

## » Brza izrada zahtjevnih proizvoda

**Lado Černoš dipl. ing**

Četvrta industrijska revolucija, koja je pred vratima, mijenjati će tržište radne snage, mnoga radna mjesta postati će nepotrebna, no otvarati će se i potrebe za novim radnim mjestima. Prema ocjenama svjetskog gospodarskog foruma, u 15 najnaprednijih svjetskih zemalja, u sljedećih pet godina će doći do gubitka 7,1 milijuna radnih mjesta, a otvoriti će se 2 milijuna visokostručnih radnih mjesta. Robotizacija, umjetna inteligencija i visokoautomatizirani tehnološki postupci, utjecati će na društvo do te razine, da će se mijenjati čak i programi školovanja osnovnoškolaca.

Moderne tehnologije će smanjiti potrebu za radnim mjestima na nekim razinama društva, prije svega u proizvodnji novih proizvoda.

### 3D tiskanje

Okruženje 3D tiskanja se trenutačno nalazi u nezavidnoj situaciji. Digitalne podatke je potrebno prenositi iz programa za 3D modeliranje koji nisu povezivi. Upravljanje podacima je pod kontrolom samo u fazi izrade prototipova, a ti podaci kasnije nemaju više svoj utjecaj u proizvodnji. Pored toga tu je i problem autorskih prava, a sam proces 3D tiskanja danas ima neznatan utjecaj na razvoj i svojstva proizvoda. To je pri izradi prototipova bilo još prihvatljivo, no nikako ne i za proizvodnju. Rezultat je, da 50 % razvojnih konstrukcija nije moguće odmah tiskati, 30 % ih treba ponovno modeliranje. Za sljedivost čitavog procesa potrebno je primijeniti 3 ili čak i više nepovezanih programskih proizvoda.

Bez obzira na trenutačno stanje, svjetsko tržište za 3D tiskanje će u sljedećih 5 godina imati rast više od 10 % godišnje. Zrakoplovna i svemirska industrija danas već ima 14 % svjetskog udjela na zahtjevnim proizvodima, koji moraju odgovarati svim međunarodnim certifikatima. To znači, da će kvalitetni 3D pisari ubuduće biti jeftiniji, a istodobno će se njihove mogućnosti bitno poboljšati. Na području 3D tiskanja plastike, brzina izrade se u posljednjih nekoliko godina povećala za faktor 100. I pri hibridnoj laserskoj tehnici vidi se veliki napredak.

### Inovativna tehnologija za izazove budućnosti

Vizija tvrtke Siemens je osigurati proizvodne procese, koji korisnicima u jednom okruženju omogućuju inovacije od ideje, optimiranje, kao i izradu proizvoda. Novo kreativno okruženje stimulira dizajnere u primjeni svojih ideja za razvoj lakših proizvoda

na novi način, a suvremenim tehnologijama istodobno nudi izradu s pomoću do sada još nedostupnih postupaka. Proizvođači dobivaju mogućnost za podizanje produktivnosti na višu razinu, a istodobno mogu ponuditi svojim korisnicima bolji proizvod. Godine 2016. Siemens je objavio potpisivanje strateškog razvojnog ugovora s tvrtkama kao što su Microsoft – novi otvoreni »3D print standard 3MF«, HP Inc., TRUMPF, STRATASYS i EOS, koji globalno pokrivaju tržište na području 3D tiskanja plastomernim materijalima, metalima za zrakoplovstvo, auto-industriju i medicinu.

Okruženje 3D tiskanja se iz malih laboratorijskih pisara s tehnologijom taložnog očvršćivanja (eng. Fused Deposition Modelling – FDM), seli se u industrijske hale i predstavlja novi integrirani proces proizvodnje. Najnoviji tiskani proizvodi sada mogu zahvaljujući FDM rješenjima postići veličine i više metara. Tvrtka Stratasys ima u razvoju naprednog 3D tiskanja preko 1600 patenata, a zajedno s tvrtkom Siemens planiraju i takozvano 4D tiskanje, gdje se prvotne nano linearne strukture mogu kasnije kontrolirano povezivati u 3D proizvod kompleksnih svojstava, funkcija i sastava.

HP Inc. zajedno sa Siemens-om razvijaju potpuno novu revolucionarnu tehnologiju istodobnog tiskanja, gdje će se NX pobrinuti za upravljanje nanošenjem materijala sve do razine voxela. Čitava kontrola procesa odvija se u okviru jedne datoteke i podržava nanošenje materijala s prilagođenim glavama za tiskanje. Dizajneri suvremenih proizvoda moći će na proizvodu kombinirati karakteristike kao što su višeslojni heterogeni materijali, površinske teksture, gustoća, svojstva čvrstoće, elastičnost, trenje, električna provodnost, kao i toplinska svojstva. Iako se nekome čini to kao udaljena vizija, Siemens je već objavio da je u NX okruženju ponudio revolucionarnu podršku tiskanju naziva Siemens' enhanced, flagship design platform NX™ software for CAD/CAM/CAE. To rješenje djeluje u sprezi s HP pisaricama u novoj tehnologiji Multi Jet Fusion™ technology i HP Jet Fusion 3D printers još od 2016. godine. A u okruženju »powder bed«, NX proces uključuje pored 3D srašćivanja proizvoda i intuitivno uklanjanje podupornih struktura i naknadnu obradu već u fazi razvoja proizvoda.

Siemens je u siječnju 2017. godine u okviru programa NX11 predstavio i svoj novi revolucionarni konvergentni program za 3D modeliranje. Oni koji su smatrali da je početak 4D revolucije



Lado Černoš dipl. ing • Siemens ITS/PLM

još daleko, ostali su iznenađeni. Siemens vjeruje svojim strateškim partnerima, da će ideju aditivne i hibridne proizvodnje razvijati te pravodobno priskrbiti tržištu nove optimirane tehnologije na naprednim strojevima.

### Izazovi i rješenja današnje tehnologije

Svaka nova tehnologija predstavlja izazov. A posebice, kada se iznova razmišlja o kombiniranim postupcima, kao što su povratno dodavanje i oduzimanje materijala na istom obratku. Mnogo istraživanja i ispitivanja je bilo potrebno napraviti, kako bi se odredio pravi omjer između rada kojeg obavlja laserska zraka pri nanošenju materijala te rezni alat. Bilo je potrebno izumiti putove alata, koji će pored klasičnog oduzimanja znati materijale i nanositi. Integracija oboje omogućuje bitnu nadogradnju današnje CNC proizvodnje.

### Cjelovito rješenje za hibridnu proizvodnju

Za ostvarenje te ideje, tvrtka Siemens već godinama tijesno surađuje sa svojim ugovornim partnerima. U ovom trenutku već je na raspolaganju nekoliko novih 5-osnih obradnih centara LASER-TEC tvrtke DMG MORI za hibridnu izradu na metalnim obratcima. Materijal metalnih proizvoda se prvo 5-osno nanosi s pomoću laserskog taloženja, a zatim se fino obradi u istom stezanju.

### Transformacija tehnologije

Proces hibridne proizvodnje počinje u novom okruženju 3D modeliranja proizvoda. Kada je proizvod optimiran i odobren, CAM će u svojem hibridnom modulu analizirati geometriju i osnovne tehnološke čimbenike obratka. Slijedi proces aditivne tehnološke faze, gdje se svaki pojedini čimbenik može u bilo kojem trenutku virtualno kreirati, organizirano integrirati u CNC proces i prema potrebi konačno obraditi odvajanjem materijala. Moguće je prema želji kombinirati dodavanje i oduzimanje materijala i na taj način točno izraditi kompleksne oblike, koje dosadašnjim postupcima nije bilo moguće postići. Novi postupci omogućuju CNC obradu unutrašnjosti dijela, izradu šupljih metalnih konstrukcija, višeslojnih proizvoda od više metala, tankostjenih proizvoda do razine, koja prethodno nije bila moguća i drugo. Hibridna proizvodnja omogućuje povišeni stupanj inovacija, smanjuje troškove proizvodnje i energije, poboljšava svojstva te skraćuje vrijeme uvođenja proizvoda, stoga se pravila igre u proizvodnji zahtjevnih proizvoda bitno mijenjaju.

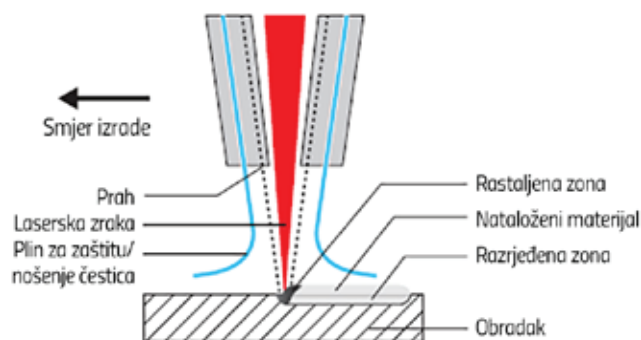
Hibridna proizvodnja nadmašuje klasične 3D pisare bez obzira na to, s kolikom su točnošću tiskani proizvodi. Glatkoća površina i postizanje propisanih izmjera na hibridnom modelu je osigurana, a nove NX CMM metode omogućuju automatsko »off line« generiranje 5 osnih mjerenja, analizu rezultata i ispis mjerenih podataka.

### NX hibridna tehnologija

Siemens je vodeći pri razvoju i podršci hibridne proizvodnje. Klasično okruženje CNC programera od verzije NX 10 uključuje i interaktivno kreiranje operacija dodavanja. Tehnologija izrade novog obratka nanošenjem materijala je točna do te mjere, da grube i srednje fine CNC obrade nisu više potrebne. Za postizanje propisanih mjera na geometriji proizvoda, izrađujemo samo konačnu finu CNC obradu. A ona u procesu izrade komponenata može biti parcijalna, istodobna ili uzastopna. Na taj način brzo postizemo željenu obradu čak i onih dijelova geometrije, koje alat ni u kojem slučaju ne bi mogao dosegnuti. Modul za hibridno raščlanjivanje analizira model i lokalno optimira interni STL zapis uzduž poželjnog vektora

u prostoru, a zatim kalkulira putanju alata za lasersku zraku koja nanosi materijal u veličini i oblika, kakve vidimo na NX 3D modelu obratka. Zatim slijedi mehanička strojna obrada postupcima glodanja, bušenja i poliranja, sve u istom stezanju.

Ovisno o zahtjevima, konačnu obradu se dopušta ponekad obaviti i nakon klasičnog pristupa, što znači da mehanički CNC obradu izbodimo potpuno na kraju izrade sirovca. Kompleksni prototipovi i maloserijski metalni proizvodi se tako u novom postupku izrađuju brzo i točno. U usporedbi s proizvodnjom laserski srašćenih proizvoda (powder bed), hibridna tehnologija može skratiti vrijeme izrade i desetak puta. S pomoću nanošenja novih hibridnih slojeva na mjestu trošenja, servisiranje kompleksnih dijelova je brže nego li ikad prije. Nova NX programska oprema nudi napredne FEM alate za korekcije toplinskog stezanja i vitoperenja materijala.



» Slika 1. Lasersko nanošenje metala sa LASERTEC-om

### Inovativniji proizvodi

Troškovi proizvodnje brzo rastu s porastom kompleksnosti proizvoda. Hibridna tehnologija će uskoro bitno promijeniti proces oblikovanja i stvaranja novih proizvoda od ideje do konačnog proizvoda. Primjenjuje se u zrakoplovnoj te auto-industriji, energetici, prometu, kao i pri izradi proizvodnih alata. Razvoj tehnologije i odgovarajućih materijala ide i u mnoge druge smjerove. Pojavljuju se npr. već prve hibridne tiskane pločice, koje su višeslojno ukomponirane u tijelo kućišta uređaja, a podrška u medicini će uskoro ponuditi izradu jeftinije i bolje integrirane protetike, itd.



» Slika 2. Troškovi izrade u ovisnosti o obliku proizvoda

### Primjer optimiranja troškova na području alatinčarstva

Današnje masivne 3D matrice za oblikovanje na proizvodnim alatima će ubuduće moći biti lokalno šuplje, kanali za hlađenje neće više biti bušeni već načinjeni istodobno kada i matrice, masa alata biti će manja, broj elektroda biti će manji/lasersko rezanje, gruba obrada predoblika više neće biti potrebna, biti će potrebno manje reznih alata, manje naprava za stezanje, biti će moguća brza izrada negativa u industriji PU i tehničke gume,

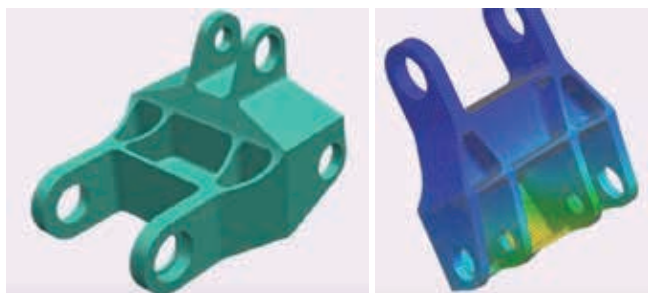
biti će omogućeno integriranje uzorkovanja površinskih struktura, servisiranje istrošenih zona alata i drugo.

### Primjer optimiranja proizvoda u zrakoplovnoj industriji

Realizacija novih ideja i proizvoda je potpuno ovisna o tehnološkim mogućnostima za cjenovnu proizvodnju. Posljedica razmišljanja o klasičnim načinima tehnološke izrade ograničava naše buduće potencijale, inovacije i poslovne odluke. Ograničava naš stupanj i brzinu budućeg razvoja, količinu uštede energije, materijala, ograničava snižavanje troškova i produljuje vrijeme plasiranja proizvoda na tržište.

Do sada smo imali na raspolaganju proces, u kojem je inženjer proračunao čvrstoću i modelirao 3D proizvod u okviru sklopa kojeg je zatim provjerio s pomoću FEM analiza. Analize su pokazale kritično opterećena mjesta, koje ja zatim bilo potrebno povratno uskladiti na 3D računalnom modelu.

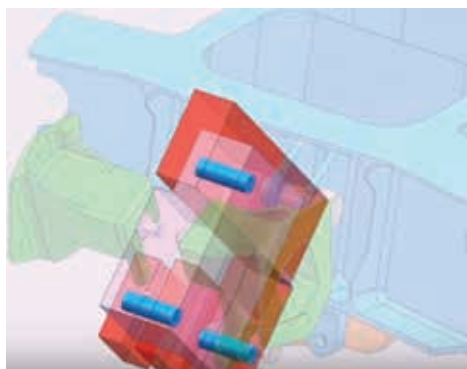
Rezultat je proizvod klasičnog tipa, koji je u stvari imao više nedostataka. Proizvod na Slici 3 je bio pretežak, jer je imao na pojedinim mjestima viška materijala, a za samu izradu bilo je potrebno raspolagati s 2 različita CNC centra i programirati 7 različitih procesa, nabaviti brojne alate i utrošiti odgovarajuće vrijeme izrade.



» Slika 3. Konvencionalni način razmišljanja – 20 % preteški i skupi proizvodi

Novi Simcenter 3D FEM analize i simulacije zajedno s naprednom STL i NURBS free form tehnologijom, omogućuju znatno više. Proces konstruktoru ne omogućuje samo kreiranje proizvoda i njegovu strukturnu analizu, već teži k tome, da sustav sam ekspertno odlučuje o optimalnom obliku proizvoda.

Rad konstruktora je olakšan do te mjere, da u okviru sklopa on daje samo okvirne, osnovne 3D rubne uvjete. Kao što se vidi na Slici 4 na početku to mogu biti samo jednostavni pravokutni oblici.



» Slika 4. Najbolja ideja o optimalnom obliku ne mora nužno biti vaša

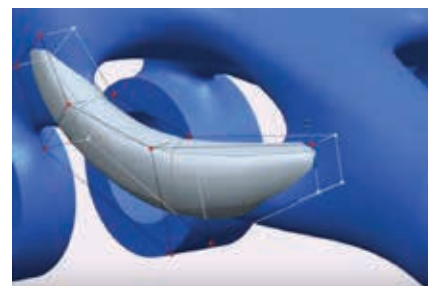
NX Simcenter 3D analizira dopuštena stanja naprezanja obzirom na zadane rubne uvjete te kao rezultat samostalno izmodelira STL tijelo, koje će imati optimalnu topologiju (Slika 5).

Konstruktor nakon ocjene rezultata s pomoću novog konvergentnog modelera dodaje novi materijal, koji povećava stupanj sigurnosti na kritičnim mjestima (Slika 6).

» Slika 5. Jeste li ikad sami modelirali slično optimirani model?



» Slika 6. NX konvergentni modeler nudi konstruktorima jednostavan i potpuno novi pristup konstruiranju



» Slika 7. Analiza korigirane topologije



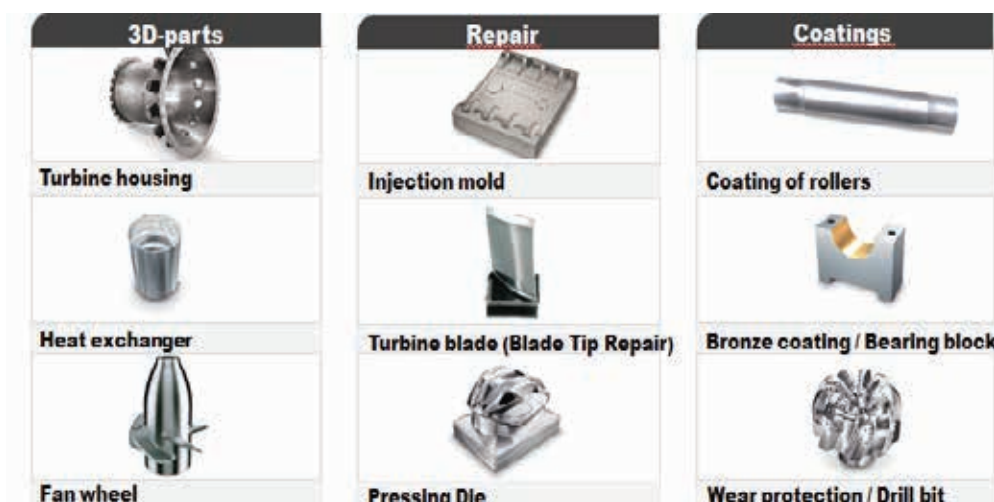
Konvergentni modeler teži tome, da sve do sada poznate 3D strukture udružuje u jedinstven digitalni zapis. Korisniku nudi fleksibilnost i brzinu modeliranja za ostvarivanje novih ideja na topološki optimiranim 3D dijelovima. Otvara vrata suvremenom 3D tiskanju i podržava naprednu hibridnu proizvodnju. U svojoj strukturi konvergentno podržava 3D skenirane podatke, nove STL izvore, slobodne površine, krivulje i solid modele. Reverzni inženjerstvo od sada nadalje više nije potrebno. Sustav s pomoću kombinacije postojećih tijela i novih lokalnih zahtjeva sam izračuna novi solid model u povijesti kreiranja dijela.



» Slika 8. Hibridna izrada na LASERTEC 65

I pri zahtjevnim dijelovima maloserijski alati više nisu potrebni, a vremena isporuke prvih dijelova se smanjuju sa 18 mjeseci (tipično) na svega nekoliko dana. Prve analize 3D printanih dijelova nove generacije pokazuju ekonomsku opravdanost u serijskoj proizvodnji čak do 50.000 komada.

Nama je ostalo još da iskoristimo nove razvojne potencijale i da na novi način razmislimo što će sve ubuduće biti moguće poboljšati.



» Slika 9. Načinjeno s pomoću DMG MORI LASERTEC 65 3D

### Metalni materijali za nanošenje

Na raspolaganju su metalni materijali za lasersko nanošenje u praškastom obliku. Uključuju alatne čelike, legure kroma, kobalta i molibdena, INOX, broncu, mjed, specijalne legure nikla, stelitni i karbidni prah te druge. Nakon laserskog nanošenja, mehanička svojstva ostaju slična onima kakve ima osnovni materijal. Neke metalurške vrijednosti dosežu već razinu jednakosti do 98 %.

### NX procesiranje

Siemens hibridni CAD/CAM zajedno s DMG MORI Lasertec 65 odlikuje:

- Potpuna povezivost procesa
- Automatizirana raščlamba geometrijskih elemenata
- Verifikacija i simulacija obratka, procesa i proizvoda
- Kontrola kolizije laserskog nanošenja i CNC obrade
- 5 osna putanja alata za lasersku mlaznicu i alate
- Kontrola snage lasera i iskoristivosti materijala
- Integrirano post procesiranje i kinematička simulacija centra

Procesiranje je integrirano u jedinstvenom računalnom okruženju dijela koji se obrađuje.

### NX Post procesiranje

Korisnici CAD/CAM sustava su do sada znali, da je moguće obradne centre podržati s post procesorom, koji ispisuje prilagođe-

ni klasični CNC kod. Za hibridni centar LASERTEC 65 3D to neće biti potpuno tako. NX CAD/CAM proces, kao i LASERTEC post procesor su potpuno integrirani u sustav. Upravljanje je napredni Sinumeric 840D SL, a zajedno s post procesorom podržavaju i izbor novih funkcija koje su bile razvijene upravo za hibridnu tehnologiju.

DMG MORI je Siemens izabrao i radi NX CAM mogućnosti te brzine rada na velikim datotekama.

Primjer praktičnog testiranja dosta kompleksne 3D alatne matrice veličine 0,8 m<sup>2</sup>, sastavljene od 15.012 površina:

- proces prvog generiranja fine putanje alata (4460 aktivnih površina) na hrapavost Rz = 0,01 mm u dubinu 270 mm i ispis konačnog CNC koda za čitavu matricu, NX11 je obavio u svega 1 minuti i 52 sekunde,
- uz to su bili provjereni i uklonjeni sva kolizijska gibanja i alata i držala na 61.000 stavki CNC koda,
- proračun se odvijao na standardnom HP prijenosnom računalu s posječnim karakteristikama procesora i7 i za glodalo promjera  $\varnothing$  16 R1 mm.

Kako je već prije nekoliko godina prognozirano, klasični zapis ISO CNC koda (ISO 6983/RS274D) polako se povlači o prepušta mjesto novim, više integriranim digitalnim zapisima, sve kompleksnijih industrijskih procesa. Ukoliko je prethodni Unigraphics bio prvi koji je na računalu zapisivao CNC kod u praktično primjenjiv zapis, sada je njegov nasljednik NX u sličnoj ulozi, kada se tehnologija bitno nadograđuje. Očito će NX CAD/CAM/CAE biti pravi odgovor na izazove budućnosti i razvoj potpuno novih tehnologija u 4D eri.

# Mastercam® 2017

croNos3D  
Optical 3D Scanner

Ovlašteno zastupništvo za Republiku Hrvatsku

Obuka za korištenje programa **Mastercam**.

Izrada specijalnih postprocesora

DNC povezivanje CIMCO

Izrada programa za robote **Robotmaster**

Reverzibilno inženjerstvo i 3D skeniranje

Kontrola kvalitete i 3D mjerenje

[www.mastercam.hr](http://www.mastercam.hr)

[www.camteh.hr](http://www.camteh.hr)

**CAMteh**  
Engineering

**CAMTEH d.o.o.**  
Slavka Krautzeka 78  
51000 Rijeka  
tel: 099 540 98 00

Geomagic  
DX C W

