

# IZDELAVA PROTOTIPNIH ORODIJ IN PROTOTIPOV - PRIMER IZ PRAKSE

Andrej Glojek, Blaž Nardin, Karl Kuzman, Luka Botolin  
TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije, Mariborska 2, 3000 Celje

## **Povzetek**

*Krajšanje časov izdelave orodij je stalnica, ki spremlja orodjarje nekaj zadnjih let, če ne že desetletij. Izdelovalni čas lahko skrajšamo na več načinov, od vpeljave CAX-tehnologij, do integracije fleksibilnih obdelovanih sistemov, vpeljave visoko zmogljivih strojev, izdelave prototipov in drugo. V članku bomo predstavili tudi smotrnost uporabe prototipnih orodij pred izdelavo končnega orodja. Članek prikazuje primer praktične uporabe prototipnih tehnik na realnem industrijskem primeru.*

## **1. UVOD**

Orodjarstvo je zelo ozko povezano z razvojem in pojavom novih izdelkov. Skoraj vsak dan slišimo, da so nekje v svetu razvili nov avto, nov stroj, nov izdelek, nov gospodinjski aparat itd. Le redko kdaj se sliši o novih razvojnih poteh slovenskih podjetij, o novih izdelkih, verzijah itd., čeprav le-ta obstajajo. Na TECOS-u smo sodelovali na industrijskem projektu za razvoj novega tokovnega senzorja pri enem izmed slovenskih elektropodjetij. Naročnik je ob prvem srečanju podal funkcionalnost, ki jo mora zagotavljati izdelek, vse ostalo pa je bilo predano nam v razvoj. Glede na to, da je ta tokovni senzor izpostavljen vsem vremenskim vplivom (mraz, vročina, vlaga ...), smo morali na TECOS-u združiti veliko lastnega znanja in znanja zunanjih sodelavcev ter se lotiti celotnega razvoja novega izdelka. Glede na to, da smo znani kot promotorji novih tehnologij, da vseskozi dopovedujemo vsem, ki se ukvarjajo z orodjarstvom, da morajo v razvoj vključiti računalniške tehnologije idr., smo se odločili, da bomo poizkušali vse faze razvoja tega izdelka izvesti s pomočjo računalniško podprtih tehnologij CAX. /2/

Najtežji je bil vsekakor začetek samega projekta, saj smo imeli na razpolago le malo podatkov, pa še ti so bili vezani na funkcijo izdelka, tako da smo začeli izdelek razvijati dejansko iz točke 0.

Celotni razvojni projekt smo razdelili na tri faze:

1. virtualna faza,
2. izdelava pramodela,
3. multiplikacija pramodela (9 prototipov).

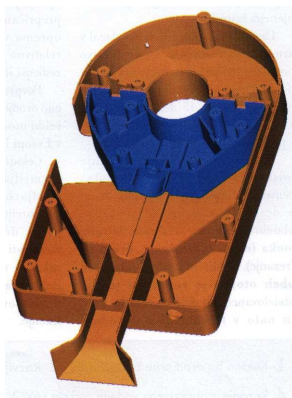
## **2. VIRTUALNA FAZA**

Glede na dejstvo, da smo dejansko začeli na »točki 0«, začetek projekta ni mogel biti drugačen kot virtualen. Za razvoj izdelka smo uporabili raziskovalno opremo, ki je na razpolago na TECOS-u. Izdelek smo modelirali v programskem paketu I-DEAS, ki se je za tovrstno delo odlično izkazal. V začetni fazi, ko smo snovali obliko izdelka, smo od modelirnika pričakovali veliko fleksibilnost, da smo lahko preizkušali vpliv velikega števila možnih variant na končno obliko. Zahteve glede mehanike odpiranja in zapiranja izdelka so bile s strani

naročnika le delno definirane, zato smo nekajkrat menjali sistem odpiranja in zapiranja, dokler nismo našli optimalne rešitve. In ravno v tej fazi se je naš modelirnik tudi najbolj izkazal. Da je bil problem pri razvoju izdelka še nekoliko večji, pa je bila zahteva, da mora isto ohišje služiti za 3 različne merilne moči tokovnega senzorja. /2/

Glede na to, da je bil celoten projekt vezan na uspeh preizkušanja prototipov, smo se odločili, da bomo že v fazi snovanja izdelka v virtualnem okolju predvideli vse potrebne elemente, ki jih določen izdelek potrebuje, da se po uspešno prestalem preizkusu prototipov direktno prenese v izdelavo pravega orodja. Tako smo na modelu pripravili vse potrebne snemalne kote, pripravili konstrukcijo izdelka v skladu z načeli konstruiranja plastičnih izdelkov, saj naj bi bil končni izdelek izdelan po vsej verjetnosti iz poliamida z dodatkom steklenih vlaken. Na žalost se izdelka ni dalo razviti tako, da bi bilo možno izvesti orodje z enojnim odpiranjem. Do tega smo prišli zaradi zahtev po tesnjenju med gibljivim in fiksnim delom izdelka. Stransko odpiranje je bilo potrebno izvesti tudi na mestu, kjer je bila predvidena pritrditev optičnega kabla na vezje, ki se nahaja znotraj ohišja. Poseben sistem tesnjenja smo vpeljali tudi po celotni delilni ravnini pramodela. /2/

Na sliki 1 lahko vidimo 3D-model izdelka, ki je bil po načelnem sprejetju s strani naročnika poslan v elektronski obliki v Prototipno delavnico v Gorenje, kjer so nato sam pramodel tudi izdelal.



Slika 1: 3D-model izdelka (Novice, april 2000) /2/

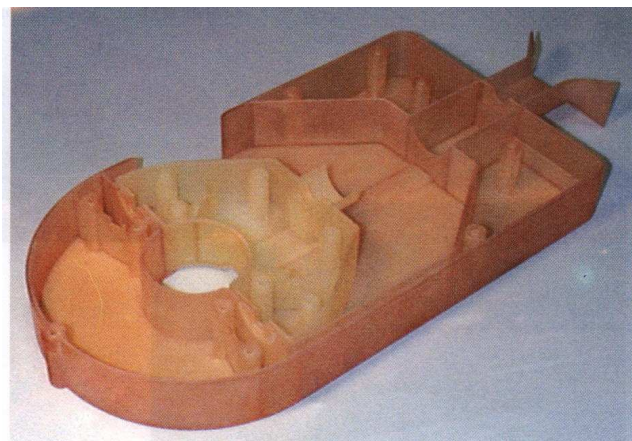
### 3. IZDELAVA PRAMODELA

Postopek izdelave pramodela poteka v večih fazah. Te faze so predstavljene na sliki 2.

Slika 2: Koraki pri izdelavi pramodela s postopkom stereolitografije (Novice, april 2000)/1/

Model, ki smo ga razvili na TECOS-u smo v t. i. \*.stl formatu poslali v Gorenje, kjer so ga na posebnem strogo namenskem programu obdelali za izdelavo na stroju za stereolitografijo. Najprej se v tem programu izdelajo podpore, ki so osnova za gradnjo pramodela. /2/

Glede na velikostne omejitve, ki jih ima stroj za stereolitografijo, smo morali naš model razdeliti na dva dela, ki sta bila nato v posebni komori združena v enega. Ko smo odstranili podpore iz pramodela, smo dobili zaključen model, ki ga prikazuje slika 3, čemur je sledilo še utrjevanje in stabilizacija v UV-komori. /2/



Slika 3: Stereolitografski prototip (Novice, april 2000) /2/

### 4. PRIPRAVA SILIKONSKEGA ORODJA

Na osnovi pramodela, ki smo ga izdelali, smo lahko začeli z izdelavo silikonskega orodja, ki nam je v nadaljevanju služilo za multiplikacijo pramodela.

#### 4.1 Priprava pramodela za vgradnjo v ohišje

Pramodel je bilo potrebno pred vložitvijo v ohišje dobro očistiti in po potrebi prekriti s posebnimi filmi, ki jih izdelujejo posamezni proizvajalci. Nato je bilo potrebno na pramodel nalepiti delilno ravnino, ki je določala, kako se silikonsko orodje odpira. Zaradi boljše vidljivosti se rob delilne ravnine pobarva, kar nam pri kasnejšem ločevanju orodja olajša delo. /3/

#### 4.2 Izdelava silikonskega orodja

V naslednjem koraku smo na tako pripravljen pramodel pritrdili dolivni sistem, skozi katerega so dolivali maso za multiplikacijo. Prav tako je bilo potrebno pramodel ustrezno pozicionirati in pritrditi v ohišje. Nato se je v ohišje nalilo silikon. Zaradi litja silikona v model orodja lahko v ohišju orodja ostanejo posamezni zračni mehurčki, zato je bilo potrebno model odzračiti v vakuumski komori. Ko se je silikon strdil, je nastopila faza ločevanja dveh polovic orodja. Najprej smo odstranili ohišje, v katero smo prej nalili silikon. Nato smo s skalpelom razrezali strnjen silikon po prej pobarvani delilni liniji. Ko je bilo orodje razdeljeno do konca, smo ga previdno razprli in odstranili pramodel in kalupne votline. Sliki 4 in 5 prikazujeta že ločene pramodele iz orodja. Za izdelavo prototipov tokovnega senzorja smo potrebovali 3 silikonska orodja.



Slika 4 (slika 1): Orodje za izdelavo fiksnega dela

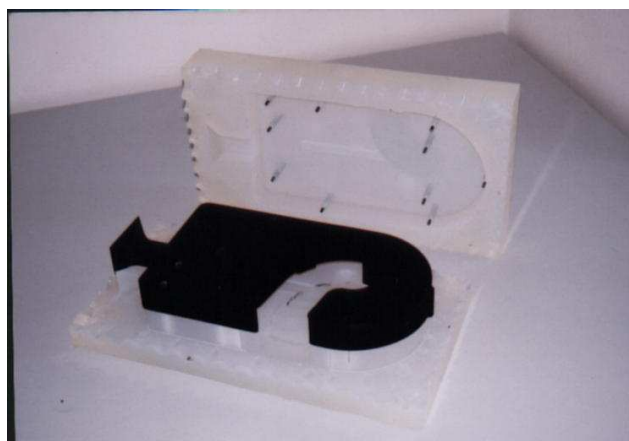


Slika 5 (slika 2): Orodje za gibljivi del

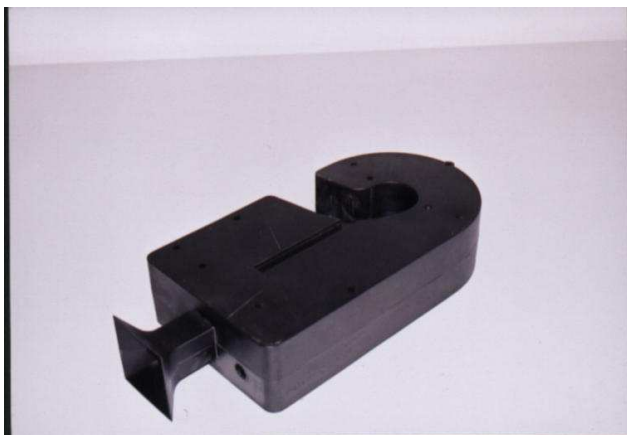
Od tod naprej za nas pramodel ni imel več uporabne vrednosti in smo ga lahko zavrgli. Iz silikonskega orodja smo izvlekli še čepe, ki so namenjeni za dolivni sistem in s tem je bilo orodje pripravljeno na multiplikacijo.

### 5. IZDELAVA PROTOTIPOV

Ločeno smo zmešali komponente v ustreznem težnostnem razmerju, ki so namenjene za izdelavo prototipov. Mešanje komponent se izvede v komori, ki je nad silikonskim orodjem. Ko smo v mešalni posodi dobili homogeno zmes, smo jo skozi dolivne kanale vlili v silikonsko orodje. Počakali smo, da se talina strdi in nato smo orodje razprli ter pazljivo izvlekli prototip iz orodja. Ta trenutek je prikazan na sliki 6. Prototipu smo nato odstranili dolivke in ga očistili. Nato smo preverili dimenzijsko ustreznost prototipa in ga po potrebi še končno obdelali. Končno obdelan prototip je predstavljen na sliki 7. /3/



Slika 6 (slika 3): Prototip v orodju



Slika 7 (slika 5): Končan prototip

Ta postopek izvedemo tolikokrat, kolikor prototipov potrebujemo. Seveda je življenjska doba silikonskih orodij omejena na nekaj deset prototipov. V primeru, da jih potrebujemo več, je potrebno izdelati nova silikonska orodja.

Na sliki 8 vidimo vseh devet izdelanih prototipov, ki čakajo na vgradnjo elektronike ter na testiranje.



Slika 8: Prototipi tokovnih senzorjev (digitalna kamera)

## 6. ZAKLJUČEK

Pričujoči članek prikazuje uspešno sodelovanje več podjetij pri razvoju novega izdelka. Za zaključek lahko potegnemo nekaj smernic, ki se jih velja držati pri razvoju novih izdelkov:

- razvoj izdelkov narekuje variantni pristop h konstruiranju, zato je potrebno imeti na razpolago ustrezno programsko opremo, ki omogoča enostavne spremembe na modelu;
- pri razvoju novih izdelkov morajo nujno sodelovati strokovnjaki iz različnih ciljnih področij, da že v zgodnji fazi opozarjajo na morebitne težave;
- za hiter razvoj izdelkov je potrebno uporabljati elektronske komunikacije, ki omogočajo varen in hiter prenos zaupnih modelov od enega partnerja k drugemu itd.

Če se želimo vključiti v sodobne razvojne tokove, moramo stremeti za tem, da bomo v Slovenijo pripeljali čim več različnih tehnologij, ki nam bodo pomagale pri razvoju novih izdelkov. Izkušnje nekaterih orodjarsko razvitih držav kažejo, da se razvojno delo na prototipnem nivoju z veliko gotovostjo nadaljuje tako pri izdelavi končnih orodij, kakor tudi pri končni produkciji, kar pomeni kar najvišjo stopnjo dodane vrednosti. Za tem pa seveda vsi stremimo.

## *Zahvala*

*Avtorji članka bi se radi zahvalili zaposlenim v Prototipni delavnici v Gorenju za vso pomoč in nasvete, ki smo jih bili deležni med našim skupnim razvojnim delom.*

## **Literatura**

1. *KUZMAN, Karl, NARDIN, Blaž, KOVAČ, Marjan, JURKOŠEK, Boris: Integration of rapid prototyping and CAE in mould manufacturing. V: KANG, Chung Gil (ur.), MOON, Young Hoon (ur.). AFDM '99: Proceedings of the International Symposium on Advanced Forming and Die Manufacturing Technology, Haeundae, Pusan, Korea, September 7-9, 1999. Pusan: Pusan National University, ERC/NSDM, 1999, str. 617-622.*
2. *NARDIN, Blaž, GLOJEK, Andrej, CURK, Jurij: Razvijanje novih izdelkov, TECOS Novice, april 2000, letnik VI, št. 4, str. 2, 3.*
3. *N.N: Das MCP Vakuum – Giessverfahren zur schnellen produktion hochwertiger prototypen, MCP HEK – GmbH, Germany, Katalo*