and human resources that enable performing the manufacturing process. Standard systems for production planning in the above-mentioned types of enterprises do not take into consideration the presence of manufacturing resources as required elements to perform a single manufacturing activity.

The concept of MaDEIR method is based on the verification of a production plan and a schedule plan in smaller companies, dealing with the unique, small and variable quantity production. The basic idea of the concept is the presumption that a planned production plan, set up for actual performing of production process in a small company, can be performed in a digital factory before a real manufacturing occurs.

It is very important to emphasize that the results of a verified schedule plan could be used for the prediction of the actual schedule plan execution in a real manufacturing system in the future ac-

tivities of the small company also in the case of small and unique quantity production. By considering different resources and their impact on the schedule plan course, it is possible to simulate and herewith to predict different unexpected deadlocks because of unexpected unavailability of required physical and also human resources. By using the suggested tool and methodology it is possible to indicate and obviate the unexpected deadlocks and consecutively to prepare corrections of a production plan and a schedule plan and to optimize the production process in advance.

The MaDEIR system is composed of four modules like the module for manufacturing system model, data module, module for setting up the environment for simulation and execution and the module for the presentation of the results.

Manufacturing system model, in which the real manufacturing process is described with all main characteristics which have a significant role in it, is based on the real manufacturing system layout and logical interdependence between different elements of the manufacturing system. Data module is based on the data about resources in manufacturing system and data about schedule plan (manufacturing processes course).

The model of manufacturing system, presented in Fig.1 is based on the characteristics of a typical small company's representative with the unique quantity production and is composed of three sub models, which are mutually interconnected and intertwined:

- product sub model,
- process sub model and
- resources sub model.

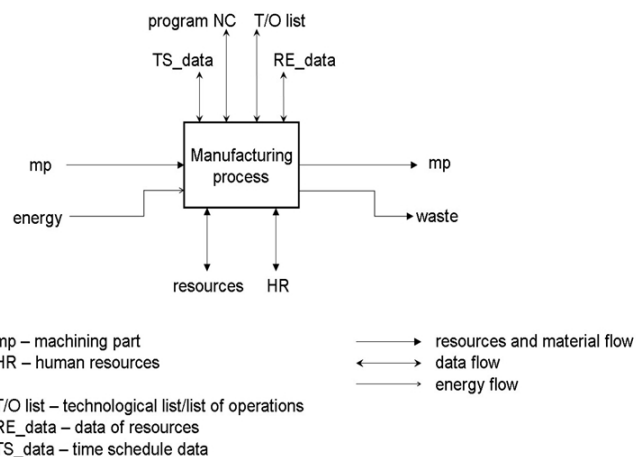


Fig. 1: Inputs and outputs of manufacturing process in small companies with the unique and small quantity production

The product sub model represents all cases of products in observed time period and the process sub model includes all variants of processes that can be carried out in the observed time period and are defined in detail.

The resources sub model comprises all data about the resources in the production process and the data about production process structure (factory structure) like manufacturing system layout and logical dependences between all the elements of the manufacturing system.

The manufacturing process model from Fig. 1 incorporates all basic suppositions for the single manufacturing process execution. Manufacturing process can be started under the condition that all manufacturing factors like program NC, time schedule data, technological/operational list, data about all resources, energy, physical resources, human resources and machining part, described in Table 1, are presented on the place where the manufacturing process will be carried out.

<i>Manufacturing factor</i>	<i>Description</i>
program NC	numerical control program for operations' execution on machining centres
time schedule data	time schedule data about machining operations executions in the time scale viewpoint
technological/operational list	documents which contain technological and operational data
data of resources	data about all resources in the manufacturing system
resources	required physical resources
human resources	required human resources
machining part	machining part in the machining process
energy	all types of required energy

Table 1: Description of the manufacturing process factors

Considering previously mentioned sub models the manufacturing process execution for individual machining part is defined through the combination of product sub model and the production process (factory) sub model. Manufacturing process execution actually consists of the sequence of operations [16] which are defined in the technological plan of the production process. The operations' execution sequence for individual workpiece with its input and output elements, especially resources, is presented by a logical scheme of manufacturing process execution, shown in Fig. 2.

According to the MaDEIR method the elementary unit of the manufacturing process is a production operation. On one side the input to each individual production operation is represented by different physical elements like resources and workpiece as well as data elements like data and energy. On the other side the output of each in-

dividual operation is also represented by different physical elements like resources and workpiece, data elements and additional elements like waste.

The condition for each operation to begin its execution is the required presence of all input elements to the operation (Table 1) on the location where the operation is carried out.

4. IMPORTANCE AND THE ROLE OF RESOURCES

The production process model is actually based on the layout of the real production process in the shop-floor with all the resources and is composed of several sub models which are very important or even indispensable for the execution of the digital manufacturing in the virtual environment. The sub models of the production process are represented by the following resources:

- machining centres,
- cutting tools,
- clamping devices,
- transportation devices,
- measuring devices,
- special equipment and
- human resources.

Every individual physical resource is very important for the MaDEIR model and influences its accuracy and also the reliability of the prediction ability of the model. Therefore each individual physical resource has to be characterized by all the most important parameters for the model.

In any case it has to be characterized at least by the fundamental data set, from which the condition of the resource could be recognized in every moment of the production process, like:

- ID (identification) number, which uniquely defines a resource,
- Location, with its code number, which shows the momentary location of a source,
- availability, which gives the information about the resource if it is already in use or available to use in the observed moment, and the

- availability schedule, which gives the necessary information about the availability schedule of the resource.

4.1 Machining centre

The machining centre has a fixed location in the production process and on this location the operation is executed on the machining part. For the supervision and execution of all production operations, which are performed on the machine, the qualified operator is required, who can manage the machine and is qualified to take also important decisions during the production process and especially during the production operation execution.

From the production process' point of view, the machining centre is basically characterized by a:

- production capacity,
- foreseen stoppage and
- unforeseen stoppage.

The production capacity represents the number of agreed elementary units, which can be produced in an elementary time unit. The foreseen stoppages are anticipated stoppages, when regular maintenance or moderating on machining centre is carried out. The unforeseen stoppages are unexpected stoppages, caused by various reasons like mechanical breakdowns or fractures and, most often, by the unavailability of demanded resources, which are needed for the execution of the production operation on the machine.

4.2 Cutting tools

The cutting tool sub model represents a set of cutting tools with which the machining operations are performed inside of an individual production operation. The cutting tools are located on different locations in the workshop:

- in tool storage,
- on presetting, where the preparation for machining is performed,
- on the machining centre, waiting for the machining operation or in use and
- in the cleaning and maintenance process etc.

In the presented sub model the individual cutting tool is treated like a compounded tool, which is composed of elementary cutting tool elements, like counted tool holders, adapters, cutting inserts, milling tools, turning tools, drills, milling heads, turning heads, different small elements, etc. Compounded cutting tool can be recognized over ID number on the holding part.

4.3 Clamping devices

The clamping device's sub model represents a set of clamping devices which are used for clamping of the machining part on machining centre table during the entire operation execution. An individual clamping device is intended for clamping on defined machining centres for defined geometry of a machining part. The clamping devices can be located on different locations in the workshop.

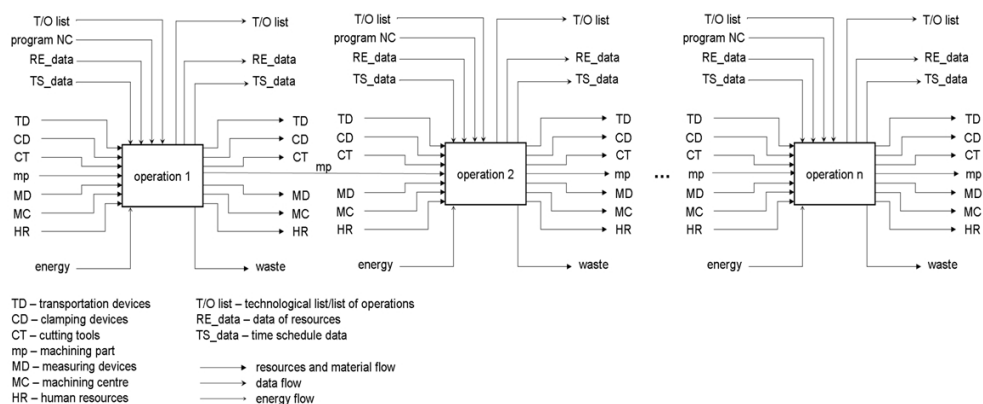


Fig. 2: Sequence of operations for individual machining part inside manufacturing process in small company

4.4 Transportation devices

The transportation devices sub model represents a set of all transportation devices which are required for the transportation of the machining part to the machining centre, for placing of the machining part on the machining centre table and for the transportation of a workpiece to the warehouse. The transportation devices can be located on different locations in workshop. Individual transportation device is intended for parts transportation with defined geometry and weight.

4.5 Measuring devices

The measuring device's sub model represents a set of measuring devices which are required for the dimension checking of the machining part after the finished production operation or during/ after individual machining operation. The measuring devices can be located on different locations in a workshop.

4.6 Special equipment

Special equipment is a group of small equipment that is in use rarely and coincidentally. Among special equipment different standard parts, standard tools, appliances, etc. are classified. For every individual part it is important it's availability and functionality when it is required.

4.7 Human Resources

Additional and even the most complex and demanding of all sub models is the Human Resources Sub Model (HRM). It is actually the operator model with it's all possible physical and sociological conditions, activities, properties and features, which characterize the particular human operator. The most important features, which directly characterize the operator's work, are [17]:

- operator priorities,
- basic physical and sociological properties,
- operator decisions if more than one feasibility of prosecution is possible,

- operator's decision making if a prosecution is not defined but required,
- modelling the operator's tasks that are not precisely defined, but have to be considered as possible and inevitable.

Very important feature is the operator's decision making process, which depends on the instantaneous combination of individual and environmental parameters [18]. The human resources sub model of the MaDEIR method is based on different theoretical assumptions available in the literature ([18], [19], [20], [21]) and on the human resources model developed for a specific virtual tool-making company [17].

5. SIMULATION AND MODEL EXECUTION

The model of the manufacturing system and its execution are based on data acquired from an Integral Information System [22], a database of a concrete small company, in which all general data of elements and resources of a company are usually available.

For digital factory execution in a computer it is first of all necessary to build up a simulation model, which is then carried out with the production process course data.

5.1 Simulation model

A simulation model is build up on the principles of previously described MaDEIR method. For setting up the model, the expertise of discrete event simulation is used which enable setting up and analysis of a dynamic model of discrete event system. The model contains different elements of manufacturing system and represents logical connections among them on a way that execution of the model in computer is possible. The core of a discrete event simulation is treating the events in the time moments, when the characteristics of observed elements and processes are changed. This characteristic of a discrete event simulation makes it possible, that the simulation of longer

time duration can be performed in shorter period. The setting up of a simulation model and its execution is carried out using a standard computer package Plant Simulation (Tecnomatix eM-Plant), designed for the execution of discrete event simulations. The standard basic tool is chosen from a reason to simplify the model corrections and adaptations. More complex logic of logical dependencies of model elements in the simulation model is built in through programming in the programming language Visual Basic.

5.2 Simulation results

The results of the simulation, in the form of output data from the digital factory, comprise all principal data, concerning the course of manufacturing process in digital factory, like:

- code of workpiece,
- identification number of operation,
- code of machining centre, where operation is executed,
- start time of an operation in digital factory,
- end time of an operation in digital factory,
- duration of an operation in digital factory, etc.

The most important data from digital factory, concerning individual operation, are the beginning and the end time of an operation, as well as the operation duration. An example of the simulated production process and the comparison of simulated results with the real schedule plan of the production process operations of one workpiece manufacturing in a tool making company, specialized in niche production of unique and small quantities of products, is shown in Fig. 3.

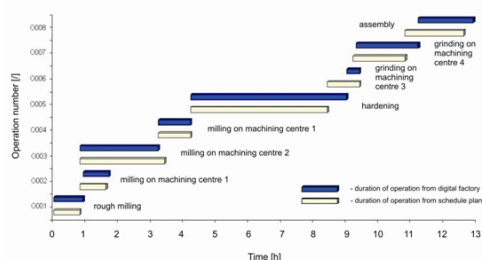


Fig. 3: Comparison between the simulated results and the real data from the schedule plan

Simulation results and the output data from the digital factory are a basement for accomplishment of operations course analysis and production process optimization. Comparison between the simulated data, concerning anticipated course of individual operations of the production process and the real data from the planned time table of the workshop can show the following results:

- data from the digital factory are not showing essential deviations from the real time table data,
- data from the digital factory are showing essential deviations from the real time table data.

No essential deviations between simulated and real data show that planned resources for planned operations performing are available on demanded terms. This means that the prepared manufacturing plan is planned well.

If there are deviations between both data, it means that planned manufacturing process is not planned well. Reasons can be unavailability of demanded resources or unexpected disturbances. Additional analyses of data that are acquired from the digital factory are then necessary to be carried out to find out reasons for appearing of the deviations and to eliminate all the mistakes and disturbances in the production plan.

A new simulation is then performed with the corrected and optimized data of the manufacturing process in the digital factory followed by the data comparison and optimization step. These steps can be repeated until the optimal production plan is achieved.

6. CONCLUSIONS

The main aim of presented research work is to propose a new, low cost optimization tool and method for the optimization of the production processes from the resource presence point of view in small companies with niche production.

The proposed method is based on manufacturing in digital environment and incorporates all the resources, which are present in the production process and are proven to be important for the prediction accuracy of the proposed method called MaDEIR. In this method all the resources are treated as one of the main parameters in the manufacturing process execution level.

References

- [1] Wiedhal, H.P., (1994). *Load-Oriented Manufacturing Control*, Berlin-Heidelberg, Springer Verlag.
- [2] Starbek, M., Berlec, T., (2001). Reduction of lead time of operation. *34th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems*, Athens, Greece. p. 323-328.
- [3] Starbek, M., Berlec, T., (2003). Reduction of lead time of operation. *CIRP Journal of Manufacturing Systems*, 32/5: 431-437.
- [4] Preactor. (2008). <http://www.preactor.com/> (visited November 10, 2008).
- [5] SAP. (2008). <http://www.erpgenie.com/sapfunc/pp.htm> (visited November 08, 2008).
- [6] Onosato, M., Iwata, K., (1993). Development of a Virtual Manufacturing System by Integrating Product Models and Factory Models. *Annals of the CIRP* 1993; 42/1: 475-478.
- [7] Debevec, M., Perme, T., Noe, D., (2006). A virtual manufacturing system for tool-making companies. *International Journal Automation Austria*, 14/1: 1-12.
- [8] Delmia. (2008). <http://www.delmia.com/> (visited November 02, 2008).
- [9] Siemens. (2008). http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/ (visited October 12, 2008).
- [10] Wenzel, S., Jessen, U., Bernhard, J., (2005). Classification and conventions structure the handling of models within the Digital Factory. *Computers in Industry*, 56/4: 334-346.
- [11] Jovanovic, V., Tomovic, M., Filipovic, S., (2008). An Introduction to Digital Manufacturing. *Proceedings of the 14th International Scientific Conference on INDUSTRIAL SYSTEMS - IS '08*, Novi Sad, Serbia.
- [12] Ostojic, G., Jovanovic, V., Stankovski, S., Lazarevic, M., (2006). *Digital Manufacturing and RFID Technology*. 9th International Scientific Conference on Flexible Technologies - MMA 2006, Novi Sad, Serbia and Montenegro.
- [13] Debevec, M., Perme, T., Noe, D., (2003). Simulation-aided management of cutting tools in a tool-making company. *Journal of Mechanical Engineering*, 49/1: 16-27.
- [14] Bretthauer, K.M., Shetty, B., Syam, S., Vokurka, R.J. (2006). Production and inventory management under multiple resource constraints. *Mathematical and Computer Modelling* 2006, 44/1-2: 85-95.
- [15] Lihong, H., Xiansheng, Q., Yanjun, H., (2007). Role perspectives in the context of resource management of product development. *Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications 2007*, Harbin, China.
- [16] Heizer, J.H., Render, B., (2001). *Operations management*. Upper Saddle River (New Jersey): Prentice Hall.
- [17] Debevec, M., Perme, T., Noe, D., (2004). Decision making process in virtual manufacturing regarding human resources. V: *IFAC Multitrack Conference on Advanced Control Strategies for Social and Economic Systems*, Vienna, Austria.
- [18] Hadfield, L., Mason, P., Fletcher, S., Mason, S., Siebers, P.-Q., (2000). *Human Performance Modelling as an Aid in the Process of Manufacturing System design*. Research Project, Manufacturing Systems Department, School of Industrial & Manufacturing Sciences, Cranfield University, Cranfield.
- [19] Baudet, P., Azzaro, C., Pibouleau, L., Domenech, S., (1996). A Genetic Algorithm for Batch Chemical Plant Scheduling. *International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA'96*, Prague.
- [20] Wray, R. E., Laird, J. E., (2003). Variability in Human Behavior Modeling for Military Simulations. *Proceedings of the Twelfth Conference on Behavior Representation in Modeling & Simulation Conference (BRIMS 2003)*, Scottsdale, Arizona.
- [21] Biddle, E. S., Stretton, M. L., Burns J., (2003). PC Games: A Testbed for Human Behavior Representation Research and Evaluation. *Proceedings of the Twelfth Conference on Behavior Representation in Modeling & Simulation Conference (BRIMS 2003)*, Scottsdale, Arizona.
- [22] Ostojić, G., Lazarević, M., Stankovski, S., Ćosić, I., Radosavljević, Z., (2008). Radio Frequency Identification Technology Application in Disassembly Systems. *Journal of Mechanical Engineering* 2008; 54/11: 759-767.

SKLOP II

AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD, Slavko DOLINŠEK
IB-PROCADD d.o.o., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANJA

Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL

Uroš ŽUPERL
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

Branko Ušaj, BTS d.o.o.

ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME

Primož Hafner, Lotrič d.o.o.

OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA

Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

SHELL-OVA HLADILNO MAZALNA SREDSTVA ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM

Actinia d.o.o.

SHELL-OVA NOVA GENERACIJA OLJ ZA DRSNATA VODILA

Actinia d.o.o.

"S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?"

Samo Gazvoda, TECOS

VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK, Ivo PAHOLE, Andrej STEPIŠNIK, Stanko STEPIŠNIK, Leo GUSEL
Emo-orođarna d. o. o., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS

Thomas RAINER, Voestalpine AG





AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD¹, Slavko DOLINŠEK²

¹IB-PROCADD d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Tehnologije z dodajanjem materiala (Additive Manufacturing – AM) so se od začetkov v 80. letih (stereolitografija) razvijale skozi različne procese (SLS, LOM, FDM, Polyjet, 3D tisk, DLP ...). Uveljavile so se praktično v vseh industrijah, najbolj pa v avtomobilski, vesoljski in letalski, ter v biomedicini, energetiki in proizvodnji naprav za široko potrošnjo. Njihov vpliv neprestano raste, tako glede na število narejenih izdelkov in sestavnih delov, kot glede na število prodanih strojev ter število prijavljenih patentov. S hitrim razvojem in zmanjševanjem cen tako strojev kot novih materialov so AM tehnologije pričele izpodrivati klasične proizvodne postopke. Še nekaj let nazaj so bili izdelki, narejeni z AM tehnologijami, v glavnem prototipi, unikatni ali narejeni v malih serijah, danes pa postajajo AM tehnologije tudi prava izbira celo za relativno velike serije proizvodov.

Odločitev, na kakšen način in s katero tehnologijo narediti izdelke najbolj optimalno, je vse zahtevnejša, še posebej zato, ker nove možnosti, ki jih ponujajo AM tehnologije, na trg prinašajo drugačne izdelke. Tudi take, ki jih z drugimi tehnologijami ni mogoče izdelati. Tako AM tehnologije v mnogih primerih spreminjajo utečene načine in pravila igre ter predstavljajo nove poslovne priložnosti, in to ne samo tam, kjer ogrožajo konvencionalne postopke. 3D tisk in DLP tehnologije ne zahtevajo posebnih prilagoditev delovnega okolja in nekateri strokovnjaki 3D tiskalnikom napovedujejo podobno usodo kot 2D tiskalnikom – postali bodo naprave dostopne za osebno rabo.

1. UVOD - AM TEHNOLOGIJE

AM predstavlja proces združevanja materiala v objekt z uporabo računalniških podatkov 3D modela. Navadno proces združevanja poteka po slojih in je nasproten odstranjevalnim metodam (CNC). Termin združuje ali zamenjuje različne pojme, ki so se vzpostavili skozi tehnološki razvoj: hitro prototipiranje, hitra izdelava, hitra izdelava orodij ...

Danes zaradi razvoja novih materialov in vse natančnejše in hitrejše izdelave zahtevnejših oblik govorimo o izdelavi končnih izdelkov.

AM tehnologije poleg že omenjenih prodirajo tudi na druga področja in industrije: vojaško, dental, zlatarsko in pohištveno industrijo, v industrijo 3D video igrice (avatarji), na področje domačih

pripomočkov in igrač, v gradbeništvu, ohranjanje kulturne dediščine ... (glej sliko 1).

Različne postopke dodajanja AM tehnologij smo že omenili, glede na način procesiranja posameznih ravnin pa velja, da je rastrski način bistveno hitrejši od vektorskega, za katerega pa praviloma velja, da je natančnejši (npr. Solid-scape, [1]). Najhitreje je procesiranje celotne ravnine naenkrat (npr. DLP tehnologija, katere predstavnik je ZBuilder Ultra [2]).

Najhitreje rastoči segment AM naprav je 3D tisk, ki predstavlja tudi najnižji cenovni segment. V srednjem cenovnem segmentu najdemo vrsto različnih naprav za različne namene AM proizvodnje, ki uporabljajo različne materiale in zagotavljajo tudi zelo različne lastnosti končnih izdelkov. V najvišjem cenovnem razredu (nad 200.000



AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD¹, Slavko DOLINŠEK²

¹IB-PROCADD d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

\$) so v glavnem AM naprave za izdelavo polimernih, kovinskih in keramičnih izdelkov, ki so optimizirane za večje dimenzije, večje kapacitete proizvodnje in uporabo več materialov istočasno.

Nekatere Benchmark analize v zadnjem času kažejo, da višja cena še ne pomeni večjega učinka AM naprav. Pri tem mora biti kupec pozoren tudi na vse dodatne stroške, ki so potrebni za pričetek uspešne uporabe nove AM naprave.

Postopki	Področja uporabe
SLS	Umetnost (nakit in zlatarstvo)
LOM	Vizualizacije
FDM	Letalska industrija
Polyjet	Avtomobilska industrija
3D tisk	Medicinska tehnologija
DLP	Orodjarska industrija
SLA	Povratno inženirstvo
PDM	Nanotehnologija
.....	Potrošniški izdelki
	Elektronska industrija
	Zabavna industrija
	Izobraževanje
	Energetika
	Arhitektura

Slika 1: Postopki AM tehnologij in področja uporabe.

2. 3D TISK JE NAJHITERJE RASTOČA AM TEHNOLOGIJA

Trg naprav AM tehnologij nasploh raste kljub gospodarski svetovni recesiji, najhitrejšo rast pa beleži prav 3D tisk. Vzrok za to so ugodne cene (nizkocenovni segment), ki omogočajo hitro povračilo investicije. Naprave so relativno enostavne za uporabo in opazna sta tako trend opremljanja manjših ponudnikov storitev tiska (Printshop-ov) s 3D tehnologijo kakor tudi investiranje številnih podjetij v lastne kapacitete 3D tiska.

Dodatni pospeševalec rasti so relativno majhni stroški uporabe ter ugodne cene materialov za 3D

tisk, kakor tudi možnost instaliranja praktično v pisarniško okolje. Zanimiva študija o hitrosti tiska, stroških in enostavnosti uporabe najcenejših 3D tiskalnikov vodilnih svetovnih proizvajalcev teh naprav je dostopna na [3].

Hitri rasti števila instaliranih 3D tiskalnikov botruje tudi njihova univerzalnost in primernost za uporabo tudi na področjih izven področja hitrega prototipiranja (arhitektura, GIS, kulturna dediščina ...).

Kako pomembno je pravočasno vključevanje v nove možnosti in priložnosti, ki jih prinaša 3D tisk, na svoj način govori tudi seznam dvajsetih najpomembnejših invencij, ki bodo najbolj spremenile (vplivale na) človeško življenje v naslednjih desetih letih, ki ga je objavil Bussinesweek [4]. 3D tisk je na tem seznamu na 3. mestu! Lestvica je vsekakor vredna ogleda.

3. DLP TEHNOLOGIJA KOT PRIMER AM POSTOPKA, KI OBDELA CELO RAVNINO NAENKRAT

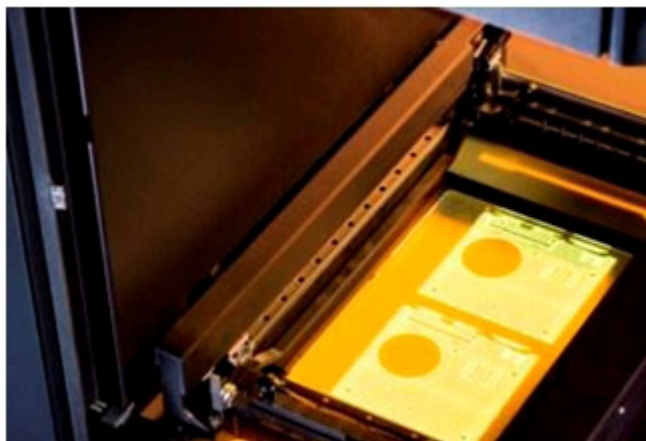
DLP tehnologijo je razvilo podjetje Texas Instruments. Že leta 1987 je bil razvit optični polprevodnik, zmožen krmiljenja fotonov, imenovan DMD - digitalna mikrozrcalna enota (Digital Micromirror Device). Tehnologijo so kasneje poimenovali DLP - digitalno procesiranje svetlobe (Digital Light Processing) in se danes široko uporablja v digitalnih projektorjih in televizorjih.

Uporaba DLP projektorja na področju dodajalne izdelave je bila prvič predstavljena leta 2001, ko je EnvisionTEC prikazal sistem, ki za utrjevanje utekočinjenega fotopolimera uporablja omenjeno tehnologijo. Naprave podjetja EnvisionTEC so specializirane predvsem za področja industrije slušnih pripomočkov, dentalne industrije ter zlatarstva.

Leta 2009 je EnvisionTEC razvil napravo Ultra, ki jo je Z Corporation, proizvajalec 3D tiskalnikov, še nadgradil in prilagodil aplikacijam s področja oblikovanja in inženirstva (MCAD). Julija 2010 je tako na trg prišla naprava Z Builder Ultra, obe

podjetji pa sta podpisali pogodbo o partnerskem sodelovanju (Envisiontec, 2010).

Postopek izdelave je podoben stereolitografiji, le da se fotopolimer utrjuje s pomočjo DLP projektorja, namesto z laserjem. Osvetljevanje poteka po celotnem prerezu 3D datoteke, posledično se celoten sloj objekta utrdi v istem trenutku, kar pripomore k hitrejšemu grajenju. Ta je lahko tudi dvakrat hitrejši od ostalih podobnih sistemov. Čas izdelave (do 12.7 mm na uro) je torej odvisen le od višine modela, ne pa od števila modelov v delovnem območju, kar je posebej dobrodošlo pri izdelavi več izdelkov naenkrat. (Slika 2)



Slika 2: Izdelava dveh enakih objektov z napravo ZBuilder Ultra.

Fotopolimer rumene barve SL500 ima podobne mehanske lastnosti kot ABS. Gradivo je trdno in elastično. Delovno območje naprave je veliko 260 x 160 x 190 mm. Resolucija po X in Y je 0.138 mm, po Z pa 0.05 ali 0.1 mm.

Ker imajo prototipi podobne karakteristike kot brizgana plastika, se najpogosteje uporabljajo za preverjanje oblike plastičnih delov pri razvoju novih izdelkov. Namenjeni so predvsem preverjanju ujemanja elementov, ergonomije, zaradi dobrih upogibnih lastnosti se prototipi lahko uporabljajo tudi pri preverjanju delovanja sistemov zapiranja na klik (snap-fit aplikacije) (Z Corporation, 2010).

4. ZA USPEH JE POTREBNO OBVLADOVANJE CELOTNIH PROCESOV

Pri uvajanju novih AM tehnologij so še posebej uspešni tisti, ki sicer pri svojem delu že danes uporabljajo 3D tehnologije ter razumejo in obvladujejo celotne procese.

DSSP - Digital Shape Sampling and Processing

Dejstvo je, da v praksi že dolgo ne govorimo le o uporabi določenih orodij, ampak o uporabi širših procesov, ki nam jih omenjena orodja omogočajo. Tako danes ne govorimo le o 3D skeniranju kot digitalnem zajemu, pač pa o procesu, kako s pomočjo 3D digitalizacije pridobiti uporabne podatke.

DSSP ali Digital Shape Sampling and Processing predstavlja zmožnost strojne (3D skenerjev) in programske opreme, s katero digitalno zajamemo fizični objekt, da mehanično ustvarimo natančen 3D model, ki vsebuje podatke primerne za nadaljnjo uporabo pri oblikovanju, inženirstvu in proizvodnji po meri, kot trdi Ping Fu, generalna direktorica podjetja Geomagic.

Bistvena prednost uporabe DSSP je v procesu, ki zagotavlja hiter in učinkovit 3D zajem kompleksnih organskih oblik v oblak točk ter obdelavo podatkov do ustrezne poligonizirane ali NURBS površine. Danes 3D skenerji omogočajo tudi že zajem tekstur in barv.

Primeri uporabe DSSP pri razvoju novih izdelkov

Kadar moramo izdelati 'redesign' že proizvedenega izdelka, za katerega zaradi različnih razlogov (izgubljena ali nepopolna dokumentacija, naročnik ne dostavi primernih načrtov) nimamo CAD modela, se končni izdelek digitalizira in tako pridobimo 3D model, na katerem nadaljujemo modeliranje.



AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD¹, Slavko DOLINŠEK²

¹IB-PROCADD d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Pri sami proizvodnji lahko pride do deformacij, zato se končni izdelek lahko razlikuje od CAD modela. Podatke, ki jih pridobimo z digitalizacijo izdelka, uporabimo pri analiziranju oblike, simulacijah in morebitnem 'redesignu' forme.

Obliko ročno izdelanega fizičnega modela (ali katerega koli drugega objekta) organskih oblik brez težav zajamemo in pretvorimo v digitalni model, na katerem izvajamo nadaljnje modeliranje v računalniškem okolju. Digitaliziran model lahko po potrebi skaliramo, kopiramo, zrcalimo ali mu domodeliramo nove elemente. Kadar je fizičen objekt simetričen, lahko 3D skeniramo le eno od (primernejših) polovic modela in izdelamo zrcalno kopijo drugega dela forme.

Uporabo DSSP in sorodnih procesov ni prepoznala le industrija. Danes se postopki redno uporabljajo tudi v medicini, predvsem v protetiki in ortotiki, službah, ki se navezujejo na varstvo (arhiviranje, restavriranje, rekonstrukcije) in komuniciranje (virtualni muzeji) kulturne dediščine, umetnosti ter drugih področjih.

5. AM TEHNOLOGIJE SPREMINJAJO SVET

Živimo v času, ko se vsak dan srečujemo z novimi poslovnimi modeli, koncepti in izzivi, ter govorimo o novih tipih posla. Le-ti prinašajo nove proizvode, s podporo novih tehnologij takšne, ki si jih še pred kratkim nismo mogli niti zamišljati.

Lep primer drugačnih proizvodov, ki so jih omogočile šele AM tehnologije za proizvodnjo končnih izdelkov, je belgijsko podjetje Materialise. Pod blagovno znamko MGX izdelujejo izdelke za dom, kot so svetila in drugi dodatki, ki jih zaradi kompleksnosti ni moč izdelati na noben drug način (npr. z uporabo kalupa).

V letu 2009 je promet izdelkov MGX znašal skoraj 2 milijona evrov, največji delež predstavlja prodaja 1.500 svetil. Od leta 2004, ko je bila lansirana blagovna znamka, je bilo prodanih 10.000 svetil.

Nazoren primer uporabe AM tehnologij je tudi izdelava prestižnega pokala za zmagovalca dirke formule 1 za Veliko nagrado Madžarske [5].

Na mnogih šolah že uvajajo programe, ki učijo, kako pripravljati dizajne za neposredno digitalno proizvodnjo. Številni razvijalci po vsem svetu razvijajo nove metode oblikovanja novih izdelkov, ki bodo izkoristile vse prednosti AM tehnologij. Nastajajo že tudi standardi kakovosti na tem področju.

Tudi na področju 3D programske opreme potekajo številne raziskave in razvojne naloge, s ciljem razvoja novih algoritmov, ki bodo lahko procesirali čedalje večje količine podatkov. Velik poudarek je prisoten tudi pri zmanjševanju porabe energije pri proizvodnji in uvajanju nanotehnoloških in biomedicinskih dosežkov v AM tehnologije.

6. ZAKLJUČEK

Orodjarji že obvladujejo 3D tehnologije, zato AM za njih predstavljajo komplementarni dodatek, razširitev ponudbe, nove trge. Poleg tega so za investicije v nove tehnologije velikokrat na razpolago razne razvojne spodbude.

Nekateri pomembni patenti so se iztekli, zato postaja konkurenca na trgu proizvajalcev AM naprav čedalje večja, množijo se tudi novi materiali in proizvajalci le-teh. Cene se zato nižajo in vrhunska tehnologija postaja čedalje bolj dostopna. Cene vrhunskih 3D tiskalnikov so se pri nekaterih modelih spustile že pod 20.000 € (Z Corporation, HP).

O možnostih uporabe AM tehnologij za orodjarje smo govorili že na preteklih posvetih (predvsem o laserskemu sintranju orodij). Ugotovimo lahko, da se pojavljajo nove tehnologije in da nekaterih, ki so se morda kazale kot perspektivne, ni več. Vendar je napredek vse izrazitejši in orodjarji lahko prednosti teh tehnologij, predvsem pa široko ponudbo strojev v Sloveniji, vsekakor uporabijo za različna testiranja, izdelavo prototipnih orodij,





AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD¹, Slavko DOLINŠEK²

¹B-PROCADD d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

predvsem pa so jim lahko v pomoč pri razvoju izdelkov ali pri neposredni izdelavi maloserijskih izdelkov.

Literatura

[1] <http://www.solid-scape.com/>.

[2] <http://www.zcorp.com/en/Products/Rapid-Prototyping-Machines/ZBuilder--andtrade--Ultra/spage.aspx>.

[3] <http://www.tagrimm.com/benchmark-2010/index.html>.

[4] <http://www.futurist.com/2009/03/03/20-inventions-for-the-next-10-years/>.

[5] <http://www.tctmagazine.com/x/guideArchiveArticle.html?id=14368>.





AM TEHNOLOGIJE KOT STRATEŠKI MOST MED KONČANIM DIZAJNOM IN IZDELAVO ORODIJ ZA PROIZVODNJO

Edvard STERNAD¹, Slavko DOLINŠEK²

¹IB-PROCADD d.o.o., ²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo





ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANJA

Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor

POVZETEK

V prispevku je opisan vpliv hladilno mazalnih sredstev na obdelavo ter njihove prednosti in slabosti. Opisano je suho freziranje in podan je teoretični izračun za rezalne sile. Material ki se je obdeloval je označen kot 1.2379 (OCR) ter GGG 70. Material OCR je konstrukcijsko jeklo, ki se naknadno toplotno obdela (kali). Material GGG 70 je siva litina in je trši kot OCR. Testi so se izvajali najprej v mehkejši material (nekaljeni OCR), nato pa z istim orodjem in parametri še v trši material (GGG 70). Pri obeh režimih obdelave smo beležili rezalne sile. Na koncu je podana primerjava med izračunanimi teoretičnimi silami ter izmerjenimi silami pri istih rezalnih pogojih obdelave.

1. UVOD

Postopek freziranja spada po standardu DIN 8580 v tretjo glavno skupino, po nadrobnejši vrstni delitvi pa v podskupino odrezavanje z orodji, katerih rezala so določene geometrične oblike. Rezilo opisuje cikloido, rez je prekinjen, debelina odrezka pa je odvisna od kota rezanja.

Za prakso je obvladovanje procesa odrezavanja zelo pomembno. Z uvajanjem zahtevnih obdelovalnih sistemov pa se je povečala zahteva po zanesljivih tehnoloških informacijah. To terjaja seveda zanesljivo analizo razmer v coni rezanja (sistem rezilo - obdelovanec - odrezek). V tem območju se pojavljajo napetosti, trenje, temperature in deformacije. Ker je potek mehanike reza v tem področju zelo zapleten, to pomeni, da prihaja do nenehnega prepletanja raznih zakonitosti, ni mogoče podati nobenih natančnih trditev o njihovih medsebojnih vplivih. Uporaba hladiv in maziv pri odrezavanju se mora zmanjšati zaradi ekonomskih in ekoloških vzrokov. Tudi iz tehnoloških razlogov je zaželjena odpoved uporabe hladiv in maziv, ker pri prekinjenem rezu prihaja do učinkov termošoka in s tem nastanka mikrorazpok.

2. VPLIV HLADIVA IN MAZIVA

Teorija obstojnosti orodja je izredno zapletena,

saj je potrebno poznavanje številnih znanstvenih disciplin. Po standardu DIN 50320 je obraba rezila definirana kot prisilno odnašanje rezalnega materiala, ki je posledica stika rezila z odrezkom in relativnega gibanja orodja proti obdelovancu. Po tej definiciji je obraba rezila rezultat več medsebojnih vplivov in jo je treba obravnavati kot tribološki sistem.

Hladiva in maziva naj bi:

- zmanjševala temperaturo rezila in večala obstojni čas,
- preprečevala neposredni stik med rezalnim in obdelovalnim materialom; posledica so manjše toplotne obremenitve.

Pri orodjih iz karbidnih trdin bo po prvi točki uspeh le, če je rezilo zaščiten pred temperaturnim šokom. Točka 2 prinese uspeh, če pride mazivo v dotikalno cono rezila in odrezka. Nastanek oljnega filma je pri velikih hitrostih vprašljivo, saj so reakcijski časi zelo kratki.

Sodobni rezalni materiali, kot so prevlečene karbidne trdine, cermet ali rezalna keramika, dosejajo zelo dobre rezultate obdelave brez uporabe hladiva in maziva. Potrebno pa je prilagoditi pogoje rezanja tako, da se zmanjša čas dotika orodja in obdelovanca. To pomeni v praksi



ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANA

Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

povečanje minutnega volumna odrezkov Q' :

$$Q' = a_p \cdot f \cdot v_c \quad (1)$$

a_p = globina rezanja [mm]

f = podajalna hitrosti [mm/vrtl]

v_c = rezalna hitrosti [m/min]

Za preprečitev ogrevanja stroja in obdelovanca je nujno potrebno od mesta obdelave odstraniti nastale odrezke. To se naredi z zrakom in posebnimi napravami za odstranjevanje.

3. SLABE STRANI UPORABE HLADIV IN MAZIV

Uporaba hladiv in maziv pri odrezavanju se mora zmanjšati zaradi ekonomskih in ekoloških vzrokov na osnovi ustreznih predpisov. V avtomobilski industriji je delež stroškov tehnike hladiv in maziv od 7,5 do 17 % stroškov obdelovanca in s tem daleč višji od deleža stroškov orodja.

Stroški odstranitve porabljenih maziv in hladiv naraščajo progresivno in postajajo vedno pomembnejši faktor. Trenutno so stroški nabave hladilnega olja 3000 evrov/m³ in za emulzije 270 evrov/m³. Stroški odstranitve pa so za hladilna olja 110 evrov/m³ in 280 evrov/m³ za emulzije. Stroški odstranitve emulzije so že danes višji od stroškov nabave.

Ekstremen vpliv imajo hladiva in maziva na tla, vodo in zrak. Javnost v ZDA, Japonski, Avstraliji in Nemčiji je že vplivala na pospešeno sprejetje ustrezne zaščitne zakonodaje. V sami proizvodnji prihaja do zdravstvenih težav osebja. Predvsem z direktnim stikom s kožo, vdihavanjem ali mikroorganizmi. V skrajnih primerih imajo prizadeti bolezni pljuč, kože ali različne oblike raka.

Tudi iz tehnoloških razlogov je zaželena odpoved uporabe hladil in maziv, predvsem pri frezanju, ker pri prekinjenem rezu prihaja do učinkov termo šoka in s tem nastanka mikrorazpok.

4. IZHODIŠČA ZA RAZISKAVE SUHEGA REZANJA

Pri suhi obdelavi se morajo funkcije hladiva in maziva, torej hlajenje, mazanje, odstranjevanje odrezkov in čiščenje izvesti na popolnoma drugačen način.

Zaradi pomanjkanja hlajenja prihaja do povišanja temperature rezanja, notranjih napetosti v obdelovancu, merskih in oblikovnih napak, mehčanju odrezka, lepljenju odrezka na rezilo, itd. Te temperature obremenitve lahko zmanjšamo z različnimi ukrepi: večja globina rezanja in večje podajanje na zob povzročajo manjšo toploto zaradi trenja in s tem odvaja odrezek več toplote. Večje rezalne hitrosti pa preprečujejo prestop toplote na obdelovanec. Z optimalno geometrijo rezila se rezalna sila in s tem nastala toplota zmanjša.

Z "Near-net-shape" tehnologijo se zmanjša volumen rezanja in nastala temperatura. Z uporabo prevlek, odpornih proti visokim temperaturam, na rezilu dodatno zmanjšamo vpliv temperature. Pri čelnem frezanju je zaradi izjemno velikih mehanskih in toplotnih obremenitev zelo pomembno poznavanje dotikalnih razmer pri vteku in izteku rezalne ploščice. Odločilen je prvi dotik rezila z obdelovanim materialom in s tem povezane udarne obremenitve, ki so primarno odvisne od geometrične oblike rezila in lege osi frezala glede na vstopno ravnino.

5. MODEL IZRAČUNA REZALNIH SIL

Pri procesu odrezavanja vdira rezilo zaradi relativnega gibanja med obdelovancem in orodjem v material. Komponente rezalne sile so merjene na merilni plošči v koordinatnem sistemu (x, y, z), prirejeno po DIN 6584.

Za praktično uporabo rezultatov je primerno izmeritev posameznih komponent $F_x(\Phi)$, $F_y(\Phi)$, $F_z(\Phi)$ izračunati tangencialne komponente, t. j. rezalno silo $F_c(\Phi)$, podajalno silo $F_f(\Phi)$ in odzivno silo v smeri osi vretena $F_p(\Phi)$, če vzamemo, da je $\Phi_c = \Phi$.

$$F_c(\Phi) = F_x(\Phi) \cos \Phi + F_y(\Phi) \sin \Phi \quad (2)$$

$$F_f(\Phi) = F_x(\Phi) \sin \Phi - F_y(\Phi) \cos \Phi \quad (3)$$

$$F_p(\Phi) = -F_z(\Phi) \quad (4)$$

Rezalna sila je tako

$$F(\Phi) = \sqrt{F_c(\Phi)^2 + F_f(\Phi)^2 + F_p(\Phi)^2} \quad (5)$$

Natančen izračun komponent rezalne sile je odvisen od kota rezanja. To je izredno pomembno za poznavanje dinamičnih obremenitev stroja in računske kontrole posameznih delov stroja in vpenjalnih naprav.

Prva naloga je določitev kota rezanja. Zato je bil izdelan poseben podprogram KOTRE. Ko je določen začetni kot rezanja ϕ_1 za prvo rezilo, ki leži med Φ_1 in Φ_2 , je mogoče določiti lego ostalih rezil v ubiranju.

$$\begin{aligned} \Phi_1 &\leq \Phi_j - m\Phi_z - (m-1)\Phi_z, \dots \\ \Phi_j - \Phi_z, \Phi_j + \Phi_z, \dots \\ \dots \Phi_j + (n-1)\Phi_z, \Phi_j + n\Phi_z &\leq \Phi_2 \end{aligned} \quad (6)$$

pri čemer je $\Phi_z = \frac{360^\circ}{z}$ (7)

in m število zob pred Φ_j , n je število zob do izstopa Φ_2

$$n = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Phi_z} + 1 \quad (8)$$

Celotna sila odrezavanja je:

$$F_{i, \text{cel}} = \sum_{j=1}^n F_i(\Phi_j) = b \sum_{j=1}^n [h(\Phi_j) k_i(h(\Phi_j))] \quad (9)$$

ali

$$F_{i, \text{cel}} = \sum_{j=1}^n F_i(\Phi_j) = b k_{i, 1 \times 1, 1} \sum_{j=1}^n h(\Phi_j)^{1-m_i} \quad (10)$$

pri čemer je $i = c, f, p$.

Postopek izračuna je naslednji:

določitev začetnega kota rezanja Φ_j ,

izračun ustrezne debeline odrezka $h(\Phi_j)$,
izračun komponent rezalne sile $F_i(\Phi_j)$,
seštevanje komponent rezalne sile $F_i(\Phi_j)$,
simuliranje vrtenja orodja za $D\Phi$.

Nato se postopek ponovi, vendar z novimi začetnimi pogoji:

$$\Phi_{j;n+1} = \Phi_{j;n} + \Delta\Phi \quad (11)$$

To se ponavlja toliko časa, dokler ni izpolnjen pogoj za frezala s sodim številom rezil:

$$\Phi_{j;n+1} \geq \frac{360^\circ}{z} \quad (12)$$

in lihim številom rezil:

$$\Phi_{j;n+1} \geq 360^\circ \quad (13)$$

6. IZVAJANJE TESTOV

Meritve suhega rezanja so se izvajale pri frezanju materiala za transferna orodja, 1.2379 in GGG 70. Trdota materiala je večja od 60 HRC. Uporabljeno orodje je standardno oblikovno frezalo premera 16 mm ter stebelno frezalo premera 16 mm. Z oblikovnim frezalom se je izdelala kompleksna 3D oblika, s stebelnim frezalom je bila izdelana manj kompleksna 2D oblika. Izdelava 3D oblike se je začela z grobo obdelavo. Pri tem je nastala groba oblika, katera se je naknadno obdelala z finim oblikovnim frezalom. Za grobo obdelavo je bilo uporabljeno frezalo s tremi izmenljivimi ploščicami.



Slika 1: Uporabljeno orodje

Parametri, ki so se spreminjali so stopnja podajanja, število vrtljajev glavnega vretena in globina rezanja. Zajemanje podatkov je potekalo s

ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANA

Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL
 Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

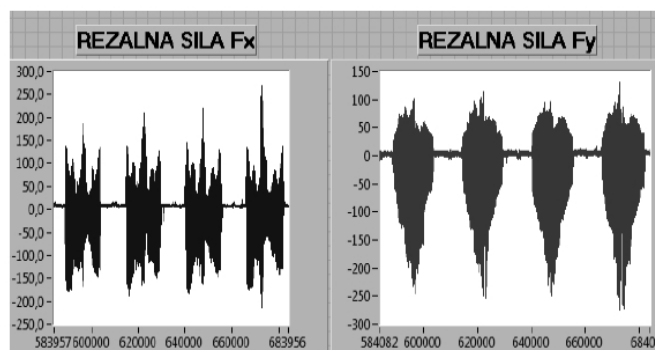
pomočjo programske opreme LabVIEW (slika 2) ter merilnika sil Kistler (slika 3). Tabela 1 prikazuje glavne delovne parametre pri obdelavi testnega obdelovanca.

	a_p (mm)	f (mm)	n (min^{-1})
2D oblika	0,2	50	2000
2D oblika	1	100	2000
3D oblika	0,2	800	3000
3D oblika	1	2000	4000

Tabela 1: Parametri obdelave

7. REZULTATI MERITEV SUHEGA REZANJA

Vpliv spreminjanja rezalne hitrosti in cepilnega kota na komponente rezalne sile je razviden s slike 1.

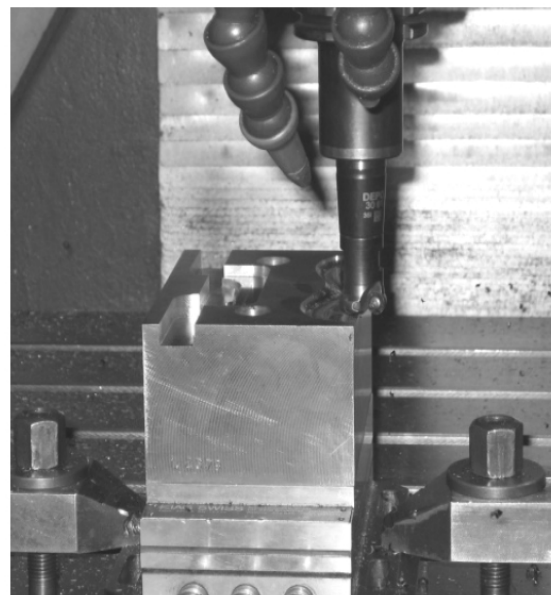


Slika 2: Vpliv rezalne hitrosti v_c in cepilnega kota γ na realno silo F_c v smeri x in y

Pri povečani rezalni hitrosti in povečanem cepilnem kotu se rezalni in podajalni sili zmanjšujeta. Posledično lahko povečamo stopnjo podajanja ter tako zmanjšamo čas obdelave.

Povečanje cepilnega kota je odvisno od vrste obdelovanega materiala in postopka obdelave. Ker je freziranje postopek s prekinjenim rezom, so obremenitve rezila zelo velike. Pri grobi obdelavi se zaradi stabilnosti konice rezila najpogosteje reže z negativnim cepilnim kotom.

Slika 3 prikazuje obdelovanec vpet na merilnik sil. Zaradi izkoriščenosti obdelovanca so bile na enem obdelovancu izdelane 4 oblike, dve od tega 2D in dve 3D.



Slika 3: Prikaz suhe obdelave testnega obdelovanca vpetega na merilnik sil

V zadnjih dvajsetih letih ponujajo raziskovalci različne enačbe, v katerih poskušajo zajeti čim več posameznih vplivov. Vse do danes pa še niso uspeli postaviti univerzalne enačbe, ki bi pri posameznih postopkih odrezavanja zajela vse vplivne veličine. V naših raziskavah za postopek čelnega freziranja smo se omejili na enačbo s petimi vplivnimi veličinami.

Vrednosti eksperimentov za kombinacijo rezalni in obdelovani material so dobljene s preizkusi. Za določen material in izbrane vstopne veličine ima enačba obliko (14).

$$F_c = 1,38 \cdot 10^{13} v_c^{-5,8} f_z^{-3,2} VB^{-3,5} a_p^{-2,8} (B/D)^{-5} \quad (14)$$

v_c = rezalna hitrost [m/min]

f_z = podajanje na zob [mm/zob]

VB = širina obrabe na prosti ploskvi [mm]

a_p = globina rezanja [mm]

B = širina ubiranja [mm]

D = premer frezala [mm]

Iz tabele 2 in 3 je razvidno odstopanje izračunanih vrednosti od izmerjenih komponent rezalne sile.

Rezultati $a_p = 0,2$ mm	Izmerjene vrednosti [N]	Izračunane vrednosti [N]
2 D oblika, OCR	403,5	294,51
2 D oblika, GGG	385,1	281,12
3 D oblika OCR	164,2	119,87
3 D oblika GGG	158,2	115,49

Preglednica 2: Rezultati za $a_p = 0,2$ mm,

Rezultati $a_p = 1$ mm	Izmerjene vrednosti [N]	Izračunane vrednosti [N]
2 D oblika OCR	1839,7	1752,81
2 D oblika GGG	1019,2	744,02
3 D oblika OCR	310,7	295,17
3 D oblika GGG	219,6	208,62

Preglednica 3: Rezultati $a_p = 1$ mm

Vse vrednosti so izračunane z regresijsko analizo in veljajo za širše območje glavnih spremenljivk. Iz raziskav je mogoče ugotoviti, da so vrednosti specifičnih rezalnih sil pri manjši debelini odrezka (0,2 mm) za približno 25 do 30% večje od vrednosti, dobljenih po enačbi. Pri debelini odrezka 1 mm je največje odstopanje komaj 5%.

8. SKLEP

Povečanje produktivnosti terja poleg organizacijskih ukrepov še zavzetost vseh produkcijsko-tehniških možnosti za popolno aktiviranje razpoložljivih rezerv izdelovalnih sredstev. Na področju sodobne tehnike obdelave zasledimo dva pomembna trenda. Na eni strani se stremi za povečanje fleksibilnosti v proizvodnji in to

ima za posledico visokoproduktivne, fleksibilne obdelovalne centre z ekstremnimi visokimi rezalnimi hitrostmi. Na drugi strani pa se pospešeno uveljavlja suho rezanje ali pa sistemi z minimalnim hlajenjem in mazanjem. Tem ciljem pa sledi sodobni razvoj rezalnih materialov. Predvsem se uveljavljajo tanki sloji sintetičnih diamantov, silicijevega nitrída ali silicijevega karbida, kubičnega borovega nitrída, cermeta, itd.

Z uvajanjem vse bolj zahtevnih obdelovalnih sistemov in rezalnih materialov se je povečala tudi potreba po bolj zanesljivih tehnoloških informacijah. To pa terja temeljito analizo razmer v coni rezanja (sistem rezilo - obdelovanec - odrezek). V tem območju se pojavljajo napetosti, trenje, temperature in deformacije.

Za izhodiščno veličino pri procesu suhega rezanja je definiran funkcionalno dober obdelovanec ob obvladovanju rezalne sile in obrabe v odvisnosti od vstopnih veličin in struktur sistema. To zahteva popolnoma nov način raziskovanja. Da bi se optimalno uskladile vse zahteve, je bil zasnovan in tudi uresničen sistem za avtomatizirano preizkušanje postopka čelnega freziranja. Sodobna avtomobilska industrija zahteva vedno večjo produktivnost, ta trend se prenaša tudi na druga področja. Proizvajalci orodij računajo, da bodo iz sedanjih 18 milijard USD prometa že leta 2005 zaslužili 25 milijard USD. To pa sproža razvoj novih strojev in raziskav, ki bodo ustrezale načrtovanim ekonomskim in ekološkim zahtevam.



ANALIZA SUHEGA REZANJA PRI POSTOPKU ČELNEGA FREZANA

Franc ČUŠ, Marko REIBENSCHUH, Uroš ŽUPERL
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

Literatura

Moderno proizvodno inženirstvo (2010)

Totis, G.; Wirtz, G.; Sortino, M.; Veselovac, D.; Kiljanic, E. & Klocke, F. (2010). Development of a dynamometer for measuring individual cutting edge forces in face milling. *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 24, issue 6, pp. 1844-1857

Čuš, F. in Balič, J. (2009). Combined system for off-line optimization and adaptive cutting force control. *Journal of machine engineering*, vol 10, no 2, p. 25-35

Balič, J. (2009). Računalniška integracija proizvodnje

Čuš, F. (2009). Postopki odrezavanja

Balič, J. (2007). Napredne proizvodne tehnologije

Kopac, J. (2004). The control of Cr on tool wear by machining. *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 157-158, pp. 354-359





FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL

Uroš ŽUPERL

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.

POVZETEK

V članku je predstavljen inteligentni vpenjalni sistem razvit za avtonomne fleksibilne obdelovalne sisteme. Vpenjalni sistem omogoča adaptivno nastavljanje vpenjalnih sil z namenom doseganja minimalnih deformacij obdelovanca za vsak položaj frezala in pripadajočo velikost rezalnih sil. Podrobno je predstavljen koncept, arhitektura regulacijski algoritem in modeli v inteligentnem vpenjalnem sistemu (IVS). Sistem je primeren za uporabo pri končni-fini obdelavi tanko-stenskih obdelovancev, kjer je verjetnost deformacije obdelovanca zaradi vpenjalnih sil zelo velika. Poudarek raziskav je na razvoju adaptivne regulacije vpenjalnih sil. Z eksperimenti in simulacijami je potrjena učinkovitost in stabilnost sistema. Eksperimenti potrjujejo, da se je izboljšala kvaliteta obdelave zaradi adaptivne regulacije vpenjalnih sil in neobčutljivosti sistema na zunanje motnje.

1. UVOD

Naloga vpenjalnega sistema je pozicionirati in vpeti obdelovanec med procesom obdelave, montaže ali kontrole. Glavna funkcija vpenjalnega sistema je določiti želeni položaj in orientacijo obdelovanca med obdelavo. V tem članku je poudarek na inteligentnih vpenjalnih sistemih (IVS) primernih za procese obdelave z odrezavanjem. Takšni sistemi omogočajo: samodejno izbiro poljubnega obdelovanca iz transportne palete [5], identifikacijo obdelovanca, avtomatsko pozicioniranje in vpetje obdelovanca na pripravo [4], ter avtomatsko pozicioniranje in vpetje priprave na obdelovalni stroj. Moderni sistemi vsebujejo optične sisteme, fleksibilne vpenjalne sisteme, sisteme za pozicioniranje obdelovancev in mikrokrmilnike za pozicioniranje vpenjalnih priprav na obdelovalni stroj.

Neprimerno zasnovan vpenjalni sistem povzroča elastične/plastične deformacije obdelovanca in elastične/plastične pomike, ki imajo velik vpliv na mersko in oblikovno točnost končnega izdelka. Ta problem je še posebej očit pri obdelavi tanko-stenskih komponent, kjer je mogoče minimizirati deformacijo z optimiranjem amplitud

in pozicij vpenjalnih sil. Torej je v IVS potrebno nadzorovati položaj in magnitudo vpenjalnih sil v realnem času. Pomanjkljivost je visoka cena omenjenih sistemov [1]. Stroškovno bolj ugoden je pristop s posrednim optimiranjem pozicije vpenjalnih sil in on-line optimiranjem magnitude vpenjalnih sil [2]. Z nadzorovanjem vpenjalnih sil in vpenjalnih/podpornih elementov je tako omogočeno kontinuirano diagnosticiranje vpenjalnega sistema [3]. Članek opisuje izdelavo inteligentnega vpenjalnega sistema, ki poskuša izboljšati kvaliteto obdelanega kosa. Predstavi tudi zgradbo sistema, ki prilagaja vpenjalne sile med procesom obdelave. Sistem obratuje popolnoma avtomatsko, brez posredovanja tehnologa. Končni cilj raziskave je s popolno integracijo IVS in CNC obdelovalnega stroja doseči optimalni vpenjalni in obdelovalni proces.

2. INTELIGENTNI VPENJALNI SISTEM

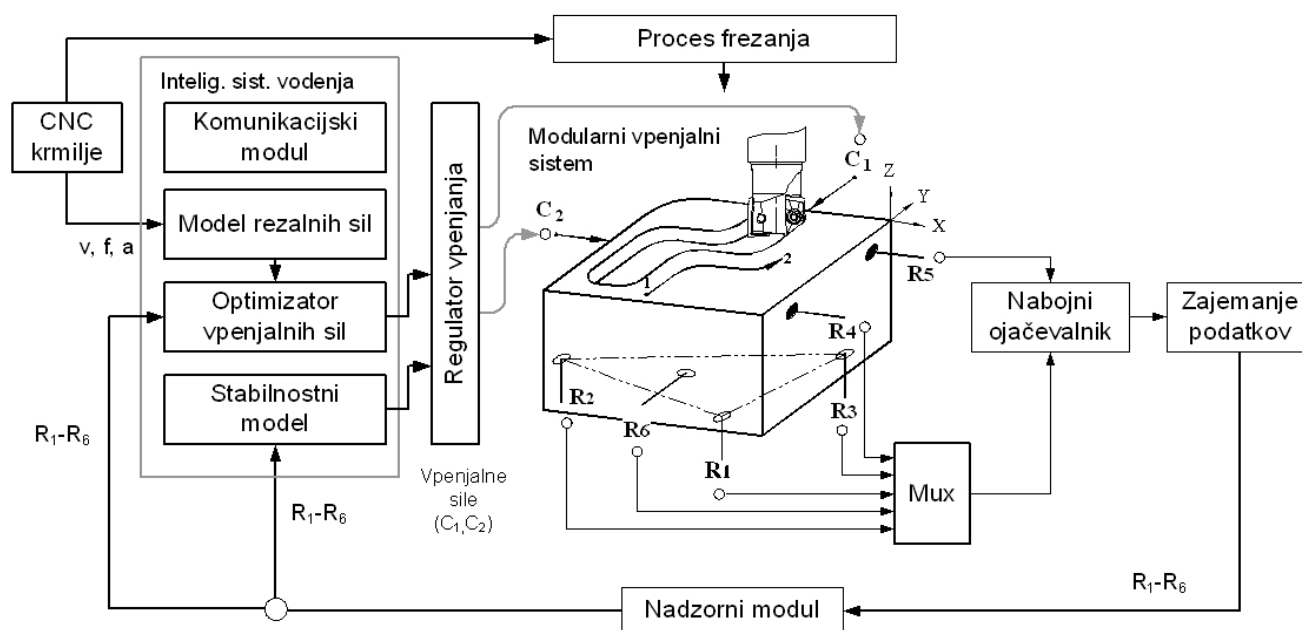
Na sliki 1 je predstavljen inteligentni vpenjalni sistem, ki prilagaja vpenjalne sile adaptivno s spreminjanjem položaja in magnitud rezalnih sil. Namen dinamičnih vpenjalnih sil je doseči čim manjšo deformacijo obdelovanca.



FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL

Uroš ŽUPERL

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Shema vodenja inteligentnega vpenjalnega sistema.

Na sliki prikazan sistem izvaja naslednje operacije [7]:

- Nadzira vpenjalne sile.
- Nadzira rezalne sile.
- Prilagaja vpenjalne sile trenutnim rezalnim razmeram.
- Prilagaja vpenjalne sile spremembam geometrije obdelovanca.

Vsi naštetih procesi so integrirani v razvitem sistemu. Takšen sistem je mogoče izdelati le na osnovi adaptivne regulacijske teorije.

Vpeljava adaptivne regulacijske teorije izboljša kvaliteto procesa obdelave.

Zgradba inteligentnega vpenjalnega sistema je prikazana na sliki 1. Sestavljen je iz modularna vpenjalnega sistema, modela rezalnih sil in stabilnostnega modela, optimizatorja vpenjalnih sil, regulacijskega sistema vpenjalnih sil, nadzornega modula in modula za komunikacijo z CNC krmiljem obdelovalnega stroja.

3. MODELNO PODPRTA REGULACIJA VPENJALNEGA SISTEMA

Modelno podprta shema vodenja je prikazan na sliki 1. Strategija inteligentnega vpenjanja je podana v naslednjih točkah:

1. Na začetku procesa obdelave se izmerijo podporne sile preko sistema za zajemanje podatkov. Dinamometri so vgrajeni v podporne elemente vpenjalne priprave. Uporabljeni so cilindrični podporni elementi z vgrajenimi cilindričnimi senzorji sil. Obdelovanec je vpet z optimalno vpenjalno silo, ki jo določi optimizator vpenjalnih sil.
2. Preko kartice za zajemanje podatkov se podatki posredujejo stabilnostnemu modelu.
3. Model rezalnih sil na osnovi uporabljenega orodja, materiala obdelovanca in rezalnih režimov napove vrednosti treh komponente rezalnih sil.
4. Optimizacijski algoritem določi optimalno vrednost nove vpenjalne sile z upoštevanjem položaja glavne rezalne sile.
5. Napovedane optimalne sile se v realnem času aplicirajo v hidravličnem vpenjalnem sistemu. Če vpenjalna sila močno prekorači določeno mejno silo, sistem pošlje ukaz CNC-krmilju



stroja za zmanjšanje podajanje ali zaustavitev procesa. V fazi zasnove so bili preizkušeni elektro-mehanski, elektro-hidravlični in elektro-mehanski sistem. Rezultati, ki upoštevajo delovno območje sil, odzivnost, delovno okolje velikost in stroške, potrdijo, da je elektro-pnevmatski sistem najprimernejši. V naši raziskavi je izbran elektro-hidravlični sistem.

Stabilnosti model nadzira stabilnost vpenjalne priprave med celotnim procesom obdelave. Stabilni vpenjalni sistem zagotavlja nespremenljiv položaj obdelovanca v pripravi tekom celotne obdelave. V primeru nestabilnosti, modul pošlje ukaz hidravličnemu sistemu, da naj poveča vpenjalno silo. Proces se ponavlja do konca procesa obdelave. Pozitivne vrednosti reakcij na podpornih elementih zagotavljajo, da je obdelovanec v kontaktu z podpornimi elementi vpenjalnega sistema. Negativna reakcija na podpornem elementu signalizira, da je obdelovanec izgubil kontakt, zato je sistem nestabilen. Ta kriterij so uporabili in preizkusili številni raziskovalci [6, 9]. Regulacija vpenjanja: Hidravlična vpenjala so zasnovana tako, da spreminjajo vpenjalne sile na obdelovancu med procesom obdelave. PC-krmilnik vodi hidravlični sistem tako, da zagotavlja vedno ustrezno vpenjalno silo pri poljubnem položaju orodja na obdelovancu. Vpenjalne sile so proporcionalne tlaku v hidravličnem cilindru, kar pomeni, da lahko z nadzorovanjem tlaka, nadziramo velikost vpenjalnih sil. Model rezalnih sil. Za proces frezanja je bilo izdelano že nekaj modelov rezalnih sil [8]. Analitični modeli rezalnih sil so kompleksni in ne morejo zajeti vseh vplivnih faktorjev. Zaradi počasnosti niso primerni za on-line regulacije. V našem IVS je izbran nevronskega model rezalnih sil. Nevronskega model je zaradi preproste zgradbe male porabe spomina in velike hitrosti napovedovanje zelo primeren za takšne aplikacije. Z uporabo nevronskega modela se zelo poenostavi napovedovanje rezalnih sil. Modul za komunikacijo s CNC krmiljem obdelovalnega centra; Za povezovanje vpenjalnega sistema z ostalimi fleksibilnimi obdelovalnimi sistemi je potreben komunikacijski modul.

Obdelovalni stroj na ta način pošilja informacije vpenjalnemu sistemu, ta pa lahko pošilja krmilju stroja zahteve po naslednjih ukazih: reduciranje podajanja/vrtilne hitrosti in zaustavitev sistema. Komunikacija je izvedena preko DNC2 vmesnika krmilja Fagor.

4. OPTIMIZATOR VPENJALNIH SIL

Deformacijo obdelovanca določajo vpenjalne, podporne in rezalne sile. Vpenjalne sile so edine na katere imamo vpliv. Cilj optimizatorja je minimirati vse vpenjalne in podporne sile-reakcije. To pomeni poiskati minimum vsote kvadratov vpenjalnih in podpornih sil. Optimalna sila je minimalna sila, ki obdrži obdelovanec v ravnotežju med obdelavo. Izdelan algoritem je primeren za zasnovo vpenjalnih priprav, ker lahko določi optimalne vrednosti in smeri in prijemališča vpenjalnih in podpornih sil za različne variante vpetij. Temelji na statični-ravnotežni analizi [10]. Poleg navedenega algoritma še določa:

- Minimalno število in položaj vpenjalnih in podpornih elementov za poljuben položaj orodja
- Pomike, ki jih dopuščajo podporni elementi.
- Reakcije na kontaktnih točkah obdelovanec-vpenjalna priprava.
- Minimalne vpenjalne sile za balansiranje rezalnih sil.

5. OPREMA IN UGOTOVITVE

Za demonstracijo učinkovitosti predlaganega IJS so izvedeni obdelovalni testi na tanko-stenskem obdelovancu.

Uporabljen je 3-2-1 pozicionirni princip. Na Heller obdelovalnem stroju s Fagorjevimi krmiljem se je izdelal utor premera 16 mm. Pot orodja je označena s puščico (1-2).

Izbrano je 16 mm frezalo z dvema rezalnima ploščicama (R-216-16 03 M-M) in naslednjimi rezalnimi pogoji: rezalna hitrost ($v=25\text{m/min}$), podajanje ($fz=0.01\text{mm/zob}$), globina rezanja ($a=2.5\text{mm}$).



FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL

Uroš ŽUPERL

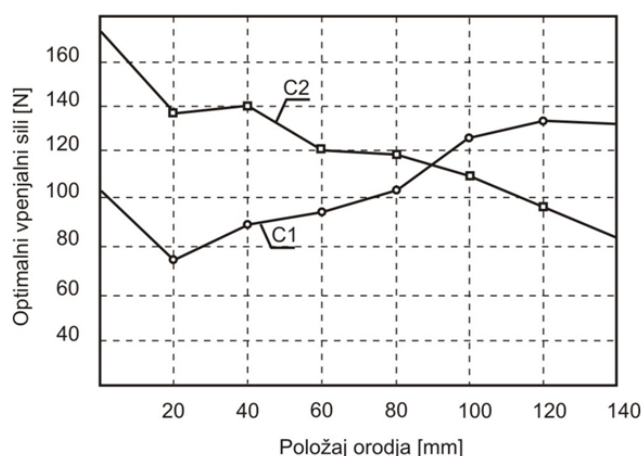
Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Material obdelovanca je jeklo Ck-45. Za vpetje prizmatičnega obdelovanca sta uporabljena dva hidravlična cilindra. Tlak v cilindrih je nadzorovan preko servo-ventila. Pri izračunu optimalne vpenjalne sile so upoštevane: rezalne sile, položaj orodja, položaj vpenjalnih/podpornih elementov, trenje in teža surovca.

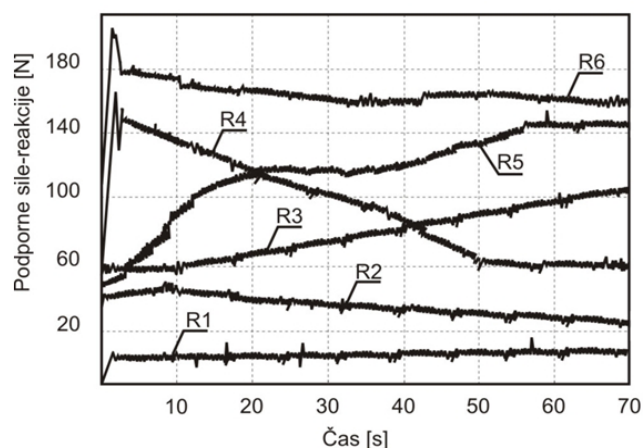
Na osnovi izmerjenih sil na začetku obdelave je bilo razvidno, da je reakcijska sila na podpornem elementu (R1) skoraj o.

To pomeni, da obdelovanec ni v ravnotežju in je v ta namen potrebno povečati vrednosti vpenjalnih sil.

Sistem je samodejno korigiral vrednosti vpenjalnih sil, kar je razvidno iz slike 2.



Slika 2: Variabilni optimalni vpenjalni sili.



Slika 3: Izmerjene sile na 6. podporah.

Pripadajoče reakcije so podane na sliki 3. Rezultat eksperimenta potrди, da so pri adaptivnem prilagajanju vpenjalnih sil potrebne dosti manjše vrednosti sil, kot pri izvedbi s konstantnim vpenjanjem.

6. ZAKLJUČEK

V članku je predstavljen inteligentni vpenjalni sistem, ki z adaptivnim nastavljanjem magnitud vpenjalnih sil zmanjšuje deformacije obdelovanca pri pripadajočih pozicijah orodja in rezalnih silah. Izdelan sistem temelji na regulaciji vpenjalnih sil z velikim delovnim območjem sil, dobro resolucijo in hitrim odzivom. Njegove zmogljivosti so zelo spodbudne, saj lahko spreminja vrednosti vpenjalnih sil v intervalu 130ms.

Vsebuje optimizacijski algoritem za določevanje optimalnih vpenjalnih sil, ki temelji na statičnih ravnotežnih enačbah. Skupaj z modelom sil omogoča oceno učinkovitosti zasnove vpenjalne priprave. Nadaljnji razvoj sistema bo vključeval poleg adaptivne regulacije vpenjalnih sil še sistem za avtomatsko prerazporejanje vpenjalnih elementov.

Literatura

- [1] Aoyama, T., Kakinuma, Y., Inasaki, I.: Optimization of fixture layout by means of the genetic algorithm, *Intelligent Production Machines and Systems*, Vol. 3 (2006), p. 448-453
- [2] Camelio, J., Hu, S. J., Zhong, W.: Diagnosis of multiple fixture faults in machining processes using designated component analysis, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 23 (2004), p. 309-315
- [3] Deng, H., Melkote, S. N.: Determination of minimum clamping forces for dynamically stable fixturing, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 46 (2006), p. 847-857
- [4] Deng, H., Melkote, S. N.: Off-line modelling and planning of optimal clamping forces for an intelligent fixturing system, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 39 (1999), p. 253-271
- [5] Du, H., Lin, C. I., Zhao, J., Gol, O.: An approach to enhancing the intelligence of a three-fingered automated flexible fixturing system by using adaptive control theory, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol.15



(1999), p. 101-110

[6] Hunter, R., Rios, J., Perez, J. M., Vizan A.; *A functional approach for the formalization of the fixture design process*, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 46 (2006), p. 683-697

[7] Hurtado, J.F., Melkote, S. N.: *A model for synthesis of the fixturing configuration in pin-array type flexible machining fixtures*, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 42 (2002) p. 837-849

[8] Kopac, J.: *Cutting forces and their influence on the economics of machining*, *Stroj. vestn.*, Vol. 48 (2002), p. 121-132

[9] Krishnakumar, K., Melkote, S.N.: *Machining fixture layout optimization using the genetic algorithm*, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 40 (2000), p. 579-598

[10] Meter, E.C.D., Xie, W., Choudhuri, S., Vallapuzha, S., Trethewey M. W.: *A model to predict minimum required clamp preloads in light of fixture-workpiece compliance*, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 41 (2001), p. 1031-1054





FLEKSIBILNI VPENJALNI SISTEM Z ADAPTIVNO REGULACIJO VPENJALNIH SIL

Uroš ŽUPERL

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo





GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

Branko UŠAJ, inž. str. ,
BTS Company d.o.o. Ljubljana

POVZETEK

Vse hujša konkurenca in zahteve kupcev spodbujajo stalen razvoj tudi na področju novih tehnologij.. Nenehno je treba iskati nove rešitve. Cilj vsake orodjarne je izdelati orodje, ki bo izdelovalo kvaliteten in natančen izdelek. Če hočemo čas za izdelavo orodij skrajšati, potem potrebujemo tudi primerno rezilno orodje. Podjetje ORO 3 CNC je eden od vodilnih dobaviteljev za ohišja orodij. Podjetje stalno vlaga v nove tehnologije saj želi postati vodilni dobavitelj ohišij za orodja v razredu nad 800x800 mm v Sloveniji in polovico svojih kapacitet želijo zapolnjevati s naročili iz tujine. Zaradi tega smo skupaj tudi s podjetjem ORO3CNC izpeljali projekt izdelave globokih izvrtin.

UVOD

Zaradi vse hujše konkurence in vse krajših dobavnih rokov smo v podjetju BTS company, predlagali podjetju ORO3CNC izpeljavo projekta brezstopenskega globokega vrtanja. Podjetje je v preteklosti uporabljalo klasične topovske svedre. Pri teh svedrih je postopek vrtanja precej zamuden in predstavlja ozko grlo v vsaki orodjarni. Predlagali smo uvedbo dveh novih tehnologij in sicer za primere kjer izdelujemo izvrtine na strojih s hlajenjem skozi vreteno smo predlagali trdokovinske svedre FTO-GDXL, za primere kjer pa nimajo možnosti hlajenja skozi vreteno pa HSS svedre TDXL kateri predstavljajo revolucijo na področju brezstopenskega vrtanja. Skupaj s podjetjem smo izvedli testiranja, katera so bila zelo uspešna, saj smo bistveno skrajšali čase izdelave izvrtin, ravno tako pa se je tudi povečala kvaliteta le teh. Ravno tako smo dosegli velike uspehe na obdelavi Tooloxa. Toolox je moderno poboljšano jeklo namenjeno orodjarski industriji in strojegradnji, ki je dobavljivo z garantiranimi mehanskimi lastnostmi. Toolox bazira na nizkoogljiknem metalurškem konceptu in izkušnjah pri izdelavi jekla Hardox in Weldox, poznanih obrabno obstojnih jeklih podjetja SSAB Oxelösund. TOOLOX® je na voljo v dveh nivojih trdote: TOOLOX 33 s trdoto 310 HB (29 HRC) in TOOLOX 44 s trdoto 450

HB (45 HRC) in je dva do trikrat bolj žilavo jeklo kot klasična orodna jekla enake trdote.

REŠITEV PROBLEMA NA STROJU S HLAJENJEM SKOZI VRETENO

(sveder FTO GDXL – OSG)



Problem vrtanja globokih izvrtin smo rešili z OSG-jevimi svedri za ekstra globokovrtanje z velikimi pomiki FTO-GDXL. Namenjeni so za visokohitrostno in visokoučinkovito vrtanje do globin 30d v enem prehodu, kar izjemno skrajša čas obdelave v primerjavi z uporabo topovskih svedrov.

Pri izdelavi izvrtin smo uporabili dve tehnologiji in sicer za izdelavo izvrtin globin 20 d smo up-





GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

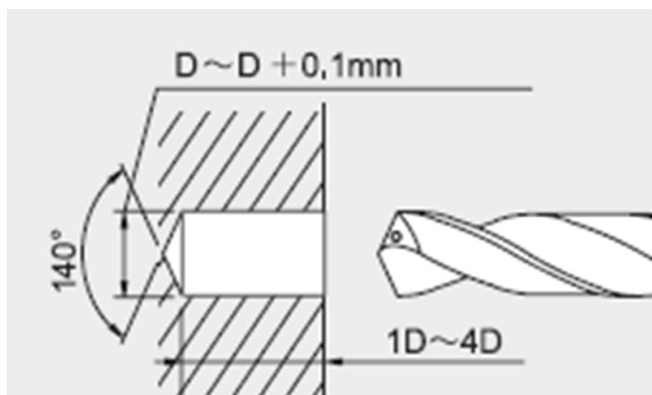
Branko UŠAJ
BTS Company d.o.o.

orabili pilotno izvrtino, za 10D pa smo vrtali brez pilotne izvrtine. Vrtanje smo izvajali na CNC obdelovalnem centru s hlajenjem skozi vreteno na materialu 1.2312. Ker oplet svedra ne sme biti več kot 0.01mm smo sveder vpeli v trn NIKKEN Multilock. Za izhodišče smo uporabili parametre iz tabele:

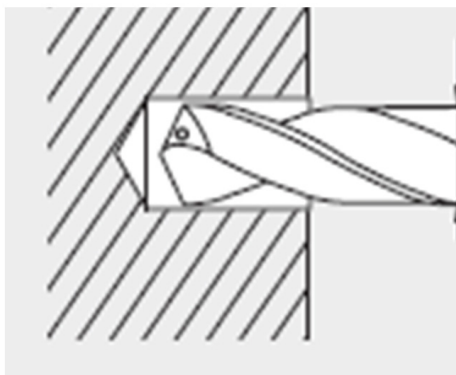
ORODJE	SVEDER FTO-GDXL 9X10D
Vc	80
S	2830
F mm/min	790
F mm/vrt	0,28 / brez čiščenja / brez pil. izvrt.

Sveder je deloval dobro. Izvrtine so bile ravne in v tolerancah.

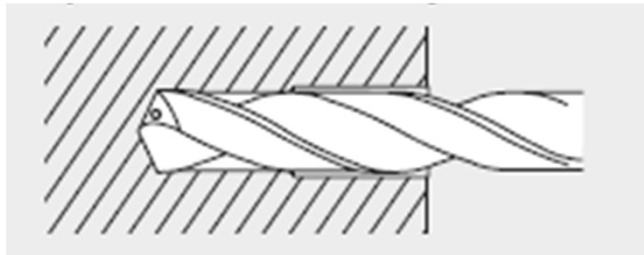
Nato smo na istem materialu izdelovali še izvrtine premera 8mm in globine 20D. Tu smo najprej s OSG-jevim pilot svedrom FTO-PLT 8,05 izdelali pilotno izvrtino.



Nato smo s svedrom $\phi 8 \times 20D$ FTO GDXL spustili z nizkimi vrtljaji in pomikom v pilotno izvrtino

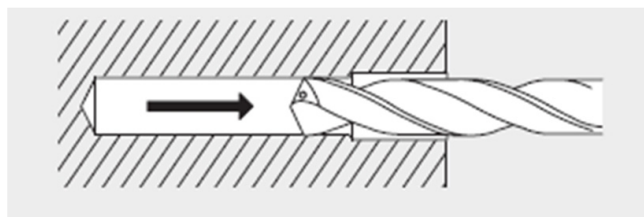


Nato smo povišali vrtljaje na predpisano hitrost in pričeli z vrtanjem



Ko smo dosegli dno izvrtine smo se odmaknili od dna izvrtine in smo pri izvlačenju svedra zmanjšali vrtljaje.

Sveder je izdelal izvrtine brez težav. Ostružki so bili lepi.



Z uporabo tega svedra smo bistveno skrajšali čas izdelave izvrtin.



**REŠITEV PROBLEMA NA STROJU BREZ HLAJENJA
SKOZI VREteno**

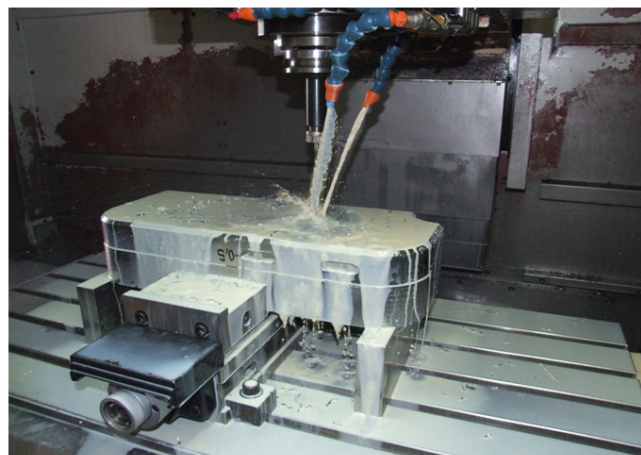
(sveder TDXL – OSG)

Za rešitev problema vrtanja globokih izvrtin na strojih ki nimajo hlajenja skozi vreteno smo uporabili nove OSG-jeve HSS svedre serije TDXL za brezstopenjsko vrtanje do 20xD brez hlajenja skozi center. Svedri so izdelani z novo patentirano tehnologijo. Ta vključuje posebno izvedbo konice, kar omogoča nižjo silo vrtanja, ter spirale katera omogoča učinkovito odvajanje ostružkov. Vsi svedri so prevlečeni z WXL prevleko katera ima oksidacijsko temperaturo 1.100°C. Te svedre proizvajalec priporoča za vrtanje ogljikovih, poboljšanih in legiranih jekel, ter sive in nodurne litine.

Preizkus smo izvajali na materialu 1.2343. Sveder je bil vpet v ER stročnico. Za izhodišče smo uporabili parametre iz tabele.

ORODJE	SVEDER TDXL 9X15D
Vc	16
S	565
F mm/min	113
F mm/vrt	0,2 / brez čiščenja / brez pil. izvrt.

Pri preizkusu je sveder deloval brez vsakršnih problemov. Sveder je lepo lomil ostružke. Na izvrtini ni bilo zaznati nobenega zanašanja svedra.

**IZDELAVA IZVRTIN V MATERIALU TOOLOX 33**

Poseben iziv nam je predstavljala izdelava izvrtin v jekla TOOLOX. TOOLOX® je inovativno švedsko orodno jeklo, ki je dobavljeno v poboljšanem stanju z garantiranimi mehanskimi lastnostmi. Osnovna ideja je prihraniti čas pri izdelavi orodij, saj je TOOLOX® že toplotno obdelano jeklo namenjeno orodjarstvu in strojogradnji.

TOOLOX® je na voljo v dveh nivojih trdote: TOOLOX 33 s trdoto 310 HB (29 HRC) in TOOLOX 44 s trdoto 450 HB (45 HRC) in je dva do trikrat bolj žilavo jeklo kot klasična orodna jekla enake trdote. Plošče TOOLOX® so dobavljene v poboljšanem stanju z garantirano obdelovalnostjo – Toolox 33 se v primerjavi z jeklom 1.2312 lahko obdeluje 20 %. Prednost jekla so nizke zaostale napetosti in dobra dimenzijska stabilnost, izredna čistost jekla brez sredinskih segregacij, nizek ogljikov ekvivalent zagotavlja dobre varilne lastnosti.

Kadar se zahtevajo višje trdote na površini se lahko z nitiranjem povečajo trdote na površini do 65 HRC..

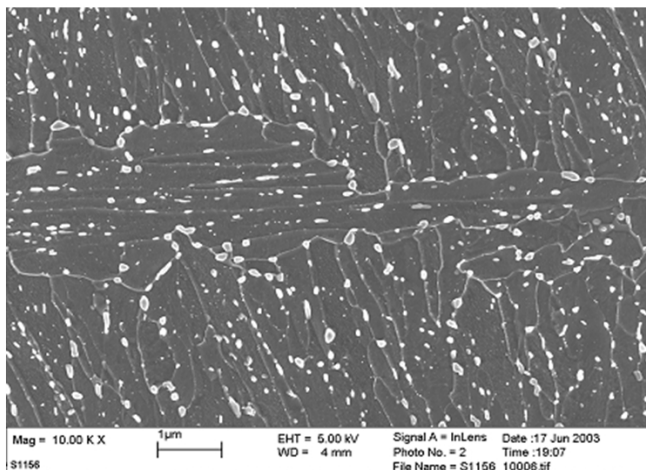
Primerjalna analiza v morfologije karbidov pri jeklu 1.2311/1.2312 z jeklom Toolox 33 Na sliki 1 je prikazana mikrostruktura jekla Toolox 33, kjer je površinski delež karbidov (belo obarvano) v jeklu 6,4 %. Na naslednji sliki je prikazana mikrostruktura jekla 1.2311/1.2312, kjer je



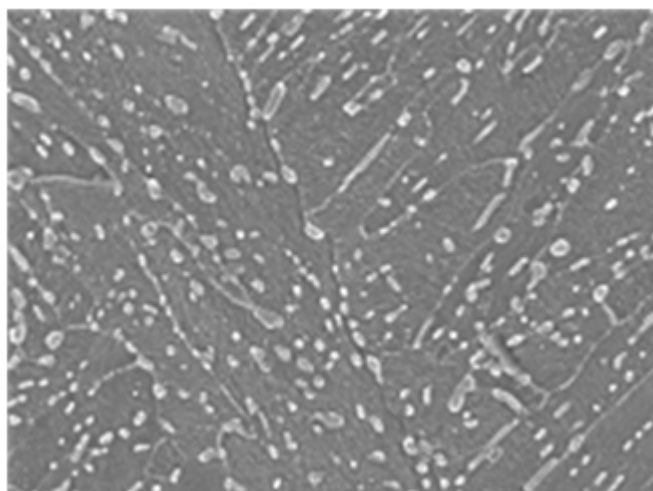
GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

Branko UŠAJ
BTS Company d.o.o.

površinski delež karbidov 10 % oziroma več kot 30 % več karbidov.



Slika 1: Mikrostruktura jekla Toolox 33 – delež karbidov 6,4 %

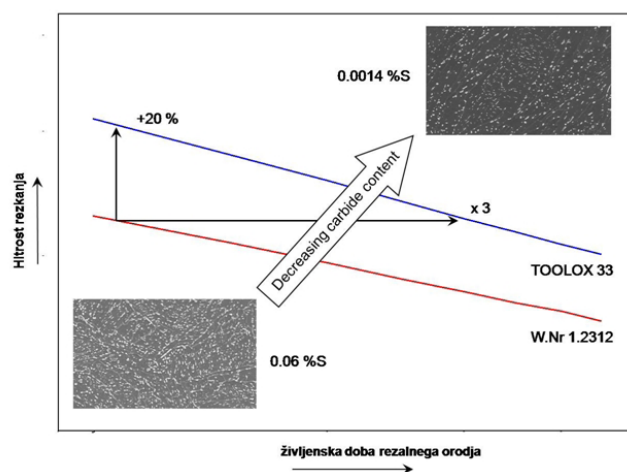


Slika 2: Mikrostruktura jekla 1.2311/1.2312 – delež karbidov 10 %

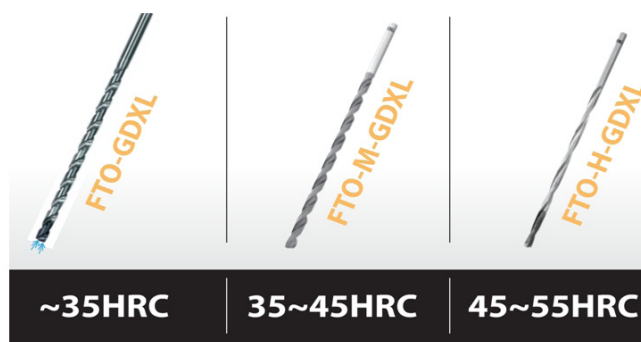
Toolox je moderno poboljšano jeklo namenjeno orodjarski industriji in strojogradnji, ki je dobavljivo z garantiranimi mehanskimi lastnostmi. Toolox bazira na nizkoogljicnem metalurškem konceptu in izkušnjah pri izdelavi jekla Hardox in Weldox, poznanih obrabno obstojnih jeklih podjetja SSAB Oxelösund.

Z visokimi kalilnimi hitrostmi in nizkoogljicnim konceptom so uspeli spremeniti morfologijo karbidov, ki je osnova za visiko žilavost, obdelovalnost in varivost. Na zgornji sliki sta predstavljeni mikrostrukturi jekla TX33 in 1.2311/1.2312, kjer je razvidna spremenjena morfoogija karbidov in 30

% manjši delež karbidov v jeklu TX33, ki je glavni razlog za boljše obdelovalne lastnosti. Karbidi so trdi delci, ki se težko obdelujejo in povzročajo obrabo rezilnega orodja in to je ralog za 25 % boljšo obdelovalnost jekla TX33 v primerjavi z jeklom 1.2312.



Problema vrtanja smo se lotili z OSG-jevimi svedri serije FTO.



Za Toolox 33 smo izbrali svedre FTO-GDXL kateri so namenjeni vrtanju izvrtin v materiale do 35 HRC. Za test smo uporabili parametre iz spodnje tabele.

ORODJE	SVEDER FTO-GDXL 10D
Vc	80
S	3145
F mm/min	629
F mm/vrt	0,2 / brez čiščenja / brez pil. izvrt.

Med obdelavo pri teh režimih ni bilo opaziti nikakršne nestabilnosti orodja – obdelave. Obraba na rezilnem robu je bila nezatna. Vrtanje



smo izvajali brez pilotne izvrtine, kar predstavlja eno operacijo manj.

REŠITEV PROBLEMA NA STROJU S HLAJENJEM SKOZI VREteno SEKANJA LUKENJ V TOOLOX 44 (SVEDER FTO-M-GDXL – OSG)

Nov izziv nam je predstavljala izdelava izvrtin v jeklo TOOLOX 44. TOOLOX 44 je novo orodno jeklo dobavljeno kaljeno in popuščeno: osnovna ideja je da je jeklo dobavljeno v poboljšanem stanju in je primerno za neposredno uporabo, kar za uporabnika pomeni krajše izdelavne čase orodja in nižje proizvodne stroške. Vsa toplotna obdelava je narejena pri švedskem proizvajalcu SSAB Oxelösund, kjer je vsaka plošča posebej testirana, izmerjene mehanske lastnosti pa so garantirane. V primerjavi s klasičnimi orodnimi jekli ima TOOLOX 44 pri enaki trdoti 450 HB dva do trikrat višjo udarno žilavost. V kolikor je trdota prenizka se lahko z nitriranjem površinska trdota dvigne do 65 HRc oziroma 3000 HV z dodatnimi PVD prevlekami.

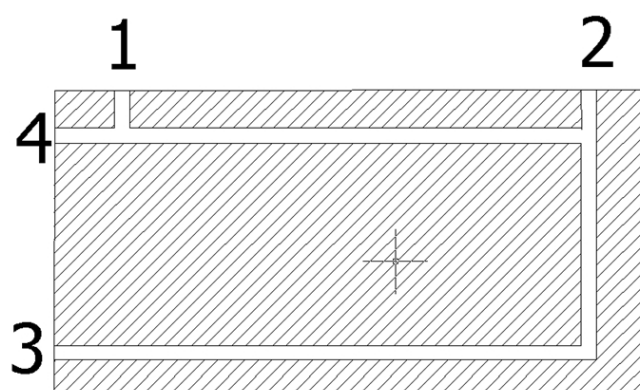
TOOLOX ima visoko popuščno temperaturo 590 °C, posledično je nivo zaostalih napetosti v jeklu na izredno nizkem nivoju kar pomeni, da je jeklo izredno dimenzijsko stabilno in ne pride do večjih deformacij tudi pri intenzivni strojni obdelavi.

TOOLOX 44 ima visoko trdnost pri povišani temperaturi in je primeren za orodja kot so orodja za plastiko, gume, vtlačno litje, upogibanje in oblikovanje pločevine. TOOLOX 44 je tudi zelo primeren za strojne dele kot so obrabni deli, vodilne letve in aplikacije pri povišanih temperaturah. Z ustrezno površinsko obdelavo se lahko življenjska doba orodja/komponente podaljša.

Za izdelavo izvrtin v Toolox 44 smo izbrali OSG-jeve svedre FTO-M-GDXL kateri so namenjeni vrtanju izvrtin v materiale do 45 HRC. Za njih je značilen ojačan rezilni rob, široki kanali vijačnice kateri omogočajo dober odvod ostružkov, ter inovativna oblika rezalnega robu katera omogoča lomljenje kratkih ostružkov.



Izvtine smo izdelovali v vrstnem redu kot je označeno na sliki



Najprej smo s pilot svedrom izdelali pilotne izvrtine s parametri iz spodnje tabele.

ORODJE	PILOT SVEDER FTO-PLT 5,03
Vc	40
S	2500
F mm/min	375
F mm/vrt	0,15 / brez čiščenja /

Sledila je izdelava izvrtin 1 in 2. Najprej smo z majhnimi vtljaji se spustili s svedrom v pilotno izvrtino. Nato smo z delavnimi obrati izdelali obe izvrtini. Parametri so podani v spodnji tabeli

ORODJE	SVEDER FTO-M_GDXL 5 X 15D
Vc	40
S	2500
F mm/min	375
F mm/vrt	0,15 / brez čiščenja /



GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

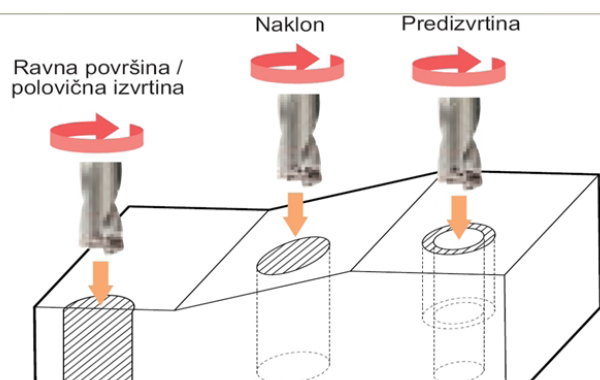
Branko UŠAJ
BTS Company d.o.o.

Nato smo izdelali še izvrtini 3 in 4. Prišetek izdelave je bil enak prejšnjima dvema. Ko pa smo se približali izvrtini katero smo 0,5mm pred izvrtino pomik nižali za 50% medtem ko smo pustili iste vrtljaje, ter s temi vrtljaji dokončali izdelavo izvrtine.

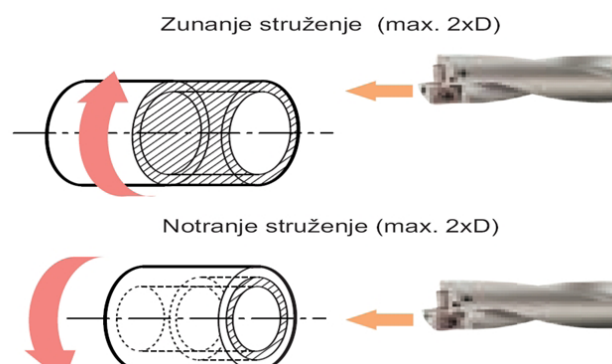
SVEDRI Z IZMENLJIVO PLOŠČICO WDX SUMITOMO



Pri izdelavi lukenj večjih premerov smo uporabili nove Sumitomove svedre z izmenljivimi ploščicami WDX. Trenutno so na voljo serije za globine vrtanja 2xD, 3xD in 4xD. Sveder ima dve enaki WDX ploščici - središčno in zunanjo. Ploščice imajo 2 zunanja in 2 središčna robova. 4 rezalni robovi na ploščici zagotavljajo stroškovno učinkovitost svedra. Možni so trije tipi lomilcev: L – za majhne pomike, primeren za Inox in mehka jekla, G – za splošno obdelavo jekla, H – za velike pomike in obdelavo sive litine. Dobavljivi sta kvaliteti ACP300 za jekla in Inox, ter ACK300 za sivo litino. WDX svedre lahko uporabimo za vrtanje na ravni in poševni površini.



Možne pa so tudi aplikacije na CNC stružnicah za zunanje in notranje struženje.



Pri WDX svedrih je zmanjšana višina neravnine na dnu izvrtine, ta znaša 0,6 mm (oz. 0,8 mm nad 29 mm).

Sveder smo testirali na materialu TOOLOX 33. Vrtali smo luknjo premera 33 mm globina izvrtine je bila 80mm. Uporabili smo parametre iz spodnje tabele.

ORODJE	SVEDER WDX 330 D4 S40 PL. WDX094008-G ACP-300 TOOLOX 33
Vc	75
S	723
F mm/min	100
F mm/vrt	0,15

Pri vrtanju z WDX svedrom ni bilo nobenih težav. Sveder je deloval mirno, brez vibracij. Obdelava izvrtine je bila konstantna od vhoda do izhoda kosa. Dosegli smo izredno dobro kakovost izdelane površine.

SKLEP

Z uvedbo OSG-jevih svedrov za globoko vrtanje FTO-GDXL, FTO-M-GDXL in TDXL so se bistveno skrajšali časi izdelave izvrtin. Pri uporabi klasičnih svedrov smo morali uporabljati bistve-



no manjše režime izdelave izvrtin, dodatno izgubo časa pa je predstavljalo stopensko vrtanje. Pri uporabi OSG svedrov pa vrtamo brezstopensko kar predstavlja velik prihranek pri času. Veliko prednost predstavlja tudi ostrenje teh svedrov. Ki ga izvaja proizvajalec svedrov OSG. Svedri po ostrenju delajo z enakimi režimi kot novi. Ravno tako smo dosegli zelo dobre rezultate pri vrtanju izvrtin večjih premerov z uvedbo Sumitomovih WDX svedrov. V primerjavi s predhodnimi svedri smo bistveno skrajšali čas obdelav ter bistveno povečali kakovost izvrtin.

Pedloge, da bi potrebe trga (porabo) sporočili na vse nivoje dobaviteljske verige. Žal izkušnje podjetij, ki so to preizkusila,

5. ZAKLJUČEK

Eden najpomembnejših razlogov za kopičenje zalog v dobaviteljski verigi je negotovost povpraševanja. Vzrok za to je v preslabi komunikaciji v dobaviteljski verigi. Posledica je Gre za problem procesov upravljanja povpraševanja z zelo velikim vplivom tako na strateškem kot taktičnem in operativnem nivoju podjetja.

Literatura

- [1] Baganha, P. M., Cohen, A. M.: *The Stabilizing Effect of Inventory in Supply Chains*, *Operations Research*, Vol. 46, No. 3S (1998), p. 72-83
- [2] Fisher, M. L.: *What is the Right Supply Chain for Your Product?*, *Harvard Business Review*, Vol. 75, No. 2 (1997), p. 105-116
- [3] Forrester, J. W.: *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, 1961





GLOBOKO VRTANJE V ORODJARSTVU

Branko UŠAJ
BTS Company d.o.o.





ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA
2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME

Primož HAFNER
Lotrič d.o.o.

Za zagotavljanje točnosti meritev je kalibracija merilne opreme nujna in uporabniku nudi prepotrebno zaupanje v samo merilo in posledično merilni rezultat. Za dober merilni rezultat pa so nujno potrebni še drugi dejavniki, ki imajo vpliv. Ustreznost merjenja, vzdrževanje, korekcijske vrednosti iz kalibracijskega certifikata, merilna negotovost je le nekaj parametrov, na katere je potrebno biti pozoren pred ali pri izvajanju meritev.

Kalibracija ali umerjanje je niz operacij za ugotavljanje povezave med vrednostmi, ki jih kaže merilni instrument, oziroma vrednostmi, ki jih predstavlja referenčna mera ali referenčni material in pripadajočimi vrednostmi, realiziranimi z etaloni, pod določenimi pogoji. Drugače povedano je kalibracija ugotavljanje dejanskega stanja merila. Po kalibraciji prejme lastnik merila certifikat o kalibraciji, ki je ključen dokument postopka kalibracije, vsako merilo pa se označi tudi z nalepko o kalibraciji.

Obstaja kar nekaj načinov za zagotovitev primarne sledljivosti merilne opreme, ki jo omenjajo

standardi in pravilniki. Akreditirana kalibracija, izvedena s strani akreditiranega kalibracijskega laboratorija se smatra kot najbolj zaupanja vredna kalibracija. Akreditacija je uradno priznanje usposobljenosti za opravljanje določenih dejavnosti. Kalibracijski in preskusni laboratoriji so akreditirani skladno s standardom za sistem vodenja ISO 17025, posamezne kalibracije pa izvajajo skladno s standardi ali vodili, ki veljajo za posamezne kalibracije.
















V drugi sklop lahko uvrstimo t.i. neakreditirane in interne (in-house) kalibracije. Tu gre predvsem za ekonomski vidik izvedbe kalibracije. Zaradi majhnega števila izvedenih kalibracij se laboratoriji ne odločajo za akreditacijo postopka, ampak ponudijo neakreditirano storitev. Te kalibracije so lahko na enaki ravni kot akreditirane kalibracije, če laboratorij upošteva vsa načela standarda ISO17025. Nadalje obstaja t.i. sledljiva kalibracija, ki najpogosteje ne upošteva načel standardov, razen v točki sledljivosti merilne opreme, ki pa žal še ne pomeni dobre kalibracije. Seveda obstajajo še ostale kalibracije, ki ne izpolnjujejo osnovnih načel, ki veljajo za kalibracijske laboratorije.



ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME

Primož HAFNER

Lotrič d.o.o.

		neakreditirana kalibracija	interna kalibracija	“sledljiva” kalibracija	“garaža” kalibracija
akreditacija					
sledljivost etalonov					
usposobljeno osebje					
ustrezni postopki					
nadzorovano okolje					
stalno izboljševanje					
merilna negotovost					
SKUPNA OCENA		 		 	

Certifikat o kalibraciji mora nositi ključne informacije o merilu. V nobenem primeru ne sme dajati dvomljivih rezultatov, ne sme podajati ustreznosti ali kakorkoli ovrednotiti rezultatov v smislu dokončne ustreznosti ali neustreznosti merila. Merilo je last uporabnika in le uporabnik lahko odloči o ustreznosti, periodi, območju kalibracije in o med kalibracijskih preverjanjih. Certifikat bi moral uporabniku prinesiti informacijo na podlagi katere se odloči ali merilo ustreza namenu, za katerega ga uporablja.

vse, kar je pomembno za to merilo. Namen uporabe, območje, občutljivost, način vzdrževanja, način hranjenja, zagotavljanje dolgotrajne stabilnosti, način kalibracije, kalibracijski organ in najpomembnejši podatek: kriterij o sprejemljivosti merilne opreme – SMO. Pri tem mora uporabnik razmisliti o dovoljenem odstopanju, ki ga lahko povzame po standardu, pravilniku ali specifikacijah proizvajalca in o merilni negotovosti (U), ki je pripisana pogrešku merila na kalibracijskem certifikatu.

Posamezno merilo v uporabi mora imeti identifikacijo in evidenčni karton. Na njem je zapisano

LOTRIČ		OBRAZEC	
Izdaja	Datum izdaje	EVIDENČNI KARTON OPREME	Poglavje

Senzor temperature Vrsta merila: Temperatura		KRITERIJ SMO U + korekcija ≤ 1 °C
		DELOVNI PROCES LABORATORIJ LOTRIČ
		ODGOVORNA OSEBA tehnični vodja
URADNA OZNAKA	PROIZVAJALEC Amarell Electronic	LOKACIJA Servisna delavnica
RAZRED TOČNOSTI	TIP MERILA Digitalni termometer s prikazovalnikom, 906230	ODGOVORNA OSEBA g. Vinko Koblar
MIN: -10 °C	TOVARNIŠKA ŠTEVILKA LTE 643	KALIBRACIJO IZVAJA LABORATORIJ LOTRIČ
MAX: 40 °C	LETO IZDELAVE 2009	
	IDENTIFIKACIJSKA ŠT.	
	TEHNIČNI PODATKI	TOČKE KALIBRIRANJA glej navodilo za kalibracijo
MERILNO OBMOČJE - 10 °C do 40 °C	NAMEN UPORABE Spremljanje pogojev okolice	
RAZŠIRJENA MER. NEG. Glej certifikat	KOS	OPOMBE
	SKUPINA 2. nivo	
	DATUM SPREJEMA 1.5.2009	
d: 0,1 °C	SKRAJŠAN ROK PREGLEDA 24	
	MERJENEC temperatura	

Primer evidenčnega lista merila

Pri določevanju kriterija SMO oziroma naročanju kalibracije, je potrebno preveriti kakšno merilno negotovost dosega laboratorij. Tako se dogaja, da je predpisana toleranca za pogrešek merila 1% merjene vrednosti, medtem ko merilna negotovost, ki jo poda kalibracijski laboratorij presega to vrednost. Taka kalibracija je nelogična in up-

orabniku ne prinaša želene informacije o merilu oziroma je nemogoče ugotoviti ustreznost merila. Podatek o merilni negotovosti oziroma vrednosti najboljše merilne zmogljivosti mora vsak kalibracijski laboratorij javno objaviti. Končna merilna negotovost postopka kalibracije oziroma

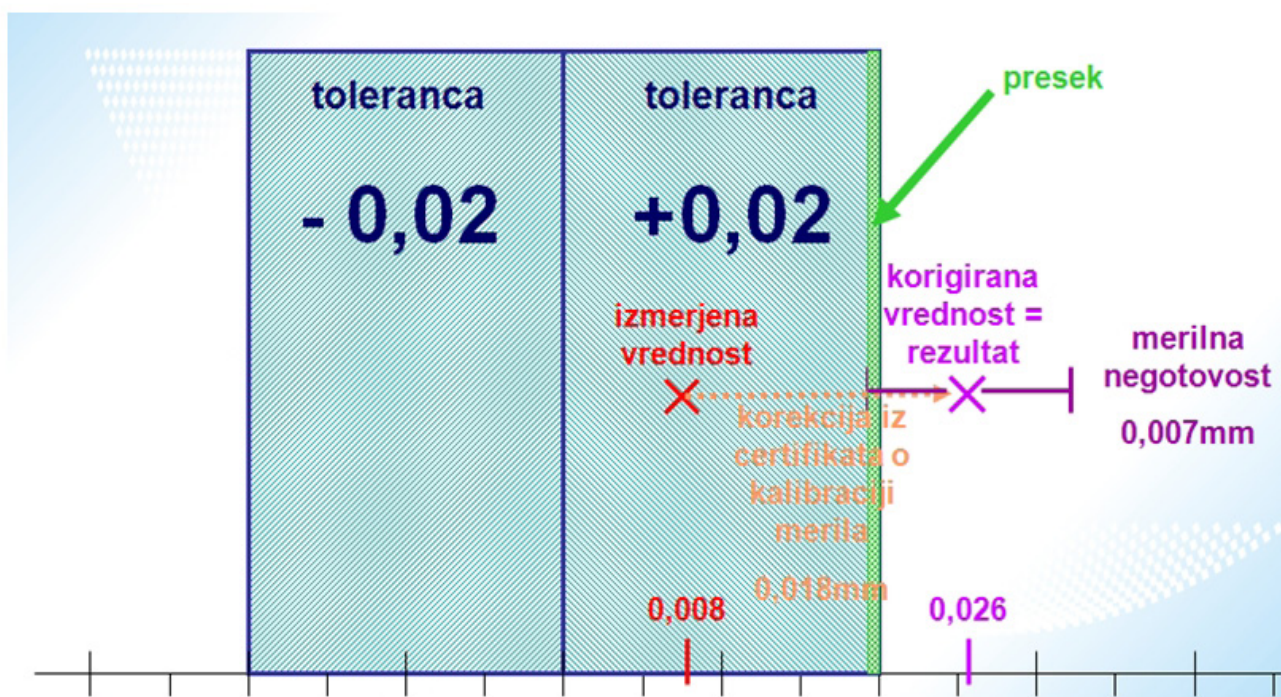
ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME

Primož HAFNER
Lotrič d.o.o.

vrednost navedena na certifikatu, predstavlja izračunano merilno negotovost postopka izvedenega na dejanskem vzorcu, ki je bil kalibriran. Pogrešek merila, če je relativno velik, se mora upoštevati pri izvajanju meritev (korekcija merilnega rezultata z vrednostmi referenčne mere), medtem ko je pri mejnih izmerjenih vrednostih potrebno upoštevati tudi merilno negotovost. Merilna negotovost se mora v mejnih primerih vedno upoštevati končnemu uporabniku v dobro, razen če je dogovor ali predpis drugačen. Tako lahko oziroma se mora tolerančno polje raz-

Periodo recalibracije si določi uporabnik sam na podlagi nekajletnega spremljanja merila. V začetni fazi se upošteva priporočila proizvajalca, ki največkrat priporoči letno ali dva krat letno kalibracijo, odvisno od merila. Po dveh ali treh kalibracijah se nato odločimo o periodiki. To storimo na podlagi stabilnosti merila. Če je merilo stabilno podaljšamo periodo, v obratnem pa skrajšamo periodo.

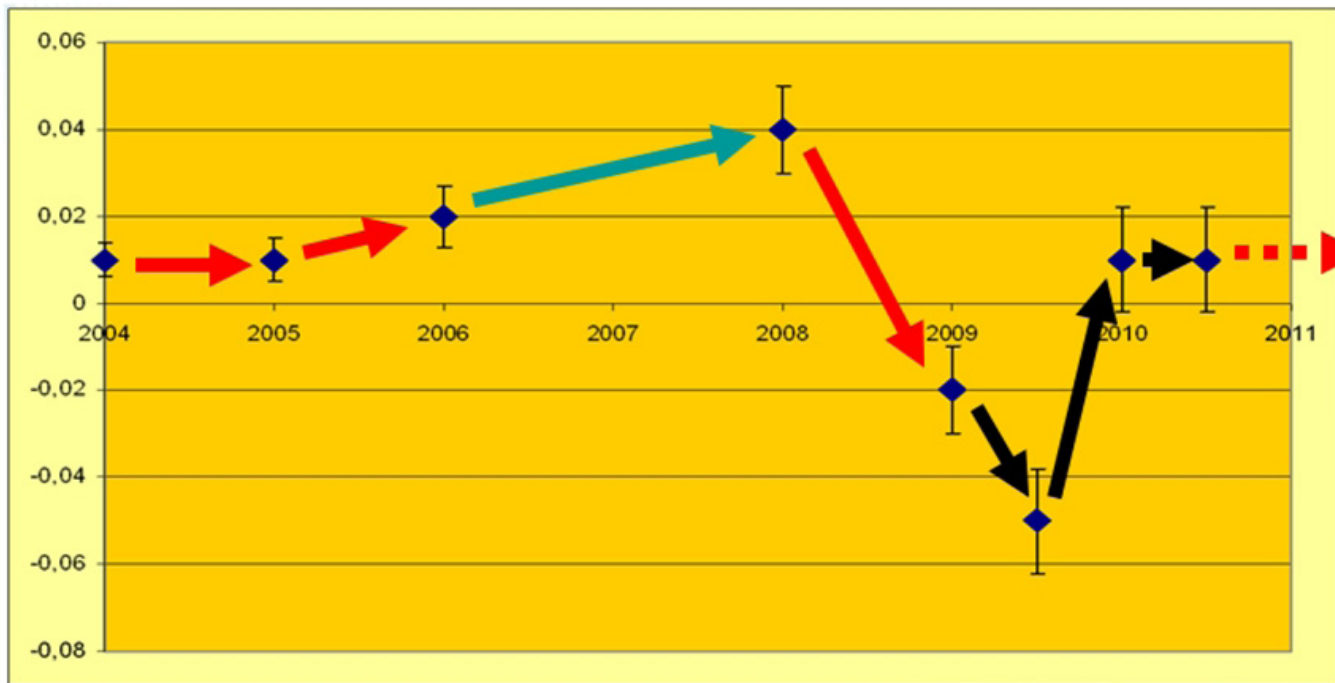
Iz grafa zapisa rezultata kalibracije skozi leta (pogrešek kovanja merila in pripadajoča merilna



Primer upoštevanja merilne negotovosti pri mejno izmerjeni vrednosti

tegniti za vrednost merilne negotovosti merila v obe smeri – pozitivno in negativno. Merilno negotovost etalona mora uporabnik upoštevati v negotovosti svojega postopka, če je seveda ta podatek zahtevan. Priporočljivo je vedno izvesti nekaj meritev, da pridobimo »celoten« posnetek stanja in ne le eno meritev. Glede na priporočila naj bi najzahtevnejša in najpomembnejša merjenja opravljali v serijah po deset meritev. Tako kot merilni rezultat upoštevamo povprečno vrednost, standardni raztros pa vnesemo v negotovost lastnega postopka.

negotovost) se vidi kako se je v letu 2006 perioda zaradi stabilnosti merila podaljšala, vendar se je v letih 2008 in 2009 zaradi velike razlike v zaporednih kalibracijah skrajšala na eno leto oziroma celo na pol leta. Opazimo tudi, da se merilna negotovost pogreška povečuje, do česar pride zaradi »utrujenosti« merila, predvsem pri ponovljivosti rezultatov. Večanje merilne negotovosti ni nujno posledica utrujenosti, lahko nastane tudi zaradi menjave kalibracijskega laboratorija, spremembe standarda za kalibracijo ali drugih vplivnih dejavnikov pri kalibraciji.



Graf zapisa rezultata kalibracije skozi leta

Uporabnik mora v med kalibracijski periodi zagotoviti točnost delovanja merila. Upoštevati je potrebno navodila proizvajalca, izvajati stalna vzdrževalna dela, interna ali eksterna naravnavanja in po možnosti izvesti vmesno preverjanje merila. To lahko izvedemo z neko dobro poznano stabilno referenčno vrednostjo. Tako lahko termometre enostavno preverimo s »fiksno« točko ledišča vode, tehtnice z utežmi, dolžinska merila pa s kladicami.

Pri izvajanju meritev bi bil potreben večji poudarek na ponovljivosti in obnovljivosti meritev. Le tako izvajalec meritev pridobi potrebno znanje in izkušnje za izvedbo. Z večkratnim ponavljanjem meritev se pridobi boljši, kakovostnejši rezultat, medtem ko z obnavljanjem meritev v nekem drugem časovnem okviru, lahko celo z drugim izvajalcem pridobi podjetje zaupanje v svoje

delo, izvajalci pa prepotrebno samozaupanje. V tem smislu so dobrodošle tudi primerjave med laboratoriji, kjer se pridobi vpogled v kakovost in uravnovešenost izvedbe, ne glede na kraj in način izvedbe enake meritve.

Akademija LOTRIČ poskuša prenesti dobre prakse na izvajalce in laboratorije v industriji, jim nudi strokovno in tehnično pomoč. Strokovni seminarji so namenjeni predstavitvi posameznega področja, izmenjavi izkušen med samimi slušatelji, kot tudi praktični izvedbi nekaterih meritev. Praktični del je predvsem odvisen od slušateljev samih, ki skozi potek soustvarjajo tematiko in tako pridobijo znanje tam, kjer menijo da je to potrebno.

Vse to in še več najdete na naši spletni strani www.lotric.si.

DOBRA VAGA V NEBESA POMAGA

*Merimo
za prihodnost*
We Measure the Future

LABORATORIJ
ZA
LOTRIČ[®]
MERO SLOVJE



ISO 9001 IN KALIBRACIJA MERILNE OPREME

Primož HAFNER

Lotrič d.o.o.





OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA

Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

POVZETEK

Odrezavanje ob asistenci visokotlačnega curka se uveljavlja kot metoda za bistveno povečanje odzema materiala in produktivnosti pri odrezavanju zahtevnih materialov, med katere sodijo tudi utrjena jekla. Hlajenje in mazanje z visokimi tlaki, predvsem pri operacijah struženja, je učinkovita metoda za zmanjševanje temperature v rezalni coni ter s tem povezano obrabo orodja in izboljšano kontrolo nastajanja odrezkov v odvisnosti od tlaka in pretoka hladilno-mazalne tekočine (HMT). V članku je predstavljena obdelava površinsko kaljenih in kromanih palic iz jekla za poboljšanje C45E, ki se uporablja za hidravlične aplikacije. Izvedena je primerjava obdelovalnosti tega materiala med klasičnim oblivanjem in visokotlačnim odrezavanjem (VTO) s stališča zmogljivosti postopka, tvorbe odrezkov, rezalnih sil ter obrabe in obstojnosti orodja.

1. UVOD

Pri procesu odrezavanja, še posebno pri obdelavi zahtevnih materialov igra trenje med odrezkom in orodjem pomembno vlogo. Trenje lahko zmanjšamo z uporabo ustreznega orodja, z višjo rezalno hitrostjo ter uporabo hladilno-mazalnega sredstva. V znanstveni literaturi lahko zasledimo različne pristope k rešitvi tega problema in boljši obdelovalnosti v celoti. Ideja po rezanju v mehko je privedla do t.i. vroče obdelave, z dovajanjem toplote v obdelovanec pred rezalno orodje [1] in uporabo visoko hitrostne obdelave [2], ki vodi do tečenja materiala. Naslednja rešitev je samostojno gnano rotirajoče orodje za struženje [1]. Ta princip prinese določene prednosti, kot so bistveno podaljšana obstojnost orodja, nižje rezalne temperature, večji odzemi materiala, zelo fino obdelano površino in praktično zanemarljive spremembe v površini. Slabost je v natančnosti vodenja vrtečega se orodja, drdranja pri orodjih večjih premerov, kot tudi to, da ne moremo obdelovati stopničastih obdelovancev. Najbolj praktičen in najučinkovitejši način izboljšanja performance orodja pri odrezavanju zahtevnih materialov je znižanje rezalne temperature [1, 3-7]. Eden izmed načinov za zmanjšanje tempera-

ture rezanja je t.i. kriogeno hlajenje rezalne cone. V znanstveni literaturi sta navedena dva pristopa, kjer se v ta namen uporablja tekoči dušik. Pri prvem dušik kroži v notranjosti rezalnega orodja, pri drugem pa se curek tekočega dušika v rezalno cono dovaja skozi majhno šobo nameščeno na orodju. Pri obeh načinih kriogenega odrezavanja dosežemo rezalne temperature, ki so bistveno pod temperaturo mehčanja orodja, kar izboljša njegovo obstojnost v primerjavi z oblivanjem. Zaradi odsotnosti hladilno-mazalnih sredstev kriogeno odrezavanje velja za okolju prijazno [3]. Učinkovito znižanje rezalne temperature in zmanjšanje sile trenja pri odrezavanju zahtevnih materialov lahko dosežemo tudi z visokotlačnim odrezavanjem (VTO). Ideja izvira iz 50-ih let prejšnjega stoletja, ko so Pigott in soavtorji izvedli prve preizkuse s curkom HMT visoke hitrosti [4]. Curek HMT so, z današnjim časom relativno nizkimi tlaki (< 3 MPa), dovajali pod orodje in s tem dosegli za 40% manjše trenje med orodjem in obdelovancem. V osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja so se raziskave razširile na višje tlake in različne načine oz. lokacije dovoda HMT. Lindeke [5] je prijavil patent z VT dovodom HMT skozi rezalno ploščico na cepilni ploskvi. Slabost takega načina dovoda je zahtevnejša



OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA

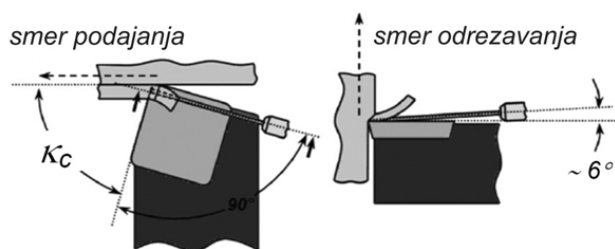
Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

izdelava rezalnih ploščic in zmanjšana trdnost in s tem življenjska doba orodja. Yankoff [6] in Mazurkiewicz [7] sta HMT dovedla skozi šobo pritrjeno nad rezalno ploščico. VT curek je v tem primeru usmerjen pod odrezek nad cepilno ploskvijo. Ta način zmanjšanja temperature v rezalni coni smo raziskovali tudi v naši nalogi.

2 PRINCIP DELOVANJA VTO

Pri odrezavanju je eden izmed najpomembnejših procesov, formiranje odrezkov. To je odvisno od toplote in trenja generiranega v kontaktni, t.i. rezalni coni med cepilno ploskvijo orodja in obdelovancem. Toplotni vpliv je najbolj odvisen od sposobnosti hlajenja med obdelavo, kot tudi od maksimalne temperature v rezalni coni. Pri odrezavanju sodobnih zahtevnih materialov konvencionalni hladilno-mazalni sistemi niso dovolj učinkoviti, da bi v celoti spremenili toplotne razmere v rezalni coni, ki bi ne povzročale sprememb v strukturi materiala obdelovanca.

Pri tehnologiji VTO je ideja v tem, da v rezalno cono dovajamo ozek, koherenten curek vode ali HMT pod izredno visokim tlakom. VT curek pri struženju lahko apliciramo na dva načina. Prvi način je z uporabo zunanje šobe. Curek je v tem primeru usmerjen med cepilno ploskev in odrezek ali pod orodje med prosto ploskev in obdelovane. Druga možnost dovoda visokotlačnega curka je preko kanalov v notranjosti orodja. Curek je doveden v rezalno cono preko kanalov v notranjosti orodja in skozi majhno luknjo v rezalni ploščici.



Slika 1: Princip dovajanja VT curka HMT v rezalno cono

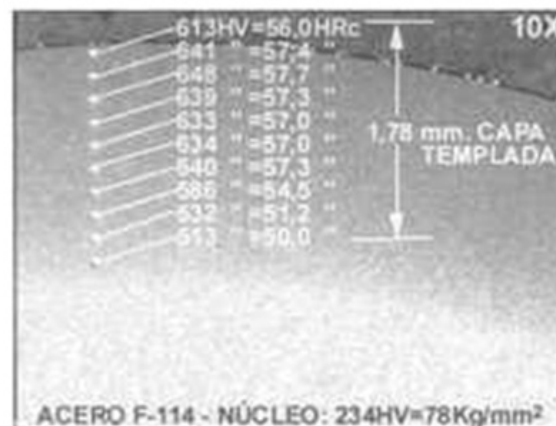
Injiciranje VT curka med cepilno ploskev in odrezek omogoča zmanjšanje dolžine kontakta

in tako vpliva na velikost trenja med njima ter je neposredno povezano z oblikovanjem odrezka. Na ta način lahko dokaj enostavno, s pritrditvijo zunanje VT šobe v neposredno bližino orodja, nadgradimo klasične ali CNC stružnice. Ta način smo uporabili tudi pri naših raziskavah in je prikazan na sliki 1.

Po drugi strani lahko z dovajanjem curka pod prosto ploskev dosežemo rezalni rob orodja. Posledično je to najučinkovitejši način zniževanja temperature v rezalni coni. Ta princip je bolj zahteven s stališča aplikacije in nima nobenega vpliva na oblikovanje in lomljenje odrezkov. Zadnji princip je še zahtevnejši, saj zahteva posebej s kanalom opremljene rezalne ploščice in držalo.

3 EKSPERIMENTALNO DELO

Cilj raziskave je bil vezan na grobo odrezavanje hidravličnih batnic, z namenom izboljšati tehnologijo struženja v trdo, s povečanjem tehnoloških sposobnosti in razširitvijo območja obdelovalnosti. Vsi eksperimenti so bili izvedeni na standardnem materialu za hidravlične batnice, jeklu za poboljšanje C45E. Batnice premera 30 mm in dolžine 400 mm so bile pred končno obdelavo, z namenom izboljšati obrabno obstojnost, površinsko induktivno kaljene in oplaščene z nanosom trdega kroma. Globina trdega sloja, ki je viden na prečnem prerezu na sliki 2a, je bila med 1.5 in 1.8 mm, s trdoto med 50 in 57 HRC.



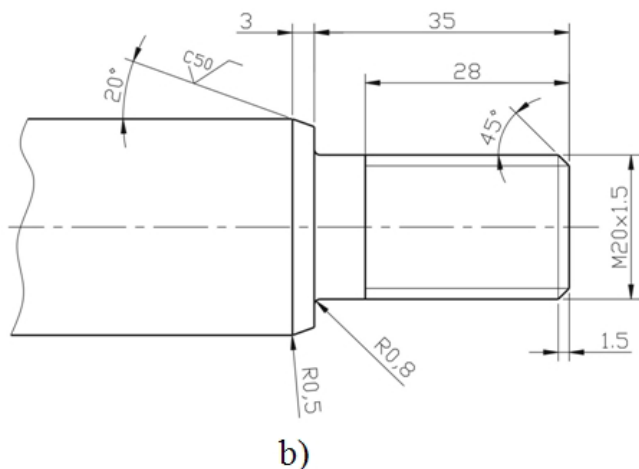
a)



OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA

Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 2: a) Trdota zunanje kaljenega sloja in
b) detajl risbe hidravlične batnice

Za material je značilno, da tvori dolge žilave odrezke. Pri izdelavi batnice je potrebno, pred operacijo vrezovanja navoja, trd sloj (~2 mm) na najučinkovitejši način odstraniti (slika 2b). Pri struženju trdih jekel lahko zaradi toplotnih razmer v rezalni coni pride do povišanih temperatur, ki vodijo do sprememb v strukturi materiala obdelovanca. To privede tudi do sprememb v mehanskih lastnostih batnice. Toplotni vpliv je odvisen predvsem od najvišje doseženih temperatur, pa tudi od hladilnih sposobnosti.

Eksperimenti na C45E so bili izvedeni z orodjem iz oplaščene karbidne trdine z oznako SNMA 120408 KR 432 brez lomilca odrezkov. Proizvajalec ne svetuje uporabo teh rezalnih ploščic za struženje tako trdih jekel, so pa edine te vrste, brez lomilca odrezkov, kar je bilo naše izhodišče. Učinkovitost in zmogljivost različnih načinov hlajenja, smo namreč ocenjevali prav s sposobnostjo lomljenja odrezkov. Poleg tega smo ocenjevali še območje obdelovalnosti, učinkovitost hlajenja, obrabo in obstojnost orodja ter rezalne sile.

VT curek je bil doveden skozi standardno šobo, ki se navadno uporablja pri aplikacijah rezanja z vodnim curkom. Pritrjena je bila na posebej zato izdelano vpenjalno-pozicionirno pripravo, ki

omogoča natančno pozicioniranje VT curka HMT. Curek je bil pri vseh preskusih usmerjen pravokotno na rezalni rob pod majhnim kotom 5° glede na cepilno ploskev, z razdalje 22 mm. V preskuhih je bila uporabljena batna črpalka znamke Hammelmann z zmogljivostjo 200 MPa tlaka in 8 l/min pretoka.

Eksperimenti so bili izvedeni v treh korakih:

A. Predhodni preskusi: so bili izvedeni z namenom, da bi ugotovili kakšen tlak HMT potrebujemo za učinkovito hlajenje in lomljenje odrezkov. Pri tem koraku smo analizirali tudi vpliv tlaka HMT na velikosti komponent rezalnih sil in opazovali nastanek odrezkov.

B. Tehnološko okno: predstavljajo območje obdelovalnosti za posamezen način hlajenja. Posamezno okno postavlja meje procesa za rezalno hitrost in podajanje pri nespremenljivi globini rezanja. Določevanje tehnološkega okna je osnovano na eksperimentalnem preverjanju vsakega parametra posebej. Začne se z določitvijo začetne vrednosti za oba parametra (rezalno hitrost in podajanje), nadaljuje s spreminjanjem enega parametra, medtem, ko so ostali parametri konstantni, konča pa se s spreminjanjem drugega parametra. Metodologija vsebuje merjenje specifične rezalne sile in vibracij med obdelavo, hrapavosti obdelane površine ter analizo formiranja odrezkov. Temelji na francoskem standardu NF E 66-520-6: Par orodje-material [8]. Ta korak je bil potreben, ker za struženje z VT dovodom HMT nismo imeli razpoložljivih obdelovalnih podatkov. Med preskusi sta bila globina reza in tlak HMT nastavljeni na konstantno vrednost.

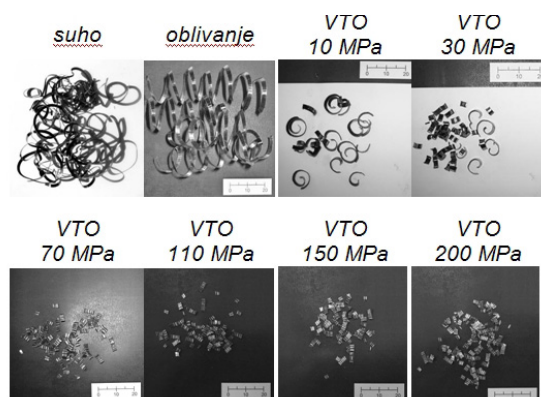
C. Sposobnost hlajenja oz. mazanja: preskusi so bili izvedeni z rezalno hitrostjo in podajanjem, ki pripada preseku tehnoloških oken za posamezni način hlajenja, določenih v prejšnjem koraku. Na osnovi meritev obrabe orodja, smo ocenili in primerjali sposobnost hlajenja.



4 REZULTATI IN UGOTOVITVE

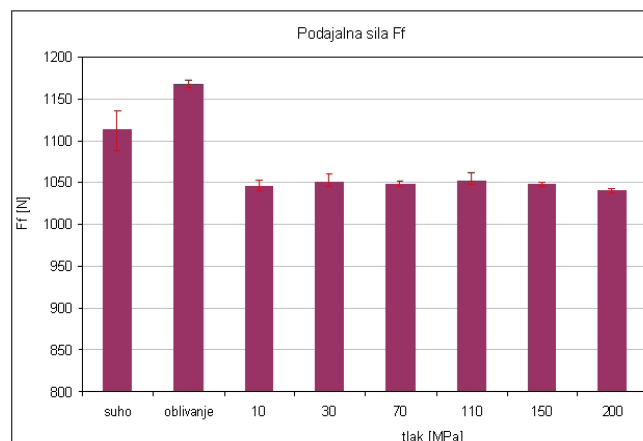
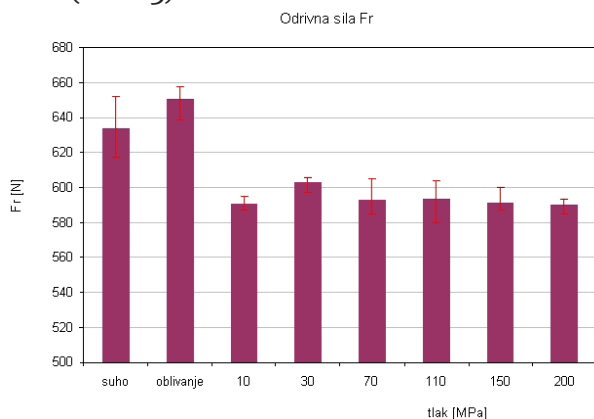
4.1 Rezultati predhodnih preskusov

Pri predhodnih preskusih smo pri vseh eksperimentih uporabili naslednje konstantne rezalne parametre: rezalna hitrost $v_c = 98.5$ m/min, podajanje $f_n = 0.25$ mm/vrt, globina rezanja $a_p = 2$ mm. Pri teh nastavitvah smo za oblikovanje dobili relativno ugodne odrezke. V suhem s takim orodjem nismo dobili zadovoljivih rezultatov ne glede na nastavitve rezalnih parametrov (slika 3).



Slika 3: Primerjava odrezkov pri različnih načinih hlajenja

Pri tlakih med 10 in 30 MPa smo opazili relativno dobro lomljivost, vendar so bili odrezki zaradi pomanjkanja hladilnega efekta opazno zažgani (slika 3). Vzrok nezadostnemu hlajenju je nizek pretok HMT, ki je znašal 0.4 l/min pri 10 MPa in 0.7 l/min pri 30 MPa. Pri tlakih višjih od 70 MPa, kjer je pretok HMT znašal 1.1 l/min in več, je bila opažena tako dobra lomljivost odrezkov, kot tudi ustrezno hlajenje. Opazimo lahko tudi to, da je pri tlaku 110 MPa in več osnovna oblika odrezkov enaka (slika 3).



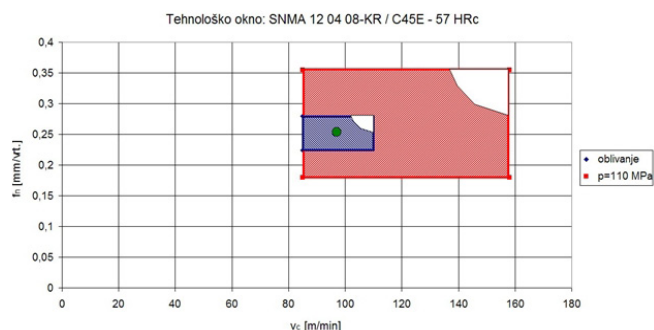
Slika 4: Vpliv načina hlajenja in tlaka HMT na podajalno in odzivno silo

Spremljali smo tudi vpliv tlaka HMT na velikost rezalnih sil in jih primerjali s struženjem v suhem in z oblikovanjem. V primeru glavne rezalne sile je bilo težko zaznati kakšen trend, saj so opažene razlike znotraj pogreška meritve. Podajalna in odzivna sila sta se zmanjšali takoj, ko smo priključili VT dovod HMT (obe sili za ~10%), z višanjem tlaka pa nismo opazili nadaljnjih sprememb. Vrednosti prikazane na sliki 4, so srednje vrednosti treh zaporednih meritev podajalne in odzivne sile. Na podlagi teh rezultatov lahko sklepamo, da pride pri uporabi VT dovoda HMT, do zmanjšanja trenja med orodjem in odrezkom.

Na podlagi predhodnih preskusov ter opisanih in razloženih rezultatov, smo za naslednja eksperimentalna koraka izbrali tlak $p = 110$ MPa. Pri tem tlaku in šobi premera 0.3 mm, znaša pretok približno 1.4 l/min.

4.2 Tehnološka okna

Za par orodje-obdelovanec: SNMG 120408-KR432 – C45E smo za oblikovanje in VTO določili tehnološki okni, t.j. območja rezalnih hitrosti in podajanj pri fiksni globini rezanja $a_p = 2$ mm, kjer dobimo zadovoljive oz. ugodne razmere obdelave.

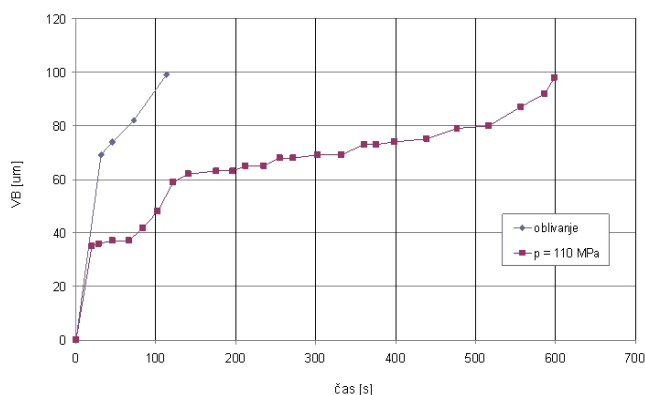


Slika 5: Tehnološko okno za oblivanje in VTO (material: C45E)

Iz diagrama na sliki 5 je razvidno, da je velikost tehnološkega okna v primeru VTO, nekajkrat večja. Področje obdelovalnosti se je razširilo tako na višje hitrosti rezanja, kot na višja podajanja. Belo obarvani področji v obeh tehnoloških oknih, predstavljata območji najvišjih hitrosti in podajanj, ki eksperimentalno nista bila preverjena in se ju je v praksi morda bolje izogibati.

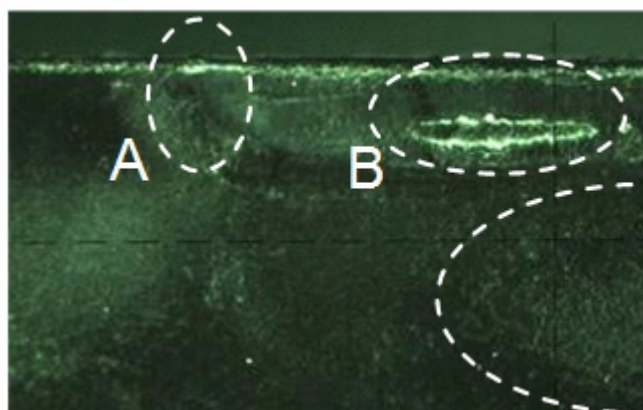
4.3 Sposobnost hlajenja oz. mazanja

Sposobnost hlajenja oz. mazanja je okarakterizirana z obstojnostjo in obrabo orodja. Uporabili smo rezalne parametre, ki so skupni obema tehnološkima oknom (slika 5): $vc = 98.5$ m/min, $fn = 0.25$ mm/vrt in $ap = 2$ mm. Slika 6 prikazuje potek obrabe proste ploskve pri obeh načinih hlajenja rezalne cone. Iz diagrama je razvidno, da je za izbrani kriterij $VB = 0.1$ mm pri oblivanju orodje izrabljeno v manj kot 2 minutah, pri VTO pa je pri enakih rezalnih parametrih orodje izrabljeno v približno 10 minutah.



Slika 6: Obraba proste ploskve VB pri obeh načinih hlajenja

Pri podrobnejšem ogledu (slika 7) obrabljene cepilne ploskve v primeru VTO, lahko opazimo naslednje oblike obrabe: A – obraba v obliki zareze na mestu, kjer rezalni rob reže površino obdelovanca; B – kotanjasta obraba (krater) dimenzij približno 0.45×0.08 mm in C – erozijska obraba na področju, kjer curek zadane ob površino orodja. Opazimo lahko, da je kotanjasta obraba manj izrazita prav na mestu, ki sovpada s trajektorijo VT curka.



Slika 7: Oblike obrabe na cepilni ploskvi

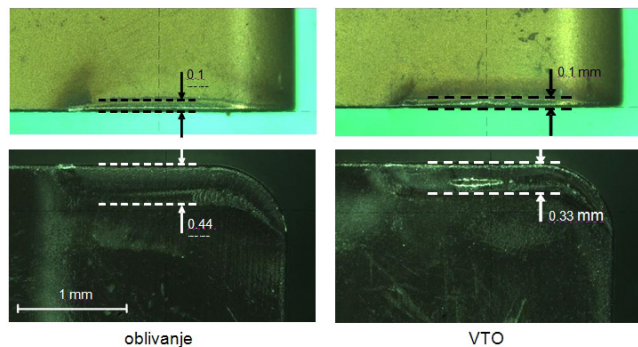
Glede na opisano lahko sklepamo, da curek doseže rezalni rob oz. penetrira globlje v rezalno cono samo na tem področju, to pa se ujema z radialno porazdelitvijo hitrosti oz. intenzivnosti curka [9]. Iz tega sledi, da je pri uporabi VT dovoda HMT, s stališča obrabe orodja, potrebno natančno preučiti tudi vpliv pozicije vpada curka na cepilno ploskev, oddaljenosti tega mesta od šobe ter vpliv premera curka.

Slika 8 prikazuje mikroskopski posnetek proste in cepilne ploskve pri obrabi $VB = 0.1$ mm za oba načina hlajenja. Na cepilni ploskvi je razločno vidna tudi kontaktna dolžina. Ta znaša v primeru oblivanja 0.44 mm, v primeru VTO pa le 0.33 mm.

OBDELAVA V TRDO OB ASISTENCI VISOKOTLAČNEGA ODREZAVANJA

Davorin KRAMAR, Janez KOPAČ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 8: Vpliv VTO na kontaktno dolžino

Med obdelavo smo, kot je bilo že navedeno, merili tudi rezalne sile. Ob uporabi VTO sta se podajalna in odzivna sila nekoliko zmanjšali, zato lahko sklepamo, da krajša kontaktna dolžina lahko povzroča manjše trenje med odrezkom in orodjem. Če predpostavimo, da je toplotni tok pri obeh načinih hlajenja enak, potem zmanjšanje kontaktne površine vodi k povečanju lokalnega toplotnega toka, ta pa do večje kotanjaste obrabe.

5. ZAKLJUČEK

Raziskava uporabe VTO pri struženju trdo-kromanega in induktivno kaljenega jekla C45E je pokazala določene značilnosti in prednosti tega načina hlajenja oz. mazanja v primerjavi s klasičnim obilvanjem in odrezavanjem brez HMT s stališča lomljivosti odrezkov, obrabe in obstojnosti orodja ter rezalnih sil [10]:

- to toplotno obdelano jeklo lahko ustrezno obdelujemo z rezalno ploščico, ki ni primerna za ta material (brez lomilca odrezkov),
- hlajenje oz. mazanje se izkaže kot zelo pomembno in nam omogoča obdelavo tako trdega materiala brez lomilca odrezkov,
- odlična lomljivost odrezkov z VT curkom, z uporabo VT dovoda HMT lahko bistveno povečamo področje obdelovalnosti – tehnološko okno (za ~45 % največjo rezalno hitrost in ~25 % največje podajanje),
- zmanjšanje podajalne in odzivne sile pri uporabi VT dovoda HMT (obe sili za ~10%),
- obstojnost orodja izboljšana za 5 – krat (pri

obrabi $VB=0.1\text{mm}$), pri tem pa bo potrebno bolje raziskati vpliv usmerjenosti VT curka na mehanizem nastanka kotanjaste obrabe na cepilni ploskvi,

- kljub temu, da hrapavost obdelane površine ni bistvenega pomena pri grobi obdelavi, vpliv uporabe VT dovoda HMT nismo opazili,
- vse naštetе prednosti smo dosegli pri 4 – krat manjši porabi HMT.

Literatura

- [1] Grzesik W.: *Advanced machining of metallic materials*, Elsevier (2008).
- [2] Kopač, J.: *Cutting tool wear during high-speed cutting*, *Stroj. vestn.* 50(2004)4, str. 195-205.
- [3] Pušavec, F., Stoič, A., Kopač, J.: *The role of cryogenics in machining processes*. *Teh. vjesn. - Stroj. fak.*, (2009), vol. 16, no. 4, str. 3-9, ilustr.
- [4] Pigott, R.J.S., Colwell, A.T.: *High pressure system for increasing tool life*, *SAE Quart. Trans.* 6(1952)3.
- [5] Lindeke, R.R.: *Material machining with improved fluid jet assistance*, *US Patent 5.237.894*, (1993).
- [6] Yankoff, G.K.: *Method and apparatus for machining*, *US Patent 4.621.547*, (1986).
- [7] Mazurkiewicz, M.: *High pressure lubricooling machining of metals*, *US Patent 5.148.728*, (1992).
- [8] AFNOR Standard NF E 66-520. *Couple outil-matière: Domaine de fonctionnement des outils coupants*, Vol. 1-6, (1994).
- [9] Momber, A.W.; Kovacevic, R.: *Principles of Abrasive Water Jet Machining*, Springer-Verlag, (1998)
- [10] Kramar, D., Krajnik, P., Kopač, J.: *High pressure jet assisted turning of surface hardened piston rods*. *Int. j. mater. prod. technol.*, 2010, vol. 38, no. 4, str. 399-417.



SHELL – OVA HLADILNO MAZALNA SREDSTVA ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM

Shell – ov program obsega hladilno mazalna sredstva za vse vrste materialov in obdelav

Actinia d.o.o.

Shell - ove emulzije so dizajnirane na način, da ustrezajo najnovejšim zahtevam obdelave kovin v smislu življenjske dobe orodja, kvalitete površin, vonja in kompatibilnosti s kožo. Idealna so za visoke hitrosti in pomike, kjer se zahteva odpornost proti ustvarjanju meglic ter učinkovito hlajenje in mazanje.

Vsa Shell - ova hladilno mazalna sredstva, ki so na voljo na slovenskem trgu, ustrezajo najstrožjim merilom, najzahtevnejši zakonodaji s področja zdravja pri uporabi tovrstnih proizvodov, ter nemškemu zakonu TRGS 611.

EMULZIJE

Proizvodi Shell Dromus in Sitala - pri mešanju z vodo tvorijo »mlečno« emulzijo

- Visok delež olja za odlično mazanje pri splošni obdelavi in brušenju
- Odlična stabilnost ne glede na vrsto vode
- Protikorozijska zaščita stroja in obdelovancev
- Odpornost proti mikroorganizmom in neprijetnim vonjem

MIKRO EMULZIJE

Proizvodi Shell Adrana - pri mešanju z vodo tvorijo stabilno, poltransparentno emulzijo

- Zagotavljajo učinkovito hlajenje
- Omogočajo visokokvalitetno površino obde-

lovancev pri raznovrstnih obdelavah

- Visoka odpornost proti organizmom, neprijetnim vonjem ter posledično dolga življenjska doba emulzije

SINTETIČNE TEKOČINE

Proizvodi Shell Metalina - pri mešanju z vodo tvorijo popolnoma transparentno tekočino

- Popolnoma sintetične tekočine zagotavljajo odlično hlajenje
- Vključujejo tudi proizvode za najtežje vrste obdelave jeklenih zlitin
- Visok nivo čistosti strojev, obdelovancev, sistema
- Hitro izpiranje delcev nastalih pri obdelavi



SHELL – OVA HLADILNO MAZALNA SREDSTVA ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM

Actinia d.o.o.

- Hitro izločanje tujega olja, kar olajša odstranjevanje

Shell - ove visoko učinkovite emulzije zagotavljajo:

- Izboljšanje življenjske dobe orodja
- Natančno obdelavo in visoko kvaliteto površine
- Dolgo življenjsko dobo emulzije v uporabi
- Izpolnjujejo najvišje zahteve v zvezi z zdravjem in tako izboljšajo okoljski prostor operaterjev

Shell-ova hladilno mazalna sredstva, ki se mešajo z vodo

OLJA ZA OBDELAVO Z ODREZOVANJEM IN BRUŠENJEM

Značilnost Shell - ovega programa visoko kvalitetnih olj za obdelavo se odraža v podaljšani življenjski dobi orodja, tako pri lažjih vrstah obdelave z odrezovanjem, kot pri težjih vrstah, npr. pri prevlačenju. Program olj za brušenje zajema proizvode za visoko hitrostno brušenje ter tudi proizvode za posebne namene, npr. izdelavo orodij iz karbidnih trdin.

Olja Shell Garia in Shell Macron izpolnjujejo zahteve po visoko učinkovitem mazanju, podaljšani življenjski dobi orodja, minimalnemu

Ime proizvoda	Vrsta	Kovine	Vrsta obdelave	Lastnosti
Sitala DY 2430	Emulzija	Siva litina, jeklo, aluminij, rumene kovine	Struženje, rezkanje, vrtanje, brušenje	Proizvod za splošno uporabo, dobro izpiranje in čistoča delovnega mesta
Adrana D 208	Mikroemulzija	Siva litina, srednje legirana jekla	Struženje, rezkanje, vrtanje, brušenje	Odpornost na penjenje, čistost obdelave, dobra korozijska zaščita, dolga življenjska doba
Adrana D 601.01	Mikroemulzija za najtežje vrste obdelave	Siva litina, visoko legirana jekla, nerjaveča jekla.	Struženje, rezkanje, vrtanje, brušenje, rezanje navojev, prevlačenje	Odlično se obnese pri najtežjih operacijah, najboljša odpornost proti penjenju
Sitala DF 400	Poltransparentna mikroemulzija	Aluminijeve zlitine, jeklene zlitine	Struženje, rezkanje, vrtanje, povrtavanje, vrezovanje navojev, prevlačenje	Odlično se obnese pri težjih obdelavah aluminijevih zlitin, visokokvalitetna površina obdelovancev.
Adrana AY 2401	Poltransparentna mikroemulzija	Bakrene zlitine, aluminijeve zlitine, jeklo, siva litina	Struženje, rezkanje, vrtanje, povrtavanje, vrezovanje navojev, prevlačenje	Ne izloča bakra in ne pušča madežev. Odlično se obnese pri težjih obdelavah aluminijevih zlitin
Metalina D 202.01	Sintetična tekočina	Siva litina, jeklene zlitine	Površinsko brušenje	Dolga življenjska doba, čistoča mesta obdelave, odpornost na penjenje
Metalina BY 2211	Sintetična tekočina	Volframov karbid, materiali, ki vsebujejo kobalt, jeklene zlitine	Brušenje karbidnih trdin	Ne izluži kobalta, dolga življenjska doba, odlično izločanje tujega olja, čistoča mesta obdelave.
Metalina B 3650	Sintetična tekočina za najtežje vrste obdelave	Siva litina, nizko in visoko legirane jeklene zlitine, nerjaveča jekla	Struženje, vrtanje, rezkanje, brušenje	Visokoučinkovite mazalne lastnosti, dolga življenjska doba, odlično izločanje tujega olja
Sitala B5801	Emulzija	Poseben proizvod za obdelavo magnezijevih zlitin	Struženje, rezkanje, vrtanje	Visoka odpornost na trdoto vode, podaljšana življenjska doba, čistoča delovnega okolja
Dromus BX	Emulzija na osnovi mineralnega olja	Jeklene zlitine, aluminij, rumene kovine	Struženje, rezkanje, vrtanje	Odlična protikorozijska zaščita
Grotanol SR 2	Sistemska čistilno sredstvo		Doda se v emulzijo 8-24 ur pred menjavo le te	Koncentracija 0,25% - 0,75%
MWS AF 2220	Protipenilno sredstvo		Brez silikonov! (ni težav z barvanjem obdelovancev)	0,01% - 0,05%

Razpredelnica za izbiro emulzije

	Sitala DY 2430	Adrana D 208	Adrana D 601.01	Sitala DF 400	Adrana AY 2401	Metalina B 3650	Dromus BX
Železne kovine							
Lažja obdelava	****	****	****	***	****	**	***
Srednje težka obdelava	****	****	****	****	****	****	***
Težka obdelava	**	**	****	***	***	****	*
Siva litina	***	****	***	*	**	****	**
Nerjaveče jeklo	**	**	****	***	***	***	**
Nikelj	**	*	****	***	***	***	**
Aluminij	***	**	*	****	****	*	**
Baker & Medenina	**	*	*	**	****	*	***
Titan	**	*	****	***	***	***	**

**** - Priporočeno za večino vrst obdelave

*** - Primerno za večino vrst obdelave

** - Lahko se uporabi za nekatere vrste obdelave

* - Ni priporočljivo

vonju, nizki nagnjenosti k ustvarjanju meglic in odličnem HSSE profilu.

Olja Shell Macron – ne puščajo madežev na rumenih kovinah

- Za lažjo in srednje težko obdelavo bakrenih zlitin, aluminija, jekla in sive litine
- Posebni proizvodi za brušenje in honanje
- Olja Macron 400 in 620 so multifunkcionalna olja (obdelovalna, hidravlična in reduktorska obremen). Izpolnjujejo DIN 51524 HLP-2 in DIN 51513 CLP-3. Dobavljiva so v viskoznostih ISO VG 22,32 in 46
- Visoka rezerva aditivov za dolgo življenjsko dobo in odpornost na redčenje pri puščanju oz mešanju s tujim oljem

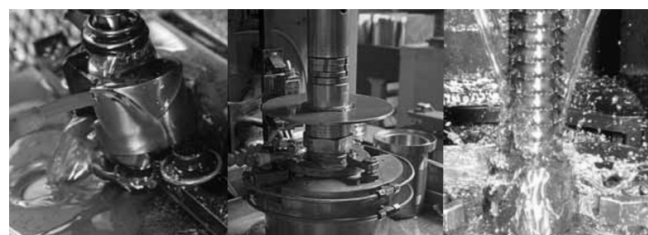
Olja Shell Macron EDM – skoraj prozorna, nizka hlapljivost

- Shell Macron 110 je univerzalni dielektrik za grobo in fino odzemanje materiala ter superfiniš
- Primerno za EDT obdelavo (elektroerozijska tekstura) jeklene pločevine
- Shell Macron 130 omogoča velike odjeme za

potrebe grobe obdelave

Olja Shell Garia – aktivna kemija

- Za srednjo in težko obdelavo aluminija, sive litine, jekla in nerjavečega jekla
- Vsebuje aktivno žveplo za učinkovito zmanjševanje težav z nabiranjem materiala na rezilnem robu
- Visoka rezerva aditivov za dolgo življenjsko dobo in odpornost na redčenje s puščanjem tujega olja



ZGODBA O USPEHU – GARIA 601M-22 IN M-12

Kdo: proizvajalec avtomobilskih menjalnikov v južni Nemčiji

Uporaba: prevlačenje utorov na oseh

Situacija pred uporabo Shell - ovih maziv: Z uporabo olja za prevlačenje druge blagovne znamke

SHELL – OVA HLADILNO MAZALNA SREDSTVA ZA OBDELAVO KOVIN Z ODREZOVANJEM

Actinia d.o.o.

je stranka:

- Dosegala krajšo življenjsko dobo orodja še posebej s časom, ko se je v rezervoarju akumulirala vse večja količina olja za drsna vodila
- Posledično se je zaradi dviga viskoznosti odstranjen material vse bolj prijemal na orodje
- Pogosta menjava olja zaradi redčenja in posledične izgube moči aditivov

Situacija po uporabi Shell - ovih proizvodov:

Uporaba olj Shell Garia 601M-22 in M-12 za dolivanje, je rezultirala v sledečem:

- Stabilnejša viskoznost na nivoju 20 mm²/s
- Čistejše orodje zaradi večje moči omočevanja

in izpiranja

- Izboljšana površina obdelovancev in 10% povečanje življenjske dobe orodja
- Zadostna moč aditivov tudi pri do 30% kontaminaciji z oljem za drsna vodila
- Za štirikrat podaljšan interval menjave olja

Prihranki / prednosti za uporabnika: Glavni učinek uporabe Garia 601M-22 in M-12 je bila povečana rezerva aditivov. Skupaj z korekcijo viskoznosti je to izboljšalo delovne pogoje. Podaljšan interval menjave olja je rezultiral v prihranku 3000 litrov letno ter manjšem številu zastojev kot posledice potreb po menjavi olja.

	Struženje	Izdelava zobnikov z odrezovanjem	Rezanje navojev	Prevlačenje	Brušenje	Globoko vrtanje	Honanje	Rumene kovine	Aluminij	Siva litina	Jeklo	Nerjaveče jeklo	EDM
Garia 404 M10	***	**	**		***	***			****	****	****	***	
Garia 603 S15	***	**	****	****	***	****			****	****	****	****	
Garia 601 M22	****	****	****	***	***	**			****	****	****	***	
Macron 205 M8	**				***		****	****	***	***	***	***	
Macron 2429 S8* ¹					****					**	**		
Macron 600 M16	****	**	**		***	**		****	****	****	****	***	
Macron 401 F22	****	**	**		**			****	****	****	***		
Macron SL 201* ²	****		***					****	****	****	***	**	
Macron 620 M22* ³	****	***	***	***	***	***		****	****	****	***	**	
Macron 620 M32* ³	****	***	***	***				****	****	****	***	**	
Macron 620 M46* ³	****	***	***					****	****	****	***	**	
EDM 110													****
EDM 130													****

**** - Priporočeno za večino vrst obdelave

*** - Primerno za večino vrst obdelave

** - Lahko se uporabi za nekatere vrste obdelave

*¹ - poseben proizvod za brušenje orodja iz karbidnih trdin

*² - poseben proizvod za mazanje z oljno meglo

*³ - multifunkcionalen proizvod, izpolnjuje tudi standard za hidravlična olja HLP DIN 51524 2 in reduktorska olja CLP DIN 51517 -3

Razpredelnica za izbiro olja



SHELL PREDSTAVIL NOVO GENERACIJO OLJ ZA DRсна VODILA

Actinia d.o.o.

“Shell lubricants” je razvil novo generacijo olj za drsna vodila obdelovalnih strojev. Namen novih proizvodov je zagotoviti pogoje za večjo natančnost obdelave in kvaliteto obdelovancev hkrati z znižanjem stroškov vzdrževanja. Nova generacija družine olj za drsna vodila “Shell Tonna” (Shell Tonna S & Shell Tonna T) je snovana na kvalitetnih, visoko rafiniranih baznih oljih in seveda ustreza vsem standardom s področja okolja in varnosti pri delu.

Laurent Barnagaud, marketing manager pri Shell Metalworking, pravi: “najprej in predvsem uporabniki pričakujejo natančnost”. Omejitev zahtev na preprečevanje zatikanja med drsenjem (stick –slip efekt) ne zadostuje več potrebam najsodobnejših strojev in naprav. Uporabniki pričakujejo mazivo, ki bo zagotavljalo tudi večjo natančnost obdelave. Nova generacija maziv za drsna vodila Shell Tonna je bila razvita z namenom zagotoviti mazivo za drsna vodila, ki presega osnovne standarde sodobne industrije obdelave kovin.

SHELL TONNA S

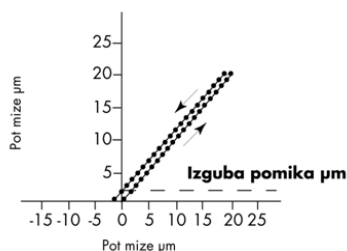
Shell Tonna S je premium proizvod, formuliran, da zagotavlja čim večjo natančnosti delovanja. Sposobnost omogočanja preciznega delovanja Shell Tonna S zagotavlja primernost uporabe tega proizvoda tudi za visokotehnološke stroje z majhnimi hitrosti pomikov.

Dodatno se Shell Tonna S lahko uporablja tudi za mazanje hidravličnih črpalk in zobniških prenosov.

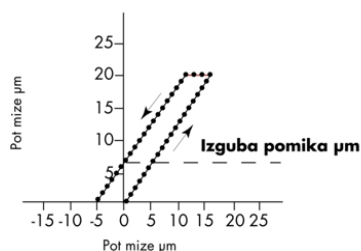
Povečana natančnost strojev

Kot rezultat izvrstnih sposobnosti zmanjšanja trenja, Shell Tonna S dosega le 1.01 μm izgube pomika pri Testu natančnosti pozicioniranja obdelovalnega centra (JIS B 63331, Japonski Industrijski Standard; Testna koda - Delovanje in natančnost numerično krmiljenih obdelovalnih strojev)

Shell Tonna Oil S 68

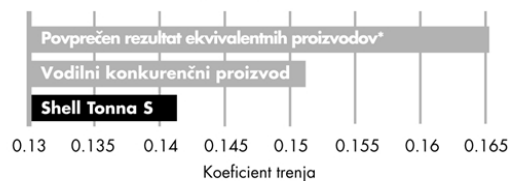


Primerljivo olje A



Izvrstne drsne lastnosti

Prednost: tekoče gibanje stroja



Optimalnejše delovanje

Shell Tonna S dosega izjemen rezultat na testu ocene trenja - SKC Static Friction Test.

* Povprečen rezultat širokega izbora ekvivalentnih olj za drsna vodila, testirano v neodvisnem laboratoriju.



SHELL PREDSTAVIL NOVO GENERACIJO OLJ ZA DRSNIA VODILA

Actinia d.o.o.

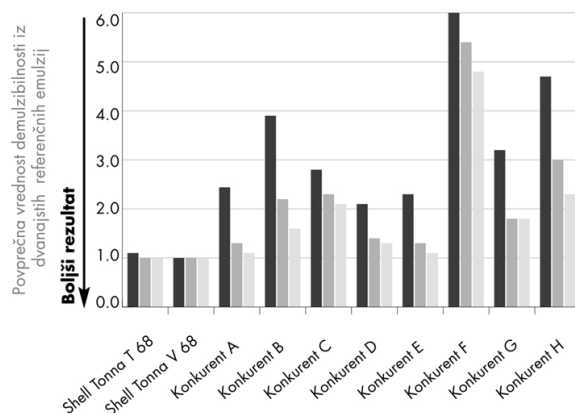
SHELL TONNA T

Nova generacija Shell Tonna T je še posebej kompatibilna z emulzijami za obdelavo kovin. Shell Tonna T ima povečano sposobnost izločanja iz emulzij, to pa omogoča lažje vzdrževanje. Operaterji samo odstranijo oljni film s površine emulzije v rezervoarju, kar prispeva k daljši življenjski dobi emulzij. V primeru kontaminiranosti s tujim oljem se namreč prej pojavijo mikroorganizmi, ki povzročajo nižjo učinkovitost in skrajšanje življenjske dobe emulzij. Posledično to pomeni manj zahtevno vzdrževanje rezervoarja emulzije in daljše intervale menjave le te.

Ko je emulzija neposredno usmerjena na orodje pod visokim pritiskom, lahko popolnoma izpere zaščitni oljni film z vodil, kar lahko povzroči obrabo in zatikajoče gibanje vodil. Dodatno nova generacija maziv "Shell Tonna" zagotavlja večjo odpornost na efekt izpiranja olja ter na ta način omogoča manjšo porabo in nižje stroške.

Izvrstne lastnosti izločanja iz emulzije – najboljši v razredu

Prednost: Enostavnejše vzdrževanje hladilno mazalnega sredstva



Shell Tonna T dosega najboljši rezultat izločanja iz emulzij v »razredu«, merjeno z SKC demulsibility test.



ORODJARSTVO IN STROJEGRADNJA 2 0 1 0

Posvetovanje

SISTEMI NA KLJUČ - PRILOŽNOSTI DODATNE VREDNOSTI

Ljubljana, 6. - 7. oktober 2010

S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?

Samo GAZVODA, doc.dr. Gašper GANTAR
TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

POVZETEK

Prispevek obravnava ostre globalne razmere na področju orodjarstva, ko je borba za posle z vsakim dnevom težja. Zanašanje na našo tradicionalno fleksibilnost, relativno bližino kupcem in dobro kvaliteto izdelanih orodij lahko kmalu postane preprosto premalo v nenehni borbi nižanja stroškov in krajšanja dobavnih rokov. Nenehno prilagajanje dinamičnim razmeram na trgu in osvajanje novih poslovnih modelov je ob nujnem predpogoju zagotavljanja kakovosti za slovenske orodjarne nujnost v borbi za dolgoročno ohranjanje konkurenčnosti. Obravnavano je področje orodij za brizganje polimernih materialov.

1. UVOD

O globalizaciji je bilo prelitega že toliko črnila, da ne velja več izgubljeni besed. Tudi fraza: »Edina konstanta je sprememba«, čeprav že ničkolikokrat prežvečena, še kako drži. Za orodjarsko branžo to pomeni, da lahko opazujemo nenehno rast kakovosti orodij iz daljnega vzhoda, fleksibilnost pa tako ali tako pri njih nikoli ni bila problem. Seveda pod pogojem, da imaš na nasprotni strani dobrega partnerja. Še vedno drži, da se nepripravljen in nepreviden zelo hitro opečeš pri sodelovanju z orodjarji iz daljnega vzhoda. Obstaja pa veliko zelo kakovostnih orodjarn, sposobnih prevzemati večje posle ob drastično nižjih cenah in občutno krajših dobavnih rokih. Faktor bližine kupcem kot naša prednost je tudi zgolj relativen, saj je v tujini sklepanje poslov z orodjarji iz daljnega vzhoda preko lokalnih zastopnikov, ki prevzamejo nase vodenje projekta, že nekaj povsem običajnega.

2. TRENUTNO STANJE SODELOVANJA V SLOVENIJI

Na začetku je treba poudariti, da seveda orod-

jarne v Sloveniji sodelujejo, brez tega vsekakor ne gre. V večini primerov gre za ad-hoc projektno sodelovanje: orodjarna, ki dobi večji posel, se poveže z enim ali več partnerji, ki jim potem razdeli delo in sama vodi projekt. Opaziti je možno tudi sodelovanje v smislu dopolnjevanja ponudbe: partnerji se povežejo in se specializirajo za določena področja oz. tržne niše tako, da lahko skupaj ponudijo celovito storitev.

V obeh primerih gre za neformalno povezovanje podjetij. Poglavitna razlika je, da je projektno sodelovanje kratkoročno, vezano na pridobljene posle in se formira po potrebi, medtem ko je pri dopolnjevanju ponudbe sodelovanje dolgoročno. Projektno sodelovanje je po svoji naravi bolj v rabi pri večjih orodjarnah, saj manjši težje prevzamejo riziko, ki pride z večjimi projekti, dopolnjevanje ponudbe pa je bolj v domeni manjših podjetij, ki s tem postajajo močnejša.

V preteklosti smo že imeli v Sloveniji nekaj poskusov formalnega sodelovanja, ki pa so iz teh in onih razlogov propadli. Najpomembnejša lekcija iz preteklih poskusov je, da mora biti povezovanje zasnovano na tržnih temeljih. More-



S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?

Samo GAZVODA, doc.dr. Gašper GANTAR

TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

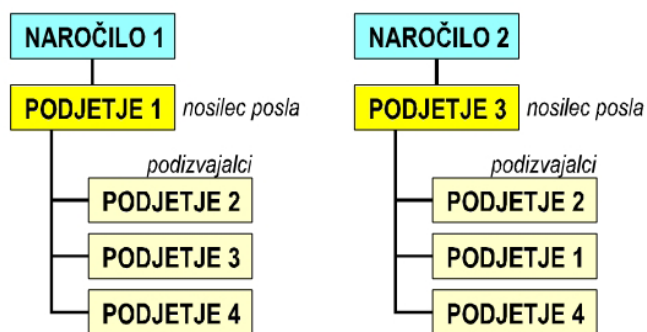
bitno pridobivanje javnih nepovratnih zagonskih sredstev lahko nastopi šele v 2. fazi. Vsi poskusi povezovanja, ki so v štartu sloneli na projektih nepovratnih sredstev, so bili – vsaj po avtorjem dostopnih podatkih – neuspešni.

3. MOŽNI MODELI SODELOVANJA

Zakaj sploh sodelovati? Vsekakor mora biti v ozadju poslovni interes vseh sodelujočih, da povečajo svoj promet in s tem dobiček. To pa ni možno, če s sodelovanjem ne pridobimo novih poslov [1], torej je treba trgu ponuditi več od tistega, kar so partnerji zmožni ponuditi sami. V prvi vrsti imamo sicer na voljo možnost ad-hoc ali organiziranega povezovanja podjetij.

3.1 Ad-hoc sodelovanje

Ad-hoc oz. neformalno povezovanje je lahko povezovanje podjetij z namenom zagotavljanja kapacitet za prevzem večjega projekta. Tovrstno povezovanje je vedno vodeno preko glavnega podjetja, ki proti kupcu nastopa samostojno in tudi prevzame vso odgovornost za izvedbo projekta.



Slika 1: Ad-hoc sodelovanje, vezano na posel

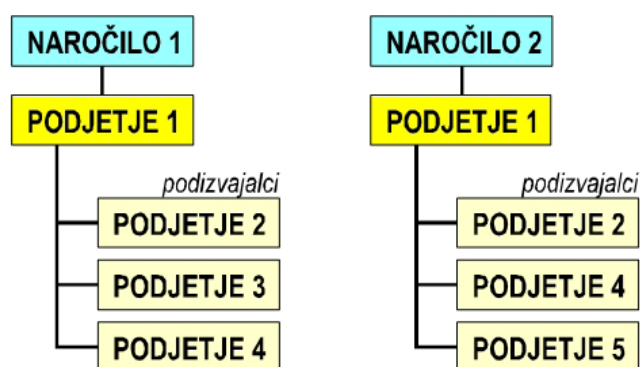
3.2 Organizirano sodelovanje

Pri organiziranem sodelovanju imamo naslednji možnosti:

- Največji izmed partnerjev prevzame vodilno vlogo v konzorciju (v nadaljevanju prevladujoč model)
- Partnerji so pretežno enake velikosti, vodenje

projektov prevzame neodvisni subjekt (v nadaljevanju enakovreden model)

Teorija nas uči, da s prevladujočim modelom sodelovanja znižamo operativne stroške in optimiramo materialne ter komunikacijske poti [2,3], vendar hkrati pada fleksibilnost iz vidikov prilagajanja tržnim potrebam ter povečevanja odvisnosti od trenutnih kupcev in dobaviteljev. V trenutnih tržnih razmerah je zagotovo fleksibilnost iz več vidikov ključna [4], zato je razmišljati o vzpostavitvi prevladujočega modela nesmotrno. Hkrati terja tudi veliko začetnih naporov pri usklajevanju pogojev sodelovanja. Za nameček je – kot omenjeno v uvodu – v slovenskem prostoru bilo že kar nekaj tovrstnih neuspešnih poskusov.

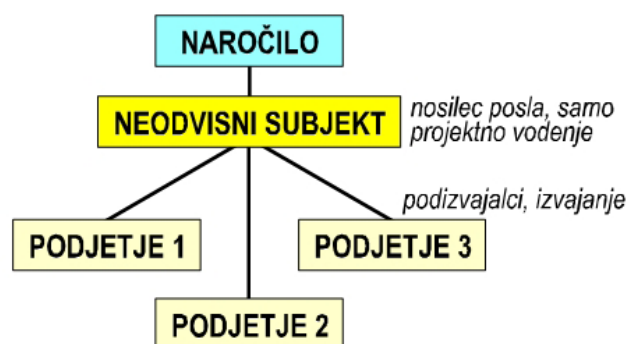


Slika 2: Prevladujoč model organiziranega sodelovanja (največji izmed partnerjev prevzame vodilno vlogo)

Temelj enakovrednega modela povezovanja je enakost vseh sodelujočih podjetij. Seveda je oblik povezave več. Pri formalni povezavi se npr. podjetja lahko povežejo v konzorcij, ki preko neodvisnega subjekta zastopa interese vseh. Neodvisni subjekt prevzame funkcije:

- promocije
- trženja
- vodenja projektov

Projekt torej formalno prevzame neodvisni subjekt, ga razdeli med partnerje in prevzame tudi polno odgovornost proti kupcu. Znotraj konzorcija se odgovornost seveda mora razdeliti, vsak od partnerjev mora jo mora prevzeti za svoj del posla.



Slika 3: Enakovreden model organiziranega sodelovanja (vlogo vodenja projektov prevzame neodvisni subjekt)

Neformalna oblika enakomernega modela povezovanja je v osnovi manj zanimiva, ker se soočimo s problemom prevzemanja odgovornosti proti kupcu v primeru prevzemanja večjih poslov. Osnovna ideja združevanja je kupcu zagotoviti t.i. »one-point contact« za njegov projekt. Za posle, ki bi jih tak konzorcij prevzemal, kupcem zagotovo ni v interesu reševanje sporov z večimi izvajalci in izterjava bančnih garancij oz. penalov od vseh. Vrednost projekta je seveda zaradi same potrebe po združevanju kapacitet prevelik zalogaj za posameznega partnerja, kar v praksi onemogoča prevzemanje odgovornosti. V primeru enakovrednega modela povezovanja je torej treba najti ustrezen sistem zagotavljanja finančne odgovornosti.

3.3 Katero obliko sodelovanja izbrati

Vsaka od oblik povezovanja ima svoje specifične. Vsekakor je poglavitno vprašanje, kjer se ustavimo, vprašanje prevzemanja odgovornosti. Nekdo jo mora prevzeti, proti kupcu pa je ne moremo razdeliti. Iz vidika kupca je zadeva namreč jasna – želi enega, ki se bo podpisal pod projekt in zanj tudi prevzel polno odgovornost.

Ad-hoc povezovanje, pod čemer v prispevku razumemo povezovanje za pridobitev točno določenega projekta, je sicer najbolj trdno, ker nastane zaradi neposrednega interesa pridobitve zadevnega projekta. Težava pa je, da se lahko velike posle prevzame samo pod pogojem, da je

partner, ki prevzame odgovornost, dovolj velik. Iz tega vidika je vsekakor bolj primeren prevladujoč model organiziranega povezovanja, kjer je nosilno podjetje dovolj sposobno za prevzem velikega posla in z njim povezane odgovornosti. Vendar v trenutnem času zaradi potreb po fleksibilnosti in splošne gospodarske krize ne moremo pričakovati tovrstnih formalnih povezovanj.

Pri formalnem enakovrednem modelu organiziranega povezovanja se spet ustavimo pri prevzemanju odgovornosti proti kupcu. Ključno je, da je neodvisni subjekt, ki prevzame vodenje projektov in s tem povezano odgovornost proti kupcu, dovolj finančno sposoben, da prevzame posel. Delitev odgovornosti se reši z ustreznimi jamstvi, izdanimi s strani partnerjev.

Neformalna oblika enakovrednega modela organiziranega povezovanja je v bistvu neprimeren za prevzemanje večjih poslov, saj je v praksi nemogoče zagotoviti prevzemanje odgovornosti, ker pravila igre niso jasno zapisana in potrjena s strani vseh sodelujočih.

Iz vidika promocije in trženja je za partnerje vsekakor bolj dobrodošel enakovreden model organiziranega povezovanja, saj se v tem primeru predstavljajo vsi partnerji in s tem večajo svojo prepoznavnost. Seveda pa v nobenem primeru partnerji ne izgubijo svoje samostojnosti in se za posamezne posle še vedno lahko potegujejo ločeno.

4. PRIMERI DOBRIH PRAKS

V Sloveniji, kot omenjeno po avtorjem dostopnih podatkih, na področju orodjarstva ne moremo najti primera dobre prakse, razen v omejenem obsegu na mikro nivoju. Kapacitete tovrstnih orodjarn niso dovolj velike za prevzem velikih poslov. V tujini (npr. Italija, Nizozemska) sicer zasledimo kar nekaj dobrih primerov formalnega sodelovanja, tako prevladujočega kot enakovrednega modela. Treba je povzeti dobre modele in

S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?

Samo GAZVODA, doc.dr. Gašper GANTAR

TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

jih prilagoditi našemu prostoru.

Poznan je primer ene od zahodnoevropskih držav, ki se je v praksi izkazal za zelo učinkovitega. Štiri orodjarne, ki so si po svojih usmeritvah na trgu dejansko konkurirale, so združile moči in ustanovile krovno podjetje za inženiring in vodenje poslov. V tem podjetju so skrbeli za promocijo, trženje, vodenje projektov, znotraj njega so izvajali tudi določene skupne funkcije inženiringa. Pri pridobivanju poslov so se držali naslednje logike:

- povpraševanje se razpošlje vsem partnerjem, ki oddajo ponudbe za posamezne postavke;
- ponudbe se pregledajo, v skupno ponudbo gredo po postavkah najnižje ponudbe;
- dodajo se skupna dela in dodatek za vodenje projekta;
- v primeru uspešnosti ponudbe krovno podjetje prevzame vodenje in odgovornost ter je »one-point contact« celotnega konzorcija proti kupcu.

Sodelovanje je bilo zasnovano na odprtih odnosih, kar je bil nujen predpogoj za uspešnost konzorcija. Primer izdelave ponudbe je predstavljen v tabeli 1.

Postavka	Partner 1	Partner 2	Partner 3
1	1000	2000	1500
2	900	800	1100
3	3400	2800	2500
Skupna cena			4300
Projektno vodenje in ostali stroški			600
Ponudba skupaj			4900

Tabela 1: Izdelava ponudbe na osnovi najnižjih cen po postavkah (številke so brez enot in služijo zgolj za predstavitev)

Rezultat tega sodelovanja je bil nenehna hitra rast vseh vključenih podjetij, ki so bila relativno majhna (število zaposlenih med 10 in 50), skupaj pa so letno proizvedla tudi več 100 orodij.

5. ZAKLJUČEK

Kupci želijo krajše dobavne roke, večjo kakovost in prilagodljivost storitev, nižje cene itd. To v tu-

jini dosegajo z ozko specializacijo in posledično s predajo projektov izdelave orodij za celoten izdelek »na ključ«. Pri nas večji porabniki orodij raje sami prevzemajo vodenje velikih projektov in jih razpršijo med več orodjarn. Izjema je avtomobilska industrija, kamor so naši orodjarji zelo usmerjeni. Morda je delno tudi to razlog, da se nek delujoč model sodelovanja v Sloveniji še ni postavil in uveljavil.

V Sloveniji je že bilo nekaj poskusov sodelovanja orodjarn za prevzem večjih poslov, vendar so bili vsi po vrsti neuspešni. Na osnovi zaključkov lahko rečemo, da bi bilo v tem trenutku najbolj perspektiven formalen enakovreden model organiziranega povezovanja orodjarn. Sicer napor in s tem povezani stroški vzpostavitve konzorcija ne bi bili veliko manjši od prevladujočega modela organiziranega povezovanja, vendar bi dobili bolj fleksibilno strukturo z enakovrednimi igralci, ki bi se znotraj konzorcija počutili bolje in bi zato imeli tudi večji interes sodelovanja. Hkrati poleg prepoznavnosti konzorcija lahko pridobivajo prepoznavnost tudi njegovi člani. Zmanjšajo se stroški promocije in trženja v tujini.

Vsekakor je treba poudariti, da vsako povezovanje mora temeljiti na predpostavki, da imajo orodjarne, četudi siceršnji konkurenti, skupaj več možnosti uspeha zaradi sinergijskih učinkov. Ob koncu tako moramo zaključiti, da je povezovanje seveda smotno, če temelji na jasno opredeljenih ciljih in identificiranih potencialnih kupcih. Kupcem s tem ponudimo celovito storitev, v katero lahko vključimo tudi razvoj izdelkov. V trenutnih razmerah je najbolj primerna oblika enakovreden model organiziranega povezovanja. Izkušnje iz tujine nas učijo, da morajo partnerji vstopiti v konzorcij absolutno s čistimi nameni, vseskozi pa mora biti zagotovljena transparentnost delovanja, ki jo sproti preverja nadzorno telo, sestavljeno iz predstavnikov vseh partnerjev. Kot vmesna stopnja k formalnemu enakovrednemu modelu povezovanja je lahko tudi neformalna oblika, kjer partnerji predvsem koordinirajo skupno promocijo na tujih trgih.



S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?

Samo GAZVODA, doc.dr. Gašper GANTAR
TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

Literatura

[1] Johansson, C.: *The use of cooperation and networking in the die and mould industry – a comparison between Portugal, Spain and Sweden. Proceedings of 5th International Conference on Industrial Tools 2005, Velenje, Slovenia, 2005, str. 393-404.*

[2] Robertson, P.L., Langlois, R.N.: *Innovation, Networks and Vertical Integration. Research policy, No 24, 1995.*

[3] Kranton, R.E., Minehart, D.F.: *Vertical integration, networks and markets. University of Maryland, College park, MD, julij 1999.*

[4] Butala, P., Sluga, A., Rihtaršič, B.: *Sodobne proizvodne strukture v mrežnem okolju. Zbornik prispevkov Posvet orodjarstvo 2006. Portorož, oktober 2006, str. 43-48.*





S SKUPNIMI MOČMI NA TUJE TRGE - UTOPIJA ALI REALNA MOŽNOST?

Samo GAZVODA, doc.dr. Gašper GANTAR

TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Kidričeva ulica 25, 3000 Celje





VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

¹Emo-orodjarna d. o. o.

²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

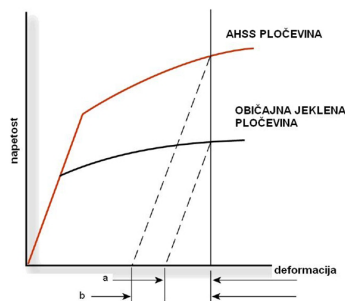
POVZETEK

V sodobni avtomobilski industriji so vse strožje zahteve glede varnosti potnikov in varčnosti pri porabi goriva. Eden izmed načinov prilagajanja novim standardom je uporaba novih, boljših materialov. Za karoserijske dele avtomobilov se večja uporaba visokotrdnostnih jeklenih pločevin, s katerimi ob enaki ali večji nosilnosti dosežemo znižanje mase avtomobila. Orodjarska industrija težko sledi hitrim spremembam, saj preoblikovanje visokotrdnostnih jeklenih pločevin zahteva spremembe v tradicionalni miselnosti orodjarjev. Višje trdnosti novih jeklenih pločevin so namreč dosežene na račun zmanjšanja preoblikovalnosti in povečane občutljivosti na elastično izravnavanje izdelkov po preoblikovanju. Računalniške simulacije obnašanja pločevine med preoblikovanjem in po njem so zato postale nepogrešljiv člen verige razvoja novega orodja. Vrednotenje stabilnosti procesa preoblikovanja je z njimi precej zanesljivo, kar pa ne velja za napovedovanje elastičnega izravnavanja, ki je zaradi pomanjkanja znanja, izkušenj ter tehničnih možnosti za industrijsko prakso še vedno premalo raziskano področje. V prispevku so zato predstavljeni rezultati računalniških simulacij elastičnega izravnavanja enostavnega izdelka, na katerem smo proučevali vplive nekaterih tehnoloških in numeričnih parametrov na njegovo obnašanje po umiku preoblikovalnih sil orodja.

1 UVOD

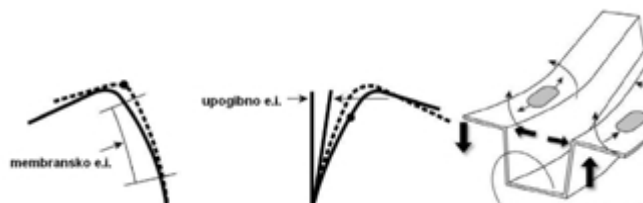
1.1 Elastično izravnavanje pločevine po preoblikovanju

Elastično izravnavanje je posledica napetostnega stanja v materialu po preoblikovanju in pomeni spremembo oblike pločevinastega izdelka po umiku preoblikovalnih sil. Jekla z visoko trdnostjo so na ta pojav zaradi večje stopnje elastične deformacije bolj občutljiva kot običajna vlečna jekla (slika 1).



Slika 1: Elastično izravnavanje navadnih vlečnih (a) in AHSS (b) pločevin v diagramu $\sigma - \epsilon$ [1]

Glede na geometrijo produkta in režim deformacije poznamo več vrst elastičnega izravnavanja: upogibno, membransko, torzijsko ter mešano (slika 2). V industrijski praksi se najpogosteje pojavlja kombinacija upogibnega in membranskega elastičnega izravnavanja [1].



Slika 2: Vrste elastičnega izravnavanja, prikazane na U – profilu [1]

1.2 Računalniške simulacije preoblikovanja pločevine

Računalniški programski paketi za vrednotenje preoblikovalnosti pločevin so v industrijski praksi navzoči že dobro desetletje in so sposobni



VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

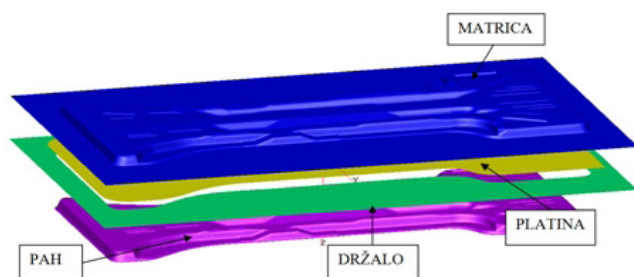
¹Emo-orođarna d. o. o.

²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

zelo natančno simulirati obnašanje pločevine pri preoblikovanju v orodju. Za običajna jekla ti programi dokazano dobro predvidevajo premike pločevine, deformacije, tanjšanje in gubanje. Uporabljajo se tudi za napovedovanje elastičnega izravnavanja pločevine po preoblikovanju, vendar njihova natančnost v mnogih primerih ne zadovoljuje industrijskih potreb. Zaradi nenatančnosti ostaja namreč potreba po dragih in dolgotrajnih poskusih ter modifikacijah realnega orodja, dokler izdelek ni znotraj predpisanih geometrijskih toleranc.

Velika večina komercialnih programskih paketov temelji na metodi končnih elementov. Za namene simuliranja preoblikovanja pločevine so trenutno v industriji najpogosteje uporabljeni programi AutoForm, Pam-Stamp, LS-Dyna ...

Orodja so običajno privzeta kot popolnoma toga (poenostavitev), zato za simulacijo zadostuje že njihova površina (slika 3). Površino orodij in platine popišemo z mrežo končnih elementov, običajno programski paketi že vsebujejo module za avtomatsko mreženje. Prav tako so integrirani nekateri materialni modeli, ki ob dopolnitvi s potrebnimi koeficienti določajo lastnosti preoblikovanega materiala. V splošnem uporabljeni materialni parametri pločevine so: koeficient trenja med površinami orodja in pločevine, Poissonovo število, specifična teža, elastični modul, koeficienti anizotropije, utrjevalna krivulja, funkcija napetosti tečenja in krivulja mejnih deformacij. Definirati je potrebno še kinematiko preoblikovalnega procesa ter torne razmere na kontaktnih površinah.



Slika 3: Elementi orodja za numerično simulacijo

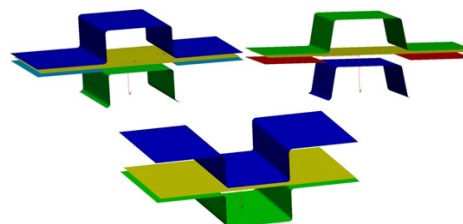
Končna faza numerične simulacije je vrednotenje rezultatov. Najpogosteje uporabljen kriterij ocenitve stabilnosti preoblikovalnega postopka je krivulja mejnih deformacij, pridobljena z mehan-skimi preizkusi materiala.

2. METODE

2.1 Priprava simulacije elastičnega izravnavanja

Napoved elastičnega izravnavanja izhaja iz rezultatov računalniških simulacij preoblikovanja. Te morajo biti izvajane z manjšimi preoblikovalnimi hitrostmi (problem vpliva vztrajnosti na rezultate elastičnega izravnavanja) in z manjšimi osnovnimi elementi mreže preoblikovanca. Številni numerični parametri v posameznem koraku simulacije preoblikovanja imajo lahko opazen vpliv na napoved spremembe geometrije izdelka po umiku preoblikovalnih sil.

Glede na zgoraj predstavljena dejstva kljub enostavnosti oblike virtualnega orodja ne moremo biti prepričani v točnost naših rezultatov. Smiselno je preveriti vpliv posameznih parametrov simulacij na nivo elastičnega izravnavanja, saj bomo le tako lahko razvili nek uporaben model, s katerim bomo lahko dovolj zanesljivo napovedovali geometrijsko odstopanje realnih izdelkov. V ta namen so bile opravljene številne simulacije preoblikovanja in elastičnega izravnavanja, katerih parametri, potek in rezultati so predstavljeni v nadaljevanju. Testne simulacije smo v glavnem izvajali na dveh oblikah orodij, to je pravilni u-profil in u-profil s stranicami pod kotom 10° glede na navpičnico (slika 4). Za platino je bila izbrana dvofazna visokotrdnostna jeklena pločevina, debeline 1,2 mm.



Slika 4: Analizirana orodja v programu za računalniške simulacije

2.2 Robni pogoji

Za posamezne korake simulacij lahko uporabljamo dva različna računski algoritma, eksplicitnega ali implicitnega. Prvi se prvenstveno uporablja pri simulacijah preoblikovanja, drugi pa pri kontroli gravitacijskega vpliva na platino in za napovedovanje elastičnega izravnavanja. Vsak od obeh algoritmov ima določene prednosti in slabosti, katere moramo poznati pri pripravi simulacij, saj lahko le tako pričakujemo zadovoljive rezultate.

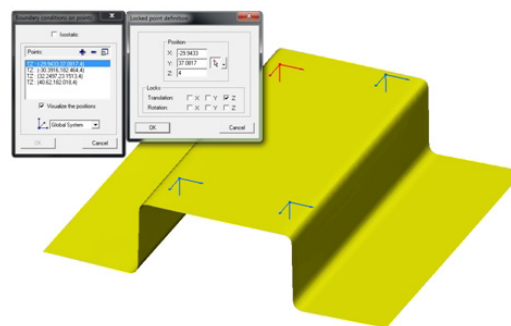
Z določitvijo parametrov pri simulacijah preoblikovanja bistveno vplivamo na končne rezultate elastičnega izravnavanja. Parametri, katerih vpliv smo proučevali, so: hitrost preoblikovanja, faktor zgoščevanja mreže izdelka, silo pridrževanja pločevine, koeficient trenja in faktor »mass scaling«. Omenjene parametre smo spreminjali tekom posameznih simulacij in raziskovali njihov vpliv na napovedovanje geometrijske netočnosti izdelka po preoblikovalnem procesu.

S parametrom »mass scaling« pri eksplicitnih simulacijah navidezno povečamo maso vsem elementom, ki imajo nižjo maso od minimalno določene vrednosti, tako povečamo časovni korak simulacije in znižamo skupni čas računanja.

Hitrost matrice v fazi zapiranja orodja smo privzeli kot konstantno, z začetno vrednostjo 2 m/s. Prav tako smo v uvodni simulaciji privzeli običajno hitrost pri postopku preoblikovanja, ki je podana s časovno odvisno funkcijo. Obojne vrednosti smo zmanjševali z redukcijskim faktorjem in opazovali vpliv na obnašanje pločevine po preoblikovanju.

Glavni robni pogoj implicitne simulacije elastičnega izravnavanja je določitev karakterističnih točk, preko katerih algoritem izračuna odstopanje od neke referenčne oblike izdelka – običajno je to oblika izdelka pred odstranitvijo elementov orodja (slika 5). Tem karakterističnim točkam je potrebo določiti tudi smeri, v katerih izbranim vozliščem omejujemo

pomike ali rotacije. Program ponuja tudi možnost »isostatic« locking, pri kateri ta sam predpostavi izhodišča za izračun elastičnega izravnavanja (Slika) [2].



Slika 5: Določitev karakterističnih točk, omejitev pomikov in rotacij pri implicitnem algoritmu

3. REZULTATI

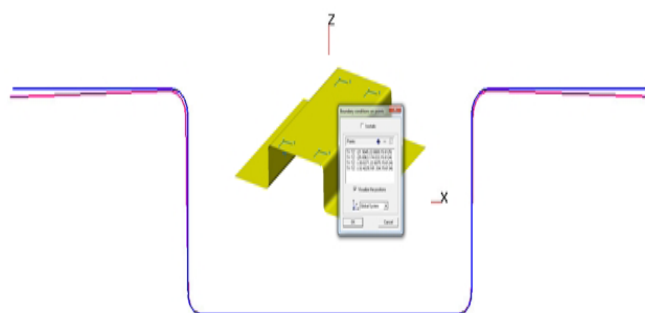
Najprej je bilo potrebno izbrati ustrezen algoritem računanja za posamezno fazo simulacije. Odločili smo se za naslednje: polaganje platine na orodje - implicitni algoritem; zapiranje orodja in preoblikovanje – eksplicitni algoritem. Predvsem pri končnem koraku analize elastičnega izravnavanja smo bili v dilemi glede izbire algoritma in določitve karakterističnih točk. Za več primerov in parametrov preoblikovanja smo zato preizkusili oba algoritma ter tudi različne določitve karakterističnih točk in omejitev njihovih pomikov ter rotacij. Ugotovili smo da bistvenih razlik ob ujemajočih se medsebojnih parametrih ni, zato smo v nadaljevanju uporabili implicitni algoritem z izostatično omejitvijo izdelka. Spodnje slike prikazujejo rezultate elastičnega izravnavanja pri enakih tehnoloških in numeričnih parametrih preoblikovanja, razlike so le pri definiranju zadnjega koraka preoblikovanja – elastičnega izravnavanja. V modri barvi je prikazan prerez pred izravnavo, v roza barvi pa po njej (slika 6-8).

VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREBLIKOVANJU

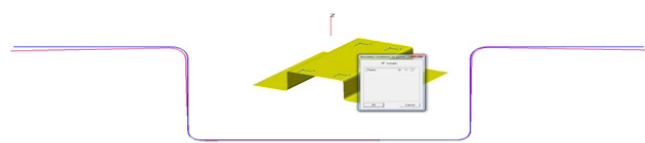
Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

¹Emo-orodjarna d. o. o.

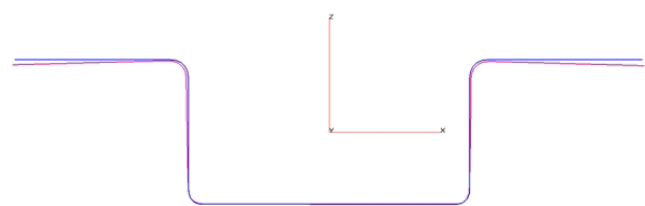
²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru



Slika 6: Implicitni algoritem – ročna določitev karakterističnih točk

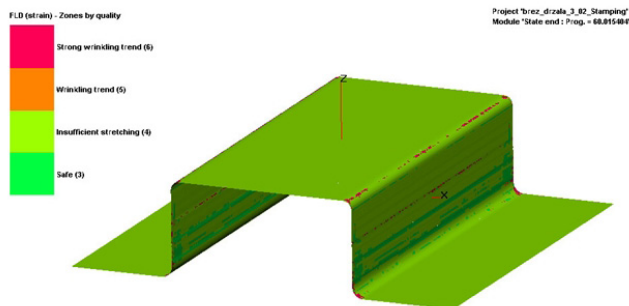


Slika 7: Implicitni algoritem – izostatično izhodišče

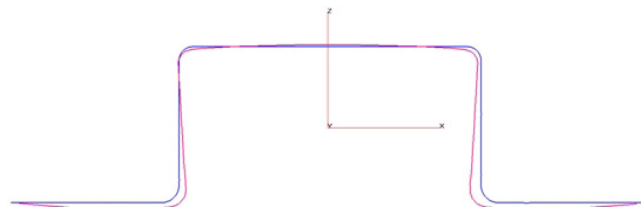


Slika 8: Eksplicitni algoritem

V primeru orodja brez držala pločevine je slabo kvaliteto izdelka napovedovala že simulacija preoblikovanja. Ker ni nobene kontrole nad pločevino, je bila ta razumljivo podvržena gubanju oz. med preoblikovalnim procesom ni bila dosežena ustrezna stopnja plastične deformacije. Glede na to, da imamo za material visokotrdnostno pločevino je nezadostna plastična deformacija še toliko bolj izrazita (slika 9 in 10).

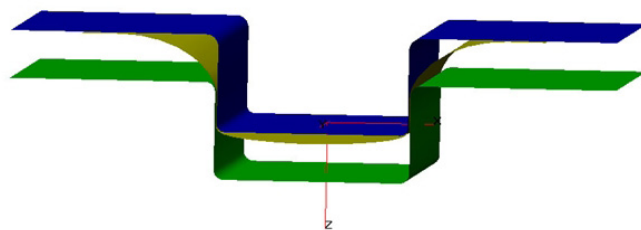


Slika 9: Rezultat simulacije preoblikovanja brez držala pločevine



Slika 10: Elastično izravnavanje pri preoblikovanju brez pločevinskega držala

Glavni pokazatelj pojava membranskega elastičnega izravnavanja je pri običajnem globokem vleku zakrivljenost pokončne stene vlečenca. Ker v zgornjem primeru pločevina ni »tekla« preko polmera matrice, te vrste elastičnega izravnavanja nismo zasledili, pojavila pa se je zakrivljenost prirobnice, kar je posledica nekontroliranega upogibanja (slika 11).



Slika 11: Vzrok pojava zakrivljenosti prirobnice vlečenca pri preoblikovanju brez držala pločevine

Variiranje posameznih tehnoloških in numeričnih parametrov ter njihov vpliv na rezultate elastičnega izravnavanja je prikazano na primeru u-profila s pokončnimi stenami 10° glede na navpičnico (slika 12). Začetni parametri simulacij, katere smo v nadaljevanju spreminjali in opazovali njihov vpliv na elastično izravnavanje, so prikazani v spodnji preglednici.

pridrževanje	400 kN
faktor hitrosti	0.5
koef. trenja	0.12
faktor zgoščevanja mreže	4
»Mass scaling«	2.5

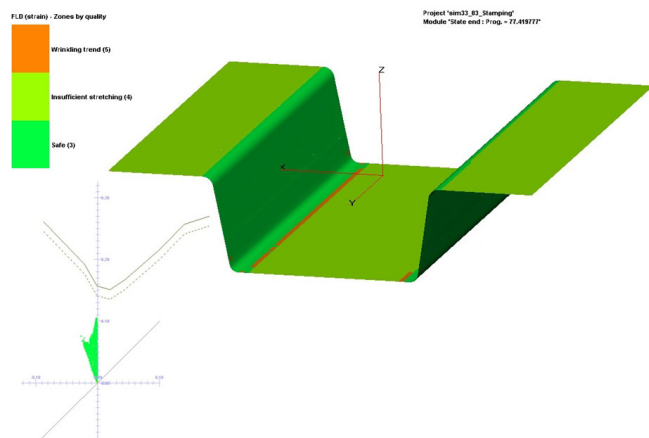
Preglednica 1: Izhodiščni parametri simulacij

VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

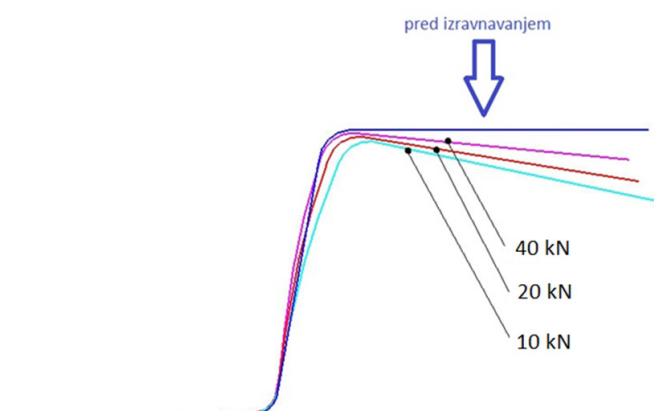
¹Emo-orođarna d. o. o.

²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru



Slika 12: Rezultati simulacije z izhodišnimi parametri

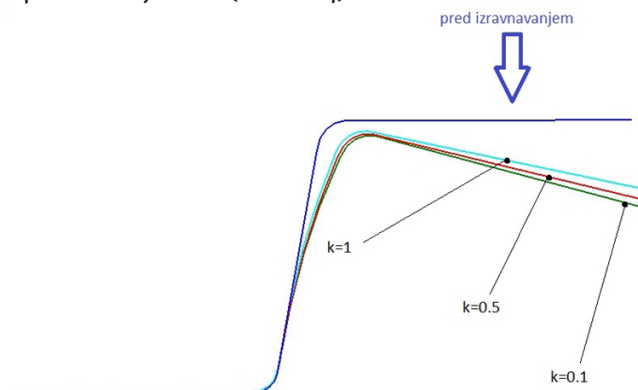
Vpliv velikosti sile pridrženja pločevine je prikazan na sliki 13. Večje sile pridrženja načeloma pomenijo nižani nivo elastičnega izravnavanja, kar je razvidno tudi iz rezultatov računalniških simulacij.



Slika 13: Vpliv sile pridrženja pločevine na elastično izravnavanje

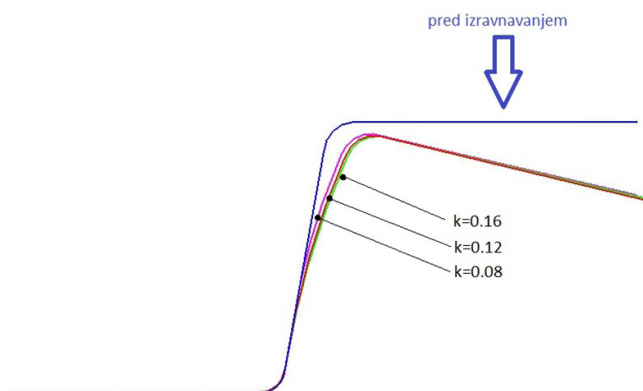
Tudi hitrost matrice ima v preoblikovalnem procesu viden vpliv na pojav in jakost elastičnega izravnavanja. Spodnja slika prikazuje rezultate elastičnega izravnavanja v primerih, kjer smo konstantno hitrost v koraku zapiranja orođja in časovno odvisno funkcijo v koraku preoblikovalnega procesa pomnožili s faktorjem k . Pri vrednosti faktorja 1, kjer je hitrost najvišja in v koraku preoblikovanja znaša 5m/s, je po rezultatih simulacij najmanj izraženo elastično izravnavanje, z nižanjem hitrosti pa se nivo elastičnega izravnavanja večja. Tako obnašanje verjetno ni posledica le tehnološkega vidika hitrosti preoblikovanja,

ampak ima tu pomembno vlogo tudi numerični vpliv vztrajnosti (slika 14).



Slika 14: Vpliv preoblikovalne hitrosti na elastično izravnavanje

Pomemben parameter računalniške simulacije preoblikovanja pločevin je koeficient trenja med pločevino in elementi orođja. V splošni uporabi je t.i. Coulombov model s konstantnimi vrednostmi koeficienta trenja, kar seveda ni povsem v skladu z realnostjo, saj se koeficient trenja v posameznih lokalnih kontaktih lahko precej spreminja. V globalnem pa so z omenjenim modelom rezultati zadovoljivi, zato smo enak model uporabili tudi v našem primeru napovedovanja elastičnega izravnavanja. Ugotovili smo, da nižje vrednosti koeficienta trenja pomenijo tudi manjšo stopnjo elastičnega izravnavanja in obratno (slika 15).



Slika 15: Vpliv koeficienta trenja na elastično izravnavanje

Pri povečanem faktorju zgoščevanja mreže se pločevina bolje prilega obliki orođja. Z višjimi vrednostmi naj bi dobili boljše rezultate, vendar s preveč visokimi vrednostmi nima smisla pretiravati (seveda je to odvisno od začetne

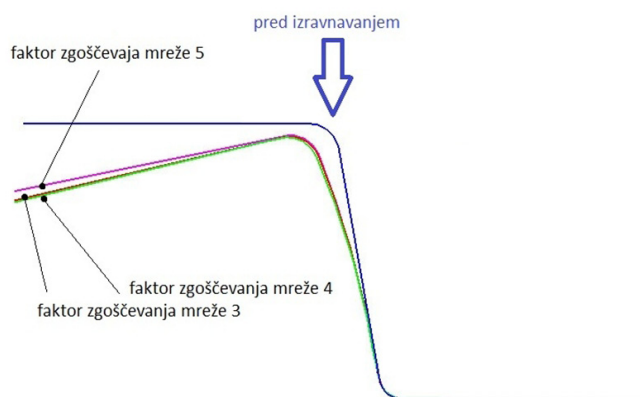
VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

¹Emo-orodjarna d. o. o.

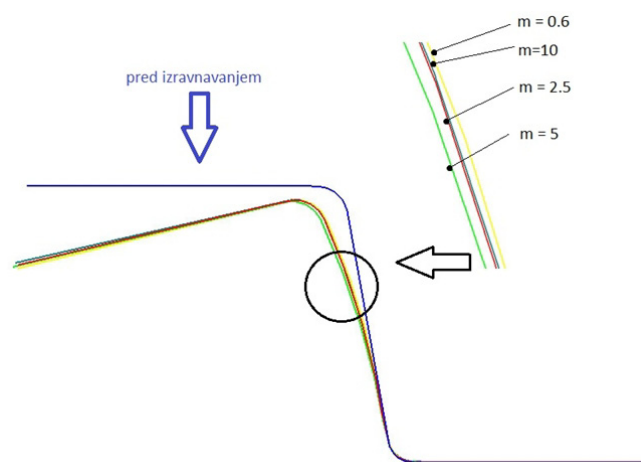
²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru

velikosti mreže). Prvi razlog je v izjemnem povečanju računalniškega časa ob nebitnih izboljšavah rezultatov. Lahko pa se tudi zgodi, da preveč zgoščena mreža izračuna napake (gube, porušitve), ki se na realni pločevini ne pojavljajo in so izključno posledica napake mreže. Po rezultatih simulacij tudi na elastično izravnavanje zgoščevanje mreže nima bistvenega vpliva. Seveda je jasno, da smo preizkušali vrednosti zgoščevanja po logični plati in nismo določevali vrednosti, ki bi same po sebi pomenile napako. Če smo namreč zgoščevanje onemogočili (faktor 1), je zaradi osnovne velikosti mreže 15 mm pričakovano prišlo do porušitev in drugih napak zaradi neprilagajanja nastajajočega izdelka obliki orodja. Faktor zgoščevanja mreže v mejah od 3 do 5 torej nima bistvenega vpliva na izračun elastičnega izravnavanja, bi pa ob drugih vrednostih začetne velikosti osnovnih elementov bilo stanje lahko precej drugačno. Elastično izravnavanje pri faktorju 5 (velikost elementa je potem cca. 0,9mm) je nekoliko manjše, med tem ko je pri faktorju 3 in 4 skoraj identično (slika 16).



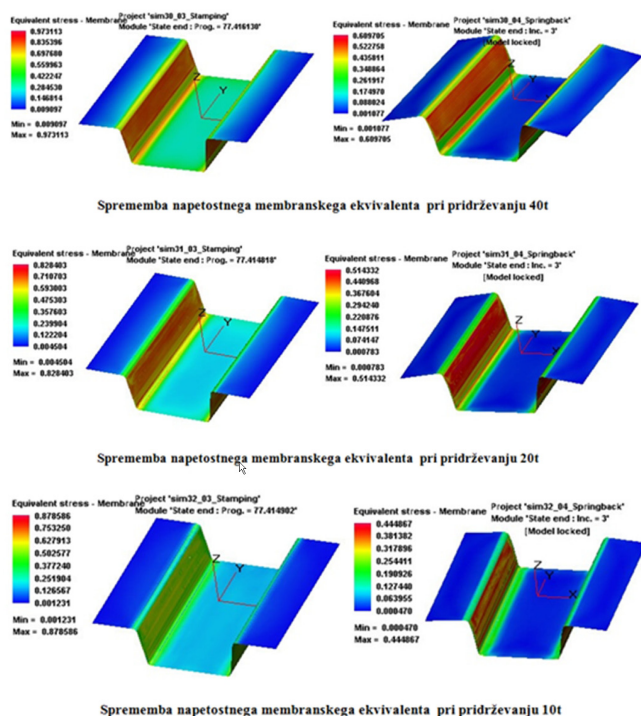
Slika 16: Vpliv faktorja zgoščevanja mreže na elastično izravnavanje

Koeficient »mass scaling« je numerični parameter s katerim je pri eksplicitnem algoritmu mogoče kontrolirati računalniški čas. Zanimalo nas je v kolikšni meri ima omenjeni koeficient vpliv na elastično izravnavanje. Odstopanje geometrije za različne vrednosti faktorja »mass scaling« ni izrazito (slika 17), zato v prihodnje ni potrebno kontrolirati omenjenega parametra, ampak samo določiti vrednost, predlagano s strani programa.



Slika 17: Vpliv koeficienta "mass scaling" na elastično izravnavanje

Sprememba jakosti elastičnega izravnavanja je izmed predstavljenih variacij parametrov najbolj vidna pri spreminjanju sile pridrževanja. Zato so na teh primerih predstavljeni rezultati spremembe membranskega napetostnega ekvivalenta (slika 18).



Slika 18: Spremembe napetostnega membranskega ekvivalenta pri elastični izravnavi

Ekvivalent membranske napetosti je pokazatelj tendence elastičnega izravnavanja in potrjuje vzroke za njegov nastanek – gre namreč za sproščanje notranjih zaostalih napetosti. Po fazi globokega vleka imajo vsi trije izdelki pričakovano primerljivo vrednost ekvivalenta, čeprav gre za različne absolutne vrednosti membranskih napetosti. V primeru pridrževanja pločevine s 40 tonami ima membranski napetostni ekvivalent po umiku orodja oz. po procesu elastične izravnave precej višje vrednosti, kot v primerih pridrževanja z manjšimi silami. Pri slednjih nižje vrednosti membranskega napetostnega ekvivalenta namreč pomenijo višji nivo elastičnega izravnavanja.

4. ZAKLJUČEK

Pravega recepta za določanje elastičnega izravnavanja zaenkrat še ni, pomembne so izkušnje. Z računalniško simulacijo dobljeni podatki o elastični izravnavi materiala so lahko zelo dobrodošli, kljub relativno velikem odstopanju. Zato je za uspešno in natančno napovedovanje odstopanja končne geometrije izdelka nujno razumevanje dogajanja v materialu med preoblikovalnim procesom. Materialni modeli, ki se trenutno uporabljajo v simulacijah, so zaradi enostavnosti preslab približek dejanskih lastnosti pločevine, da bi bila napoved elastičnega izravnavanja dobra. Rešitev je najverjetneje v razvoju naprednega materialnega modela, ki bi definiral pločevino na nivoju realne mikrostrukture. Možna rešitev je tudi razvoj samoučnega modela, ki bi na podlagi velike količine podatkov eksperimentov bil spodoben ustrezno napovedovati obnašanje materiala v primeru izdelave izdelkov novih oblik.

Zahvala

Raziskave se financirajo iz Evropskega socialnega sklada. Javni razpisi za izbor operacij se izvajajo v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti; prednostne usmeritve 1.1: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.

Viri:

[1] WorldAutoSteel. *Advanced high strength steel (AHSS) application guidelines – Version 4, March 2009* [svetovni splet]. Dostopno na WWW: www.worldautosteel.org/ [12. 5. 2009]

[2] PamStamp 2G 2007. *User's guide*. ESI Group, 2007



VPLIV NUMERIČNIH IN TEHNOLOŠKIH PARAMETROV NA NAPOVEDOVANJE ELASTIČNEGA IZRAVNAVANJA VISOKOTRDNOSTNE JEKLENE PLOČEVINE PO PREOBLIKOVANJU

Mihael DEŽELAK¹, Ivo PAHOLE², Andrej STEPIŠNIK¹, Stanko STEPIŠNIK¹, Leo GUSEL²

¹Emo-orođarna d. o. o.

²Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru





CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS

Thomas RAINER
Voestalpine AG

Cam units are key elements in press tools for the Automotive industry. During the selection process when deciding which cam unit should be used, different criteria has to be considered. In this article we will discuss the most important criteria for the cam selection and will also give you an overview regarding actual trends. However before we start on this topic we will have a short look at the whole cam unit system and the essential requirements.

What are the essential requirements for cam units – why do we need them?

Cam units are used in press tools when an operation (flanging, forming, trimming, piercing, etc) has to be performed which is out of press direction. To get the final result, the required operation, different approaches are possible. voestalpine's approach is to build compact cam units which allow in the most cases to do the operations without additional nether holder, stripper plates, etc. As this approach is different to many of our competitors, we ask our customers to compare the costs for the "whole system" and not only to compare the cost for the cam. In the following explanations we will have this concept in mind and refer to it where necessary.

Selection criteria:

Next we will discuss different selection criteria when the designer is choosing a cam unit.

*** Customer specifications**

The first and most important criteria for a designer

is to use cam units which are allowed in the specification of the customer. Almost all OEMs and larger TIER 1 suppliers have their own approved supplier list and / or project specification, where it is stated which standardized parts are allowed. What can be seen in the last few years is, that the OEMs differentiate in their standards depending on the number of cars produced during the lifecycle. Typical classes are: up to 250.000, 250.000 – 750.000 and more than 750.000. For these reasons it's more and more common that suppliers for cam units offer different types of cam units for these classes. When the designer knows which suppliers and which types of cams are allowed in the project he can start the selection process based on the technical requirements.

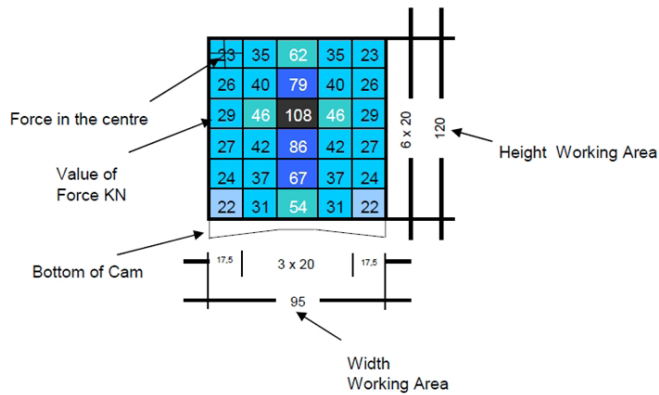
*** Force needed for operation and possibilities for fitting the cam into the tool**

An important criteria for selecting a cam unit is, that the force needed for the operation can be transmitted by the cam unit. Every cam supplier shows in its catalogue the maximum force which can be transmitted with a cam unit. However this maximum force can only be transmitted in a small part of the working area – outside this small area the forces which can be transmitted are much smaller. High quality cam producers as voestalpine supply cam force diagrams for each cam unit with this important information. Figure 1 shows an example for a cam force diagram.



CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS

Thomas RAINER
Voestalpine AG



* Required space for the cam unit in the tool

In modern press tools space is always a topic and designers try to get as much function as possible in one tool. The idea behind this concept is to produce the part with as few steps as possible. Due to the combination of side plates and double prism drive voestalpine cams are very compact and can be placed close to each other in the tool (see figure 3). This concept can save whole tools and it is possible to produce the parts in cheaper press lines. When talking about space not only the space for the cam unit itself but also the space for an optional stripper plate etc. has to be considered which brings us back to the different philosophies of cam producers.

*possibilities for fitting the cam into the tool

For transmitting the force the cam has to be fit into the tool. Basically there are two possibilities. The easiest solution for fitting in a cam unit is to use a fitting key. This option can be used for every cam but has the disadvantage that the forces which can be transmitted are very limited (pictures 1 & 2 in figure 2). To transmit high forces the cam has to be shouldered (picture 3 in figure 2). This shouldering is not possible with all cam units due to geometrical reasons (picture 2 in figure 2). voestalpine's cam units are designed in a way that all cams can be shouldered.

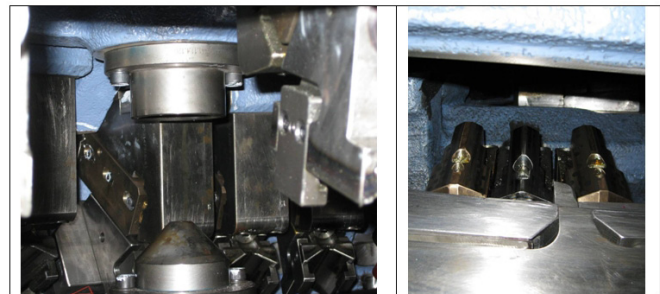


Figure 3: example for using voestalpine cams in a tool with very limited space

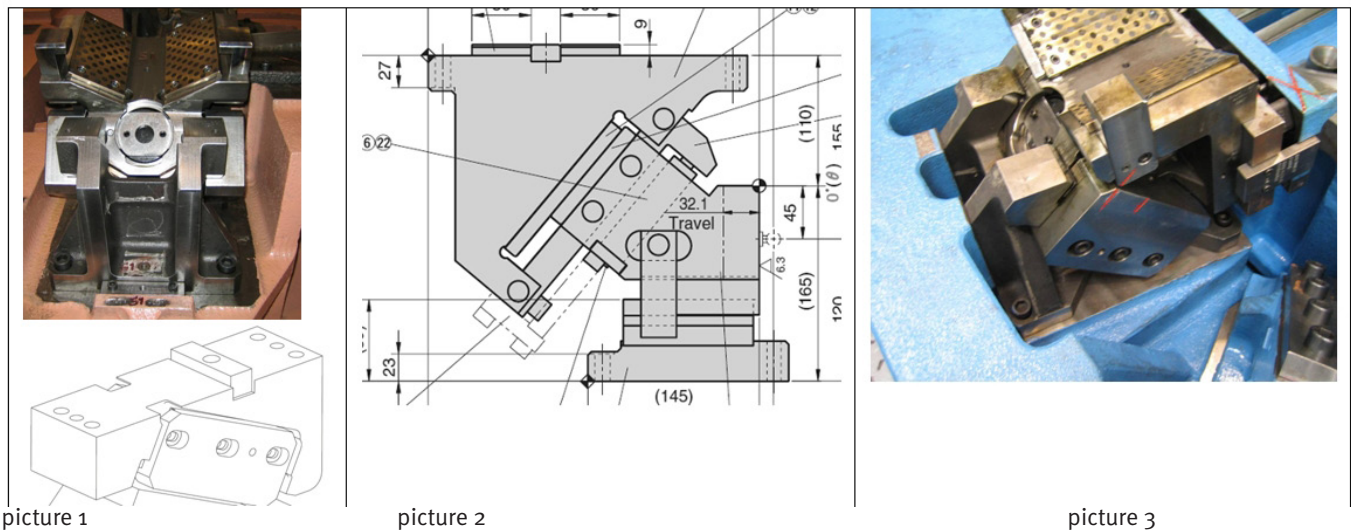


Figure 2: different possibilities for fitting the cam into the tool: fitting key or shouldering

*** Required retraction force**

Next to the required working force for the operation also the retraction force (about 10% of the working force depending on the type of operation) is an important selection criteria. One philosophy is to equip the cam units with coil springs and use additional nether holders or stripper plates to reach the necessary retraction force. The other concept, which is also the concept of voestalpine, is to equip the cam units with sufficiently strong gas springs to generate high enough retraction forces for most trim applications. When the main nether holder can be used, with this concept there is no need for separate nether holders or stripper plates on the cam to retract it. As there is no need for an additional nether holder, gas springs etc. also a smaller cam can be selected which saves space in the tool on one hand and on the other hand and more importantly it saves money. Figure 4 shows examples for both philosophies.

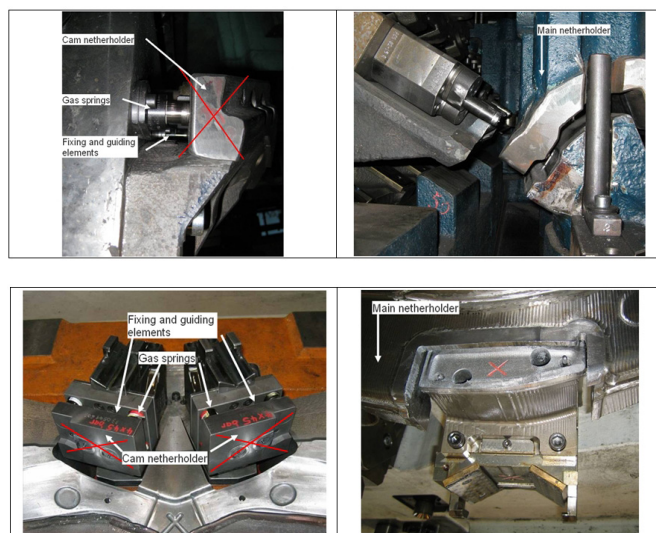


Figure 4: examples for using an additional nether holder or using the main nether holder

Trends in the Automotive tool making industry which affects cam units

In this part of this article we will have a short look at trends in the Automotive Industry which have impact on the cam unit business.

***High strength steels**

The trend in the Automotive industry is going to high strength and highest strength steels. Yield strengths >800MPa are nothing special nowadays. For the tool makers this trend means that the forces needed to punch, trim and form these steels are increasing heavily and so the forces a cam unit has to transmit. The criteria for the cam unit therefore is the elastic deformation of the cam. If the elastic deformation of the cam unit is too big this will result in bad cutting, trimming, flanging etc. results. (shouldering the cam) Next to the requirement to transmit high forces with as little elastic deformation as possible also high retraction forces are needed.

*** High speed presses**

One trend which can be seen in the Automotive industry is that more and more high speed presses are used to produce bigger parts. Up to now typical stroke rates have been between 8 and 20 strokes a minute. Nowadays people are talking about 20-35 and more strokes a minute for bigger parts. In the tools for these bigger parts cams are used and so the topic of dynamic loads is more and more important for cam units. An important issue to master this challenge is a balanced relation between driver angle and cam base angle. Due to a balanced relation of these angles, voestalpine cam transmits high forces with low contact pressure. Nevertheless the cam size is compact. Impulse forces which occur while closing the die in high speed presses are transformed in cam forces instead of high cam velocity which causes elastic deformations of the casting. So the precision of the cam remains. The basic rule for this is: $v_{cam} \leq v_{press}$. The influence of different angle relations on cam velocity and cam force can be seen in figure 5 below.

*** Flow production, clocked tool making etc.**

A trend especially in Germany is to switch from the classical tool making process (nest produc-

CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS

Thomas RAINER
Voestalpine AG

tion) to flow production, clocked tool making or similar concepts. With this new approaches tool-makers (tool shops at OEMs and also independent ones) try to shorten throughput times thus reducing costs. Following a short description of the different concepts.

Concept of flow, clocked production etc.

For this concept different names as flow production, clocked production etc. are used. Audi and VW are examples for using this concept. How does this concept work? In the tool shop production lines are set up and split into different stages. In each stage a special task is performed. After a fixed time the tool is handed over to the next stage. The advantage is, that the stages can be optimized for special tasks and so the overall time and costs for production can be reduced. One of the biggest challenges for this type of production are logistics and quality. It has to be assured that all parts can be used and that they are at the right stage in time otherwise the tool can't be handed over to the next stage and has to be locked out from the flow process. These tools have to be finished in a special part of the tool shop which focus on this "non conformity tools" and is working in the classical way (nest production) ~ extra costs.

Different concept which is used by a German OEM

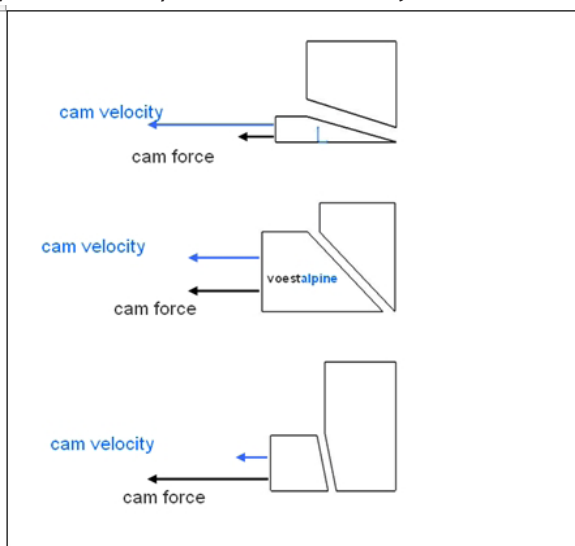


Figure 5: Influence of angle relations

Another German OEM is developing a completely different concept at the moment. The target is, that all parts needed for the tool are delivered in finished condition e.g. pre machined cam units including pin holes. The task for the OEM tool shop is "only" to assemble the delivered parts to the finished tool. This means that all machining is done by the suppliers and the tolerance requirements are very high.

The target with this concept is to assemble a tool within 3 working days. If this concept is successful the throughput times are reduced dramatically but the challenges are also very high. Next to the logistical challenge which is similar to the concept of flow production the whole process, starting with design guide lines for these kind of tools has to be based on new rules which have to be known and followed by all parties involved. For this reason the OEM, which is developing this concept, is only using special certified partners for this new concept – voestalpine is one of these partners.

*** consequences for cam producers: pre machined cam units and special cam units**

A consequence of the trends just mentioned is that OEMs and tool makers are asking more and more for pre machined cam units (less machining for the end user). The working area of these cams are already prepared with all necessary screw wholes, grooves and even pin holes. The end customer mounts the trim steels and punches and then they can put the mounted cam straight into the tool. An example for a prefabricated cam can be seen in figure 6.



Figure 6: example for prefabricated cam

Another trend we see is the need for special cam units. In former times these kind of cam units were designed and build from OEMs and big tool makers inhouse. Nowadays the big companies are focusing more and more on their core business and try to use as many bought-in parts as possible. One OEM already created a special specification for these kind of cam units. The design of voestalpine's special cams is based on voestalpine's standard program which has a lot of advantages for the customer e.g. approved cam design, shorter design & delivery times compared to inhouse solutions, a lot of parts are standard parts ´ short delivery times and low costs if replacement parts are needed, etc. . Figure 7 shows 2 examples for special cam units.

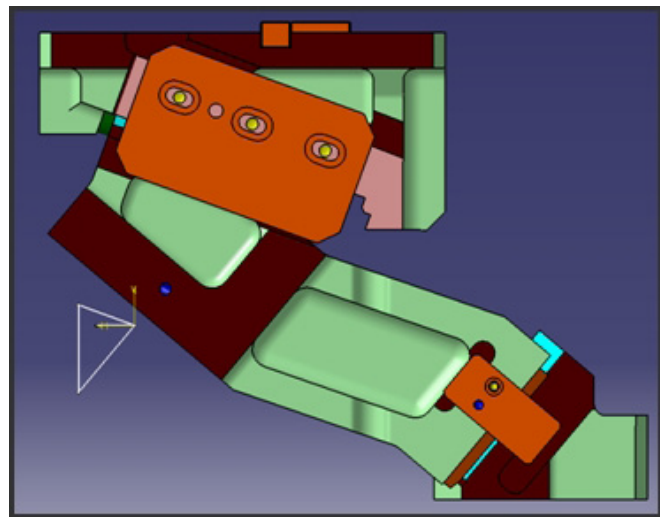
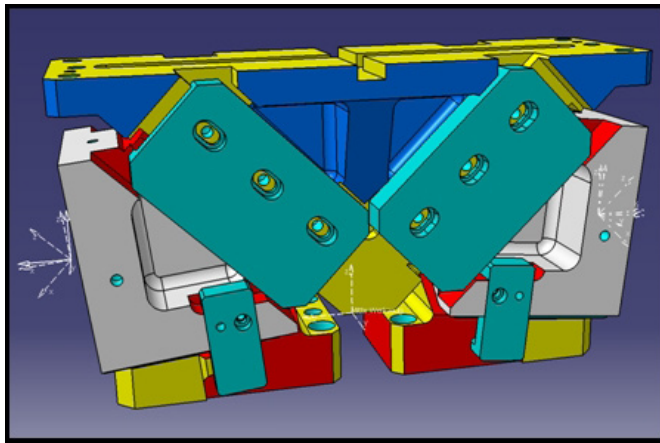


Figure7: examples of special cam units

voestalpine's answers to the actual requirements for cam unit

Generally it can be said, that due to the actual trends the requirements for cam units are increasing. voestalpine, as a leading cam unit producer, is supporting these new trends and adapts its cam unit program to the new requirements. Table 1 shows how voestalpine's cam unit program fits to the actual customer requirements. This is only a short overview. More details and all technical data can be found on our website www.voestalpine-nem.at .

requirement	voestalpine cam unit program
lifetime classes of OEMs >750.000 >250.000 <250.000	Premium cams Basic cams Elementary cams
transmission of high forces	* positive looking between cam and cam base * cam force diagrams for all cam units * shouldering of cams possible
limited space	* compact design * no need for additional nether holders etc.
high retraction forces	* gas springs in all cams
high speed presses dynamic loads	* balanced relation of angles which guarantees: $v_{cam} \leq v_{press}$
flow production, clocked tool making, etc.	* possibility of pre fabricated cams * possibility of special cams
fast cam integration in design	* CATIA V5 adapter
easy adjustment in the press	* 1° angle in the side plates
short deliver times especially in the case of a crash	cams up to 400mm on stock
technical support	* all data on the internet * trained sales representatives * own technical team in Linz / AT



CRITERIA FOR CAM SELECTION AND DEVELOPMENT TRENDS

Thomas RAINER
Voestalpine AG

