

## » Orodjar in plastičar – partnerja ali tekmeca

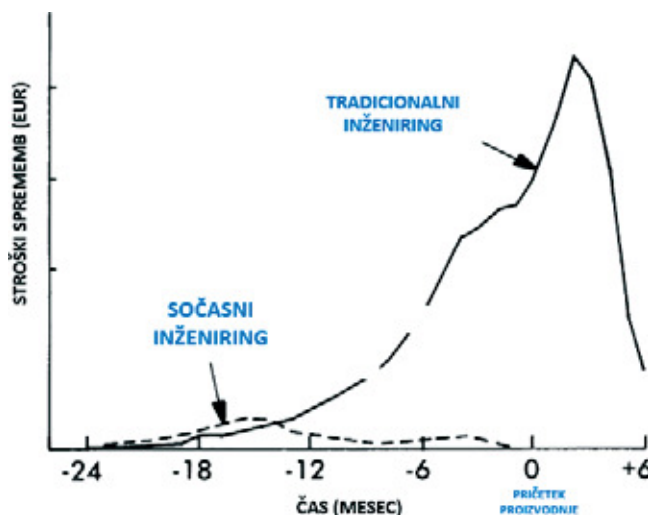
**Aleš Adamlje** Naraščajoča kompleksnost izdelkov in orodij zahteva sodelovanje orodjarja in plastičarja v vseh fazah razvoja izdelka in orodja. Koncept izdelka in orodja ključno vplivata na produktivnost in stroške vzdrževanja orodja skozi celotno življenjsko dobo izdelka. Pričakovane rezultate lahko dosežemo le z uporabo sodobnih inženirskih metod in načel sočasnega inženiringa.

Cilj plastičarja – predelovalca polimernih materialov, je izdelati kakovosten izdelek v planiranem časovnem ciklu s čim nižjimi stroški. Za doseg visoke produktivnosti je potrebno natančno definiranje zahtev za izdelek in orodje. Zahteve za orodje, ki jih pripravi plastičar – naročnik orodja, omogočajo orodjarju oceno sposobnosti izdelave orodja, pripravo tehnično ustrezne ponudbe in v primeru dobljenega posla izdelavo orodja, ki bo plastičarju omogočilo konkurenčno proizvodnjo v celotni življenjski dobi izdelka. Zahteve za orodje morajo vsebovati podatke o predvidenem konceptu orodja, materialih, oblikovnih in standardnih delih orodij, sistemu dolivanja, temperiranja in izmetavanja. Pred posredovanjem 3D-podatkov o izdelku orodjarju mora plastičar izvesti analizo izvedljivosti izdelka (DFMA). V fazi ponudbe in priprave koncepta orodja orodjar analizo izvedljivosti izdelka ponovi.

Za doseganje visokih ravni produktivnosti pri izdelavi izdelka je vzajemno sodelovanje orodjarja in plastičarja ključnega pomena. Njuna skupna ciljna usmerjenost tako doprinese k povečanju konkurenčnosti v proizvodnem procesu obeh.

### 1 Uvod

Orodja za brizganje predstavljajo enega izmed ključnih elementov v procesu brizganja plastike. Kvalitetno orodje za brizganje omogoča proizvodnjo v planiranem ciklu brizganja z minimalnim izmetom. Nekvalitetno orodje na drugi strani povzroča dodatne stroške zaradi povišanega izmeta, zastojev v proizvodnji, višjih stroškov vzdrževanja in potrebe po dodatnih kapacitetah na stroju. V preteklosti so orodjarji orodja velikokrat izdelali le na podlagi 3D-modela izdelka brez dodatnih tehničnih zahtev za orodje s strani naročnika. Analiza izvedljivosti izdelka v orodju se je izvedla šele v fazi konstrukcije koncepta orodja ali pa se analiza ni izvedla. Orodjar tudi ni poznal vseh specifičnih zahtev za posamezni izdelek, zato je bila analiza pogosto izvedena brez ustreznih vhodnih podatkov glede zahtev izdelka. Izkušnje so pokazale, da je zaradi večje kompleksnosti izdelkov analiza izvedljivosti v orodju v fazi konstrukcije koncepta orodja prepozna. Stroški



» Slika 1: Stroški razvoja v posameznih razvojnih fazah [1].

sprememb v fazi optimizacije orodja so v primeru tradicionalnega inženiringa, pri katerem ni sodelovanja konstrukterja izdelka, plastičarja in orodjarja, visoki (Slika 1), pogosto pa sprememb konstrukcije orodja sploh ni možno izvesti. Tako plastičar kot tudi orodjar morata izvedljivost izdelka preveriti že v fazi izdelave koncepta izdelka, plastičar pa tudi že v fazi izdelave ponudbe in idejne zasnove izdelka.

Analiza izvedljivosti mora zajeti izvedljivost glede proizvodnje izdelka in izdelave orodja. Uporaba optimalnih rešitev omogoča orodjarju izdelavo orodja z nižjimi stroški na obstoječi strojni opremi, plastičarju pa proizvodnjo izdelka v planiranem ciklu in z izmetom nižjim od planiranega. Za analizo izvedljivosti plastičar in orodjar uporabljata metodo DFMA. Metoda DFMA združuje metodi DFM (Design for Manufacturing – konstruiranje za proizvodnjo) in metodo DFA (Design for Assembly – konstruiranje za montažo). S pomočjo obeh metod se izvede analiza izvedljivosti izdelka v fazi izdelave koncepta in detajliranja izdelka ter v fazi izdelave koncepta orodja. Zgodnja uporaba metode DFMA omogoča izdelavo orodja pravočasno in v ustrezni kakovosti. Za kvalitetno uporabo metode DFMA je potrebna priprava ustreznih listin za



preverjanje izdelka in orodja, saj le na ta način preverimo vse relevantne točke v vseh fazah konstrukcije izdelka in orodja.

## 2 Uporaba metode DFM

Konstruiranje za proizvodnjo je v fazi razvoja izdelka ključno za uspešen zagon projekta ter proizvodnjo skozi celotno življenjsko dobo izdelka. Predpogoj za uspešno konstrukcijo za proizvodnjo je sodelovanje oddelkov konstrukcije in tehnologije ter orodjarja v vseh fazah razvoja izdelka. Na ta način lahko oddelek konstrukcije pravočasno izpostavi kritične točke v konstrukciji izdelka končnemu kupcu in konstrukcijo izdelka spremeni tako, da bo proizvodnja enostavnejša. Konstrukcija izdelka, ki ni ciljno usmerjena v lažjo proizvodnjo skozi celotno življenjsko dobo izdelka, povzroča dodatne stroške s povišanim izmetom, zastoji in povišanimi stroški vzdrževanja orodja. Proizvodnja brizganih izdelkov je velikoserijska. Količine v življenjski dobi se gibljejo od nekaj tisoč pa do nekaj milijonov brizgov. V primeru, da imamo v življenjski dobi predvidenih 2.000.000 brizgov nam samo 1 % višji izmet pomeni 20.000 slabih brizgov, v primeru 5 % dodatnega izmeta pa 100.000 slabih brizgov. Iz števila slabih brizgov lahko hitro izračunamo, da v primerih velikoserijske proizvodnje izdelkov, ko uporabljamo tehnične materiale, strošek izmeta v življenjski dobi preseže ceno orodja. Pri tem niso upoštevani stroški dodatnih kapacitet, ki so potrebne za brizganje dodatnih količin. Potrebne dodatne kapacitete lahko vodijo v pomanjkanje kapacitet za proizvodnjo novih izdelkov ali pa potrebne dodatne investicije. Za izdelke izdelane iz tehničnih termoplastov mora plastičar v fazi konstrukcije izdelka z metodo DFM analizirati:

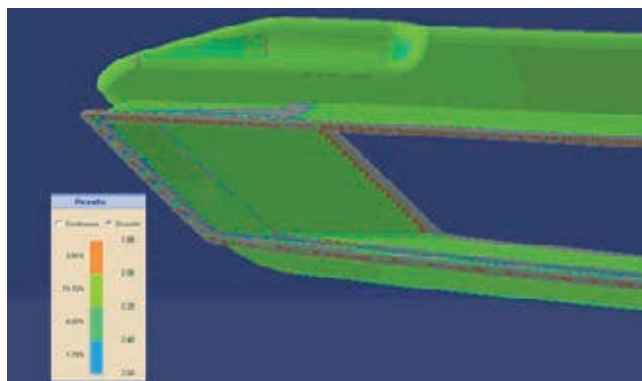
- predviden material polizdelka,
- snemalne kote na izdelku,
- pozicijo dolivka,
- zvijanje in krčenje izdelka,
- debelino sten izdelka,
- rezultate reološke analize izdelka,
- dodatne obdelave izdelka po brizganju (barvanje, kromanje ...)
- delilne ravnine na izdelku,
- predvidene stranske pogone na izdelku,
- možnosti in način izvedbe hlajenja izdelka v orodju,
- način odvzema izdelka iz orodja,
- možnosti optimizacij orodja v primeru geometrijskih odstopanj na izdelku,
- druge zahteve za izdelek, ki jih je posredoval naročnik izdelka.

Za kompleksne izdelke je treba v analizo izvedljivosti vključiti tudi orodjarja. Orodjar mora preveriti izvedljivost:

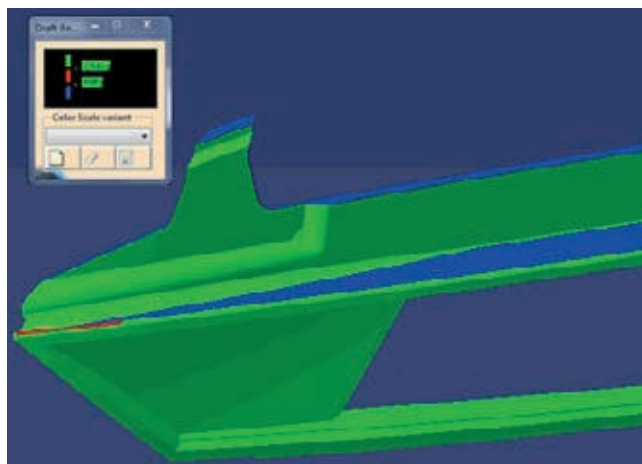
- delilnih ravnin izdelka,
- stranskih pogonov izdelka,
- zaklepanja orodja,
- možnost izdelave geometrije izdelka s postopki strojnih obdelav,
- izvedljivost predvidene kvalitete in strukture površin na izdelku,
- izvedljivost orodja za proizvodnjo na planiranem stroju,
- izvedljivost hlajenja izdelka v orodju,
- izvedljivost izmetalnega sistema glede na geometrijo izdelka.

Pri analizi, ki jo izvede orodjar, je nujno tudi sodelovanje naročnika orodja – plastičarja, ki je odgovoren za konstrukcijo izdelka, saj orodjar ne pozna vseh zahtev izdelka.

Z analizo materiala izdelka plastičar preveri primernost materiala za predviden izdelek, specifične zahteve materiala pri predelavi, konstrukcijska priporočila za izbran material izdelka in potrebno opremo za predelavo izbranega materiala. Proizvajalci materialov za vsakega od materialov podajo tehnološka priporočila za predela-



» Slika 2: Analiza debelin sten izdelka.



» Slika 3: Analiza snemalnih kotov izdelka.

vo in konstrukcijska priporočila, ki jih je treba upoštevati. Analizo snemalnih kotov izdelka (Slika 2) in debelin sten izdelka (Slika 3) je treba izvesti v zgodnji fazi razvoja izdelka s pomočjo CAD-programске opreme, da se lahko preveri ustreznost konstrukcije glede na uporabljen material.

V sodelovanju s končnim kupcem izdelka je potrebno v zgodnji fazi razvoja izdelka preveriti izvedljivost mesta dolivanja in izvesti reološko analizo izdelka.

## 3 Tehnične zahteve za orodje

Orodje za brizganje sestavlja več sistemov. Izvedbe orodij za enak izdelek so lahko različne in so odvisne od zahtev, ki jih definira plastičar – naročnik orodja.

Tehnične zahteve za orodje so poleg 3D-geometrije izdelka osnova za pripravo ponudbe za orodje. Naročnik orodja velikokrat ne pripravi podrobnih zahtev za orodje, kar orodjarju ne omogoča ocene dejanskih stroškov izdelave orodja in pripravo realne ponudbe za orodje, hkrati pa so pričakovanja plastičarja in dejanska ponudba orodjarja različna. Da bi zagotovili primerljive ponudbe vseh orodjarjev, mora naročnik orodja natančno specificirati izvedbo orodja. V specifikacijah mora naročnik specificirati podatke o:

- predvidenem materialu izdelka,
- predvidenem stroju za brizganje,
- dolivnem mestu in sistemu dolivanja,
- tipu in izvedbi orodja,
- predvidenih materialih oblikovnih delov orodja,
- številu gnezd orodja,
- razporeditvi gnezd v orodju,
- vodenju in centriranju orodja,

- zaklepanju orodja,
- predvidenem hladilnem sistemu orodja,
- predvidenem sistemu izmetavanja,
- končnih obdelavah površin izdelka,
- standardnih delih orodja,
- internih standardih naročnika, ki jih mora orodjar upoštevati pri konstrukciji orodja.

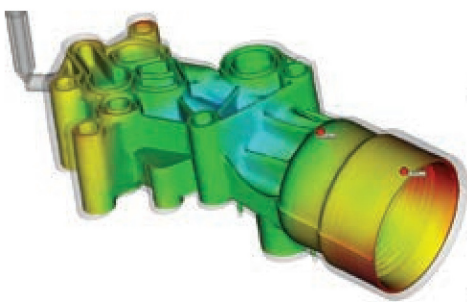
Podatki o materialu izdelka so ključni za začetek konstrukcije orodja. Skrčki posameznih tipov termoplastičnih materialov so različni in imajo pomemben vpliv na končne dimenzije izdelka. Brez natančne specifikacije skrčka za material orodjar ne more začeti s konstrukcijo orodja. Naročnik mora podati tudi podatke o stroju, na katerem se bo izdelek brizgal. Tako proizvajalci strojev kot tudi naročniki orodij uporabljajo različne standarde in sisteme za vpenjanje in centriranje orodij, priključke za hladilni sistem orodja, priključke za toplokanalne dolivne sisteme in povezavo izmetalnega sistema s strojem, zato mora naročnik orodjarju podati natančne specifikacije. Natančna specifikacija tipa dolivanja ima velik vpliv na ceno orodja in stroške proizvodnje izdelka. V primeru izbire hladnega dolivnega sistema je cena izvedbe sistema nizka, v proizvodnji pa nastaja odpadni material v obliki hladnega dolivka, ki ga zaradi zahtev izdelka pogosto ne moremo znova uporabiti. Že v fazi priprav tehničnih zahtev mora plastičar prekalulirati stroške vgradnje toplokanalnega sistema in stroške odpadnega materiala zaradi hladnega dolivnega sistema in v tehničnih zahtevah za orodje specificirati stroškovno optimalno varianto. Ker je na trgu veliko število izvedb toplokanalnih sistemov in dobaviteljev toplokanalnih sistemov, je potrebno v zahtevah le-te natančno

specificirati. Določitev tipa orodja in materiala oblikovnih delov orodij je pomembna z vidika zahtev izdelka in možnosti izdelave orodja.

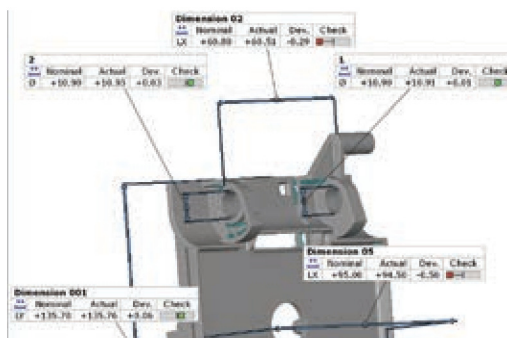
V primeru izdelave orodij z oblikovnimi vložki orodjar za izdelavo oblikovnih orodij lahko za postopke strojnih obdelav uporabi manjše obdelovalne stroje. Če naročnik zahteva izdelavo oblikovnih delov direktno v oblikovno ploščo, so potrebni za obdelavo večji stroji. Od predvidene življenjske dobe izdelka, materiala izdelka, zahtevane kvalitete površine izdelka in izbran tip orodja (orodje z oblikovnimi vložki ali oblikovnimi ploščami) je odvisna tudi izbira materiala oblikovnih plošč oziroma vložkov. Za oblikovne dele orodij za brizganje se uporabljajo poboljšana in kaljena jekla. Nabavna cena jekel je različna, različen je način obdelave in življenjska doba. Brez natančne specifikacije materialov oblikovnih delov orodja in tipa orodja orodjar ne more pripraviti kalkulacije stroškov izdelave oblikovnih delov. Glede na zahtevnost in obliko izdelka ter izkušnje mora naročnik orodja podati tudi natančne zahteve o predvidenem centriranju, zaklepanju in vodenju orodja. Izvedba teh sistemov ima pomemben vpliv na konstrukcijo orodja in stroške izdelave, hkrati pa tudi na delovanje orodja v celotni življenjski dobi orodja.

Izmetalni sistem orodja je eden izmed najpomembnejših sistemov v orodju. Delilne linije izmetačev na izdelku ne smejo povzročati dekorativnih napak, hkrati pa morajo zagotavljati enakomerno snemanje izdelka iz orodja brez deformacij. Ker orodjar ne pozna zahtev izdelka, mora naročnik orodja v zahtevah določiti dovoljena mesta in samo izvedbo izmetačev. Hladilni sistem orodja vpliva na dimenzije izdelka in produktivnost. Za zahtevne izdelke mora naročnik orodja poleg načina hlajenja posameznih gnezd orodja

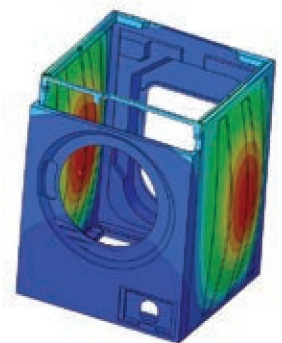
## ZNIŽAJTE STROŠKE PROIZVODNJE IN ZMANJŠAJTE TVEGANJA PRI RAZVOJU IZDELKOV



Odprava deformacij brizganega izdelka



Izsek iz merilnega protokola vzorca



Analiza vibracij ohišja pralnega stroja

Razvoj izdelkov na ključ • Napredni MKE-trdnostni preračuni  
Optimizacija proizvodnih procesov • 3D-skeniranje in meritve • Brizganje prototipov  
in malih serij • Strokovno usposabljanje • Raziskave in razvoj

zahtevati tudi reološko analizo izdelka z vključenim hladilnim sistemom, s katero se preveri enakomernost hlajenja posameznih delov izdelka. Z enakomernim hlajenjem izdelka dosežemo kratke čase cikla in boljšo geometrijo izdelka. Za pravilno kalkulacijo cene orodja mora naročnik orodja podati tudi ostale podatke o standardih in zahtevah, ki vplivajo na stroške izdelave orodja.

#### 4 Konstrukcija, izdelava in preizkušanje orodja

V fazi konstrukcije orodja je sodelovanje orodjarja in naročnika orodja ključno za kvalitetno konstrukcijo. Orodje mora biti konstruirano v skladu s tehničnimi zahtevami za orodje. Konstrukcija orodja mora biti pred začetkom izdelave orodja pregledana in potrjena s strani naročnika.

V fazi preizkušanja orodja tesno sodelovanje naročnika orodja in orodjarja skrajša čas optimizacije orodja. Preizkušanje orodja se mora izvesti po protokolu z zapisnikom, ki je posredovan orodjarju in z njim prediskutiran. Prevzem orodja s strani naročnika orodja se izvede po vseh zaključenih optimizacijah.

#### 5 Sklep

Sodelovanje naročnika orodja in orodjarja v vseh fazah razvoja izdelka skrajša čas razvoja izdelka in zmanjša število sprememb

na izdelku, ki so potrebne v fazi optimizacije izdelka. Natančna specifikacija zahtev za orodje omogoča orodjarju pravilno oceno stroškov izdelave orodja in hkrati omogoča, da so ponudbe orodjarjev primerljive in usklajene s pričakovanji naročnika. Hkrati so zahteve za orodje osnova za koncept orodja in partnersko sodelovanje orodjarja in plastičarja v vseh fazah razvoja orodja. Skupna ciljna usmerjenost obeh pripomore k večji konkurenčnosti v proizvodnem procesu obeh.

#### Viri:

- [1] Concurrent engineering (2017, 25. April), Pridobljeno na: <http://npdbook.com/introduction-to-stage-gate-method/concurrent-engineering/>
- [2] M.J.Gordon: Total Quality Process Control for Injection Molding, Carl Hanser Verlag, Munich, 1993
- [3] Menges, G., Mohren P.: How to make injection moulds 2nd ed., Carl Hanser Verlag, Munich, 1993

## » Do optimalnih materialov za lepljenje s pravim svetovanjem

Kako dobro je "brezplačno" svetovanje, ki ste ga deležni od dobaviteljev lepil? Ste se kdaj vprašali, ali je res objektivno in dejansko pravo za vašo aplikacijo glede na to, da so izbrana lepila omejena na kolekcijo iz ponudbe prodajalca pred vami? Velikokrat je prav zaradi tega potrebno delati kompromise. Frustracije – ki so v taki situaciji razumljive, pa kaj kmalu »požrejo« veliko časa in živcev. Če vam je tega dovolj, berite naprej.

Lepljenje, kot postopek spajanja, se vedno bolj pogosto uporablja v različnih vejah industrije. Zelo je razširjeno v proizvodnji stavbnega pohištva, izdelavi in pri vzdrževanju avtobusov, predelanih vozil, izdelavi in pri vzdrževanju vlakov in tramvajev, plovil, v pohištvni industriji, za lepljenje prezračevanih fasad, lepljenje kompozitnih materialov, izdelava montažnih hiš in še veliko več ...

Lepljenje prinaša ogromno prednosti, čeprav je dokaj zahtevno. Paziti moramo vsaj na trije:

- po eni strani je potreben pravilen izbor lepil glede na posamezno aplikacijo;
- po drugi strani je potreben tudi pravilen proces – postopek uporabe in
- ne nazadnje, morebiti najbolj pomembno dejstvo – da je lepljenje specialen proces.

Zakaj specialen? Dejstvo je, da se brez destruktivnih preizkusov ne da preveriti, ali lepilni spoj dejansko drži in koliko drži. Z različnimi specialnimi aparaturnami in postopki lahko ugotovimo, ali je lepilo naneseno in v stiku s površino, vendar pa to še ni zagotovilo po oprijemu lepila na površini. Zato je poleg pravilne izbire lepila in ustrezne priprave površine pred lepljenjem, potreben pravilen, ponovljiv in kontrolirano izveden proces lepljenja. To zagotovimo z določanjem postopka, s preizkušanjem v zahtevanih pogojih in z izobraževanjem delavcev ter vzpostavitev kontrole v proizvodnji.

A najprej je treba izbrati pravo lepilo za točno določeno aplikacijo. Kako veste, da je izbrano lepilo res pravo in da je dobavitelj pri svojem svetovanju izhajal iz primernosti za uporabo?

Na razgovorih glede svetovanja pri procesih lepljenja direktorji