

## RAČUNALNA TOMOGRAFIJA (CT) ZA NEDESTRUKTIVNO DIMENZIONALNO ISPITIVANJE PROIZVODA

**Josip KOS, Petra OKOVIĆ, Nenad DRVAR**  
Topomatika d.o.o.

### SAŽETAK

*Rad donosi pregled mogućnosti i benefita industrijske kompjuterizirane tomografije (CT) za 3D mjerenja u industriji. Povećanim zahtjevima proizvodnje, povećali su se i zahtjevi za mjerenjem unutarnjih struktura bez rezanja uzorka. Odgovor na ove suvremene zahtjeve mjerenja je metoda kompjuterske tomografije koja jedina daje cjelovitu 3D geometriju za GD&T analize ili usporedbe referentnih i stvarnih stanja bez rezanja uzorka. U radu će biti prikazani rezultati 3D mjerenja sa ZEISS Metrotom CT sustavom, a obrada sa GOM Volume Inspect programskim paketom za sveobuhvatnu analizu rezultata.*

### 1 UVOD

Bilo da govorimo o industriji ili o znanosti, cilj primjene novih tehnologija je dobiti što više podataka, što veće preciznosti u što kraćem vremenu.

Kada govorimo o kontroli kvalitete i procesima proizvodnje, CT tehnologija omogućila nam je dobivanje upravo tih triju stavki na najvišoj razini, na način da nam omogućava uvid u unutrašnjost komada do najsitnije razine detalja uz zadržavanje svih fizikalnih svojstava proizvoda.

Iako su prednosti ove tehnologije vidljive odmah na prvu, u nastavku pročitajte detaljnije o benefitima ove tehnologije na konkretnom primjeru iz industrije.

### 2 MOGUĆNOSTI CT SUSTAVA

Kako bi se CT skeniranjem iskoristio maksimum koji ova tehnologija pruža, prvi korak mora biti usklađivanje željene primjene CT skeniranja i određene vrste CT sustava. Kada konkretno govorimo o ZEISS CT sustavima, oni se mogu podijeliti u tri skupine: CT uređaji za inspekciju, mjeriteljski CT uređaji i CT uređaji za analizu materijala.

Ukoliko je unutar proizvodnog procesa potrebno samo vizualno kontrolirati proizvod, npr. kontrolirati postojanje određenih defekata

unutar proizvoda (uključina, mjehurića zraka...) ili kontrolirati dijelove unutar sklopa i detektirati eventualne pogreške u procesu sklapanja, tada su CT uređaji za inspekciju pravi odabir. Oni omogućuju vizualni uvid u unutrašnjost komada, u vrlo kratkom vremenu, s dovoljnom preciznošću da se vizualno ustanovi je li skenirani komad funkcionalan ili ne.

Poseban naglasak kod ovih uređaja imaju proizvodi velikih dimenzija izrađeni od materijala velike gustoće koje drugim vrstama CT uređaja nije moguće skenirati.



Slika 1: Mjeriteljski CT uređaj ZEISS Metrotom 6 Scout [1]

Često vizualna inspekcija nije dovoljna već je potrebno dobiti i konkretne brojčane vrijednosti o dimenzijama proizvoda. Tada se koriste mjeriteljski CT uređaji koji omogućavaju kompletnu usporedbu CT skeniranog predmeta s referentnim modelom. Mjeriteljski CT uređaji ovisno o svojim karakteristikama služe za kompletnu 3D digitalizaciju predmeta različitih dimenzija i materijala s vrlo visokom preciznošću rezultata skeniranja.

Posebna vrsta uređaja su CT uređaji za analizu, kojima je glavna primjena analiza materijala na mikroskopskoj razini. Pomoću ovih uređaja dobivamo informacije o hrapavosti materijala, ponašanju materijala u vremenu i analizu zrna ili vlakana unutar materijala.

CT uređaji ovakvog tipa sigurni su za rad u laboratorijima jer je kućište sustava izrađeno tako da radijaciju ne propušta izvan radnog prostora samog uređaja.



Slika 2: Rad sa industrijskim CT uređajima u mjeriteljskim laboratorijima je siguran [4]

U nastavku teksta pojam CT skeniranje koristit će se za postupak skeniranja mjeriteljskim CT uređajima.

### 3 ZAŠTO CT SKENIRANJE?

Poznato je da su se zahtjevi za geometrijskim karakteristikama proizvoda i sklopova unazad dvadesetak godina drastično povećali. Razvijaju se novi materijali, dizajn je postao kompleksniji, što je utjecalo i na povećanje zahtjeva u kontroli

kvalitete, posebice za dimenzionalnim analizama komponenata.

Posljedično, zbog kompleksnosti proizvoda glavni zahtjev u kontroli kvalitete je brzo mjerenje kompletne površine proizvedene komponente.

Prvi odgovor na to dale su taktilne mjerne mašine (CMM) sa kojima se mjeri u pojedinačnim točkama, a brza mjerenja kompletnih površina proizvoda omogućili su optički 3D mjerni sustavi (3D skeneri). Primjer takvog mjernog sustava ATOS Q, njemačkog proizvođača GOM GmbH.



Slika 3: ATOS Q 3D skener za kontrolu kvalitete u razvoju i uhodavanju proizvodnje

Kada su u pitanju zahtjevi mjerenja unutarnjih površina, odgovor je računalna tomografija koja daje cjelovitu 3D geometriju komponente za dimenzionalnu i GD&T analizu, kontrolu uključina u materijalu komponente (zrak ili neki drugi materijal) ili samo za usporedbe referentnih i stvarnih stanja.

Primjer takvog mjernog sustava je ZEISS Metrotom 6 Scout sa GOM Volume Inspect programskim paketom.

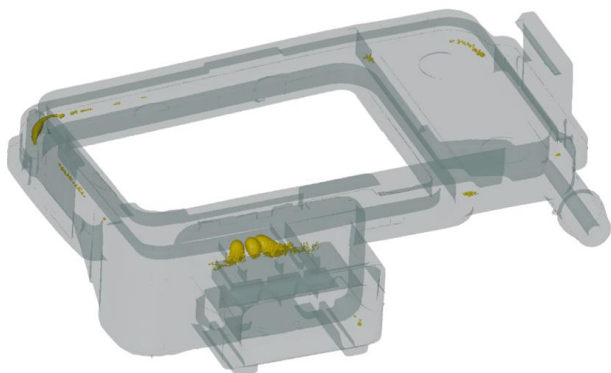
### 3 BENEFITI I PREDNOSTI CT SKENIRANJA

CT skeniranjem objekta omogućena je analiza do najsitnijeg detalja i u unutrašnjosti bez potrebe za njegovim rezanjem. Na ovaj način skenirani

objekt ostaje funkcionalan i nakon cjelokupnog procesa analize i nije ga potrebno baciti.

Na rezultatima dobivenim CT skeniranjem unutar GOM Volume Inspect softvera moguće je provesti:

- usporedbu stvarnog objekta s CAD modelom,
- analizu sklopa više komponenti
- dimenzionalnu i GD&T analizu
- analizu na presjecima proizvoda
- analizu presjeka sklopa
- analizu debljine stijenki
- NDT analizu defekata (poroznost / uključine) unutar objekta,
- izradu mjernog izvještaja.



Slika 4: Vizualizacija rezultata CT skeniranja – unutarnja i vanjska geometrija proizvoda

#### 4 ANALIZA DEFEKATA I DIMENZIJA POLIMERNOG PREDMETA

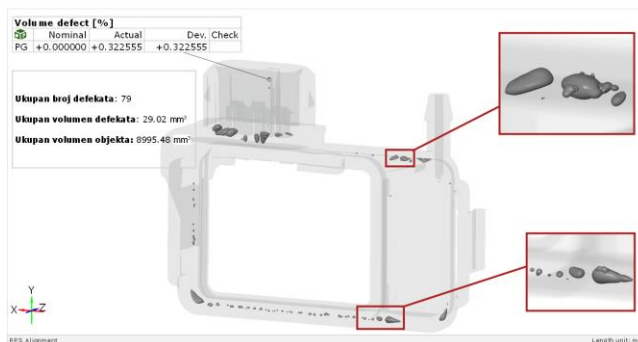
Postupak prerade polimera injekcijskim brizganjem omogućava dobivanje složenih objekata od različitih vrsta polimera.

S obzirom na to da na karakteristike izrađenog objekta utječe veliki broj faktora, od velike je važnosti provoditi kompletna mjerenja prvih uzoraka kako bi se parametri procesa brže i jednostavnije optimirali.

##### 4.1 Analiza unutarnjih defekata

Uvidom u unutrašnjost skeniranog objekta mogu se uočiti uključine (lunkeri) zraka ili nekog drugog materijala. Njihovom analizom dobivaju

se informacije o raspodjeli, volumenu, dimenzijama i udjelu uključina u materijalu.



Slika 5: Analiza defekata skenirane komponente

Ovisno o traženim zahtjevima za skenirani objekt, dobivene dimenzije uključina mogu se pokazati u mapi boja određenoj prema traženim tolerancijama.



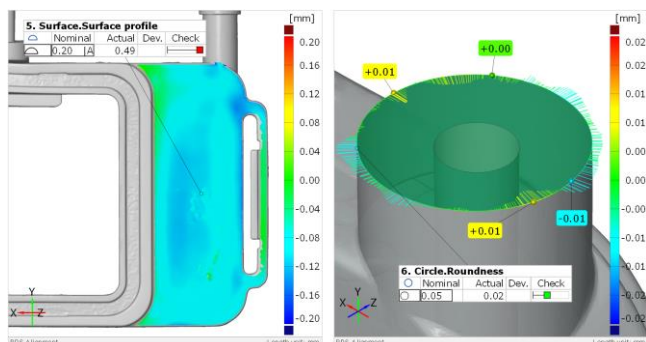
Slika 6: Analiza volumena uključina (lunkera)

Osim analize volumena uključina, moguće je mjeriti i dimenzije u glavnim smjerovima koordinatnog sustava.

##### 4.2 GD&T analiza

Pošto CT skeniranje uz vanjski prikaz objekta omogućuje i prikaz njegove unutrašnjosti ono nam omogućava provođenje cjelovite GD&T analize na cjelokupnoj površini objekta.

U programskom paketu GOM Volume Inspect moguće je evaluirati Tolerancije oblika u skladu s međunarodnim standardima ISO 1101 i ASME Y14.5M kao što je oblik površine (eng. Surface Profile) ili kružnost (eng. Roundness) koji su prikazani na sljedećoj slici.

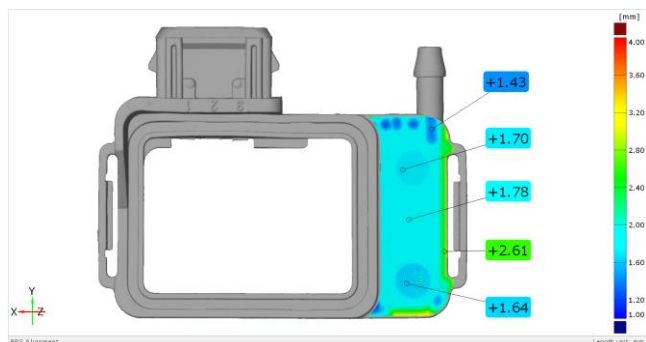


Slika 7: Analiza oblika plohe i kružnosti na presjeku

### 4.3 Analiza debljine stijenke

Jedan od čestih izazova kod brizganja plastike je postići zadanu debljinu stijenke komponente.

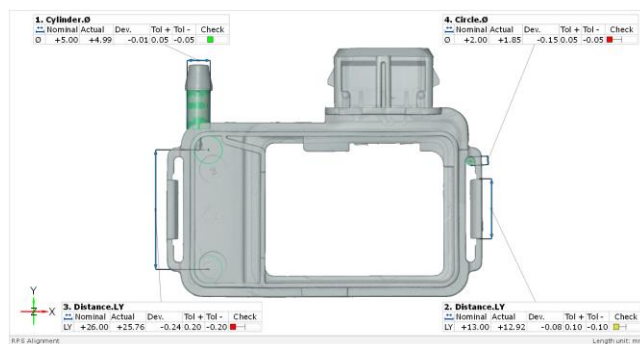
Kompletnim skeniranjem komponente i analizom cjelovite površine objekta, možemo dobiti podatke baš kao što je debljina stijenke i na svim traženim područjima.



Slika 8: Analiza debljine stijenke CT skenirane komponente

### 4.4 Dimenzionalna analiza

Uz dokazanu 2D i 3D dimenzionalnu analizu vanjskih dimenzija objekta, CT skeniranje omogućava i dimenzionalnu analizu unutarnjih (oku nevidljivih) dimenzija.



Slika 9: Analiza dimenzija predmeta

## 5 ZAKLJUČAK

Zbog jednostavnosti upotrebe i preglednosti rezultata mjerenja, zaključujemo da je mjerenje CT uređajima moguće sigurno i jednostavno uvesti u mjeriteljske laboratorije, a rezultate koristiti za više faza proizvodnog procesa čime se osigurava puno kraće vrijeme do potpuno ispravnog proizvoda.

Velika prednost pred ostalim mjernim tehnologijama je u tome što je mjerenje moguće bez destrukcije konačnih proizvoda, čime se zadržava njihova potpuna funkcionalnost, kao i bez potrebe za sprejanjem transparentnih i jako sjajnih površina.

## LITERATURA

- [1] [www.ZEISS.com](http://www.ZEISS.com), 15.4.2021.
- [2] [www.GOM.com](http://www.GOM.com), 20.4.2021.
- [3] [www.TOPOMATIKA.hr](http://www.TOPOMATIKA.hr), 6.4.2021.
- [4] Josip Kos, Petra Oković: *Storitev CT-skeniranja in geometrijske analize plastičnih komponent*, IRT3000, broj 1/2021