

KONTROLA KVALITETE VRATILA LASERSKIM SKENEROM STEINBICHLER T – SCAN

QUALITY CONTROL OF A SHAFT USING THE STEINBICHLER T – SCAN LASER SCANNER

Josip Groš, Srdan Medić, Nikola Šimunić

Stručni članak

Sažetak: Kod eksploatacije strojnih dijelova zbog trenja na površini dolazi do promjene geometrije oblika. Prilikom ispitivanja ekonomske isplativosti zamjene postojećih pozicija (vratilo i matica vijčane preše), došlo se do zaključka da je najisplativija investicija izrada nove matice prema već postojećem vratilu. Prije početka izrade matice bilo je nužno usporediti postojeće vijčano vreteno preše s postojećim CAD modelom. Na osnovi usporedbe mjerenja došlo se do zaključka da je novu maticu potrebno izraditi po dijelu vretena koje je najviše istrošeno.

Nakon samo nekoliko sati dobiven je oblak točaka vratila vijčane preše. Nakon toga se pristupilo poligonizaciji oblaka točaka te se za rezultat dobio STL model. Zadnji korak je bio izrada mjernog izvještaja tj poklapanje izmjerenih podataka s CAD modelom.

Ključne riječi: digitalizacija, reverzibilno inženjerstvo, 3D skeniranje, T – scan, oblak točaka

Professional paper

Abstract: With the exploitation of machine parts due to friction on the surface, there is a change of geometry shapes. While examining the economic feasibility of replacing the existing position (shaft nut and screw presses) it was concluded that the most cost-effective investment is creating a new parent to an existing shaft. Before starting to produce nuts, it was necessary to compare the existing screw spindle presses with an existing CAD model. A comparison of measurements led to the conclusion that it is necessary to create a new nut down on the most depleted spindle.

After just a few hours a cloud of points back screw presses was produced. Afterwards, a polygonization point cloud was made and the result was a STL model. The last step was the development of measurement reports, i.e. matching the measured data with the CAD model.

Key words: digitizing, reversible engineering, 3D scanning, T - scan, a cloud of points

1. UVOD

Bezkontaktni aktivni skeneri emitiraju neku vrstu radijacije ili svjetla te očitavaju refleksiju iste kako bi ispitali objekt ili okoliš. Mogući tipovi emisije uključuju svjetlo, ultrazvuk ili rendgenske zrake. Npr. i „vrijeme leta“ i triangulacijski 3D laserski skeneri spadaju u ovu skupinu jer koriste laserske zrake za ispitivanje površina. [1]

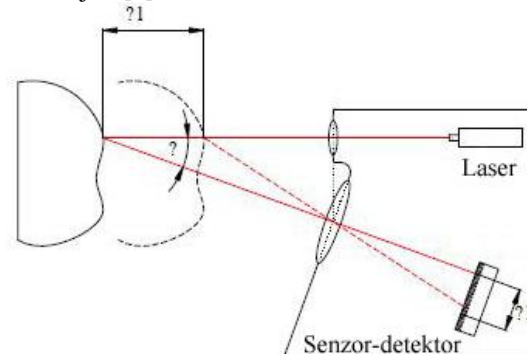
Bezkontaktni pasivni skeneri ne emitiraju radijaciju već očitavaju radijaciju okoliša. Većina skenera ovog tipa očitavaju vidljivo svjetlo, a može se koristiti i infracrveno zračenje. [2]

2. METODA LASERSKE DIGITALIZACIJE

2.1. Laserska triangulacija

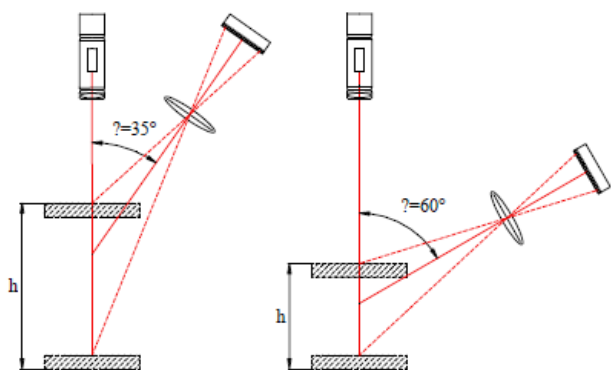
Na industrijskom području princip triangulacije napredovao je razvojem svjetlosnih i laserskih dioda kao

i razvojem optičko-elektroničke sensorike. Navedeno je omogućilo razvoj malih lasersko-triangulacijskih senzora (LTS), koji pri mjerenju u području udaljenosti od nekoliko metara daju točnost do par μm . Shematski prikaz jednog jednodimenzionalnog triangulacijskog senzora dan je na slici 1. Treba uzeti u obzir da se u načelu laserska triangulacija može ostvariti s različitim rasporedom određenih komponenti, a prikazan je samo jedan od njih. [3]



Slika 1. Princip laserske triangulacije[3]

Laserska dioda kroz projekcijsku optiku fokusira jednu svjetlosnu točku na površinu mjenenog objekta. Svjetlost koja se od objekta difuzno reflektira preko optike je opet usmjerena prema senzoru (detektoru) položaja. Među jednostavnije senzore spadaju fotodiode, Lateral-Effect diode (Position Sensitive-Detectors-PSD) i linijske kamere. Pomičemo li objekt u smjeru projicirane laserske zrake, doći će i do promjene položaja pada odbijene zrake na senzoru. U prikazanom sustavu za mjerenje, promjena položaja $?h$ u izravnoj je linearnoj zavisnosti od udaljenosti $?l$. Svaki proizvođač, ovisno o posebnim karakteristikama lasera, optike i detektora određuje potreban raspored i udaljenosti komponenata. Proizvođač tako fiksno određuje neke veličine triangulacijskog kuta. Triangulacijski trokut nalazi se između osi optike i laserske zrake. O njemu će dalje zavisiti razni faktori mjerenja, kao što su mjerna razlučivost i mjerno područje. Sa većim kutom triangulacije (npr. 60°) dobiva se i veći h , odnosno moguć je veći pomak mjenenog objekta. Uz to povećava se i razlučivost mjerenja, dok istovremeno dolazi do smanjenja mjernog područja, odnosno mjernog volumena. Slika 2. prikazuje usporedbu većeg i manjeg kuta triangulacije. Veći kut omogućava veliku razlučivost, ali je manji interval visina koje se mogu mjeriti, dok manji kut ima smanjenu rezoluciju, ali je interval visina veći. Također treba primijetiti da se kod većeg kuta može dogoditi da su neke površine u sjeni, pa je mjerenje istih onemogućeno. [3]



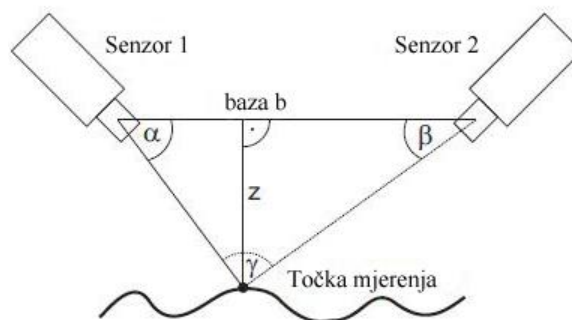
Slika 2. Usporedba manjeg i većeg kuta triangulacije[3]

Pomicanjem izvora laserske zrake, odnosno laserske zrake, relativno u odnosu na mjereni objekt, moguće je ovom metodom snimati i dvodimenzionalne ili trodimenzionalne konture. Međutim za digitalizaciju objekata ovom metodom potrebno je mnogo vremena i mehaničkog napora pa nije pogodna za digitalizaciju većih dijelova. [3]

2.2. Matematički model triangulacije

Princip mjerenja triangulacijom koristio je već Johannes Kepler 1609. godine kako bi objasnio gibanja planeta unutar sunčevog sustava, a već 1617. danski matematičar Willebrord Snellius objavio je ovaj princip u svojem radu „Eratosthenes Batavus“. Princip se temelji na činjenici da je trokut isključivo definiran dužinom jedne stranice i veličinama pripadajućih kutova. Iz tih podatak mogu se dobiti preostale stranice i treći kut.

Optički mjerni uređaji koriste ovaj princip kako bi odredili prostorne dimenzije i geometriju objekta. Jedan od senzora je obično digitalna kamera, a drugi uređaj može također biti kamera ili svjetlosni projektor. Kao što je vidljivo na slici 2.8 centri senzora i mjerena točka na objektu zatvaraju trokut. Unutar tog trokuta udaljenost između senzora je baza (b) i mora biti unaprijed poznata. Određivanjem kutova između projekcije senzora i baze (α , β), mjerena točka izračunava se triangulacijom.



Slika 3. Prikaz principa triangulacije [4]

Izračun kutova α i β , kao i dužine temelji se na početnoj kalibraciji sustava, za vrijeme koje se dobivaju potrebni podaci za izračun. Tražena visina z naposljetku se dobiva putem jednadžbe 2.6. [4]

$$z = \frac{b \sin \alpha \sin \beta}{\sin \gamma}, \gamma = \pi - \alpha - \beta \quad (1)$$

3. LASERSKI SKENER T - SCAN

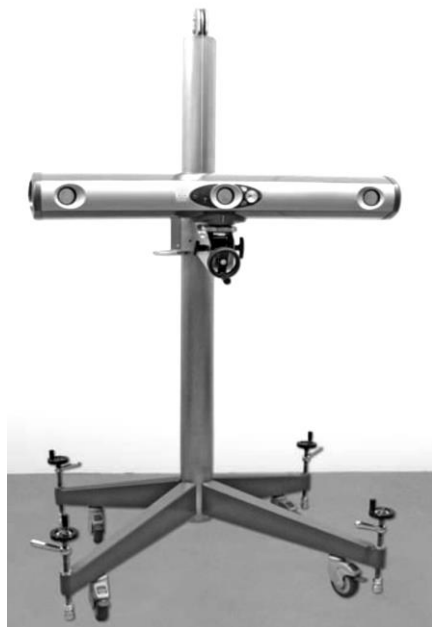
Uređaj T-SCAN 3 tvrtke Steinbichler prikazan na slici 4. primjer je ručnog laserskog skenera. Korištenje istog vrlo je jednostavno i intuitivno.



Slika 4. T-SCAN 3 [5]

Lagana konstrukcija ovog uređaja omogućava snimanje koordinata i većih predmeta bez većih napora za korisnika. Pošto je uređaj ručni; dio sustava je i

kamera koja određuje položaj skenera u prostoru, kako bi imali dovoljno podataka za triangulaciju. Sustav za praćenje (slika 5.) ima ugrađenu kompenzaciju temperature, prikaz mjernog volumena laserskim pokazivačem, te dodirnu sondu. Prethodna priprema površine nije potrebna, a zahvaljujući posebnoj point to point regulaciji intenziteta moguće je i snimanje sjajnih i mat površina. Za vrijeme skeniranja istovremeno na računalu dobivamo rezultat skeniranja. Montažom na robotske ruke moguća je i potpuna automatizacija procesa kontrole kvalitete.



Slika 5. Sustav za praćenje T scan - a[5]

Detaljniji tehnički podaci vidljivi su u tablici 1.

Tablica 1. Tehnički podaci uređaja T-SCAN 3

Podaci senzora	
Dubina mjerenja	75 mm
Širina skeniranja	90 mm
Prosječna udaljenost mjerenja	83 mm
Frekvencija skeniranja	10-140 Hz
Frekvencija uzorkovanja daljinskog mjerenja	20 kHz
Rezolucija daljinskog mjerenja	1 μ m
Gustoća točaka u smjeru skeniranja	0,07 – 0,98 mm
Težina senzora	1200 g
Dimenzije senzora	172x138x80 mm
Standardna dužina kabla skener – PC	9 m
Lateralna razlučivost	0,1 mm
Tip lasera	Diodni
Valna dužina	670 nm
Klasa lasera	2
Podaci sustava za praćenje	
Mjerni volumen	1,5 – 6 m ³
Dimenzije	1126x200x161 mm
Težina	Cca 19 kg

Prednosti:

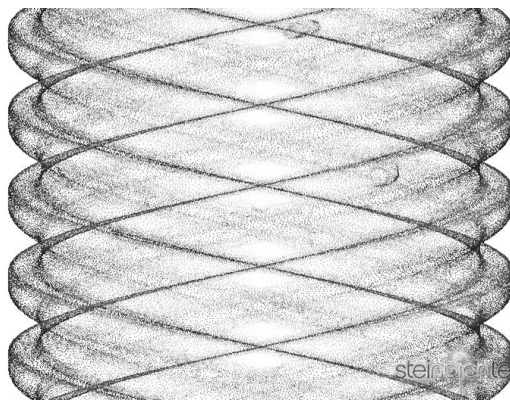
- Robusniji u odnosu na ambijentalne izvore svjetlosti, koji imaju tendenciju „zavarati“ prilikom 3D mjerenja
- Obično su manje podložni pogreškama zbog šuma u podacima, koji nastaje zbog boje objekta ili odbljeska
- Odlična dubinska rezolucija na velikim dijelovima za mjerenje manjih detalja poput rubova, granica i pukotina

Nedostaci:

- Rezolucija i preciznost digitalizacije ograničena je zbog tzv. „speckle“ efekta (efekt pjega)
- Laseri se moraju koristiti s oprezom

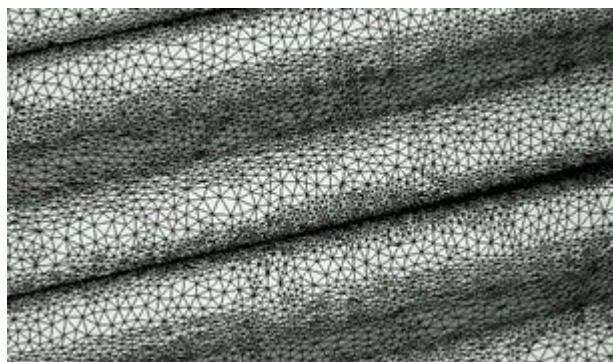
4. 3D DIGITALIZACIJA VRATILA

Nakon postavljanja laserskog sustava pristupilo se digitalizaciji vratila hidraulične preše. Prednost laserskog skeniranja je tad a nije potrebno postavljanje markera na sami objekt mjerenja. Digitalizator dobiva podatak o orijentaciji preko sustava za praćenje. Znači za razliku kod optičkih mjernih uređaja za velike objekte je potrebno postaviti markere i napraviti fotogrametriju objekta mjerenja. Kao rezultat digitalizacije dobivena je geometrija u obliku oblaka točaka. (slika 5.). Broj izmjerenih točaka je 23 000 000. Broj izmjerenih točaka je mogao bit i veći ali za obradu podataka treba optimizirati izmjerene podatke.



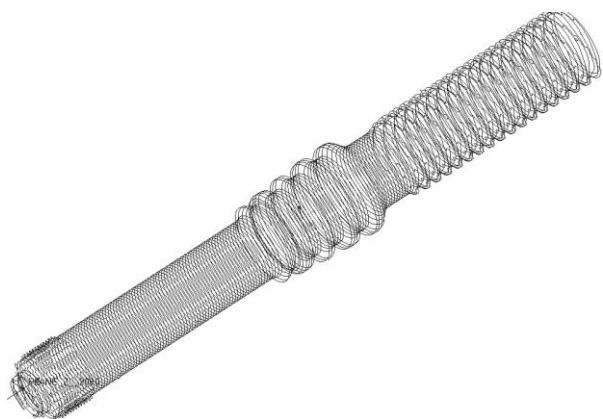
Slika 6. Dio navojnog vretena

Nakon dobivenog rezultata napravljena je poligonizacija za dobivanje stl modela. (slika 6.)



Slika 7. Struktura stl

Zbog lakše obrade podataka broj točaka je optimiziran na 1 200 000, a broj trokuta u stl modelu na 2 400 000. Ovakav rezultat moguće je koristiti u FEM analizi. Trodimenzionalan model vratila je bio orijentiran po metodi 3-2-1 (ravnina, vektor i točka). Orijentacija modela se izvodi da bi se rezultat izrade presjeka bio dovoljno kvalitetan. Za potrebe rekonstrukcije vratila izrađuje se presjeci po osima x, y, z ili se izrađuju kružni presjeci koji se potom pohranjuju u iges format. (slika 7.)



Slika 8. Presjeci po z osi

Za kontrolu kvalitete geometrije oblika najvažnije je da se digitaliziran objekt naknadno ne obrađuje. Znači da se naknadno ne rade operacije smooth, popunjavanje praznina koje se nisu digitalizirale i slično.

5. REZULTATI USPOREDBE

Nakon laserske digitalizacije vratila pristupilo se izradi mjernog izvještaja. Poklapanja se mogu vršiti različitim metodama kao što su: best fit, RPS točke i preko različitih elemenata (provrt, ravnina, osi i sl.).

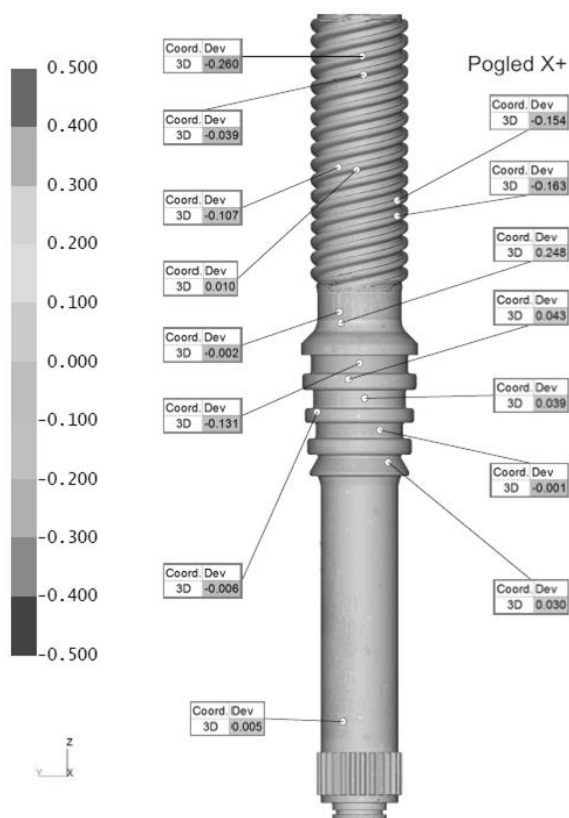
U ovom slučaju je korištena best fit metoda poklapanja.

Kod izrade mjernog izvještaja važno je tolerirano polje. Naše tolerirano mjerno polje je $\pm 0,5$ mm za cijelo vratilo.

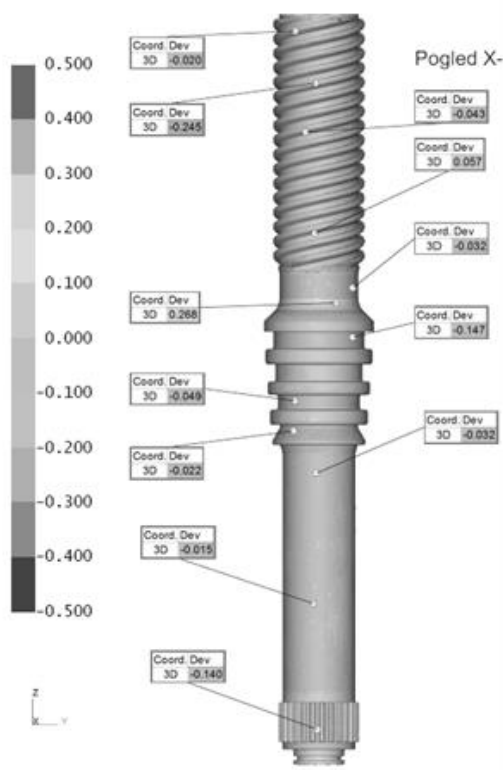
Slika 8. prikazuje mjerni izvještaj za pogled X+. Vidimo da najveće moguće odstupanje u pozitivnom smjeru u pogledu X+ iznosi 0,248 mm i nalazi se na dijelu gdje je vratilo uležišteno. Najveće odstupanje u negativnom smjeru u X pogledu iznosi -0,260 mm i nalazi se na navojnom dijelu vretena. Vidljivo je da je radni dio vretena dvije trećine te da je potrošenost navojnog vretena najveća na kraju vretena.

U pogledu X- (slika 9.) najveće odstupanje u pozitivnom smjeru iznosi 0,268 mm i nalazi se na dosljednom mjestu. Najveće odstupanje u negativnom smjeru iznosi -0,147 mm. Odstupanje zubaca na zupčaniku iznosi -0,140 mm.

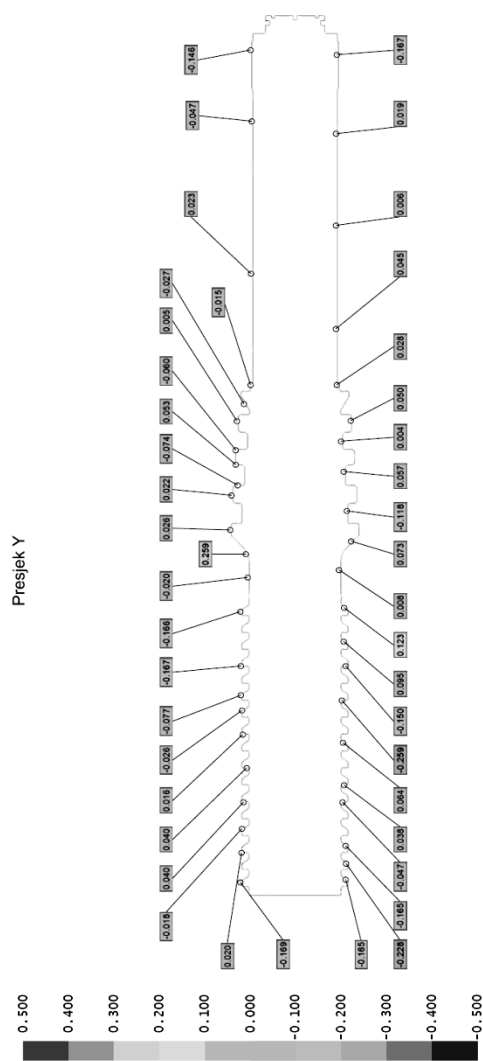
Na isti način je načinjen izvještaj u pogledu Y i Y-. Rezultati su pokazali da ovisno o vrsti zavoja na navojnom vretenu postoje odstupanja. Pošto je navojno vreteno trovojno zaključeno je da se sve tri zavojnice nejednoliko troše. Zbog bolje analize istrošenosti navojnog vretena napravljena je kontrola po presjecima (slika 10.).



Slika 9. Usporedba X+ pogled



Slika 10. Usporedba X- pogled

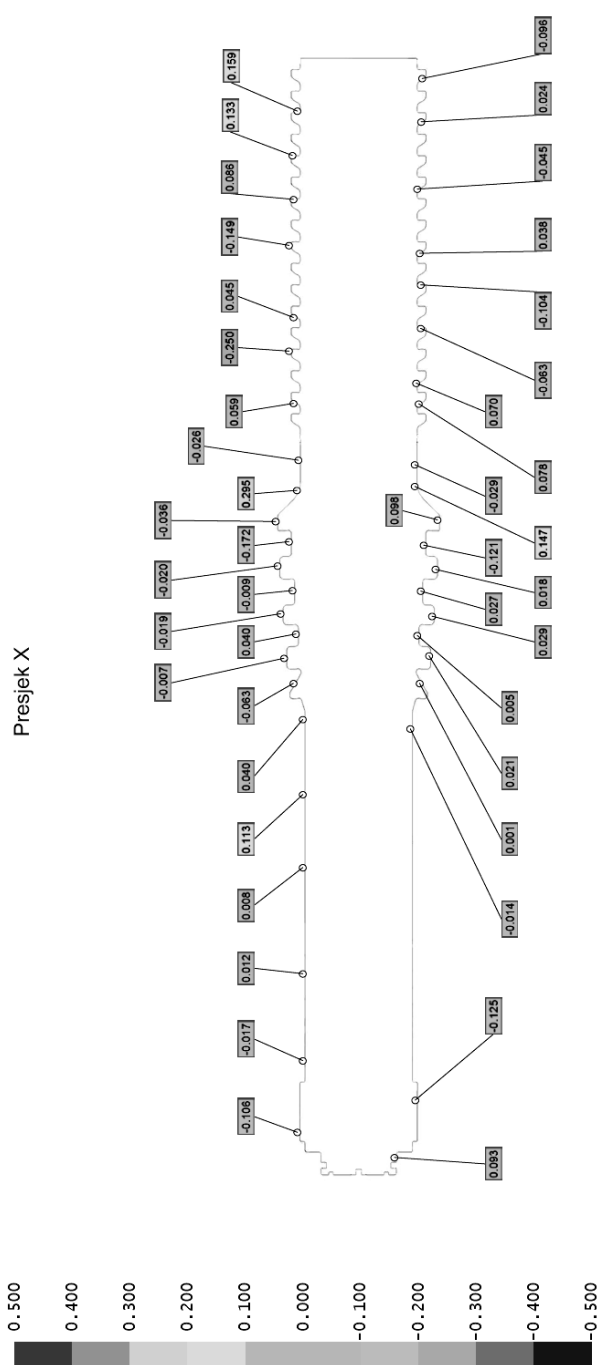


Slika 11. Presjek po y osi

Slika 10 prikazuje analizu skeniranog modela vratila s cad modelom tj. presjek po osi y. Na ulaznom dijelu navojnog vretena vidljivo je odstupanje koje iznosi -0,228 mm došlo je do zaključka da je to krajnji položaj u kojem su najveća opterećenja na samom vratilu. Da bi se izbjeglo trošenje u krajnjim položajima operater bi trebao smanjiti brzinu kretanja vretena tj. ugradnja mikroprekidača koji bi samostalno smanjio brzinu vretena. Drugo veće odstupanje je na sredini navojnog dijela vretena gdje je ujedno i radi dio vretena. Ostali dio navojnog vretena po x presjeku je skoro ujednačeno potrošen uslijed eksploatacije.

To je dobar pokazatelj da su matica i vreteno napravljene u odgovarajućoj toleranciji.

Slika 11. Prikazuje dio kontrole presjeka po osi X. Vidljivo je da se matica oslanja na jedan dio krivulje navojnog vretena. Uslijed gravitacije zbog težine navojnog vretena matica je uvijek oslonjena na donji dio krivulje što je pokazuje presjek po osi X. Nakon digitalizacije programski se vrlo jednostavno izrađuje mjerni izvještaj. Dobivanjem 3d modela izmjerene vratila ako postoje novi zahtjevi za kontrolu dodatnih presjeka nije više potrebno ponovna digitalizacija već se koristi postojeća.



Slika 12. Presjeci po X osi

6. ZAKLJUČAK

Uređaji za 3D digitalizaciju danas su moćan alat na području strojarstva, a najviše se koriste u kontroli kvalitete, reverzibilnom inženjerstvu i brzom izradi prototipova. Na tržištu postoji veliki broj uređaja koji koriste razne metode skeniranja. Svaka od metoda ima svoje prednosti i nedostatke, a konačni izbor uređaja uvelike ovisi o području i načinu primjene.

Zadnjih nekoliko godina trodimenzionalni digitalizatori postaju sve više prisutni u kontroli kvalitete.

Geometrija oblika postaje sve složenija i prilično komplicirana za izradu i mjerenje. Kako se razvijaju druge tehnologije, tako i laserski mjerni uređaji postaju

sve precizniji. Na manjim tržištima zbog relativno visoke cijene trodimenzionalni laserski skeneri nisu toliko prisutni u proizvodnim procesima. Konvencionalni strojevi (CMM) su u usporedbi s laserskim trodimenzionalnim digitalizatorima, spori i dobiva se puno manje izmjerenih podataka. Manji broj megapixelsa u kameri znači manji broj izmjerenih točaka, ali je zato manipulacija s mjerenim podacima puno lakša nego kod većeg broja megapixelsa. Trodimenzionalni optički mjerni uređaji svakim danom postaju sve precizniji, ali i pristupačniji tržištu. Svaka generacija optičkih skenera je sve fleksibilnija i manja.

Laserski skeneri su vrlo fleksibilni za razliku od CMM strojeva. Dobiveni rezultat je 3d model koji se može koristiti i kasnije ako se ukaže potreba za dodatnim provjerama.

7. LITERATURA

- [1] Wu, H. B.; Chen, Y.; Wu, M. Y.; Guan, C. R.; Yu, X.Y.: Harbin: an., 3D Measurement Technology by Structured Light Using, University of Science and Technology, Harbin, China, 2006.
- [2] Pribanić, T.; Cifrek, M.; Peharec, S.: Simplified Ligh Plane Determination during Structured Light, Zagreb, 2006.
- [3] Tombers, A.: Einsatz der optischen 3D Messtechni in der Fertigung von Triebwerksbauteilen Potenzialabschätzung zur Prüfzeitreduktion, München, 2006.
- [4] Teutsch, C.: Model-based Analysis and Evaluation of Point sets from Optical 3D Laser Scanners. s.l. : Shaker Verlag, Aachen, 2007.
- [5] <http://www.steinbichler.com/products/surface-scanning/3d-digitizing.html>.

Kontakt autora:

Josip Groš, mag. ing.stroj

Veleučilište u Karlovcu
Ivana Meštrovića 10
47000 Karlovac
jgros@vuka.hr

Srdan Medić, dr.sc.stroj.

Veleučilište u Karlovcu
Ivana Meštrovića 10
47000 Karlovac
smedic@vuka.hr

Nikola Šimunović, mag. ing.stroj

Veleučilište u Karlovcu
Ivana Meštrovića 10
47000 Karlovac
nikola.simunic@vuka.hr