

# PRIMJENA I PRINCIP RADA STEZNIH SUSTAVA S DEFINIRANOM NUL-TOČKOM

## ZERO-POINT CLAMPING SYSTEMS APPLICATION AND WORKING PRINCIPLE

Luka Olivari

*Veleučilište u Šibeniku, Šibenik, Hrvatska*

### Sažetak

Stezni sustavi s definiranom nul-točkom koriste se kao jednostavno i učinkovito rješenje za skraćanje pomoćnih vremena kod različitih proizvodnih procesa, najčešće kod obrade odvajanjem čestica na numerički upravljanim obradnim strojevima, ali i na mjernim uređajima, te kod postupaka obrade elektro-erozijom. Često se koriste u industriji budući da su osnova za paletizaciju proizvodnog procesa koja je preduvjet za daljnju automatizaciju proizvodnog sustava. Unatoč tome ovo područje je veoma slabo pokriveno stručnom literaturom čak i na engleskom jeziku. Nedostatak stručne literature, osim kataloga proizvođača na stranim jezicima, otežava brz i sveobuhvatan uvid u podjelu, princip rada i mogućnosti korištenja ovih sustava. Svrha ovog rada je napraviti sažet opis i primjenu steznih sustava s definiranom nul-točkom, definirati podjelu između srodnih sustava, te opisati njihov princip rada.

**Ključne riječi:** *stezni sustavi s definiranom nul-točkom, izmjena obradaka, stezanje obradaka*

### Abstract

Zero-point clamping systems are used as simple and effective solution for secondary processing time reduction in production, most often in machining, but also in measuring and EDM-ing. This systems are a perquisite for automation and as such they are often used in production. Despite this fact, this area is not covered enough in scientific papers, not even in English. Shortage of work references, except manufacturer catalogues in English and German, complicates a short and concise overview, classification and working principles of the zero-point clamping systems.

The aim of this paper is to define the difference between similar zero-point clamping systems and concisely describe the application and working principles of these systems.

**Keywords:** *heart rate, photoplethysmograph, mobile computing, biofeedback, Android Wear*

### 1. Uvod

#### 1. Introduction

Pri obradi odvajanjem čestica velike gubitke predstavljaju pomoćna vremena, dakle vrijeme pri kojem se ne pridodaje vrijednost obratku. Na primjer, vrijeme čišćenja i pripreme stroja; vrijeme pripreme, izmjene, pozicioniranja i pritezanja stezne naprave odnosno obratka; kvar i servis stroja ili opreme; vrijeme izmjene alata; vrijeme prednamještanja alata itd.

Numerički upravljani obradni strojevi najčešće imaju samo jedan radni stol. Takva konstrukcija ima veliku manu budući da se za vrijeme obrade ne mogu izvoditi radnje vezane uz izmjenu steznih naprava i obradaka na tom stroju. Priprema, pozicioniranje i stezanje sljedećeg obratka mora se odvijati na štetu potencijalnog proizvodnog vremena stroja.

Velike uštede vremena mogu se postići skraćivanjem vremena izmjene steznih naprava i obradaka, odnosno njihovog repozicioniranja. Na tržištu je dostupna široka paleta sustava za rukovanje obradcima koji nude uštede skraćanjem pomoćnih vremena. Jedan od tih sustava su stezni sustavi s definiranom nul-točkom obratka.

Izmjena obradaka podrazumijeva zamjenu obrađenog komada s ne obrađenim sirovcem unutar radnog prostora obradnog stroja. Izmjena obradaka može biti ručna ili automatizirana. Ručna izmjena obradaka je vremenski nestalna i zahtjeva stalnu prisutnost operatera, također uključuje opasnost od ljudske pogreške. Automatska izmjena obradaka skraćuje pomoćna vremena i omogućava autonomnost procesa.

Izmjena steznih naprava podrazumijeva zamjenu postojeće stezne naprave unutar radnog prostora obradnog stroja sa steznom napravom potrebnom za prihvat sljedeće vrste proizvoda koji će se proizvoditi na tom obradnom stroju.

Kod automatiziranih sustava za izmjenu obradaka najčešće se govori o izmjeni paleta. Paleta je element sustava za izmjenu obradaka na koji se izravno montira stezna naprava ili obradak, dakle za cijelo vrijeme izmjene obradaka se nalazi pričvršćen za paletu. Izmjena obradaka u ostatku ovog rada podrazumijevat će i izmjenu obradaka stegnutih na napravu ili paletu.

Nul-točka podrazumijeva ishodište koordinatnog sustava koji upravljačka jedinica obradnog stroja koristi za definiranje potrebnog položaja prilikom obrade. Razlikuje se nul-točka obradnog stroja, nul-točka palete, nul-točka naprave, te konačno nul-točka obratka. Stezni sustavi s definiranim nul-točkom zadržavaju stalan odnos među svim nul-točkama proizvodnog sustava unutar uske tolerancije i osiguravaju ponovljivost pozicioniranja čak i kad se obrada odvija na više različitih strojeva ili mjernih uređaja. [1] [2]

## 2. Stezni sustavi s definiranim nul-točkom

### 2. Zero-point clamping systems

Stezni sustav s definiranim nul-točkom (e. zero-point clamping system - ZPS) omogućava točno, brzo i ponovljivo stezanje palete, naprave, odnosno obratka u radni prostor obradnog stroja. Kraće pomoćno vrijeme se postiže bržim i jednostavnijim pozicioniranjem i stezanjem naprave u jednom koraku. Posljedica uštede pomoćnog vremena je povećano proizvodno vrijeme stroja što podrazumijeva i veću iskoristivost stroja i veću zaradu.

Također, korištenjem ovog sustava naprave i obradci se mogu postaviti i premještati iz jednog obradnog stroja u drugi bez ponovnog umjeravanja, što predstavlja minimalne vremenske gubitke zbog ponovnog stezanja i pozicioniranja.

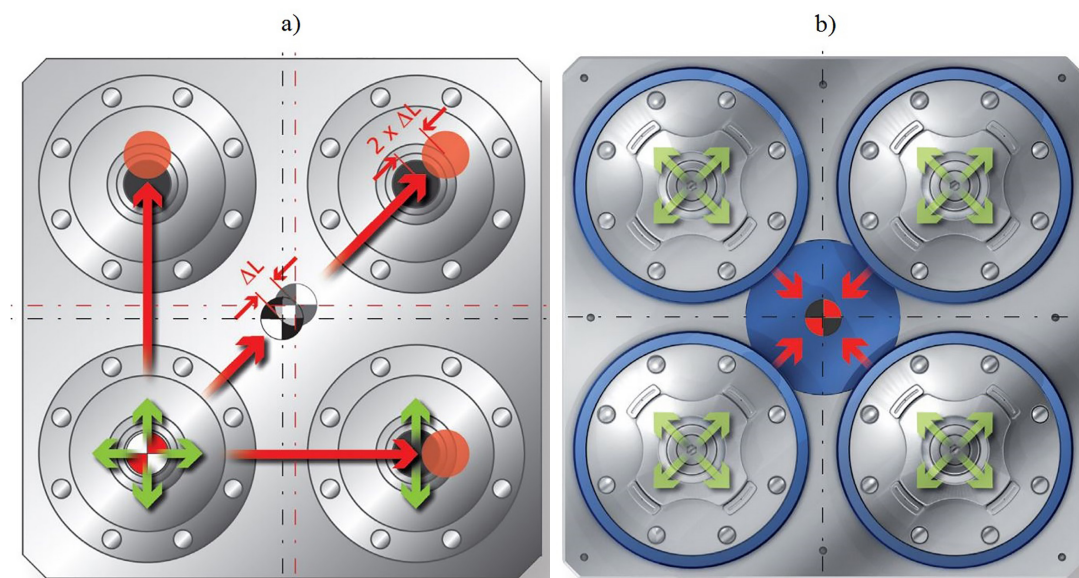
Sustav definira i osigurava stalan odnos između nul-točke stroja i nul-točke obratka pri ponovnom stezanju i pri premještanju obratka iz jednog obradnog stroja u drugi. Sustav se sastoji od dva osnovna dijela (slika 1): (1) steznih čeljusti (e. chuck, clamping module) koje su standardizirane sučelje za prihvat obradaka koji je fiksno vezan za radni stol obradnog stroja i (2) steznog klipa (e. drawbar, pull stud) koji je vezan direktno ili indirektno preko naprave ili palete, za obradak.



*Slika 1: Osnovni elementi steznog sustava s definiranim nul-točkom [3]*

*Figure 1: Basic elements of ZPS [3]*

Za potpuno definiranje pozicije obratka potrebna su dva para steznih čeljusti i steznih klipova. Jedan stezni klip ima ograničeno gibanje u sve tri osi (x, y i z), a drugi stezni klip ima jedan stupanj slobode gibanja u jednoj od osi (x ili y). Mogu se ugraditi dodatni parovi steznih čeljusti i steznih klipova koji služe za ostvarivanje veće sile stezanja u smjeru z osi.

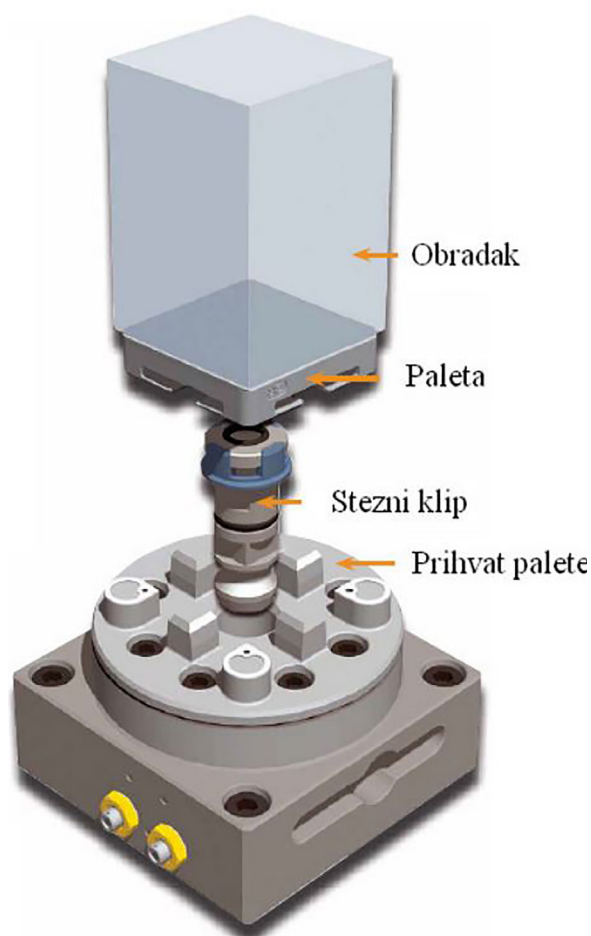


**Slika 2:** Raspored steznih čeljusti a) klasičan raspored, b) alternativan raspored [4]

**Figure 2:** Arrange of clamping modules a) classic systems, b) alternate systems

Stežni klip na dodatnim parovima ima slobodu gibanja u x i y osima. Broj dodatnih parova ovisi o potrebnoj sili stezanja u smjeru z osi. Klasičan raspored parova steznih čeljusti i steznih klipova prikazan je na slici 2 a). Alternativan raspored steznih klipova sa pripadajućim stupnjevima slobode gibanja prikazan je na slici 2 b). Potrebna su četiri para steznih čeljusti i steznih klipova s jednim stupnjem slobode gibanja u osi koja je zamaknuta u odnosu na x os za  $45^\circ$ , odnosno  $135^\circ$ . Ovim rasporedom poništava se utjecaj toplinske dilatacije na pomak nul-točke obratka kod procesa s velikim temperaturnim oscilacijama.

Za prihvat i pozicioniranje manjih paleta koriste se tzv. referentni sustavi (slika 3) koji mogu ostvariti točno i ponovljivo stezanje korištenjem samo jednog para steznih čeljusti i steznog klipa. Kod ovih sustava paleta se pozicionira izravno na stezne čeljusti, a pozicija se ostvaruje preko referentnih elemenata koji su izrađeni izravno na steznim čeljustima i paleti. Ovi sustavi često se koriste za prihvat elektroda i povezuju cjelokupni sustav procesa obrade postupkom elektro-erozije (EDM). Sirovac za izradu elektrode jednom se montira na paletu te se na obradnom stroju obrađuje na potreban oblik, zatim se na istoj paleti prenosi na mjerni uređaj gdje se vrši kontrola elektrode, konačno ista paleta se postavlja u stroj na kojem se vrši obrada postupkom elektro-erozije. [5]



**Slika 3:** System 3R Macro referentni sustav [7]

**Figure 3:** System 3R Macro referent system [7]



Sila stezanja ostvaruje se preko steznog mehanizma, koji se može aktivirati putem hidrauličkog (ulje) ili pneumatskog (zrak) radnog medija ili mehanički, ručnim pritezanjem vijaka. Prednosti korištenja zraka kao radnog medija jest jeftinija i jednostavnija instalacija, dok se korištenjem hidrauličkog radnog medija ostvaruju veće sile stezanja [6]. Korištenje određenog radnog medija također omogućava korištenje nekih dodatnih mogućnosti sustava, npr. ispuhivanje steznih čeljusti ili kontrolirano spuštanje teških obradaka, koji su detaljnije opisani niže u tekstu. Moguće je također aktiviranje hidrauličkog stezanja, putem pneumatskog signala [6].

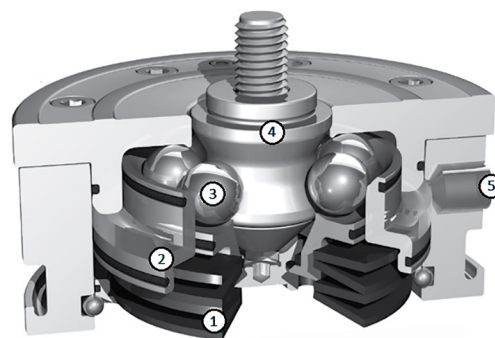
Kod ručnog ostvarivanja sile stezanja preko vijaka, nema zahtjeva za dodatnim pneumatskim ili hidrauličkim sustavom što stezni sustav čini jednostavnijim i jeftinijim, ali se tim gubi mogućnost automatizacije.

## 2.1. Princip rada steznog mehanizma

### 2.1. *Clamping mechanism working principle*

Stezni mehanizam, prikazan na slici 4, ostvaruje silu stezanja pomoću opruge (1) u neutralnom položaju. Sila se prenosi preko klipa (2) na kuglice (3), koje obuhvaćaju stezni klip (4) i zadržavaju ga u točno određenom položaju. Stezni klip (4) otpušta se iz zahvata zbog djelovanja tlaka na oprugu koji prenosi putem radnog medija. Radni medij ulazi u sustav kroz otvor (5) i sabija oprugu (1). Prestankom djelovanja tlaka, opruga (1) se vraća u početni položaj. Prednost ovog načina stezanja je u tome što sila stezanja ostaje ostvarena čak i u slučaju nenadanog gubitka tlaka u radnom mediju.

Postoje sustavi kod kojih se sila stezanja ostvaruje direktno djelovanjem tlaka radnog medija, a klip se otpušta prestankom djelovanja tlaka. Nedostatak takvog sustava je u tome što, ako se tlak radnog medija nenadano izgubi, gubi se i sila stezanja. Prilikom gubitka sile stezanja dolazi do neželjenog otpuštanja obratka, što može prouzrokovati škart, oštećenje opreme ili ozljede radnika.



Slika 4: Stezni mehanizam [3]

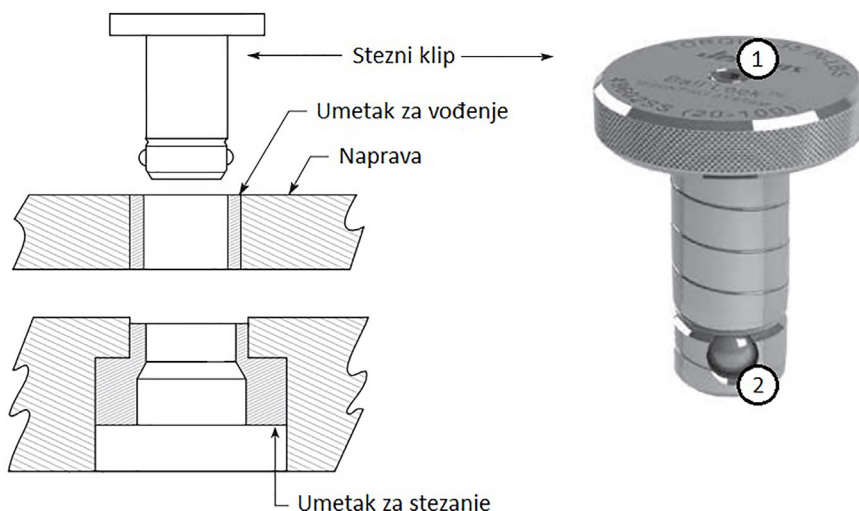
Figure 4: Clamping mechanism [3]

Postoje i jednostavniji stezni sustavi brze izmjene obradaka s definiranom nul-točkom kod kojih se sila stezanja ostvaruje isključivo ručno (slika 5). Ovi sustavi se sastoje od tri osnovna elementa: steznog klipa, umetka za vođenje i umetka za stezanje. Stezni klip se vodi i točno pozicionira kroz umetak za vođenje (koji je ugrađen na napravu) i priteže se na umetak za stezanje. Umetak za stezanje fiksno je ugrađen unutar radnog prostora obradnog stroja. Stezni klip se sastoji od precizno izrađenog tijela, vijka (1) i tri kuglice (2). Sila stezanja se ostvaruje preko vijka (1) na steznom klipu, pomoću kojeg se kuglice (2) šire u utoke na umetku za stezanje.

Kao i kod sustava koji su aktivirani pneumatskim ili hidrauličkim radnim medijem i kod ovih sustava potrebna su minimalno dva seta (stezni klip, umetak za vođenje i umetak za stezanje) za potpuno definiranje položaja. Mogu se ugraditi i dodatni stezni klipovi za povećanje sile stezanja u smjeru z osi.

Ostvarena ponovljivost stezanja ovim sustavom je  $\pm 0,013$  mm [3]. Maksimalna sila stezanja u smjeru z osi ovisi o promjeru klipa i kreće se u rasponu od 3,3 kN do 88 kN [3], dok su preporučene sile stezanja od 2,7 kN do 67 kN [3] po steznom klipu.

Prednosti ovog sustava su niža cijena, jednostavnija instalacija, nema potrebe za hidrauličkim odnosno pneumatskim sustavima za ostvarivanje sile stezanja. Nedostaci sustava su manja ponovljivost stezanja i ne mogućnost automatizacije sustava.



*Slika 5: Jergens Ball-Lock stezni sustav [3]*

*Figure 5: Jergens Ball-Lock clamping system [3]*

## 2.2. Instalacija steznih čeljusti na radni stol obradnog stroja

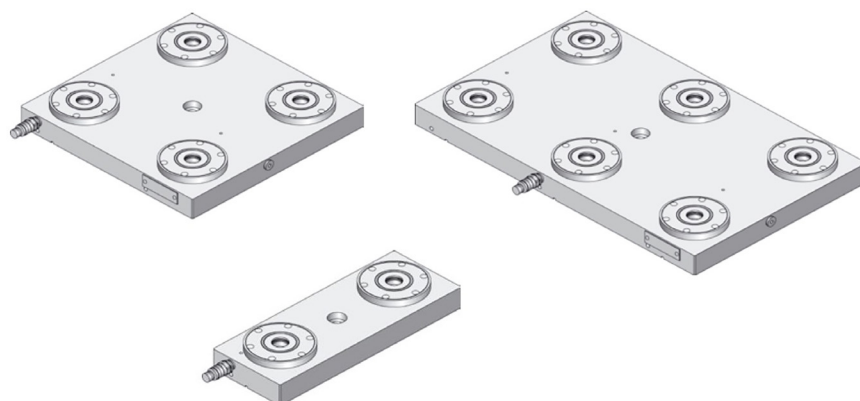
### 2.2. Installation of clamping module on machine table

Instalacija sustava s definiranom nul-točkom obratka vrši se preko steznih ploča (e. base plate) koje se ugrađuju u radni prostor obradnog stroja. Stezne ploče su standardnih dimenzija s unaprijed montiranim steznim čeljustima. Stezne ploče se najčešće sastoje od četiri stezne čeljusti, ali mogu imati dvije, šest ili više steznih čeljusti kao što je prikazano na slici 6. Korištenje steznih ploča s najmanje četiri stezne čeljusti omogućava paletizaciju sustava, a time i veći stupanj automatizacije procesa.

Pojedinačne stezne čeljusti se mogu ugraditi direktno u radni stol obradnog stroja (slika 7 a), što zahtijeva prilagodbu i obradu radnog stola. Prilikom ovakve instalacije treba se pridržavati zadanih tolerancija obrade prema uputama proizvođača.

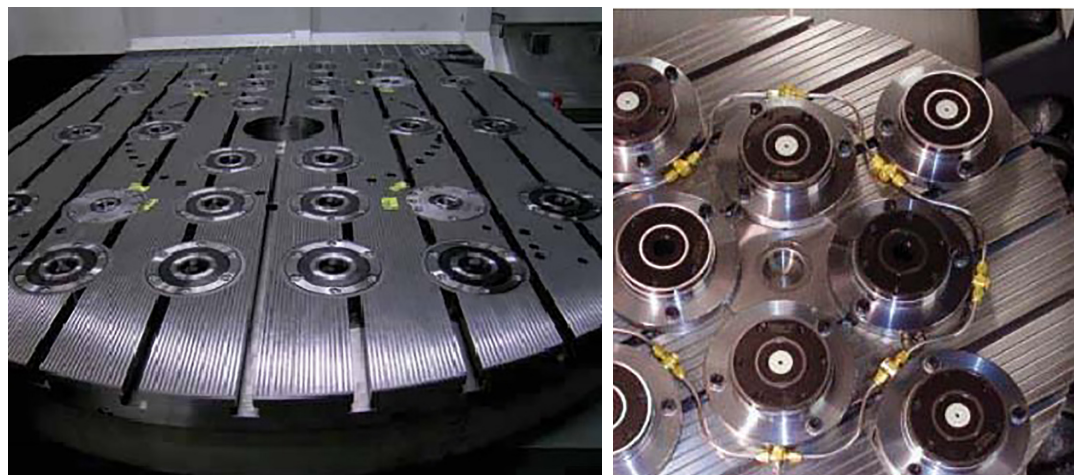
Ovakvim načinom instalacije omogućava se prilagodba sustava jedinstvenim potrebama korisnika (korisnik sam određuje broj i raspored steznih čeljusti), ali se otežavaju naknadne izmjene rasporeda steznih čeljusti već instaliranog sustava.

Pojedinačne stezne čeljusti mogu se montirati na radni stol bez obrade radnog stola kako je prikazano na slici 7 b). Stezne čeljusti se učvršćuju kroz T-utore na radnom stolu obradnog stroja pomoću T-vijaka kroz već postojeće ili samostalno izrađene provrte na steznim čeljustima [7]. Ovim načinom instalacije izbjegava se obrada radnog stola, dok se zadržava mogućnost prilagodbe rasporeda steznih čeljusti jedinstvenim potrebama korisnika, ali i naknadne izmjene rasporeda steznih čeljusti. Ovim načinom instalacije obradak, odnosno stezna naprava, biti će pozicionirani nešto više u radnom prostoru stroja, nego kod ugrađivanja steznih čeljusti u radni stol, što donekle smanjuje radni prostor stroja.



*Slika 6: Stezne ploče s različitim brojem steznih čeljusti [6]*

*Figure 6: Base plates with different number of clamping modules [6]*



*Slika 7: Stezne čeljusti a) ugrađene u radni stol [9], b) montirane na radni stol [6]*

*Figure 7: Clamping modules a) built-in machine table [9], b) built-up machine table [6]*

Kod samostalne instalacije steznih čeljusti na radni stol obradnog stola treba se pridržavati uputa proizvođača kako bi se ostvarila navedena ponovljivost stezanja i ostale prednosti korištenja ovih sustava. [8]

### 3. Zaključak

#### 3. Conclusion

Prikazana je podjela između steznih sustava s definiranom nul-točkom, referentnih sustava te jednostavnijih steznih sustava brze izmjene obradaka kod kojih se sila stezanja ostvaruje isključivo ručno. Sva tri sustava imaju istu svrhu, ali razlikuju se u nekim konstrukcijskim izvedbama i karakteristikama. Svaki sustav prilagođen je za posebnu namjenu. Klasičan stezni sustav s definiranom nul-točkom najpogodniji je kao sučelje između palete i obradnog stroja kod automatiziranih proizvodnih sustava, ali može se koristiti i kod polu-automatske ili ručne izmjene obradaka. Referentni sustavi prilagođeni su za izmjenu obradaka manjih gabarita i manje mase budući da koriste samo jedan par steznih čeljusti i steznog klipa, te se često koriste za prihvat elektroda kod obrade postupkom elektroerozije. Stezni sustavi brze izmjene obradaka idealni su kada se traži brzo rješenje bez velikih početnih ulaganja, ali ne nude mogućnost daljnje automatizacije sustava, tako da se obradci izmjenjuju isključivo ručno.

## 4. REFERENCE

### 4. REFERENCES

- [1.] Cebalo, R., Ciglar, D. & Stoić, A.; Obradni sustavi: fleksibilni obradni sustavi, (drugo izmijenjeno izdanje), Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, ISBN: 953-96501-6-X, p. 1.01-3.36., 2005.
- [2.] Fleischer J., Denkena B., Winfough B., Mori M.; Workpiece and Tool Handling in Metal Cutting Machines, CIRP Annals – Manufacturing Technology, Vol. 55, No. 2., p. 824., DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2006.10.009>, 2006.
- [3.] Workholding solutions catalogue.pdf, p. 6-61., <http://www.jergensinc.com>
- [4.] Power-grip Zero point clamping system Rohm, p. 8., <https://ch.roehm.biz>
- [5.] Reference systems for electrode manufacturing & EDMing.pdf, p. 7.-88., <http://www.system3r.ch>
- [6.] Delphin - the modular clamping system. pdf, p. 5.-55., <http://www.system3r.ch>
- [7.] Reference systems for precision machining. pdf, p. 4.-63., <http://www.system3r.ch>
- [8.] Instalation manual Jergens ZPS.pdf, p. 7.-19., <http://www.jergensinc.com>
- [9.] Zero-point clamping system Unilock.pdf, p. 12., <https://us.bigkaiser.com>

**AUTORI · AUTHORS****Luka Olivari**

Rođen je 1988. godine u Šibeniku. Završio je Tehničku školu u Šibeniku smjer Računalni tehničar u strojarstvu, te diplomirao na smjeru Računalno inženjerstvo Fakulteta Strojstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu na temu Automatska izmjena obradaka paletnim sustavom u suradnji s firmom Teh-Cut d.o.o. gdje je izvršio i industrijsku praksu. Radio je u tvornici aluminija IVANAL d.o.o. u Šibeniku kao tehnolog za CNC obradu aluminijskih odljevaka. Također od 2015. godine drži povremena stručna predavanja iz strukovnih predmeta nastavnog plana i programa za zanimanje Tehničar za brodstrojstvo na Pučkom otvorenom učilištu Libar u Šibeniku. Od 2016. godine radi kao asistent na Veleučilištu u Šibeniku na Prometnom odjelu.

**Korespodencija**

lolivari@vus.hr