

IZRADA KUĆIŠTA OD LIJEVANOG POLUPROIZVODA

Bistrički, Goran

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:494833>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-10**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

IZRADA KUĆIŠTA OD LIJEVANOG POLUPROIZVODA

Bistrički, Goran

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:494833>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2023-02-15**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

Stručni studij strojarstva

Goran Bistrički

ZAVRŠNI RAD

Izrada kućišta od lijevanog poluproizvoda

KARLOVAC, 2019.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

Stručni studij strojarstva

Goran Bistrički

ZAVRŠNI RAD

Izrada kućišta od lijevanog poluproizvoda

Mentor: Dr. sc. Josip Hoster, dipl. ing. stroj.

KARLOVAC, 2019.

IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad s temom IZRADA KUĆIŠTA OD LIJEVANOG POLUPROIZVODA izradio samostalno, koristeći navedenu literaturu, znanje stečeno tijekom studija i radom u struci, te uz pomoć dr.sc. Josipa Hostera, dipl.ing.stroj., kojemu se ovim putem zahvaljujem.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, koja mi je bila podrška tijekom studija.

Goran Bistrički

SAŽETAK

U završnom radu je opisana tehnologija izrade kućišta od sivog lijeva, od zaprimanja poluproizvoda do isporuke gotovih proizvoda. Pojašnjeni su procesi obrade, nabrojani su i objašnjeni postupci strojne obrade, te problemi do kojih je došlo i načini na koji su ti problemi otklonjeni. Opisan je materijal poluproizvoda i njegove karakteristike. U radu je opisana tehnologija obrade odvajanjem čestica, navedene su prednosti i nedostaci. Navedeni su alatni strojevi, alati i parametri koji su korišteni tijekom strojne obrade, i njihove karakteristike. Osim toga, navedena je mjerna oprema koja se koristila za mjerenja i kontrolu, navedena je i kontrola kvalitete kod prihvaćanja poluproizvoda. Opisan je utjecaj stezanja na deformaciju materijala, te je izvedena ovisnost sile stezanja i odstupanja od mjera. Navedeni su dijelovi alatnih strojeva koji najviše utječu na vibracije, kao i načini održavanja tih strojnih dijelova. Opisana je tehnologija obrade poluproizvoda od sivog lijeva, te su prikazani načini stezanja.

SADRŽAJ

ZAVRŠNI RAD
ZADATAK ZAVRŠNOG RADA
IZJAVA
SAŽETAK

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Tehnologija obrade odvajanjem čestica | 1 |
| 1.2. Prednosti i nedostaci obrade odvajanjem čestica..... | 3 |
| 2. POSTUPCI OBRADE ODVAJANJEM ČESTICA..... | 3 |
| 2.1. Tokarenje..... | 3 |
| 2.2. Glodanje..... | 4 |
| 3. ULAZNA KONTROLA MATERIJALA..... | 6 |
| 3.1 Princip mjerenja tvrdoće..... | 6 |
| 4. PROIZVOD I POLUPROIZVOD..... | 7 |
| 4.1. Proizvod..... | 7 |
| 4.2. Poluproizvod..... | 8 |
| 5. TEHNOLOGIJA OBRADE..... | 10 |
| 6. STROJNA OBRADA ODLJEVKA NA TOKARILICI..... | 15 |
| 7. STROJNA OBRADA ODLJEVKA NA CNC GLODALICI..... | 17 |
| 7.1. Čeono glodanje | 18 |
| 7.2. Istokarivanje..... | 20 |
| 7.3. Upuštanje faze provrta..... | 21 |
| 7.4. Bušenje provrta $\phi 7.4$ | 22 |
| 7.5. Upuštanje provrta | 23 |
| 7.6. Urezivanje navoja..... | 24 |
| 8. ALATNI STROJEVI..... | 25 |
| 9. KONTROLA, MJERENJE I MJERNA OPREMA..... | 27 |
| 10. NAČIN I UTJECAJ STEZANJA..... | 30 |
| 11. VIBRACIJE KOD STROJNE OBRADE..... | 34 |
| 11.1. Prisilne vibracije..... | 35 |
| 11.2. Samouzbudne vibracije..... | 37 |
| 12. ODRŽAVANJE DIJELOVA STROJEVA KOJI UTJEČU NA VIBRACIJE..... | 40 |
| 12.1. Radno vretno..... | 40 |
| 12.2. Pogonski sklop..... | 41 |
| 12.3. Vodilice..... | 42 |
| 13. ZAKLJUČAK..... | 43 |
| 14. POPIS SLIKA..... | 44 |
| 15. POPIS TABLICA..... | 46 |
| 16. LITERATURA..... | 47 |

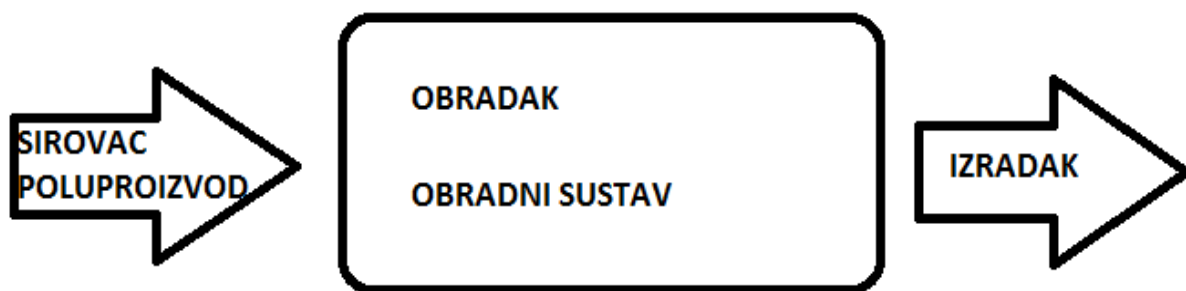
1.UVOD

Od početka čovječanstva razvijale su različite metode i tehnike izrade proizvoda, koje su do danas usavršene na više načina. Razvoj tehnologije je trenutačno veoma ubrzan i potrebno je puno više znanja, nego je to bilo u prošlosti. U tehnologiji obrade odvajanjem čestica konstantno se vrše poboljšavanja, kako bi se povećala produktivnost i kvaliteta. Zadatak tehnologije obrade odvajanjem čestica je, da u što kraćem roku odvoji višak materijala, te da se dobije izradak s određenim kvalitetama i dimenzijama. U ovom radu tehnologija obrade odvajanjem čestica je odabrana kao najbolji izbor, zbog visokih zahtjeva kvalitete obrade poluproizvoda, što samo lijevanjem, nije moguće izvesti. Poluproizvodi koji se obrađuju su odljevci sivog lijeva. Materijal sivi lijev je odabran zbog same namjene proizvoda, koji ima zadaću kućišta, odnosno da ima dobra svojstva u okolini visoke temperature. Što se tiče toplinske obrade sivog lijeva, većina odljevaka ispunjava tražene zahtjeve u lijevanom stanju. Poluproizvodi, odnosno odljevci, slika 8, koji se obrađuju, su složenije konstrukcije s različitim debljinama stjenke, pa su na nekim dijelovima moguće različite brzine hlađenja, nakon lijevanja, što dovodi do pojave zaostalih naprezanja. Zbog toga se preventivno odljevci žare, te se sporim hlađenjem izbjegavaju zaostala naprezanja. Taj proces toplinske obrade se naziva žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja.

1.1. Tehnologija obrade odvajanjem čestica

Tehnologija obrade odvajanjem čestica bazira se na skidanju slojeva materijala s ciljem dobivanja određenih dimenzija i kvalitete površine. U današnjem vremenu tehnologija obrade odvajanjem čestica ima veliki značaj u strojarstvu. To je jedno široko područje, koje se dijeli na puno postupaka. Izvodi se na alatnim strojevima. Također se alatni strojevi dijele prema postupcima obrade. Suvremeni alatni strojevi su automatizirani i imaju cilj da u jednom stezanju mogu obraditi više strana. Obradom odvajanja čestica mogu se dobiti najveće točnosti, te visoka kvalitete obrađene površine. Za ostvarivanje procesa rezanja neophodno je relativno gibanje alata u odnosu na obradak. Postupak obrade rezanjem ostvaruje se

kombinacijom glavnog i posmičnog gibanja. Naprezanja koja se pojavljuju kod odvajanja čestica su toplinska, mehanička i kemijska. Svako toplinsko naprezanje, manje ili veće, ima utjecaj na kvalitetu. Kod procesa odvajanje čestica, tamo gdje se javljaju veća toplinska naprezanja potrebno je koristiti hlađenje. Hlađenjem se odvodi toplina iz zone rezanja. Samim time produžujemo vijek trajanja alata. SHIP su tekućine kojima je primarna zadaća, ali ne jedina, hlađenje i podmazivanje alata obradaka u zoni obrade. Postoje četiri vrste SHIP-a: ulja, emulzije, polusintetička i sintetička sredstva za hlađenje, ispiranje i podmazivanje. Razvoj tehnologije je ubrzan i potrebno je imati sve više znanja, nego što je to bio slučaj u prošlosti. Novi 5osni i ostali višeosni strojevi, moraju nužno biti upravljani nekim od softwera (SolidCAM, Catia itd.). Osim toga, na tržištu se pojavljuju novi materijali koji traže i bolje parametre obrade, bolje i postojeane alate. Postupci obrade odvajanjem čestica dijele se na: s definiranom oštricom i s nedefiniranom oštricom. S definiranom oštricom su tokarenje, glodanje, bušenje. Dok su postupci s nedefiniranom oštricom: brušenje, honanje, poliranje. U proizvodni proces ulazi sirovac ili poluproizvod, koji se nakon obrade, naziva izradak ili gotovi proizvod, slika 1.



Slika 1. Proizvodni sustav

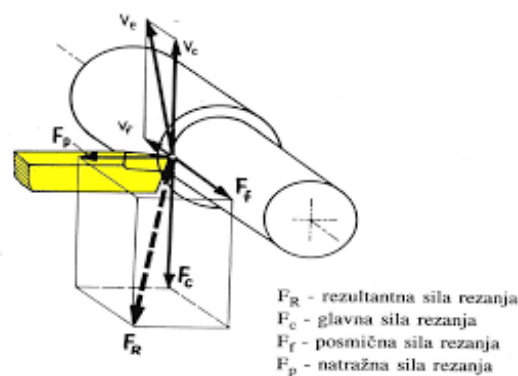
1.2. Prednosti i nedostaci obrade odvajanjem čestica

Obrada odvajanjem čestica većinom nije najefikasnija i najekonomičnija tehnologija, ali u nekim slučajevima jedino tako možemo dobiti traženu kvalitetu obrade, te tražene tolerancije. Mogu se obrađivati gotovo svi materijali, te oblikovati i najsloženije oblici površine. Nedostatci su generiranje odvojene čestice, neekonomično gubljenje materijala kod nekih obrada, kod manjeserijske proizvodnje tijekom pripreme proizvodnje može biti dulji od same obrade sirovca. Alatni strojevi, materijal i potrebni alati zahtijevaju velik prostor. Prednosti suvremenih postupaka obrade odvajanjem čestica su, da se mogu automatizirati, te u što manje stezanja, obraditi sirovac. Osim toga, moguće je dobiti visoku kvalitetu obradu. Moguće je obrađivati sirovce u velikom rasponu dimenzija, od mikro dijelova pa do turbina.

2. POSTUPCI OBRADJE ODVAJANJEM ČESTICA

2.1. Tokarenje

Tokarenje je postupak oblikovanja odvajanjem čestica. Izvodi se na alatnim strojevima – tokarilicama. Glavno gibanje rotaciju izvodi obradak, a posmično gibanje izvodi alat. Najvažniji parametri obrade su brzina rezanja, dubina rezanja i posmak. Brzina rezanja ovisi o više varijabli, kao što su materijal koji se obrađuje, o vrsti obrade (fina, gruba), o stanju obrađivane površine, o snazi stroja, o hlađenju, o alatu.



Slika 2. Sile rezanja

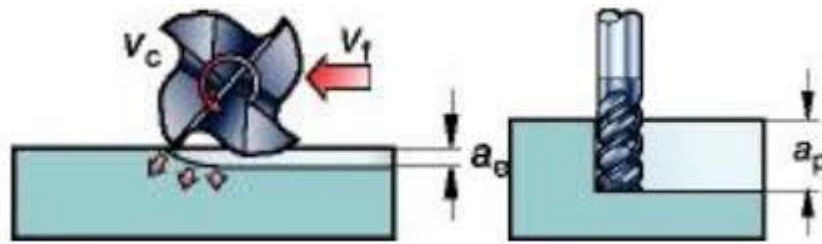
Vrste tokarilica su klasične tokarilice, CNC tokarilice, karusel tokarilice. Vrste alata za tokarenje su usko vezane uz postupak obrade, kao što su: narezivanje navoja, tokarenje konusa, odrezivanje, izrada utora itd. Suvremenije tokarilice imaju do 5osi. U mogućnosti su u jednom stezanju obrađivati sa više strana, sinkronizirano sa više pomoćnih osi.



Slika 3. CNC tokarilica HAAS

2.2. Glodanje

Glodanje je jedan od postupaka oblikovanja odvajanjem čestica. Izvodi se na alatnim strojevima – glodalicama. Glavno gibanje rotaciju izvodi alat, a posmično gibanje izvodio obradak. Najvažniji parametri obrade su brzina rezanja, dubina rezanja i posmak. Brzina rezanja ovisi o više varijabli, kao što su materijal koji se obrađuje, o vrsti o obrade (fina, gruba), o stanju obrađivane površine, o snazi stroja, o hlađenju, o alatu. Glodanje se dijeli na protusmjerno i istosmjerno. Kod suvremenih CNC glodalica i obradnih centara preferira se istosmjerno glodanje, zbog toga što noviji strojevi imaju manju zračnosti u mehanizmu vretena.



Slika 4. Glodanje

Vrste glodalica su klasične glodalice, NC i CNC glodalice, obradni centri. Suvremeni obradni strojevi imaju za cilj, da u što manje stezanja izrade traženi proizvod, zato imaju više pomoćnih osi.



Slika 5. Obradni centar

Najpreciznija podjela glodanja je prema obliku obrađene površine. Tako glodanje možemo podijeliti na čeono glodanje, konturno glodanje, glodanje utora, konusno glodanje, helical glodanje, glodanje džepova, 3D glodanje itd. Svaka vrsta glodanja zahtjeva posebne alata, te posebne parametre obrade.



Slika 6. Glodanje džepa HAAS

3. ULAZNA KONTROLA MATERIJALA

Ulazna kontrola kvalitete je proces kontroliranja kvalitete materijala ili poluproizvoda, prije nego proizvodnja počne. Ulazna kontrola obuhvaća kontrolu dimenzija, kemijskog sastava i tvrdoće. Tvrdoća se određuje pomoću uređaja za mjerenje tvrdoće, tzv. tvrdomjera, kao razlika dubine otiska utiskivanog tijela (dijamantni stožac, čelična kuglica) između dva stupnja opterećenja (početnog i ukupnog). Ispitivanje tvrdoće po Rockwellu, odnosno Brinellu, je brzo, jednostavno i otisci su mali (maksimalne dubine 0,2 mm).

3.1. Princip mjerenja tvrdoće

Udarno tijelo određene težine se ispaljuje u ispitivani predmet određenom brzinom koja ovisi o sili opruge. Mjeri se brzina udarnog tijela prije i nakon udara u udaljenosti od 1mm od ispitivane površine. Tvrdoća po Leebu se izražava kao prosječna vrijednost odnosa tih brzina.



Slika 7. Prijenosni digitalni tvrdomjer TH140 za veće odljevke (BONAP)

4. PROIZVOD I POLUPROIZVOD

4.1. Proizvod

Proizvod koji se mora izraditi, je usmjerivač vrućega zraka koji služi za predgrijavanje granulata plastike kod špricanja na ekstruderima. Unutar kućišta montira se teflonska ploča koja se preko vratila okreće po potrebi i usmjerava vrući zrak. S jedne strane kućišta montira se manji elektro-motor koji pokreće vratilo odnosno teflonsku ploču. Cijeli sklop sastoji se od sedam manjih dijelova, elektromotora, kućišta, poklopca kućišta i teflonske ploče, koja mora dobro brtviti, da ne propusti vrući zrak.

4.2. Poluproizvod

Poluproizvod kojeg ćemo obrađivati je odljevak sivog lijeva SL20, slika 8. Sivi lijev je legura željeza i ugljika, gdje se ugljik izlučuje iz legure kao grafit, i to za vrijeme skrućivanja ili pri njenom žarenju (temperiranje), pa se time postiže bolja obradivost i veća sposobnost prigušivanja vibracija.



Slika 8. Poluproizvodi – odljevci sivog lijeva

Sivi lijev se dobiva pretaljivanjem sirovog željeza i stare lomljevine željeza. Odlikuje se dobrom čvrstoćom, razmjerno malom zateznom čvrstoćom, umjerenom tvrdoćom i karakterističnom sivom bojom. Postoji nekoliko vrsti sivog lijeva: obični sivi lijev, sivi lijev srednje čvrstoće i sivi lijev velike čvrstoće. Na strukturu sivog lijeva utječe kemijski sastav i brzina hlađenja lijeva. Često se koristi za izradu blokova motora, kućišta za pumpe, grijaćih tijela itd. Mehanička svojstva i kvaliteta sivog lijeva ovisi o rasporedu, obliku i veličini izlučenih grafitnih lamela, te o strukturi metalne osnove.

Tehnološka svojstva:

- mogu se ljevati odljevci svih masivnosti
- dobra rastezljivost
- loša zavarljivost
- jeftinija proizvodnja u odnosu na druge ljevove

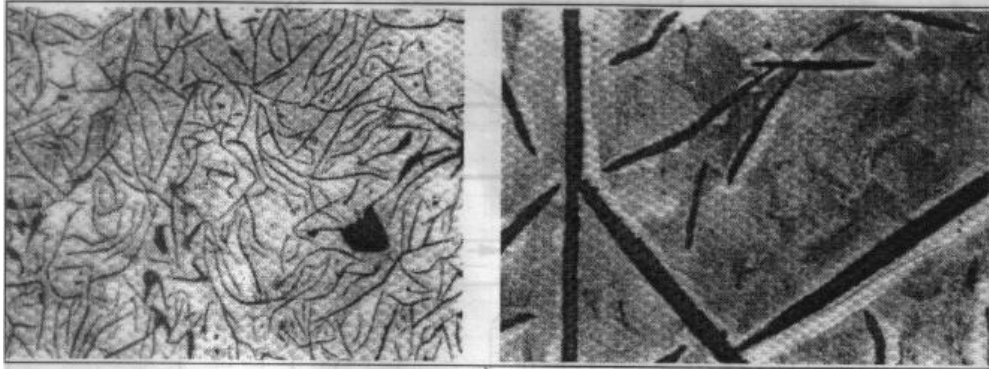
Mehanička svojstva:

- mala žilavost
- mala istezljivost
- visoka tlačna čvrstoća
- niska vlačna čvrstoća

Standardne oznake:

- SL Hrvatska (HRN)
- GG Njemačka (DIN)
- EN-GJL Europska (EN)

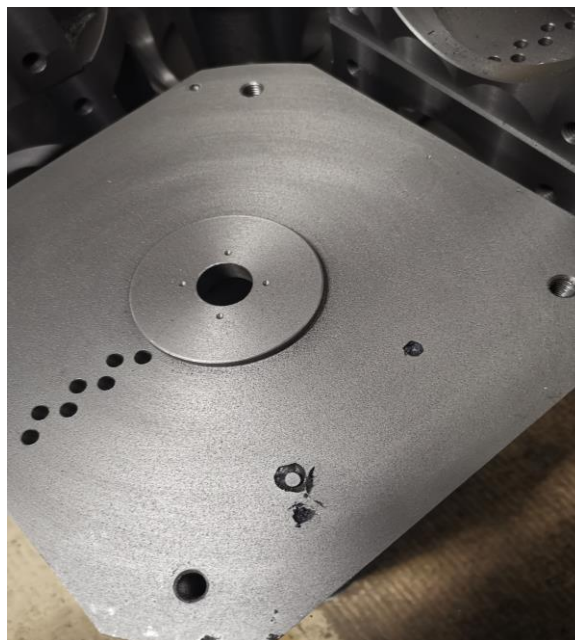
Kod sivog lijeva, veći dio ugljika se izlučuje u obliku listića (lamela) grafita. Sivi lijev je krt materijal, odlično prigušuje vibracije i dobro se obrađuje rezanjem, ima visoku otpornost na habanje i koroziju, jednostavan način lijevanja i veliku primjenu u praksi. Sivi lijev nije kovni materijal, kao legura najčešće kristalizira mješovito, rijetko stabilno.



Slika 9. Mikrostruktura sivog lijeva

Jedna od mana ljevova su pogreške, do kojih dolazi ako se ne ispune uvjeti lijevanja. Glavne skupine pogrešaka su:

- Nepravilne izrasline
- Pukotine
- Šupljine
- Nepotpunost odljevka
- Netočnost dimenzija



Slika 10. Šupljine u odljevaku

5. TEHNOLOGIJA OBRADE

| | OPERACIJSKI LIST | | BR. OPERACIJE | | |
|--------|---|----------------------|---------------|-----------|------------------------|
| | NAZIV DIJELA Kućište | BR. NACRTA 42-576 | 1 | | |
| Oznaka | NAZIV OPERACIJE | Tokarenje | MATERIJAL | SL20 | |
| | | | | | |
| Br. | OPIS RADA I ZAHVATA | ALAT | REŽIMI RADA | | |
| | | | Vc (m/min) | F (m/min) | S (min ⁻¹) |
| 1. | U četveročeljusnu steznu glavu, s mekim čeljustima, stegnuti odljevak iznutra | | | | |
| 2. | Tokarenje s čela na duljinu $151^{+0,5}$ | Desni nož | 31,4 | 0,1 | 50 |
| 3. | Grubo tokarenje po obodu na $\Phi 267^{\pm 0,1}$ | Desni nož | 31,4 | 0,1 | 50 |
| 4. | Grubo tokarenje iznutra na $\Phi 200^{-0,1}$ | Lijevi nož | 31,4 | 0,1 | 50 |
| 5. | Otpustiti i okrenuti obradak | | | | |
| 6. | Grubo tokarenje stražnje strane na mjeru $150^{+0,2}$ | Desni nož | 31,4 | 0,1 | 50 |
| 2. | Fino tokarenje s čela na duljinu $150^{\pm 0,1}$ | Desni nož | 125,6 | 0,1 | 200 |
| 4. | Fino tokarenje iznutra na $\Phi 200^{+0,15}$ | Lijevi nož | 125,6 | 0,1 | 200 |
| 7. | Istokariti stepenicu $\Phi 210,10^{+0,05}$ dubine $5^{-0,15}$ | Lijevi nož | 125,6 | 0,1 | 200 |
| 8. | Skositi oštre bridove | | | | |

| | | OPERACIJSKI LIST | | BR. OPERACIJE | |
|------------|---|-----------------------|-------------|---------------|------------------------|
| | | NAZIV DIJELA | BR. NACRTA | 2 | |
| | | Kućište | 42-576 | | |
| Oznaka | NAZIV OPERACIJE | Glodanje bočno | MATERIJAL | SL20 | |
| | | | | | |
| ▲ STEZANJE | | | | | |
| Br. | OPIS RADA I ZAHVATA | ALAT | REŽIMI RADA | | |
| | | | Vc (m/min) | F (m/min) | S (min ⁻¹) |
| 1. | U hidraulički škripac stegnuti odljevak | | | | |
| 2. | Poravnati na mjeru 220 ^{±0,1} | Glodača glava | 126 | 300 | 800 |
| 3. | Istokariti provrt na Φ125 | Alat za istokarivanje | 118 | 15 | 300 |
| 4. | Skinuti fazu provrta 3/45° | Upuštač | 50 | 400 | 2000 |
| 5. | Bušenje provrta Φ8,5 (4x), na dubinu 20 mm | Svrdlo Φ8,5 | 54 | 100 | 2000 |
| 6. | Upuštanje provrta (4x) | Upuštalo | 21 | 60 | 800 |
| 7. | Urezivanje navoja M10 na dubinu 15mm (4x) | Urežno svrdlo M10 | 10 | 450 | 300 |
| 8. | Otpustiti odljevak i okrenuti ga za 90°, 180° i 270° i ponoviti operacije | | | | |

| | OPERACIJSKI LIST | | BR. OPERACIJE | | |
|--|--|----------------------|---------------|-----------|------------------------|
| | NAZIV DIJELA Kućište | BR. NACRTA 42-576 | 3 | | |
| Oznaka | NAZIV OPERACIJE | Glodanje s čela | MATERIJAL | SL20 | |
| <p>The drawing shows a circular casting part with a diameter of 190 mm. It features a central hole with a diameter of 230 mm. The part has a thickness of 145 mm. There are four M10 threaded holes and four M8 threaded holes. The drawing includes various dimensions: 190 mm (total diameter), 145 mm (thickness), 162,60 mm (inner diameter), 81,30 mm (radius), and 28,70 mm (offset). A clamping symbol (triangle) is shown below the drawing with the label 'STEZANJE'.</p> | | | | | |
| Br. | OPIS RADA I ZAHVATA | ALAT | REŽIMI RADA | | |
| | | | Vc (m/min) | F (m/min) | S (min ⁻¹) |
| 1. | U hidraulički škripac stegnuti odljevak | | | | |
| 2. | Bušenje provrta $\Phi 8,5$ (4x), na dubinu 25 mm | Svrdlo $\Phi 8,5$ | 54 | 100 | 2000 |
| 3. | Upuštanje provrta (4x) | Upuštač | 21 | 60 | 800 |
| 4. | Urezivanje navoja M10 na dubinu 20mm (4x) | Urežno svrdlo M10 | 10 | 450 | 300 |
| 5. | Bušenje provrta $\Phi 6,8$ (4x), na dubinu 25 mm | Svrdlo $\Phi 6,8$ | 54 | 150 | 2500 |
| 6. | Upuštanje provrta (4x) | Upuštalo | 21 | 60 | 800 |
| 7. | Urezivanje navoja M8 na dubinu 20 mm (4x) | Urežno svrdlo M8 | 7,5 | 375 | 300 |

| | | OPERACIJSKI LIST | | BR. OPERACIJE | |
|----------|--|------------------------|-------------|---------------|------------------------|
| | | NAZIV DIJELA | BR. NACRTA | 4 | |
| | | Kućište | 42-576 | | |
| Oznaka | NAZIV OPERACIJE | Obrada stražnja strana | | MATERIJAL | SL20 |
| | | | | | |
| STEZANJE | | | | | |
| Br. | OPIS RADA I ZAHVATA | ALAT | REŽIMI RADA | | |
| | | | Vc (m/min) | F (m/min) | S (min ⁻¹) |
| 1. | U hidraulički škripac stegnuti odljevak | | | | |
| 5. | Bušenje provrta $\Phi 6,8$ (4x), na dubinu 25 mm | Svrđlo $\Phi 6,8$ | 54 | 150 | 2500 |
| 6. | Upuštanje provrta (4x) | Upuštaló | 21 | 60 | 800 |
| 7. | Urezivanje navoja M8 na dubinu 20 mm (4x) | Urezno svrdlo M8 | 7,5 | 375 | 300 |

6. STROJNA OBRADA ODLJEVKA NA TOKARILICI

Poluproizvod koji se obrađuje je odljevak sivog lijeva sa tehnološkim dodacima, sa po +3mm dodataka za vanjske konture, i -3mm za unutarnje konture. Prije stezanja potrebno je provjeriti dimenzije poluproizvoda, jesu li u dozvoljenim granicama ± 3 mm. Poluproizvod najprije ide na obradu na tokarilicu, kako bi se dobile baze za stezanje, koje osiguravaju paralelnost i okomitost. Pošto je odljevak kvadratnog oblika, na tokarilicu se stavlja stezna glava s četiri čeljusti, slika 11. Nakon stezanja, odljevak se poravnava s čela i sa stražnje strane, iznutra tokari do 0,2 mm do točne mjere. 0,2 mm se ostavlja za finu obradu. Odljevak se fino tokari u jednom stezanju čeono i iznutra, da bi se dobile tolerancije oblika i položaja prema zahtjevu. Dok je još odljevak stegnut, komparatorom se provjerava aksijalni i radijalni udar. Odljevak se otpušta, i mjeri s pomičnim mjerilom. Ako su mjere u tolerancijama odljevak ide na glodanje, ali ako mjere nisu u tolerancijama, potrebno je izvršiti korekciju u programu cnc stroja.



Slika 11. Stezna glava s četiri čeljusti

Operacije koje ćemo izvesti na tokarilici:

- Grubo unutarnje tokarenje
- Čeono tokarenje
- Fino unutarnje i čeono tokarenje



Slika 12. Grubo tokarenje na ciklus tokarilici

Alati koji se koriste kod tokarenja su držač s pločicom za unutarnje tokarenje i alat za poravnavanje.



Slika 13. Alat za unutarnje tokarenje

Parametri obrade za unutarnje tokarenje su:

Broj okretaja (s) – 50 min^{-1}

Posmak (f) – $0,1 \text{ m/min}$

Dubina rezanja (A_p) – 5 mm



Slika 14. Alat za čeono poravnavanje

Parametri obrade za čeono tokarenje su:

Broj okretaja (s) – 50 min^{-1}

Posmak (f) – $0,1 \text{ m/min}$

Dubina rezanja (A_p) – 3 mm

7. STROJNA OBRADA ODLJEVKA NA CNC GLODALICI

Potokareni odljevak se prije stezanja u hidraulični škripac, zbog kontrole, mjeri pomičnim mjerilom. Namjestite se svi potrebni alati i držači. Nakon toga upišu se svi parametre alata i obratka u stroj, a zatim i G cod. Odljevak je potrebno sa svake strane treba poravnati, napraviti provrte, upustiti provrte, urezati navoje M10 i M8, te istokariti provrt. Pošto je obradak prilično velik, stezanje se vrši na maloj površini, što ima za posljedicu smanjenja parametara obrade (posmak, dubina obrade A_p). Neke od pogrešaka koje se dobivaju pogrešnim odabirom parametara su vibracije, koje uzrokuju lošu obrađenu površinu (R_a ili R_z) i netočne mjere, tolerancije oblika i položaja. SHIP se ne upotrebljava, zbog toga što prašina od sivog lijeva u dodiru sa uljem ili emulzijom stvara jako čvrste grude sivog lijeva, koje mogu začepiti odvode za emulziju ili odvod odvojene čestice.

Nakon stezanja izvode se sljedeće operacije:

1. Čeono glodanje
2. Istokarivanje
3. Skidanje faze
4. Bušenje
5. Upuštanje
6. Urezivanje navoja

7.1. Čeono glodanje

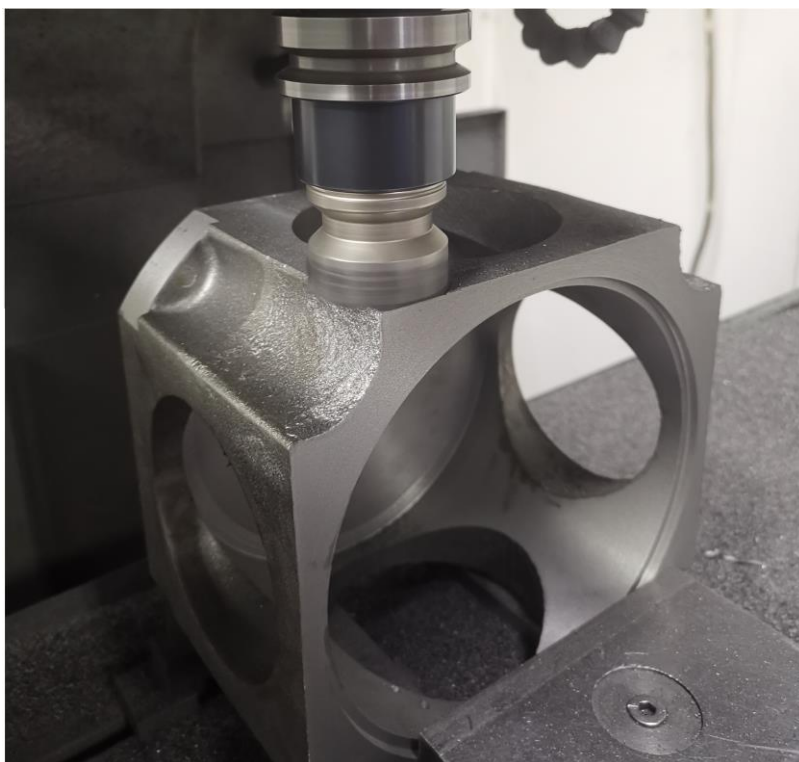
Stegne se obradak u škripac, zatim se odredi nul točku obratka. Komparatorom se provjerava stegnuti odljevak po dvije osi. Alat za glodanje biti će glodaća glava za 7 promjenjivih pločica, slika 16. Zbog lošeg stezanja, ne mogu se iskoristiti najbolji režimi rada. Čeono glodanje može biti simetrično ili nesimetrično. Kod simetričnog čeonog glodanja, glodalo obrađuje cijelom širinom, odnosno cijelim promjerom alata, a kod nesimetričnog čeonog glodanja, obrađuje samo jednim dijelom promjera, manjim od promjera. Pločice koje su korištene za čeono glodanje su LNKX 1106PN-N MM, od tvrtke ISCAR. Nakon završetka operacije, pomičnim mjerilom provjeravaju se dimenzije, a komparatorom se kontrolira udar po obrađenoj površini.

Parametri obrade:

Dubina rezanja (A_p) – 1 mm

Broj okretaja – 800 min^{-1}

Posmak – 300 m/min



Slika 15. Čeono glodanje



Slika 16. Glodaća glava s 7 promjenjivih pločica METAL KOVIS

7.2. Istokarivanje

Nakon čeonog poravnavanja, proširuje se provrt, odnosno istokariva se. Istokarivanje je postupak proširivanja, već postojećeg provrta. Alat je alat za istokarivanje (Wohlhaupter), s jednom pločicom, slika 17. Kontrola istokarivanja se vrši na način da provjerimo dimenziju provrta s pomičnim mjerilom, pa se nakon toga komparatorom ispituje udar provrta, radijalni i aksijalni.

Parametri obrade:

Broj okretaja – 300 min^{-1}

Posmak – 15 m/min



Slika 17. Alat za istokarivanje METAL KOVIS



Slika 18. Istokarivanje

7.3. Upuštanje faze provrta

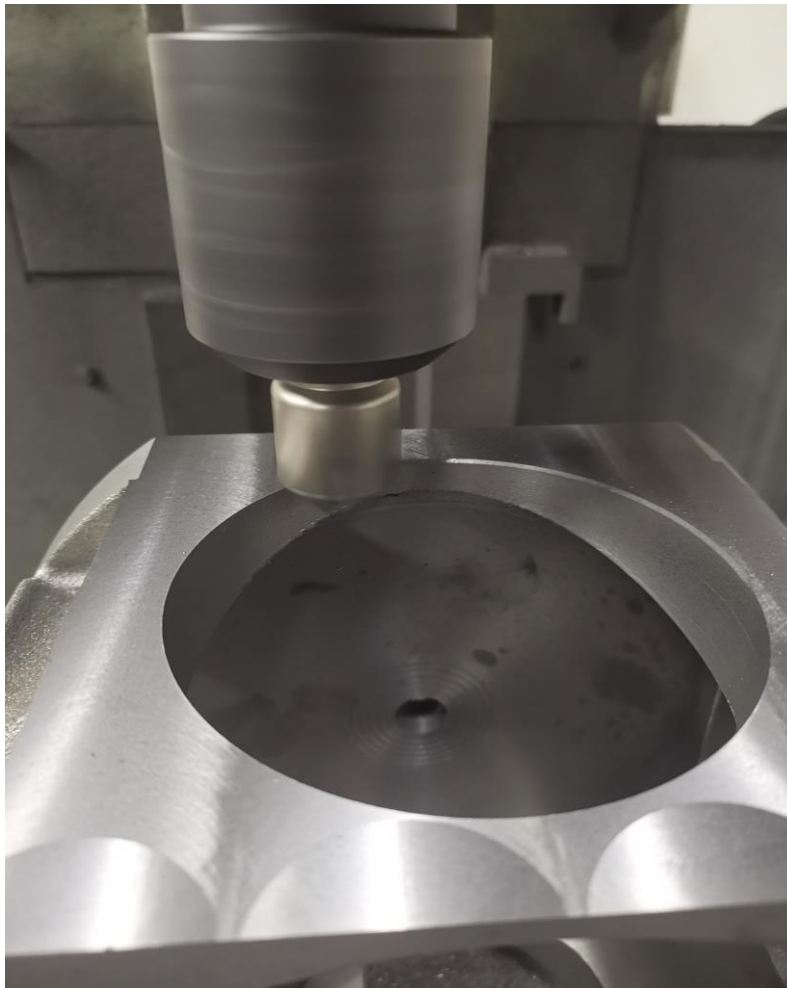
Alatom za skidanje faze s dvije trokut pločice, upušta se provrt.

Faza je $3/45^\circ$.

Parametri obrade:

Broj okretaja – 2000 min^{-1}

Posmak – 400 m/min



Slika 19. Skidanje faze $3/45^\circ$

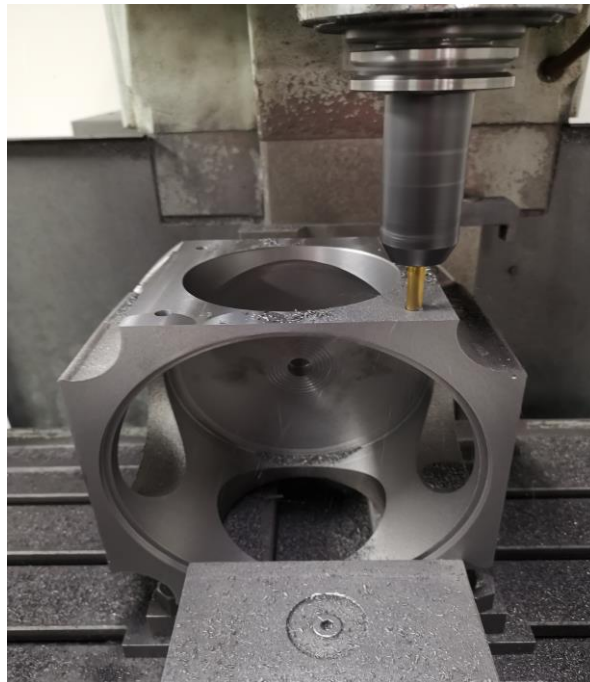
7.4. Bušenje provrta $\Phi 8,6$

Bušenje je postupak obrade odvajanjem čestica, koji se upotrebljava za bušenje provrta, ili za proširivanje postojećeg provrta na veći promjer. Alat za bušenje je svrdlo $\Phi 8,6$ od tvrdog metala, što znači da se ne mora zabušiti prethodno, slika 21. Kontrola izbušenih provrta, odvija se na način da se kontrolira širina provrta s pomičnim mjerilom i dubina provrta s dubinomjerom.

Parametri obrade:

Broj okretaja – 2000 min^{-1}

Posmak – 100 m/min



Slika 20. Bušenje provrta



Slika 21. Svrdlo METAL KOVIS

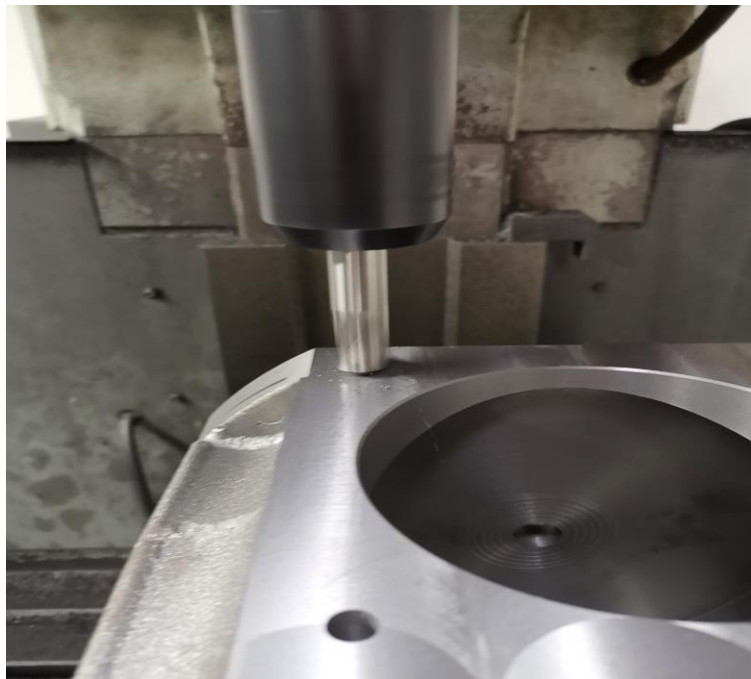
7.5. Upuštanje provrta

Prije samog urezivanja navoja, upuštaju se provrti. Upuštanje je postupak obrade odvajanjem čestica, kojim se nakon bušenja proširuje ulaz postojećeg provrta ili se izrađuju skošenja na rubovima obratka. Upuštala su rezni alati s dvije, tri oštrice, slika 23. Konus upuštala najčešće je pod 90° ili 60° .

Parametri obrade:

Broj okretaja – 800 min^{-1}

Posmak – 60 m/min



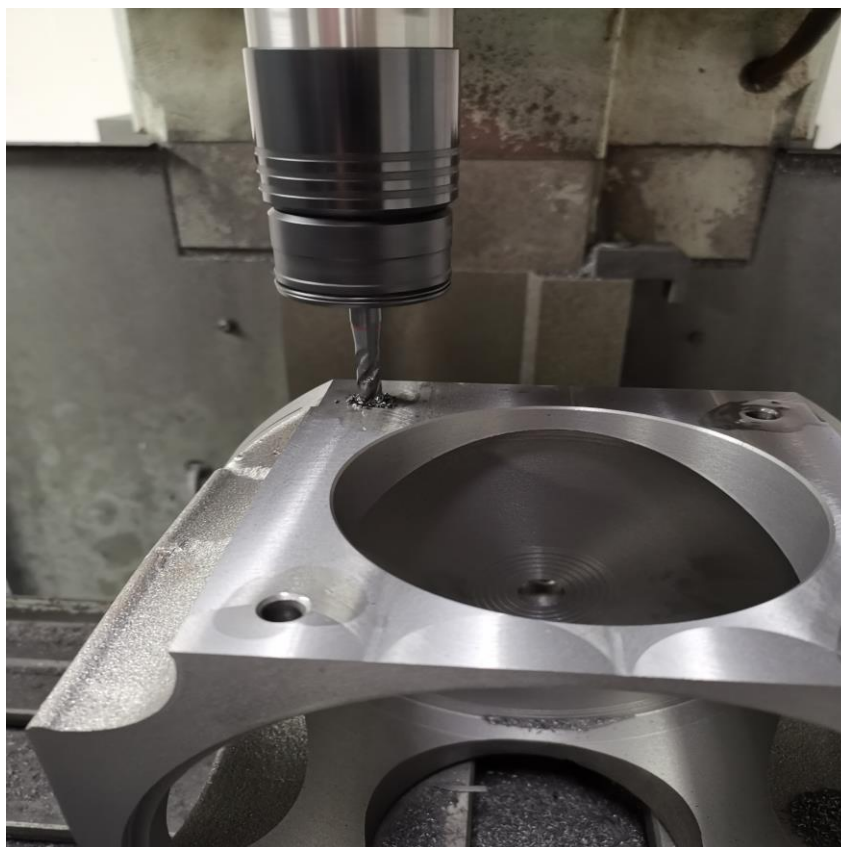
Slika 22. Upuštanje prije urezivanja navoja



Slika 23. Upuštač WURTH

7.6. Urezivanje navoja

Navoji se mogu izraditi na dva načina: urezivanjem ili oblikovanjem. U ovom slučaju se urezivaju, zbog vrste materijala obratka. Izrađuje se desnovojni standardni navoj M10, s korakom 1,50 mm. Prema standardu, provrt koji se treba izbušiti prije urezivanja navoja, je promjera 8,5 mm. Neke od pogrešaka koje se mogu dogoditi su npr., da se izbuši premali ili preveliki provrt, pa navoj ima previše ili premalo zračnosti. Kontrola navoja se odvija pomoću kontrolnih kalibara, slika 31.



Slika 24. Urezivanje navoja



Slika 25. Urezno svrdlo BAZZAR

8. ALATNI STROJEVI

Alatni stroj se uglavnom koristi u proizvodnji. Na njemu čovjek u proizvodnom procesu upravlja alatom. Osnovna svrha tih strojeva je zamjena ljudskog rada uz povećanje točnosti, produktivnosti, ekonomičnosti i drugih faktora bitnih za proizvodnju. Strojna obrada odvajanjem čestica se obavlja na alatnom stroju s unaprijed određenim alatima. Cilj ovakve vrste obrade je da se u što kraćem vremenu dobije proizvod zadovoljavajuće kvalitete.

Današnju proizvodnju ne možemo zamisliti bez uporabe alatnih strojeva. Korištenje ručnih alata i ručna obrada je skupa i prespora. U serijskoj ili masovnoj proizvodnji više nije moguće proizvoditi bez pomoći alatnih strojeva. Korištenje alatnih strojeva ima brojne prednosti, a neke od njih su: zamjena fizičkog rada radnika, smanjenje broja radnika, bolja iskoristivost alatnog stroja, smanjenje vremena rada, povećanje produktivnosti, smanjenje troškova izrade, povećana ekonomičnost.

Alatni strojevi koji su korišteni u ovom radu su NC ciklusna tokarilica i CNC glodalica.

Podaci o tokarilici:

Maksimalna duljina okretanja (hod u osi Z) 1000 mm

Maksimalni promjer okretanja iznad postelje 570 mm

Maksimalni promjer okretanja preko oslonca 340 mm

Maksimalna snaga glavnog vretena 17 kW

Promjer vretena 63 mm

Maksimalna brzina glavnog vretena 2500 min⁻¹

Duljina stroja 2750 mm

Širina stroja 1650 mm

Visina stroja 1750 mm

Masa stroja 2,8 tona



Slika 26. Tokarilica VOEST-ALPINE

Podaci o CNC glodalici:

Putanja X os 650 mm

Putanja Y os 350 mm

Putanja Z os 500 mm

Duljina stroja 2450 mm

Širina stroja 1450 mm

Visina stroja 1900 mm

Težina stroja 3,3 tone

Promjer alata max. 70mm

Maksimalni broj okretaja 5000 min⁻¹



Slika 27. CNC glodalica

9. KONTROLA, MJERENJA I MJERNA OPREMA

Mjerenje je niz postupaka koji imaju za cilj određivanje jedne ili više veličina, odnosno, mjerenje je postupak usporedbe veličine jednog ili više rezultata s referentnom vrijednosti. Mjerna oprema koja je korištena u ovom radu su komparatori, digitalno pomično mjerilo i digitalni dubinomjer. Komparatori ili mjerne ure, slika 28, su mjerni instrumenti koji ne pokazuju točnu vrijednost, nego pokazuju odklon ili odstupanje od mjere. Mogu se kontrolirati i tolerancije oblika i položaja: kružnost, pravocrtost, okomitost itd.



Slika 28. Komparator METAL-KOVIS



Slika 29. Pomično mjerilo METAL-KOVIS

Za kontroliranje navoja i provrta, koriste se kontrolni trnovi ili kontrolne matice, slika 30. Mjerno tijelo kontrolnih trnova izrađeno je od kaljenog, popuštenog, brušenog i lepanog prvoklasnog čelika. Dobre strane radnih trnova su to što se izrađuju s povećanim dimenzijama zbog trošenja prema DIN 7164. Standardni trnovi su određeni tolerancijama i dimenzijama prema DIN 1938-1, DIN 2245-1 i DIN 7164.



Slika 30. Kontrolni trn METAL KOVIS

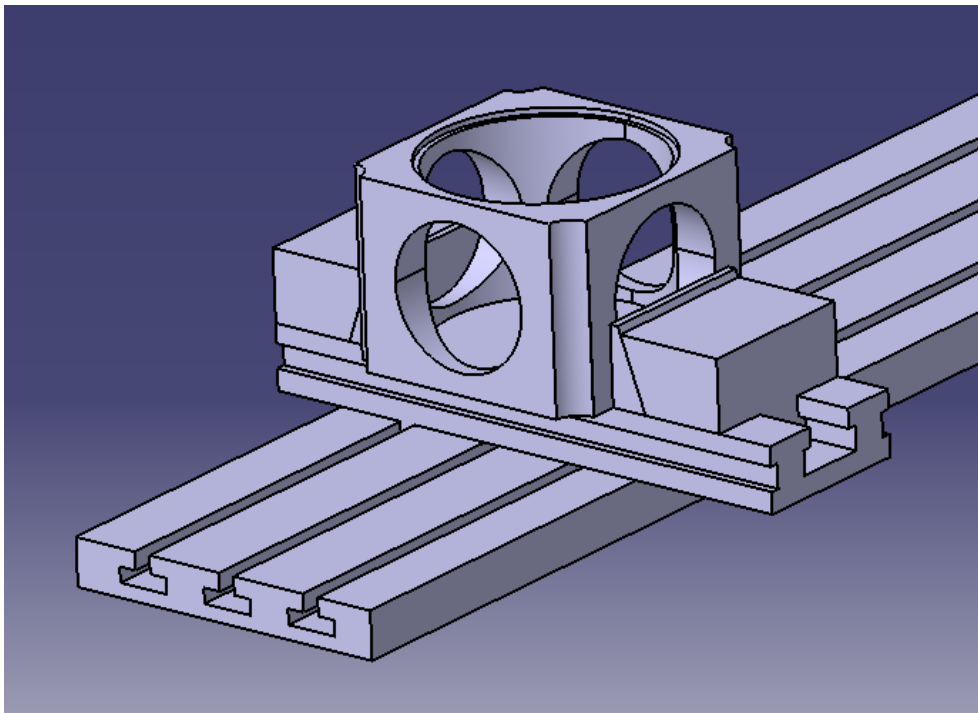
Navoji M10 su kontrolirani s kontrolnim kalibrom. Jedna strana kalibra je označena je sa IDE, a druga NE IDE (crvena strana, slika 30.). Uvijek se treba provjeriti navoj, s obje strane kalibra. Strana IDE mora odgovarati, a strana NE IDE ne smije ući u navoj.



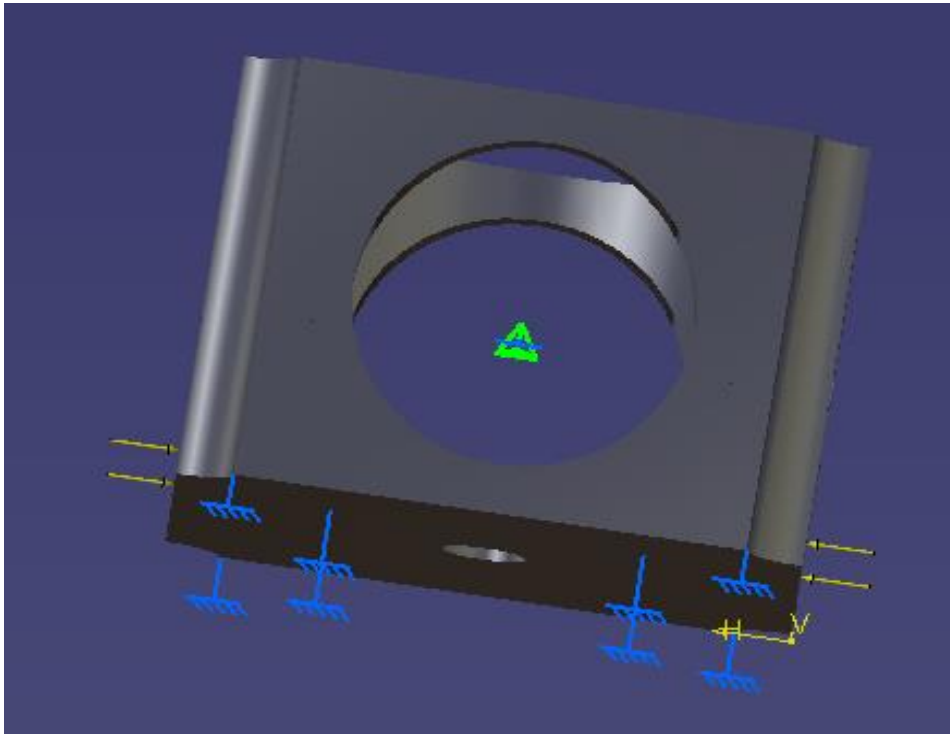
Slika 31. Kontrolni kalibar za M8

10. NAČIN I UTJECAJ STEZANJA

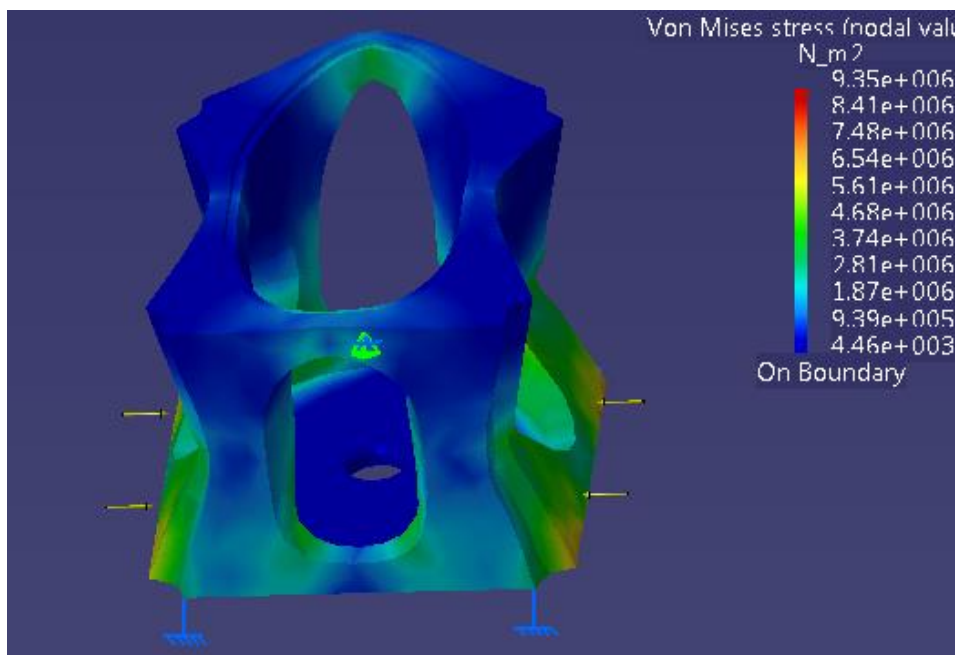
Kod strojne obrade glodanja korišten je hidraulički škripac. Hidrauličke stezne naprave imaju raspon od 10 do 80 bara, ili od 0 do 45 kN stezne sile. Stezanje se izvodilo ručno, s ključem, sa silom stezanja od oko 20 kN. Stezanje kod glodanja nije bilo moguće kvalitetnije izvesti, zbog veličine odljevka. Visina odljevka je 156mm, a stegnuli smo ga na cca. 60 mm, što znači da je odljevak bio 94mm izvan škripca, slika 32. Zbog toga se moralo prilagoditi parametre obrade, te je posmak s 500 m/min, smanjen na 300 m/min. Utjecaj stezanja na deformaciju materijala i dimenzija, nije bio jako uočljiv.



Slika 32. Prikaz stezanja

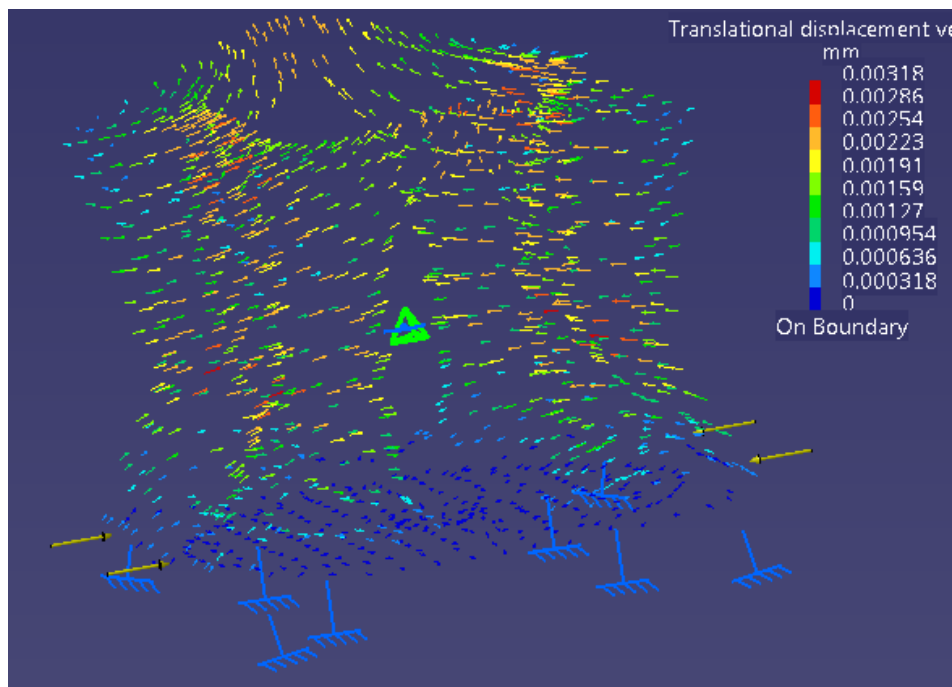


Slika 33. Prikaz djelovanja sila kod stezanja



Slika 34. Raspodjela ekvivalentnog naprezanja pri stezanju

Na slikama 33 i 34, je prikazan način stezanja, te sile koje djeluju na odljevak. Prikazane su deformacije odljevka, te kritične točke. Najveće naprezanje je 9350 kN/m^2 .

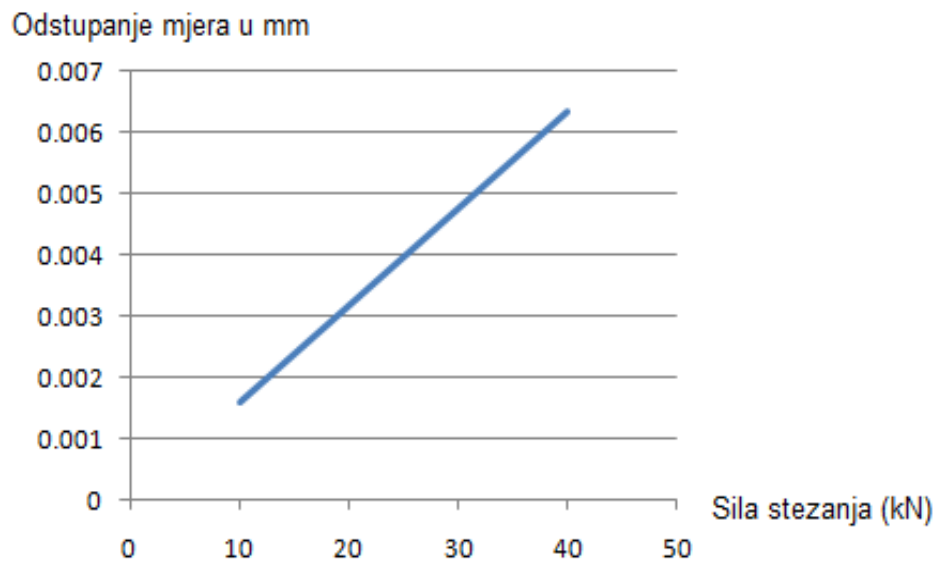


Slika 35. Utjecaj stezanja na odstupanje od dimenzija

Stežanjem silom od 20 kN, najveće odstupanje od mjere iznosi 0,00318mm, što u ovom slučaju nema značajnih posljedica.

Tablica 1. Utjecaj sile stezanja na odstupanje od dimenzija

| Sila stezanja škripca | Najveće odstupanje |
|-----------------------|--------------------|
| 10 kN | 0,00159 mm |
| 20 kN | 0,00318 mm |
| 30 kN | 0,00477 mm |
| 40 kN | 0,00636 mm |



Dijagram 1. Ovisnost sile stezanja i odstupanja mjera

Iz dijagrama 1, je uočljivo da je funkcija ovisnosti sile stezanja i odstupanja od mjera, linearna. Pa se tako iz ovog primjera može izvesti matematički model ovisnosti sile stezanja i odstupanja od dimenzija:

$$f(x) = \frac{0,00318}{20} \cdot x \quad (1.1)$$

y - odstupanje od mjere

x - sila stezanja

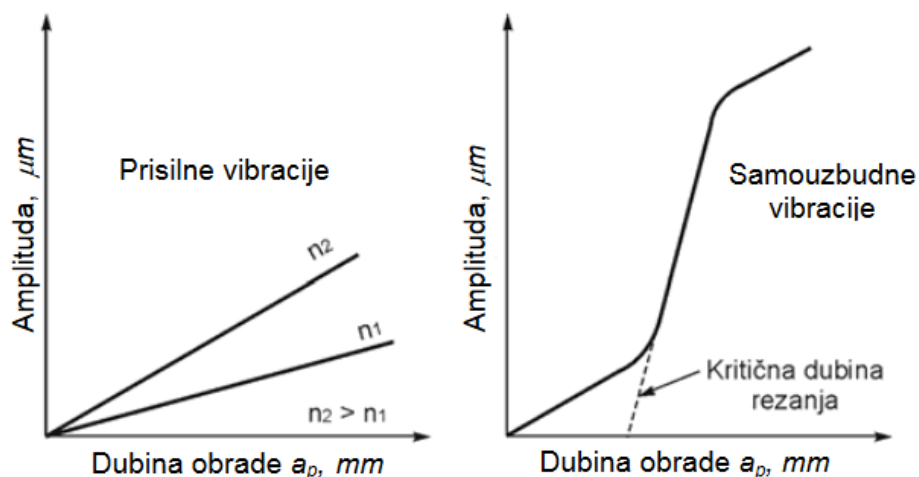
11. VIBRACIJE KOD STROJNE OBRADNE

Kod postupka obrade odvajanjem čestica, prilikom dodira alata i obratka, često dolazi do neželjenih vibracija. Ukoliko se brzina rezanja i debljina odvojene čestice tijekom obrade mijenja, možemo očekivati da će te vibracije utjecati na vijek trajanja alata, na samu površinu i dimenzije obratka. Vibracije indirektno u utječu na alat, odnosno na kvalitetu obrađene površine.

Po vrsti nastanka vibracije mogu bit slobodne, prisilne i samouzbudne. Parametri obrade također mogu uzrokovati pojavu vibracija.

Negativno djelovanje vibracija tijekom procesa obrade dovodi do :

- loša kvaliteta obrađene površine
- trošenje alata, lom alata
- smanjivanje produktivnosti procesa obrade



Slika 36. Prisilne i samouzbudne vibracije

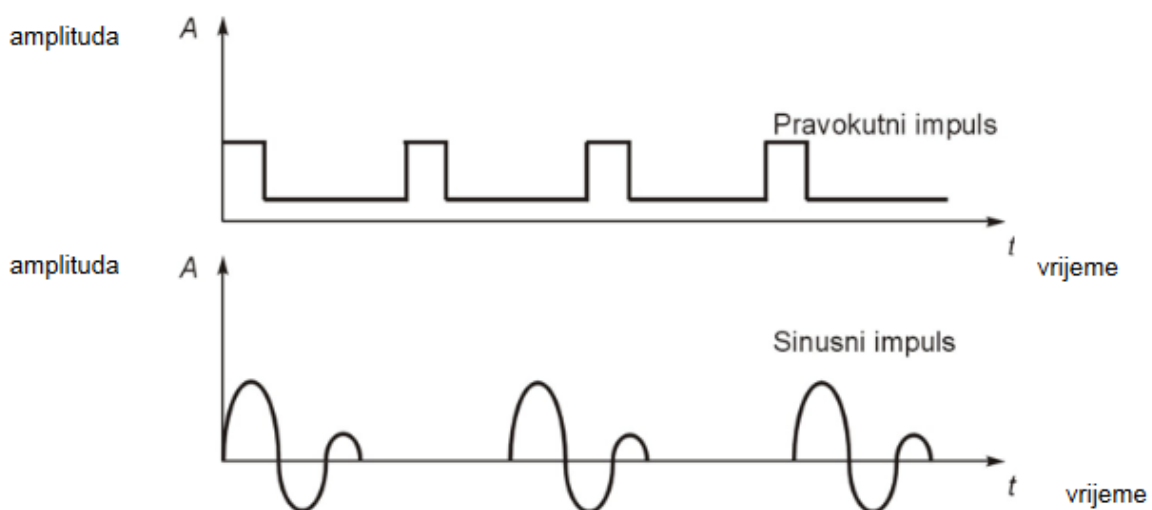
Pri strojnoj obradi na alatnom stroju na vibracije utječe oblik sirovca i njegove karakteristike, kao što je čvrstoća i tvrdoća, te termička obrada. Osim toga, na vibracije utječe i sila rezanja, rezne karakteristike alata i sami parametri obrade.

11.1. Prisilne vibracije

Prisilne vibracije alatnih strojeva mogu nastati zbog trajnog djelovanja periodične uzbudne sile (od nekih susjednih strojeva) i promjenljivih otpora rezanja (sila) tijekom procesa obrade na CNC strojevima, i to u:

- elastičnom sustavu: alatni stroj-naprava-obradak-alat
- u procesu odvajanja čestica.

Prisilne vibracije vanjskog uzroka nastaju od neuravnoteženosti rotacijskih dijelova obradnog sustava. Dakako da su, u tom slučaju, moguće i rezonancije.



Slika 37. Prikaz udarnih uzbuda

Za razliku od trajnog djelovanja uzbudne sile, kod impulsne uzbude, impuls zatrese alat, a potom slijede prigušne vibracije do pojave novog impulsa. Sinusni i pravokutni oblici impulsa pokazuju promjenu amplitude kod rotacijskih, a isto tako i kod translacijskih strojeva.

Moment pogonskog motora možemo opisati jednačbom:

$$M = k \frac{P_0}{n_0} \quad (1.2)$$

P_0 -snaga motora

n_0 - frekvencija vrtnje vretena

k - konstanta



Dijagram 2. Promjena momenta u vremenu

Uklanjanje štetnih utjecaja prisilnih vibracija u praksi može se ostvariti:

- uklanjanjem zračnosti u pokretnim dijelovima,
- uravnoteženjem pogonskog elektromotora,
- promjenom vlastite frekvencije i
- prigušenjem vibracija.

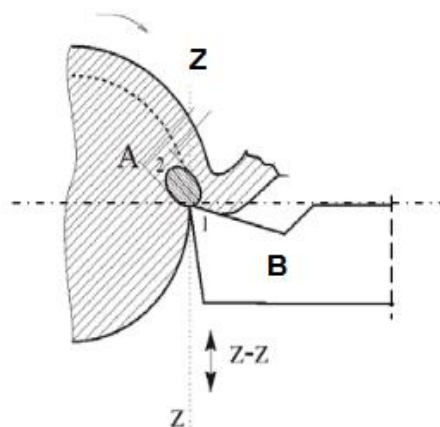
11.2. Samouzbudne vibracije

Samouzbudne vibracije ne nastaju kao posljedica djelovanja vanjskih periodičnih sila već je za pojavu samouzbudnih vibracija nužna određena unutarnja nestabilnost u samom sustavu: radno vreteno-alat-obrađak. Energetski gledano samouzbudne vibracije se napajaju iz konstantnih izvora, kao što je elektromotor, za razliku od prisilnih vibracija za koje mora postojati periodični izvor.

U procesu odvajanja čestica u realnom elastičnom sustavu može postojati veći broj fizikalnih pojava koje uzrokuju samouzobudne vibracije, a koje su ovisne o:

- karakteristikama elastičnog sustava, karakteristikama procesa odvajanja čestica i
- fizikalnim vezama koje postoje između parametara složenog elastičnog sustava i procesa odvajanja čestica.

Kada je proces odvajanja čestica ustaljen, nastaje stalna sila rezanja (ne mijenja se s vremenom), pri čemu ona izaziva statičke deformacije elemenata koji leže u ravnini djelovanja sile.



Slika 38. Prikaz gibanja alata pri odvajanju čestice i izgled površine

Kod analize samouzbudnih vibracija promatra se odvojeno obradak od alata. Oni imaju različita inercijska i elastična svojstva. Na osnovu toga mogu se uočiti tri oblika samouzbudnih vibracija:

- samouzbudne vibracije koje nastaju pri malim brzinama odvajanja čestica (2-60 m/min), imaju i nisku frekvenciju (do nekoliko stotina Hz) . Te vibracije su karakteristične za sustav obradak – alat – stroj i bliskih su frekvencija, a izazivaju valovitost obrađene površine, proizvode buku niskog tona, mogu oštetiti obradak i izazvati lom alata ili dijela stroja. Vibracije niske frekvencije ne utječu značajno na postojanost alata od tvrdog metala.
- samouzbudne vibracije visoke frekvencije (do 6000 Hz) koje se javljaju pri odvajanju čestica s visokim brzinama, oko 150 – 200 m/min. Te frekvencije su bliske vlastitim frekvencijama alata. Proizvode buku visokog tona, a na površini obratka uzrokuju malu valovitost. Vibracije visoke frekvencije utječu na postojanost alata od tvrdog metala jer skraćuju vrijeme trajanja oštrice.
- samouzbudne vibracije vrlo niske frekvencije nastaju u mehanizmu za posmično gibanje radnog alata.

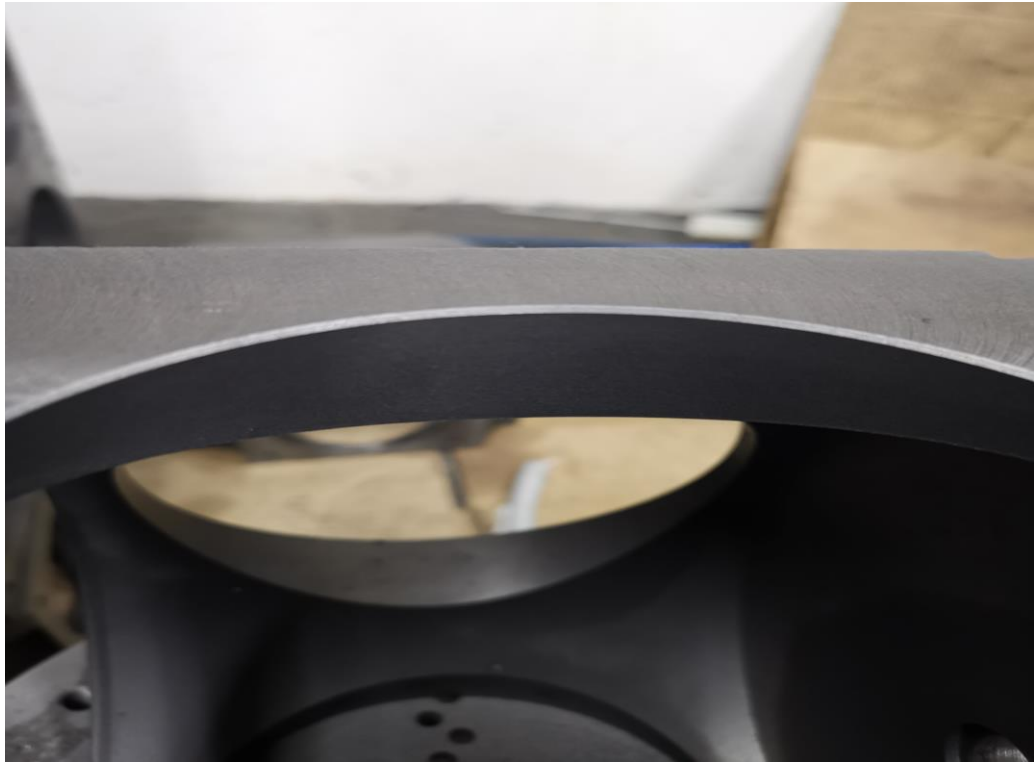
Konkretno, neki od uzoraka vibracija koji su uočene tijekom obrade su:

1. Nekvalitetno stezanje

– jedan od čestih uzoraka vibracija. Kod većih sirovaca, poluproizvoda, dešava se da alat djeluje silom na obradak, na relativno velikoj odaljenosti od stezne naprave. Tada se stvara veliki moment sile, koji izaziva vibracije. Za takve situacije, moraju se koristiti jake stezne naprave ili konstrukcije, te prilagođeni parametre obrade.

2. Nehomogenost materijala obrade

– na obratku mogu postojati zone različitih svojstava materijala. Posljedica nehomogenosti materijala je promjenjiva sila rezanja, koja se javlja tijekom obrade.



Slika 39. Prikaz kvalitetne površine kod istokarivanja



Slika 40. Posljedice vibracija zbog nehomogenosti materijala

12. ODRŽAVANJE DIJELOVA STROJEVA KOJI UTJEČU NA VIBRACIJE

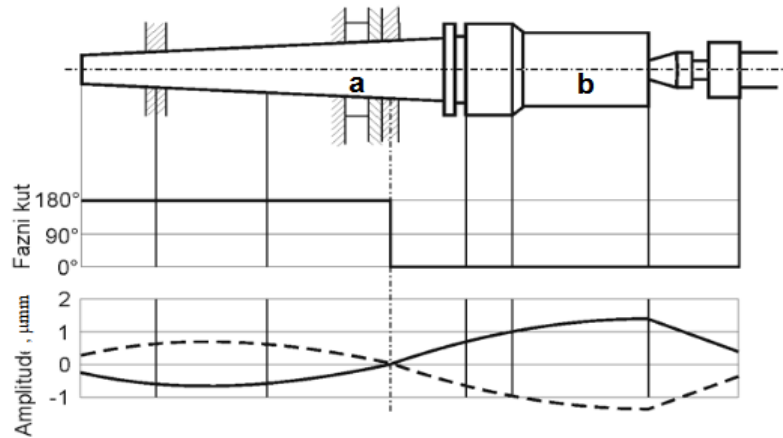
Održavanje je jedan od važnijih aspekata u postrojenjima alatnih strojeva. Dijelovi alatnih strojeva su opterećeni, čak i kad nisu u pogonu. Uzroci nastanka mogu biti zbog uporabe, ali i zbog starosti dijelova, umora materijala. Zbog trošenja, nastaju oštećenja i kvarovi strojeva koji mogu dovesti do prekida proizvodnje. Održavanje nema samo cilj popravljati ili zamijeniti pokvareno, već razumjeti pojedine elemente sustava i način na koji se ti elementi koriste. Strojeve treba održavati prema preporuci proizvođača i prema godišnjem planu održavanja. Zbog neredovitih kontrola dijelova strojeva, često dolazi do nepotrebnih zastoja u proizvodnji.

Dijelovi koji najviše utječu na vibracije, odnosno točnost obrade su:

- radno vreteno
- pogonski sklop motor - reduktor
- vodilice

12.1 Radno vreteno

Kod analize vibracija sustava alatnog stroja radno vreteno ima značajnu ulogu, odnosno krutost radnog vretena. Krutost radnog vretena ovisi o materijalu, uležištenju, kao i o samo konstrukciji. Kinematička točnost i krutost dijelova radnog vretena su važni faktori za određivanje kvalitete obrade i efikasnosti rezanja. Koeficijent mjerenja karakteristika dijelova vretena je prilagodljivost rotacijske preciznosti, krutosti i brzine.



Slika 41. Vibracije radnog vretena

Točnost vrtnje vretena, radijalna i aksijalna, koja znatno utječe na preciznost obrade, uglavnom se postiže montažom kvalitetnih vretena i ležišta. Dinamička i statička čvrstoća, uglavnom ovisi o krutosti savijanja vretena, krutosti i prigušivanju ležišta. Mehaničko održavanje vretena se bazira na smanjivanju temperature ležišta, a izvodi se tako da ležište podmažemo uljem.

12.2. Pogonski sklop motor - reduktor

Osim vretena, najznačajniji uzročnik vibracija je pogonski sklop s redukcijom. U sklop stroja nalaze se dijelovi za prijenos snage i okretnog momenta, kao što su zupčanici, vratila, ležajevi. Održavanje pogonskog sklopa uglavnom se postiže zamjenom ležajeva, ili dotrajalih zupčanika. Svaki ležaj ima preporučeni broj sati u pogonu, nakon čega bi ga trebali zamijeniti. Zupčanici su također potrošni, te ih treba kontrolirati, i u slučaju da su na nekim dijelovima zubi potrošeni, zamijeniti.

12.3. Vodilice

Vodilice su dijelovi stroja koji služe za povezivanje pokretnih i nepokretnih dijelova strojeva. Pokretni dio može biti klizač ili suport. Vodilice se dijele na klizne (hidrodinamičke ili hidrostatske) i kotrljajuće. Funkcije vodilice su:

- nošenje
- vođenje
- učvršćivanje

Zračnost kod vodilica može stvarati vibracije, i netočnost obrade. Zračnost se provjerava listićima za kontrolu zračnosti, mjernim satovima, pomoću komparatora ili provjerom lakoće kretanja klizača ili supporta. Za točnost obrade i izbjegavanje vibracija, zračnost između vodilica mora biti minimalna. Vodilice se prije postavljanja na postolje stroja, moraju indukcijski kaliti, a zatim fino brusiti. Održavanje vodilica se bazira na svakodnevnom čišćenju od odvojene čestice, pogotovo od odvojene čestice sivog lijeva, koji djeluje abrazivno. Klizne staze se moraju često podmazivati, zbog zaštite od korozije. U slučaju oštećenja kliznih staza, preporuča se fino brušenje.

13. ZAKLJUČAK

Unatoč preporukama proizvođača, i optimalnim brzinama rezanja, ne mogu se uvijek iskoristiti najbolji režimi obrade. Mnogo toga ovisi o načinu stezanja, dimenzijama sirovca, materijalu sirovca, snazi stroja, kao i o reznom alatu. U tehnologiji obradi odvajanja čestica, uvijek se traži veća produktivnost, a da ujedno kvaliteta ostane na visokom nivou. Veće vrijednosti parametara rezanja imaju i svoje nedostatke. Toplina koja nastaje u dodiru alata i obratka, u tom slučaju, može imati negativan utjecaj na rezni alat, ali isto tako i na sami obradak. Materijal koji se obrađuje, ima velik utjecaj na tijek obrade odvajanjem čestica, odnosno njegova struktura. Osim toga, ne smije se zanemariti utjecaj stezanja, pogotovo kod materijala koji nemaju visoku vlačnu čvrstoću. U ovom slučaju sivi lijev, je vrlo dobro obradljiv, i na njega ne utječu značajno sile stezanja. Dijelove alatnih strojeva koji imaju najveći utjecaj na vibracije, treba kontrolirati, i održavati. Odljevci koji su složenije konstrukcije, različitih debljina stjenke, potrebno je sporo hladiti nakon lijevanja, da bi se izbjegla zaostala naprezanja i povećala strojna obradivost.

14. POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Proizvodni sustav..... | 2 |
| Slika 2. Sile rezanja..... | 3 |
| Slika 3. CNC tokarilica HAAS..... | 4 |
| Slika 4. Glodanje..... | 5 |
| Slika 5. Obradni centar..... | 5 |
| Slika 6. Glodanje džepa HAAS..... | 6 |
| Slika 7. Prijenosni digitalni tvrdomjer TH140 za veće odljevke BONAP..... | 7 |
| Slika 8. Poluproizvodi - odljevci sivog lijeva..... | 8 |
| Slika 9. Mikrostruktura sivog lijeva..... | 10 |
| Slika 10. Šupljine u odljevku..... | 10 |
| Slika 11. Stezna glava s četiri čeljusti..... | 15 |
| Slika 12. Grubo tokarenje na ciklus tokarilici..... | 16 |
| Slika 13. Alat za unutarnje tokarenje..... | 16 |
| Slika 14. Alat za čeono poravnavanje..... | 17 |
| Slika 15. Čeono glodanje..... | 19 |
| Slika 16. Glodaća glava s 7 promjenjivih pločica METALKOVIS..... | 19 |
| Slika 17. Istokarivanje..... | 20 |
| Slika 18. Alat za istokarivanje..... | 20 |
| Slika 19. Skidanje faze 3/45°..... | 21 |
| Slika 20. Bušenje provrta..... | 22 |
| Slika 21. Svrđlo METALKOVIS..... | 22 |
| Slika 22. Upuštanje prije urezivanja navoja..... | 23 |
| Slika 23. Upuštač WURTH..... | 23 |
| Slika 24. Urezivanje navoja..... | 24 |

| | |
|---|----|
| Slika 25. Urezno svrdlo BAZZAR..... | 24 |
| Slika 26. Tokarilica VOEST-ALPINE..... | 26 |
| Slika 27. CNC glodalica..... | 27 |
| Slika 28. Komparator METALKOVIS..... | 28 |
| Slika 29. Pomično mjerilo METALKOVIS..... | 28 |
| Slika 30. Kontrolni trn METALKOVIS..... | 29 |
| Slika 31. Kontrolni kalibar za M8..... | 29 |
| Slika 32. Prikaz stezanja..... | 30 |
| Slika 33. Prikaz djelovanja sila kod stezanja..... | 31 |
| Slika 34. Raspodjela ekvivalentnog naprezanja pri stezanju..... | 31 |
| Slika 35. Utjecaj stezanja na odstupanje od dimenzija..... | 32 |
| Slika 36. Prisilne i samouzbudne vibracije..... | 34 |
| Slika 37. Prikaz udarnih uzbuda..... | 35 |
| Slika 38. Prikaz gibanja alata pri odvajanju čestice i izgled površine..... | 37 |
| Slika 39. Prikaz kvalitetne površine kod istokarivanja..... | 39 |
| Slika 40. Posljedice vibracija zbog nehomogenosti materijala..... | 39 |
| Slika 41. Vibracije radnog vretena..... | 41 |

15. POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|--------|-------------------|------------------|
| Vc | m/min | Brzina rezanja |
| f | m/min | Posmično gibanje |
| s | min ⁻¹ | Broj okretaja |
| Ap | mm | Dubina rezanja |
| M | Nm | Moment |
| t | s | Vrijeme |

16. POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Utjecaj sile stezanja na odstupanje od dimenzija..... | 32 |
|--|----|

16. LITERATURA

1. Šavar Š., Obrada odvajanjem čestica II dio FSB; Zagreb 1990.
2. Kraut B., Krautov strojarski priručnik AXIOM, Zagreb 1997.
3. Pavić A., Obrada odvajanjem čestica, Veleučilište u Karlovcu 2007.
4. Doktorska disertacija "Optimiziranje vibracijskog stanja u postupku obrade tokarenjem", dr. sc. Milenko Stegić, Zagreb 2004.
5. Udiljak T., Postupci obrade odvajanjem, Zagreb 2006.
6. Filetin T., Svojstva i primjena materijala, FSB, Zagreb, 2002.
7. www.strojopromet.com
8. www.quama.io/hr/ulazna-i-izlazna-kontrola-kvalitete/
9. ISŠ: Mjerenje i kontrola u alatničarstvu
10. Runje V., Mjerenje dimenzija
11. www.rotometal.hr
12. <http://bonap-iccz.cz/hr/analiza-materijala/>
13. Dž. Tufekčić, Obrada rezanjem i alatne mašine
14. M. Stegić, Teorija vibracija linearnih diskretnih matematičkih sustava
15. Z. Haračić, Optimizacija obrade struganjem
16. V. Mečanin, Tehnološki procesi automatske proizvodnje
17. www.fsb.hr/kas
18. Tehnička enciklopedija, 1992.
19. www.iscar.hr
20. F. Vodenik, Studij i analiza vremena izrade

21. www.mazak.com
22. www.spinner.de
23. R. Cebalo, Alatni strojevi i obradni sustavi
24. R. Cebalo, Visokobrzinska obrada
25. www.sandvik.coromant.com
26. J. Stanić, Teorija obrade metala 1
27. Inženjerski priručnik IP4, Zagreb 1998.
28. www.titex.com
29. www.fesb.hr
30. www.energy-machine.com
31. Decker K.H., Elementi strojeva, 1975.

