

**DIMENZIONA KONTROLA ZGLOBA ZA VOĐENJE  
GOLFA A2**

**DIMENSIONAL ANALYSIS OF A GUIDING JOINT  
OF GOLF A2**

**Sabina Smailhodžić  
Samir Lemeš  
Nermina Zaimović – Uzunović  
Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet u Zenici,  
Fakultetska 1, 72000 Zenica**

**KLJUČNE RIJEČI:** *zglob za vođenje, mjerna nesigurnost*

**REZIME**

*U ovom radu, na temu "Dimenziona kontrola zgloba za vođenje golfa A2" predstavljena je tehnologija izrade zgloba za vođenje, procedure računanja mjerne nesigurnosti i primjer proračuna.*

*Razvojem industrije i drugih djelatnosti ljudskog života, dolazi do potrebe za kvalitetom a samim tim i problematika mjerenja dobije svoje značajno mjesto u tehničkim istraživanjima. U tom kontekstu i ovaj rad se bavi problematikom definisanja, izračunavanja i izvještavanja o mjernoj nesigurnosti, kao rezultatu mjerenja. U teorijskom dijelu definisani su izvori mjerne nesigurnosti, te mogućnost njenog izračunavanja. U praktičnom dijelu izvršena su mjerenja i analize rezultata dobijenih mikrometrom u preduzeću "UNIS FAD d.d." Jelah. Neki parametri su usvojeni na osnovu literature, i to je bilo dovoljno da se prezentuje sama tehnika procesa za izračunavanje mjerne nesigurnosti.*

*"UNIS FAD d.d." Jelah nije osposobljen za kvalitetniji način izvođenja ovog zadatka tako da se u slučaju potrebe za većom tačnošću oslanja na pomoć akreditovanih laboratorija.*

**KEY WORDS:** *guiding joint, measuring uncertainty*

**SUMMARY**

*In this thesis entitled "Dimensional analysis of a guiding joint of golf A2", technology for guiding joints production, calculation procedures for determining measuring uncertainty, with example of calculation, is presented.*

*According to industry development and development in other areas of human life, quality gains importance and, consistently, measurement techniques in technical research. In this manner, this thesis deals with defining, calculating and reporting on measuring uncertainty, as a result of the measurement. In theoretical part sources of measurement uncertainty and possibility of its calculation are presented. Practical part presents measuring process and analysis of results gained by measuring with a calliper in company "Unis FAD d.d." Jelah. Some parameters were adopted from the literature, and that was sufficient to present the procedure of measurement uncertainty calculation.*

*"Unis FAD d.d." Jelah is not able to perform the measurement task on more qualitative way. In the case of need, for more precise measurements, services from accredited laboratories are used.*

## 1.UVOD

Mjerenje je povezano s proizvodnim procesom. Da bi ostvarili proces mjerenja moramo definisati broj koliko se puta jedinica mjere nalazi u mjernoj veličini. Danas se mjerni rezultati sastoje iz dvije komponente:

- procjene mjerne veličine i
- nesigurnosti mjernog rezultata.

Druga navedena komponenta, odnosno mjerna nesigurnost predstavlja tačnost izvođenja procesa mjerenja. Svaka izmjerena veličina mora posjedovati ovu komponentu, jer je do danas nemoguće dobiti apsolutno tačno izmjerenu vrijednost. Nesigurnost rezultata mjerenja odražava nedostatak potpunih saznanja o vrijednosti mjerene veličine i predstavlja rasipanje vrijednosti. Rezultat mjerenja se ne može okarakterisati kao jedinstvena vrijednost izražene procjenom mjerene veličine, jer egzistiraju doprinosi nesigurnosti, koji se nazivaju izvori nesigurnosti. Oni nisu međusobno nezavisni, odnosno jedni mogu dovesti do pojave drugih izvora nesigurnosti.

Do danas su u svijetu, a posebno u razvijenim industrijskim zemljama pri proučavanju mjerne tehnike postignuti veliki rezultati. Razrađene su različite metode za ocjenu procesa mjerenja, odnosno za pronalaženje vrijednosti proširene mjerne nesigurnosti.

Za potrebe svjetskog tržišta neophodno je da u cijelom svijetu budu jednake metode izračunavanja mjerne nesigurnosti, s ciljem da se mjerenja provedena u raznim zemljama mogu lako upoređivati. ISO komiteti, koji su do danas uspostavili sasvim novi koncept kvaliteta, veliku pažnju su pripisali i usmjerili na rješavanje problematike vezane za procese mjerne tehnike. Upavo zato su izdate od raznih svjetskih organizacija, upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti koje predstavljaju veoma koristan alat svim stručnjacima iz područja mjeriteljstva. Time se veoma složen proces proračunavanja mjerne nesigurnosti danas izvodi standardnim metodama, koje daju veoma kvalitetne rezultate.

## 2.POJAM MJERNE NESIGURNOSTI I STANDARDI

### 2.1.Nacrt i definicije

Mjerna nesigurnost je parametar pridružen rezultatu mjerenja, a koji opisuje rasipanje vrijednosti i mogao bi se opravdano pripisati mjernoj veličini. Mjerne veličine su posebne veličine koje se mjere. Najčešće se radi o jednoj mjerenoj ili izlaznoj veličini "Y", koja je obično zavisna o brojnim drugim veličinama. Te druge veličine, od kojih zavisi izlazna veličina, se nazivaju ulazne veličine "X<sub>i</sub>". (i=1,2,3,...,n). Sama zavisnost je izražena funkcijom :

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad \dots(1)$$

Model funkcije f predstavlja postupak mjerenja i metod ocjene. On opisuje kako se dobija izlazna vrijedost Y iz ulaznih vrijednosti X<sub>i</sub>.

U većini slučajeva to će biti analitički izraz, ali on može biti i grupa takvih izraza koji uključuju korekcije i korekzione faktore za sistemske uticaje, što daje kompliciranije izraze, koji se ne mogu eksplicitno izraziti kao jedna funkcija. Funkcija f može biti eksperimentalno

određena, ili postoji samo kao kompjuterizovani algoritam koga treba numerički izračunati, ili može biti kombinacija svega ovoga.

Ulazne veličine  $X_i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ), mogu se grupisati u dvije kategorije zavisno o tome kako su bile određene njihove vrijednosti mjerene veličine i njima pripadajuće nesigurnosti mjerenja:

- Veličine čije su procjene i pridružene nesigurnosti direktno određene pri tekućem mjerenju. Te vrijednosti se mogu dobiti, na primjer jednostavnim posmatranjem, ponovljenim posmatranjem ili prosudbom zasnovanom na iskustvu. One mogu uključiti određivanje korekcija očitavanja instrumenta, kao i korekcija zbog uticajnih veličina kao što su temperatura, okolina, barometarski pritisak ili vlažnost.
- Veličine čije su procjene i pridružene nesigurnosti pri mjerenju, koje uzrokuju vanjski uzroci, kao što su veličine povezane sa kalibrisanim mjernim etalonom, certificiranim referentnim materijalima ili referencama, uzorcima ili literaturom, određene indirektno.

Procjena mjerne veličine ( $Y$ ), procjena izlaza označena sa ( $y$ ), dobijamo iz jednačine (1) koristeći procjenu ulaza ( $x_i$ ) za vrijednost ulaznih veličina  $X_i$ .

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad \dots(2)$$

Razumljivo je da su ulazne vrijednosti najbolje procijenjene ako su korigovane zbog svih uticaja bitnih za model. Ako nisu, neophodne korekcije treba uvesti kao posebnu ulaznu veličinu. Za slučajno promjenjive, varijansa njihove raspodjele ili pozitivni kvadratni korijen varijanse, nazvan standardno odstupanje, se koristi kao mjera rasipanja vrijednosti. Standardna mjerna nesigurnost pridružena procjeni rezultata mjerenja  $y$ , označena sa  $u(y)$ , je standardno odstupanje mjerne veličine  $Y$ . Ona se odeduje iz procjena ( $x_i$ ) ulaznih veličina  $X_i$  i njima pripadajućih standardnih nesigurnosti  $u(x_i)$ . Standardna nesigurnost i ulaznih veličina i rezultata mjerenja tj.  $u(x_i)$  i  $u(y)$ , ima istu dimenziju kao i procjena, odnosno vrijednost pripisana mjernoj veličini. Relativna standardna mjerna nesigurnost može se smatrati da je standardna nesigurnost mjerenja sa pridruženom procjenom mjerne veličine, podjeljena apsolutnom vrijednošću procjene, te je prema tome bez dimenzije. Treba napomeniti da se ovaj koncept ne može koristiti ako je proračunata vrijednost jednaka nuli. Proširena mjerna nesigurnost je konačan rezultat i predstavlja proizvod standardne mjerne nesigurnosti i faktora pokrivanja.

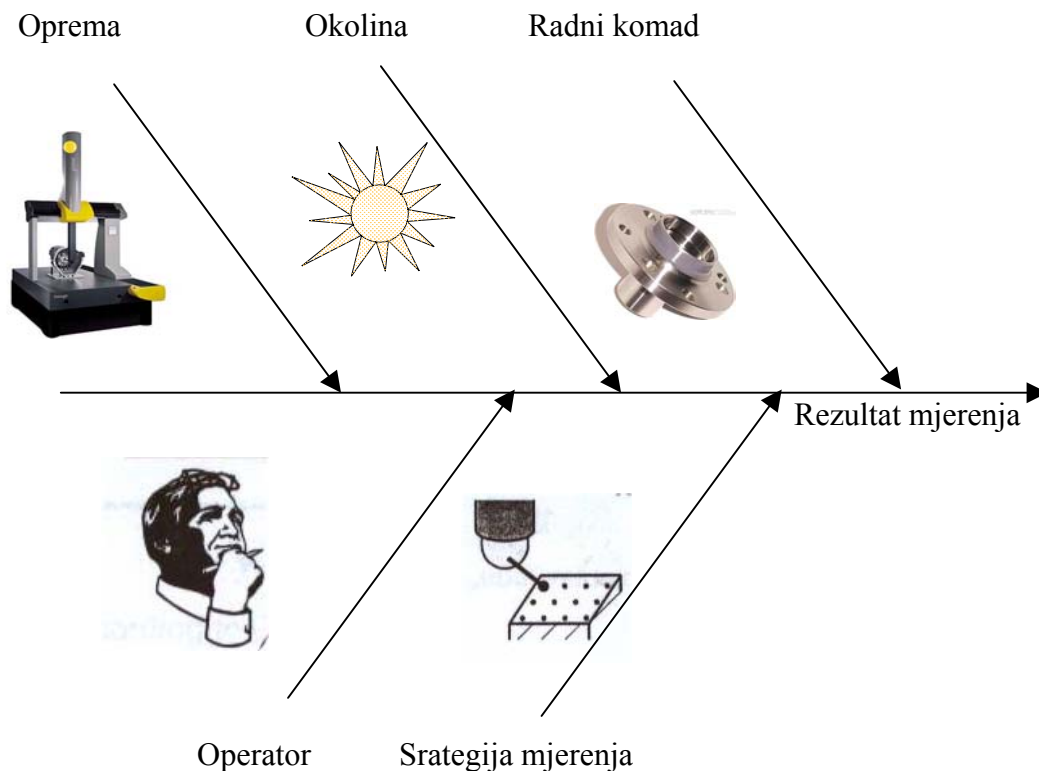
## 2.2. Izvori mjerne nesigurnosti

Nesigurnost rezultata mjerenja odražava nedostatak potpunih saznanja o vrijednosti mjerne veličine. Potpuna saznanja zahtjevaju beskonačnu količinu informacija. Fenomeni koji doprinose nesigurnosti se nazivaju izvori nesigurnosti. Praktično su mogući mnogi izvori nesigurnosti pri mjerenju, a oni uključuju i sljedeće:

- nepotpunu definiciju mjerne veličine ;
- nesavršeno ostvarenje definicije mjerne veličine ;
- nereprezentativno uzrokovanje, tj. uzorak mjerne veličine ne predstavlja definisanu mjernu veličinu ;

- neodgovarajuće poznavanje djelovanja uslova okoline ili nesavršeno mjerenje istih ;
- greške osoblja pri analognim očitavanjima ;
- krajnja osjetljivost instrumenata ili prag osjetljivosti ;
- netačne vrijednosti mjernih etalona i referentnih materijala ;
- netačne vrijednosti konstanti i drugih parametara dobijenih od vanjskih izvora korištenih u algoritmima podataka ;
- aproksimacije i pretpostavke uključene u metode i postupke mjerenja ;
- razlike u ponovljenim mjerenjima mjerne veličine uz prividno jednake uslove.

Na slici br.1 šematski su prikazani osnovni uticajni faktori.



SLIKA 1. ŠEMATSKI PRIKAZ UTICAJNIH FAKTORA

### 2.3.GUM (Vodič za izražavanje nesigurnosti u mjerenjima)

Vodič za izražavanje nesigurnosti u mjerenjima (GUM – The Guide the expression of Uncertainty in Measurement) je najnji rezultat rada ISO/TAG 4/WG 3. On je prvi put štampan 1993 godine, a popavljan i ponovo štampan 1995. godine. Nastao je u ime sedam međunarodnih organizacija koje podržavaju njegov razvoj u ISO/TAG 4, a te organizacije su:

- BIMP      Međunarodna organizacija za tegove i mjere
- IEC        Međunarodna elektro-tehnička komisija
- IFCC      Međunarodni savez za kliničku hemiju

- ISO Međunarodna organizacija za standardizaciju
- IUPAC Međunarodna unija za čistu i primjenjenu hemiju
- IUPAP Međunarodna unija za čistu i primjenjenu fiziku
- OIML Međunarodna organizacija za legalnu metrologiju

Jezgro za ISO – Vodič ili GUM je uspostavljanje generalnih pravila za procjenjivanje i izračunavanje nesigurnosti u mjerenjima, koja se mogu naći na raznim nivoima preciznosti i na mnogim područjima – od onih najjednostavnijih do fundamentalnih istraživanja.

Kao posljedica, načela GUM-a su namijenjena za primjenu na široki spektar mjerenja uključujući i :

- održavanje kontrole kvaliteta i kvalitetnog osiguranja u proizvodnji ;
- upoređivanje sa postavljenim zakonima i odredbama ;
- vođenje osnovnih istraživanja i primjena istraživanja i razvoja u nauci i inženjeringu ;
- kalibriranje standarda i instrumenata, provođenje testova kroz nacionalni mjerni sistem da bi se ostavio trag na nacionalne standarde ;
- upoređivanje međunarodnih i nacionalnih fizičkih referenci standarda, uključujući reference materijala. [ 1 ]

### 3. REZULTATI KONTROLE Odstupanja DIMENZIJA ZGLOBA ZA VOĐENJE

- Proračun mjerne nesigurnosti za prečnik  $\phi$  25 mm kugličnog rukavca

Dužina ležajne kote  $\phi$  25 pri referentnoj temperaturi se dobija iz odnosa :

$$Y = X + \delta l + L(\alpha \cdot \delta t) \quad \dots(3)$$

gdje je :

Y - stvarna dužina ležajne kote, tj. izlazna veličina,

X - predstavlja mjerenu veličinu koja se sastoji od procjene te veličine x i pridružene nesigurnosti mjerenja  $u(x)$ , a koja se dobija provođenjem n uzastopnih mjerenja,

$\delta l$  - vremenski drift mjerene veličine, koji se procjenjuje na osnovu iskustava. Praktični primjeri ukazuju da je nula drift najvjerovatniji i da se može pretpostaviti trougaona raspodjela. U literaturi se za ovakav slučaj uzima da je mjerna nesigurnost 17,3 nm. [ 2 ]

$L(\alpha \cdot \delta t)$  - temperaturne korekcije. Prije procesa mjerenja osigurano je da komad postigne temperaturu mjerne sobe tj. 20°C. Odstupanje srednje temperature mjerenja od referentne temperature je procijenjeno na  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Linearni termički koeficijent širenja za čelične materijale je  $(11,5 \pm 1,0) \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . [ 2 ]

Iz ovih vrijednosti moguće je proračunati maksimalnu i minimalnu vrijednost za veličinu  $a = (\alpha \cdot \delta t)$  i onda dobijamo da je :

$$a_- = 204,75 \cdot 10^{-6}; a_+ = 256,25 \cdot 10^{-6} \quad \dots(4)$$

Primjenom izraza za pravougaonu raspodjelu dobijamo kvadrat standardne nesigurnosti :

$$u^2(\alpha \cdot \delta t) = \frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2 = 221,021 \cdot 10^{-12} \quad \dots(5)$$

Sada je standardna nesigurnost :

$$u(\alpha \cdot \delta t) = 14,8677 \cdot 10^{-6} \quad \dots(6)$$

Treba još naglasiti da ne postoji potreba kolerisanja ulaznih veličina za bilo kakva značajna proširenja. U tabeli 1. su prikazani rezultati dobijeni procesom mjerenja,. Mjerenja su izvršena na 5 slučajnih uzoraka po 40 puta na jednom uzorku. Kota je mjerena mokrometrom (0÷25) sa podjelom u mikronima. Proračun je urađen u EXCEL-u.

### 3.2. Proračun mjerne nesigurnosti za jedan uzorak

TABELA 1. PRIKAZ REZULTATA DOBIJENIH MJERENJEM PRVOG UZORKA.

<b>Br.mj.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Vrijed.</b>	25,011	25,003	25,01	25,017	25,018	25,01	25,02	25,01
<b>Br.mj.</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>Vrijed.</b>	25,011	24,98	25,018	25,019	24,99	25,01	25,02	25,015
<b>Br.mj.</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Vrijed.</b>	25,002	24,988	25,02	25,01	24,995	25,015	25,018	25,018
<b>Br.mj.</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
<b>Vrijed.</b>	25,002	24,983	25,009	25,023	24,995	25,01	25,017	25,01
<b>Br.mj.</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>
<b>Vrijed.</b>	25,004	24,99	25,009	25,02	24,99	25,011	25,015	25,009

- Aritmetička sredina je :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 25,00813 \text{ mm} \quad \dots(7)$$

gdje je :

$n = 40$  - broj izvedenih mjerenja,  
 $x_i$  - izmjerena vrijednost.

- Eksperimentalna varijansa je :

$$s^2(x_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2 = 0,00012615 \text{ mm}^2 \quad \dots(8)$$

- Eksperimentalna standardna devijacija je :

$$s(x_i) = \sqrt{s^2(x_i)} = 0,00112318 \text{ mm} \quad \dots(9)$$

- Eksperimentalna varijansa srednje vrijednosti tj. aritmetičke sredine :

$$s^2(\bar{x}_i) = \frac{s^2(x_i)}{n} = 0,000003153 \text{ mm}^2 \quad \dots(10)$$

- Eksperimentalno standardno odstupanje srednje vrijednosti tj. aritmetičke sredine :

$$s(\bar{x}_i) = \sqrt{s^2(\bar{x}_i)} = 0,0017768 \text{ mm} \quad \dots(11)$$

- Standardna nesigurnost pridružena procjeni ulazne veličine je ustvari eksperimentalno standardno odstupanje srednje vrijednosti tj.

$$u(\bar{x}_i) = s(\bar{x}_i) = 0,0017768 \text{ mm} \approx 1,777 \mu\text{m} \quad \dots(12)$$

Analizu nesigurnosti mjerenja ćemo prikazati uz pomoć tabele 2.

TABELA 2. ANALIZA (BUDŽET) MJERENJA KOTE  $\phi$  25 mm PRVOG UZORKA.

Veličina $X_i$	Procjena veličine $x_i$	Standardna nesigurnost $u(x_i)$	Vjerovatnoća raspodjele	Koeficijent osjetljivosti $c_i$	Doprinos nesigurnosti $u(y_i)$
X	25 mm	1,777 $\mu\text{m}$	Normalna	1	1,777 $\mu\text{m}$
$\delta l$	0	0,017 $\mu\text{m}$	Trougaona	1	0,017 $\mu\text{m}$
$(\alpha \cdot \delta t)$	0	$14,8677 \cdot 10^{-6}$	Pravougaona	$25 \cdot 10^3 \mu\text{m}$	0,372 $\mu\text{m}$
Y	25 mm				1,820 $\mu\text{m}$

Dobili smo procjenu  $y = 25 \cdot 10^3 \mu\text{m}$  i standardnu nesigurnost  $u(y) = 1,82 \mu\text{m}$ .

Proširena mjerna nesigurnost je :

$$U = k \cdot u(y) = 2 \cdot 1,820 = 3,640 \mu\text{m} \quad \dots(13)$$

U izvještaju o rezultatu mjerenja će se navoditi da je izmjerena vrijednost prečnika  $\phi$  25 mm :

$$Y_1 = (25 \pm 0,00364) \text{ mm} ; (k_p = 2) \quad \dots(14)$$

Navedena proširena mjerna nesigurnost je utvrđena kao standardna nesigurnost mjerenja pomnožena sa faktorom pokrivanja  $k = 2$ , koji za normalnu raspodjelu odgovara vjerovatnoći pokrivanja od približno 95 %.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kvalitet je osnovni parametar po kome se organizacije prepoznaju na tržištu, a koji osigurava pobjedu nad konkurencijom. U tržišnom okruženju današnjice, uspostavljanje certificiranih sistema kvaliteta postaje neizbježan zahtjev i za BiH preduzeća, koja planiraju svoj prodor na međunarodno tržište.

ISO komiteti, koji su do danas uspostavili novi koncept kvaliteta, veliku pažnju su usmjerili i u pravcu rješavanja problema izračunavanja mjerne nesigurnosti. Mjerenje kao proces, uvijek je rezultirao sa manjom ili većom tačnošću. Mjerna nesigurnost je upravo mjera tačnosti izvođenja samog mjerenja.

Nakon izvršenih mjerenja ne kugličnom rukavcu 1 83 16 011 0 u firmi "UNIS FAD d.d." moguće je konstatovati slijedeće :

- prezentirani postupak prikazuje kako koristeći tip A ocjene mjerne nesigurnosti možemo dobiti mjernu nesigurnost, koja je prouzrokovana samim mjerenjem.
- ostale izvore nesigurnosti je moguće definisati, ali njihove doprinose mjernoj nesigurnosti je nemoguće apsolutno tačno utvrditi, tako da neki izvori nisu ni uzimani u razmatranje.

Sam proračun tipa A bio bi jednostavniji kada bi se koristili digitalni uređaji za mjerenje koji se mogu prključiti na računare kako bi se formirala baza podataka. Za takvu bazu podataka potrebno bi bilo napraviti softver , ili koristiti neki već postojeći, koji bi takođe olakšao sam proces računanja.

Firma "UNIS FAD d.d." psjeduje certifikat ISO 9001 ali nije u mogućnosti da sam proces proračunavanja mjerne nesigurnosti vrši u potpunosti svojim mjernim instrumentima. Za određivaje mjerne nesigurnosti koristi se pomoć akreditovanih laboratorija.

## 6. LITERATURA

- [ 1 ] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), ISO Geneva,1995.
- [ 2 ] European cooperation for Accreditation of Laboratories EAL - R2 , ISO, april 1997.
- [ 3 ] prof.dr.-ing. A.Weckenmann, Predavanja, Ljetna akademija, Dubrovnik 2001.
- [ 4 ] Interna dokumentacija preduzeća UNIS FAD d.d.Jelah