

**KVALITET DIMENZIONALNIH I GEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA  
PROIZVODA DOBIJENIH BRIZGANJEM PLASTIKE****QUALITY OF DIMENSIONAL AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF PLASTIC  
INJECTION MOLDED PRODUCTS**Saša Đukić, Branko Štrbac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

**Kratak sadržaj** – *Proizvod sa zadatim tolerancijama izrade nemoguće je zamisliti bez upotrebe koordinatnih mjernih sistema u procesu verifikacije u fazi razvoja proizvoda. Prema mjerenjima funkcionalnih dimenzija kao specijalnih karakteristika proizvoda prikazana je sposobnost procesa. Ovaj rad je imao za cilj da utvrdi ocijenu kvaliteta dimenzionalnih i geometrijskih karakteristika proizvoda tokom njegovog životnog ciklusa. Rezultati su pokazali da je koordinatni mjerni sistem, uopšteno i mjerni sistem neizostavan segment životnog ciklusa proizvoda.*

**Ključne reči:** *Životni ciklus proizvoda, razvoj proizvoda, sposobnost procesa*

**Abstract** – *The Product with given manufacturing tolerances is impossible to imagine without the use of coordinate measuring systems in the verification process in development phase of the product. Based on the measuring the functional dimensions as special characteristics of the product is shown process capability. This paper aimed to determine and evaluate the quality of dimensional and geometric characteristics of the product during life cycle. The results showed that coordinate measuring system, as well as the measuring system in general, are an unavoidable segment of the product life cycle.*

**Keywords:** *Product life cycle, Development phase, Capability process*

**1. UVOD**

Ekonomski uspjeh svake firme zavisi od njihove sposobnosti da identifikuju potrebe kupaca i da stvore proizvode koji zadovoljavaju njihove potrebe. Razvoj proizvoda je skup aktivnosti koje počinju sa percepcijom prilika na tržištu i završavaju se sa proizvodnjom, prodajom i isporukom proizvoda [1].

Razvoj proizvoda i tehnologija u direktnoj je vezi sa istraživanjem tržišta, investicijama i zasnovana je na timskom radu. Dizajniranje je zasnovano na zahtjevima korisnika u pogledu tehničkih, funkcionalnih i estetskih karakteristika proizvoda i odgovarajućim proračunima.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Branko Štrbac.**

Dizajn mora jasno da objasni funkciju proizvoda, njegovu primjenu i da bude jasno vidljiv tako da ga korisnik može razumjeti [4].

Razvoj tehnologija podrazumijeva niz aktivnosti vezanih za definisanje načina izrade proizvoda u svim fazama razvoja proizvoda i u serijskoj proizvodnji.

Proizvodi su sve više prisutni u našim životima. Da bismo mogli dalje razrađivati životni ciklus proizvoda je potrebno da znamo šta je to proizvod. Sve što može biti ponuđeno na tržištu, svojim oblikom i svojim karakteristikama zadovoljava određenu potrebu predstavlja proizvod. On prolazi određeni životni ciklus i put na tržištu. Životni ciklus proizvoda je veoma važan koncept, pogotovo u današnje vrijeme kad je konkurencija sve veća. Upravo taj ciklus nam omogućava da imamo uvid u dinamiku konkurentnosti proizvoda. Iz navedenog proizilazi da svaki proizvod ima ograničen vijek trajanja. Prodaja proizvoda prolazi nekoliko specifičnih faza, svaka od njih predstavlja različite izazove, probleme i mogućnosti za prodavca. Proizvodi zahtijevaju različite marketing, finansijske, proizvodne, nabavne i strategije ljudskih resursa u svakoj fazi svog životnog ciklusa. U oblasti projektovanja postupaka i tehnologija koristi se veliki broj postupaka i procedura. Primjenom računara, a posebno CAD/CAM sistema, ne samo da ubrzava aktivnosti razvoja, već stvara pretpostavke za formiranje novih koncepata razvoja. Mjerenje efikasnosti procesa vršimo ocjenom sposobnosti procesa. Da bi utvrdili stabilnost i sposobnost procesa, potrebno je analizirati i utvrditi da li možemo vršiti precizna mjerenja..

**2. PREDMET ISTRAŽIVANJA**

Za opis predmeta, geometrijskim specifikacijama proizvoda na tehničkim crtežu se definišu: geometrija, dimenzije i površinske osobine predmeta. Na ovaj način bi, s obzirom na određene greške u proizvodnji, trebala biti zadržavana optimalna funkcionalnost pojedinog dela. Uprkos tome, postoje i predmeti koji su proizvedeni tako da ne zadovoljavaju ove uslove funkcionalnosti pojedinog dijela. Otuda su predmeti mjere kako bi se uporedili sa specifikacijama [2].

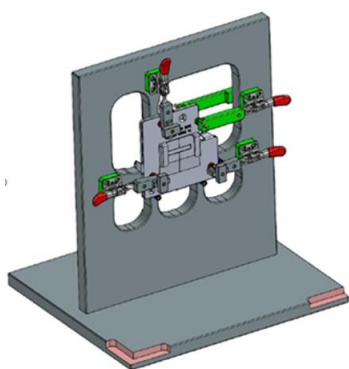
Ako srednja vrijednost određenog broja mjernih rezultata značajno odstupa od stvarne vrijednosti mjerene veličine, ona će imati značajnu grešku. Pri tome se pojedini rezultati mogu samo neznatno razlikovati, tj. mjerni postupak je vrlo precizan. Uzrok tome su stalni uticaji koji se kod mjernih rezultata pojavljuju kao tzv. sistemske greške ako su ponovljena mjerenja izvedena pri jednakim uslovima. Prema tome, preciznost nije garancija za malu

grešku. Obrnuta situacija, tj. velika tačnost bez manje preciznosti manje je vjerovatna. Stabilnost procesa se odnosi na predvidljivost procesa da ostane unutar kontrolnih granica. Sposobnost procesa je mjera sposobnosti procesa da zadovolji specifikacije kupaca. Mjera govori koliko je dobar svaki pojedinačni izlaz. Procjena defektnih dijelova pomoću indeksa je metoda za merenje sposobnosti procesa. Sigma nivo mjeri sposobnost procesa da li proces obavlja poslove bez grešaka. Filozofija Sigma nivoa prepoznaje vezu između broja nedostataka na proizvodu, izgubljenih troškova kao i novi zadovoljstva kupaca. Uobičajni mjerni indeks je defekt po jedinici i može uključivati bilo šta, od komponente, dijela materijala ili linije koda, do administrativnog oblika, vremenskog okvira ili udaljenosti. Sigma vrijednost pokazuje koliko često se mogu javiti defekti. Što je veća sigma vrijednost, manja je verovatnoća da će proces proizvesti nedostatke [3].

Ovaj rad ima za cilj da prikaže životni ciklus poklopca dobijenog brizganjem plastike kao dijela sklopa elektronske kontrolne jedinice sa akcentom na ocjenu kvaliteta dimenzionalnih i geometrijskih karakteristika.

### 2.1. Mjerni koncept

U cilju ispunjavanja funkcionalnosti i tehničkih karakteristika proizvoda prema zahtjevima kupca tokom faze nastanka uzoraka brizganjem plastike dimenzije su mjerene i verifikovane mjernim sistemima. Sve funkcionalne dimenzije su mjerene koordinatnom mjernom mašinom. Dimenzije koje nije bilo izvodljivo mjeriti sa KMM mjerene su bezkontaktnim mjernim uređajima 3D skenerom i optičkim mikroskopom. Prije nego što je započeto bilo kakvo mjerenje, potrebno je bilo uraditi koncept mjerenje na KMM. Pored mjernog koncepta dobavljač je bio dužan da projektuje i izradi mjerni pribor za KMM.



Slika 1. Mjerni pribor



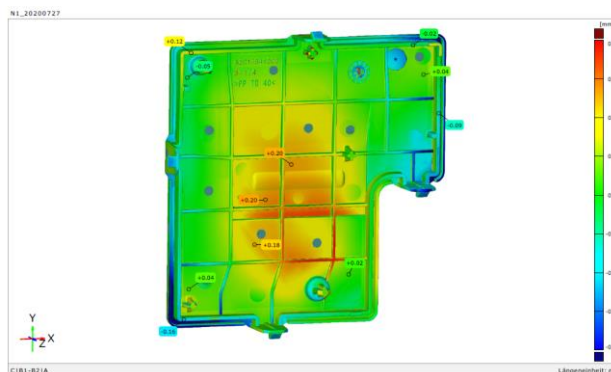
Slika 2. Predmet merenja - poklopac

### 2.2. Mjerni izvještaji i sposobnost procesa

Mjerni izvještaj sadrži oznaku pozicije na crtezu, redni broj dimenzije, nominalne vrijednosti dimenzije, tolerancijsko polje, izmjerene vrijednosti uzoraka, mjerni uređaj i potvrdu da li je izmjerena vrijednost u tolerancijama ili ne. Ciklus uzorkovanja može da traje sve dok u mjernom izvještaju ne bude svaka dimenzija u tolerancijama prema specifikaciji. Ukoliko u mjernim izvještajima imamo dimenzije koje su izvan tolerancija, razmatra se da li one mogu da se prihvate. Ako tolerancijski proračunom dokažemo da povećanjem tolerancijskog polja proširiti i da nema nikakvog uticaja na funkcionalnost proizvoda tada pristupamo istom.

Skeniranja koja se rade 3D skenerom dobavljač dostavlja uz mjerni izvještaj. Skenovi u IGES formatu se uvoze u Catiju i vrši se poređenje izmjerenih tačaka i nominalnog modela. Odstupanja nam pokazuju koliko i na kojim mjestima imamo krivljenje dijela tokom procesa brizganja. Nezavisno od industrije, kupci imaju zahtjeve kvaliteta i kapaciteta, i ti zahtjevi moraju da budu ispunjeni. Tokom „Run at Rate“ (Run@Rate) procesa dobavljač dokazuje i demonstrira da je njegov proizvodni proces sposoban da proizvodi dijelove prema zahtjevima kupca.

Specijalne karakteristike su funkcionalne karakteristike proizvoda koje treba da budu kontrolisane tokom proizvodnje. U toku „Run at Rate“ faze vrši se mjerenje svih specijalnih karakteristika označenih na crtežu. Kad se proizvod pusti u proizvodnju specijalne karakteristike se kontrolišu mjerenjem određenog broja uzorka na određen broj sati tokom smjene.



Slika 3. Rezultat skeniranja poklopca

PPAP (eng. *Production Part Approval Process*) definiše generičke zahteve za odobrenje proizvodnih delova. To znači da proizvođači dijelova dokumentuju sposobnost da se ispunjavaju specifikacije proizvoda prilikom proizvodnje samog proizvoda na navedenim nivoima proizvodnje. Dokumentacija koju dobavljač mora da dostavi prije puštanja proizvoda u proizvodnju je: Zapise o dizajnu, tok procesa, test čistoće, analiza procesa PFMEA, zapise o održavanju alata, mold flow analiza, laboratorijski izvještaji, lista rezervnih dijelova, slike alata, parametri brizganja, IMDS međunarodni sistem podataka o materijalima, rezultati testova materijala, mjerni izvještaj, PSW (eng. *Product Supplier Warranty*), sposobnost procesa, analiza mjernog koncepta.

### 3. ANALIZA ISTRAŽIVANJA

Analizirali smo rezultate dimenzija specijalnih karakteristika iz mjernog izvještaja i studije sposobnosti procesa.

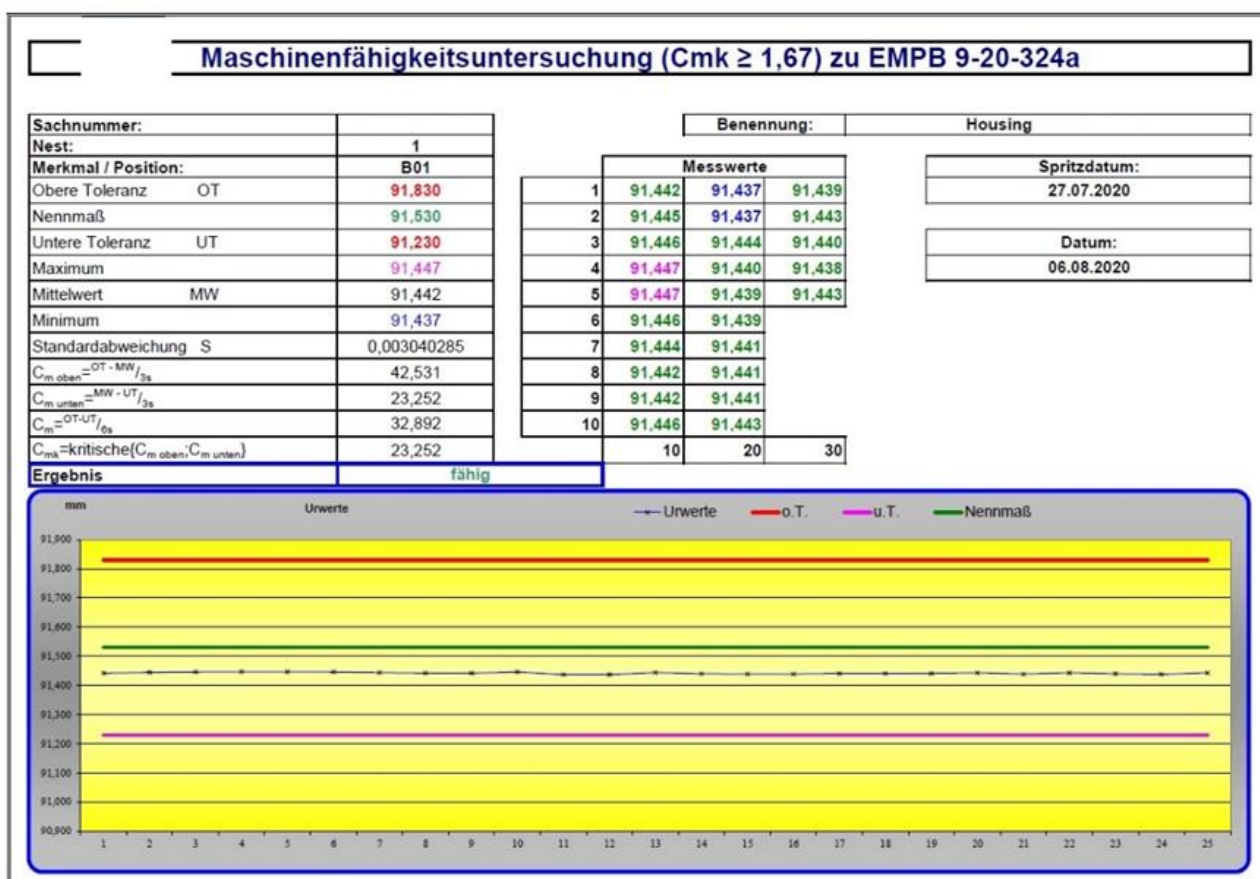
Kao reprezentativnu dimenziju uzeli smo specijalnu karakteristiku B01 čija je vrijednost  $91,53 \pm 0,3\text{mm}$  iz šupljine alata N1 (slika5).

Da napomenemo da je studija sposobnosti procesa rađena samo za specijalne karakteristike.

Na 25 uzoraka dobijenih tehnologijom brizganja iz svake šupljine alata dobavljač je radio je studiju sposobnosti procesa sa zatjevanim indeksom sposobnosti  $C_{mk} \geq 1.67$ .

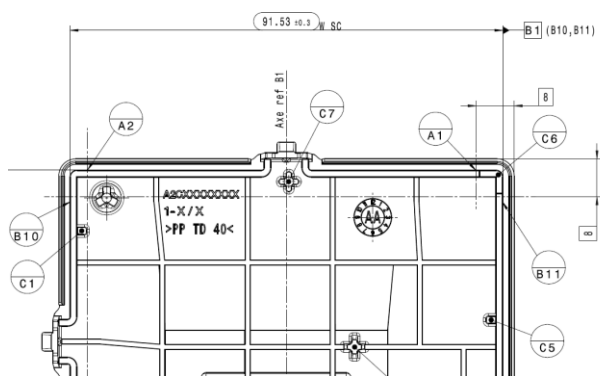
location on drawing	Item #	dimension / specification (incl. limits)	upper Tol.	lower Tol.	cavity 1 / equipment #	Cav. 1 P					measurement equipment	supplier evaluation		Comment (supplier and/or Customer)	Continental release	
						supplier measurement result	supplier measurement result	supplier measurement result	supplier measurement result	supplier measurement result		OK	n. OK		Yes	No
Page 1 of 3																
A01	flatness	1.0	0.0	-1.0		0.101	0.061	0.112	0.056	0.031	KMG	X				
B01	W SC	91.53	0.3	-0.3		91.505	91.512	91.504	91.513	91.507	KMG	X				
B02		8.0				7.999	7.998	7.998	7.999	7.999	KMG					
B03	B10	8.0				8.001	8.0	8.0	7.999	8.0	KMG					
B03	B11	8.0				8.001	8.0	8.0	7.999	8.0	KMG					
B04		6.0				6.001	5.999	5.999	5.999	5.999	KMG					
B05		11.5				11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	KMG					
B06	W SC	68.53	0.3	-0.3		68.494	68.497	68.496	68.498	68.496	KMG	X				
B07	A2	6.0				5.998	6.0	6.001	6.0	6.0	KMG					
B07	A3	6.0				5.999	6.0	6.001	6.001	6.001	KMG					
B08	B20	6.0				6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	KMG					
B08	B21	6.0				6.0	6.0	6.0	5.999	6.0	KMG					
B10	W SC A1-A4	91.53	0.3	-0.3		91.446	91.447	91.443	91.449	91.445	KMG	X				
B10	W SC A2-A3	91.53	0.3	-0.3		91.508	91.508	91.507	91.507	91.504	KMG	X				

Specijalne karakteristike prikazane u mjernom izvještaju



Sposobnost procesa za specijalnu karakteristiku B01  $91,53 \pm 0,3\text{mm}$  poklopca iz šupljine alata 1,  $C_{mk} \geq 1,67$

Slika 4. Sposobnost procesa na primjeru jedne specijalne karakteristike



Slika 5. Specijalna karakteristika  $91,53 \pm 0,3$  označena na crtežu poklopca

Na slici 4 prikazani su specijalne karakteristike mjernog izvještaja i studija sposobnosti procesa specijalne karakteristike B01. Nakon analiziranih rezultata možemo da zaključimo da je proces stabilan i sposoban. Vrijednost indeksa koja je dobijena kao rezultat mjerenja je mnogo veća od zahtjevanog indeksa sposobnosti. Na isti način rađena je studija sposobnosti za ostale specijalne karakteristike označene na crtežu.

#### 4. ZAKLJUČAK

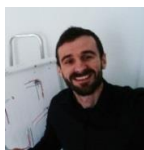
Ocjena kvaliteta dimenzionalnih i geometrijskih karakteristika sa specifikacijskim zahtevima skoro da je nezamisliva bez upotrebe nekih tipa koordinatnog mernog sistema. Zbog visoke tačnosti koordinatna mjerna mašina je idealna za mjerenje funkcionalnih karakteristika nekog proizvoda.

U ovom radu kroz mjerenje funkcionalnih dimenzija na koordinatnoj mjernoj mašini prikazana je studija sposobnosti procesa. Nakon potvrde da su sve dimenzije u tolerancijama i da je proces stabilan i sposoban poklopac je pušten u proizvodnju. Možemo da zaključimo da je ocjena kvaliteta dimenzionalnih i geometrijskih karakteristika jedan od neizostavnih segmenata životnog ciklusa proizvoda. Rad predstavlja uopšten prikaz životnog ciklusa proizvoda jedne kompanije i može da bude osnova za dalja istraživanja i primjenu metodologije Six Sigma.

#### 5. LITERATURA

- [1] Cvetković, D.: Dizajn i razvoj proizvoda, Beograd, 2011.
- [2] Hodolič, J., Budak, I., Bešić, I., Vukelić, Đ., Osanna, H.P., Durakbasa, N.B.: Koordinatne merne mašine i CAD inspekcija, Novi Sad, 2009.
- [3] Paul J. Drake, Jr.: „Dimensioning and Tolerancing“, Handbook, McGraw-Hill, A Division of The McGraw-Hill Companies, 1999, ISBN 0-07-018131-4.
- [4] Burdek, B.E.: „History, Theory and Practice of Product Design“, Basel, 2005, ISBN 3-7643-7029-7.

#### Kratka biografija:



**Saša Đukić** rođen je u Slavonskom Brodu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodno mašinstvo odbranio je 2021 god.

kontakt: [sasa.djukic@rocketmail.com](mailto:sasa.djukic@rocketmail.com)



**Dr Branko Štrbac** rođen je u Novom Sadu 1983. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2017. god. i od tada je u zvanju docent. Oblast interesovanja su proizvodna metrologija.