

SIGURNOST PRI RADU ZA OPERATERA NA CNC STROJU

Žalac, Ana Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:128:888137>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-26**



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
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ana Marija Žalac

SIGURNOST PRI RADU ZA OPERATERA NA CNC STROJU

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Ana Marija Žalac

Safety at work for the CNC machine operator

Final paper

Karlovac, 2024.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Ana Marija Žalac

SIGURNOST PRI RADU ZA OPERATERA NA CNC STROJU

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
prof. dr. sc. Budimir Mijović

Karlovac, 2024.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2024.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Ana Marija Žalac

Matični broj: 0248062333

Naslov: **Sigurnost pri radu za operatera na CNC stroju**

Opis zadatka: U radu će biti opisan nastanak CNC strojeva i glavna podjela sa njihovim karakteristikama. Kroz procjenu rizika analizirat će se su opasnosti, štetnosti i naponi koji su prisutni za CNC operatera pri obavljanju radnih zadataka. Zatim su predložene mjere zaštite na radu, osobna zaštitna sredstva i pravila ponašanja na radnom mjestu. Na kraju će se napraviti usporedba razina buke strojeva, mjerena u privatnoj firmi za strojnu obradu metala.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

12.04.2024.

23.05.2024.

06.06.2024.

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

prof. dr. sc. Budimir Mijović

mag. ing. cheming., pred. Lidija Jakšić

PREDGOVOR

Kombinirajući teorijsko znanje koje sam stekla tijekom studija s praktičnim iskustvom koje sam stekla kroz rad, samostalno sam izradila ovaj završni rad.

Ovom prilikom želim iskazati iskrenu zahvalnost svojoj obitelji i zaručniku na podršci koju su mi pružili, kao i svim prijateljima stečenim kroz studij na savjetima i nesebičnoj pomoći tijekom svih ovih godina

Također, želim izraziti zahvalnost nastavnicima i asistentima na Veleučilištu u Karlovcu za preneseno znanje, posebno mentoru prof. dr. sc. Budimiru Mijoviću na stručnom vodstvu, korisnim informacijama i smjernicama, olakšavajući proces pisanja ovog završnog rada.

SAŽETAK

U uvodu ovog rada naveden je kronološki razvoj CNC strojeva, ističući ključna otkrića koja su oblikovala njihovu evoluciju. U podjeli i karakteristikama CNC strojeva, posebno pažnja je posvećena konvencionalnim strojevima. Nadalje, kroz analizu osnovne konstrukcije, upravljanja i održavanja CNC strojeva, dobit ćemo dublji uvid u radno okruženje CNC operatera. Prikupljajući podatke i analizirajući radno okruženje, identificirane su potencijalne opasnosti, štetnosti i naponi s kojima se susreću na radnom mjestu. Razmotreni su planovi i strategije za uklanjanje ili smanjenje tih rizika, kako bismo poboljšali sigurnost i produktivnost. U eksperimentalnom dijelu istraživanja provedeno je mjerenje razine buke kod strojeva otvorenog i zatvorenog tipa. Na temelju dobivenih rezultata, izvršena je usporedba razine buke te su predložene konkretne mjere za smanjenje iste. Ovaj rad ima za cilj pružiti relevantne informacije i smjernice za poboljšanje radnog okruženja CNC operatera, s naglaskom na očuvanje zdravlja i dobrobiti radnika.

Ključne riječi: CNC strojevi, CNC operater, mjere sigurnosti, smanjenje rizika.

SUMMARY

In the introduction of this final paper, the chronological development of CNC machines is outlined, highlighting key discoveries that have shaped their evolution. In the classification and characteristics of CNC machines, particular attention is given to conventional machines. Furthermore, through the analysis of basic construction, operation, and maintenance of CNC machines, we aim to gain a deeper understanding of the working environment of CNC operators. By collecting data and analyzing the work environment, potential hazards, harmful effects, and challenges encountered in the workplace are identified. Plans and strategies are discussed for eliminating or reducing these risks to improve safety and productivity. In the experimental part of the research, noise levels are measured for both open and closed types of machines. Based on the obtained results, a comparison of noise levels is conducted, and specific measures for noise reduction are proposed. This part of the research aims to provide relevant information and guidelines for improving the working environment of CNC operators, with a focus on preserving their health and well-being.

Keywords: CNC machines, CNC operator, safety measures, risk reduction.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| ZADATAK ZAVRŠNOG RADA | I |
| PREDGOVOR | II |
| SAŽETAK | III |
| SUMMARY | IV |
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Povijesni razvoj numeričkog upravljanja | 2 |
| 1.2. Osnovna podjela CNC strojeva | 2 |
| 1.3. Tehničke karakteristike CNC strojeva | 3 |
| 2. KONSTRUKCIJA I UPRAVLJANJE CNC STROJA | 6 |
| 2.1. Osnovna konstrukcija | 6 |
| 2.2. Pogonski sustav | 8 |
| 2.3. Sustav upravljanja | 10 |
| 3. ODRŽAVANJE CNC STROJA | 11 |
| 4. PLANIRANJE PROIZVODNJE | 12 |
| 4.1. Proizvodni proces strojne obrade | 13 |
| 4.2. Faze projektiranja tehnološkog procesa | 14 |
| 5. PROCJENA RIZIKA ZA RADNO MJESTO CNC OPERATER | 16 |
| 5.1. Prikupljanje podataka na mjestu rada | 16 |
| 5.2. Analiza i procjena prikupljenih podataka | 18 |
| 5.2.1. Opasnosti | 18 |
| 5.2.2. Štetnosti | 20 |
| 5.2.3. Napori | 22 |
| 5.3. Planovi mjera za uklanjanje ili smanjivanje opasnosti, štetnosti i napora | 23 |
| 6. MJERE ZAŠTITE NA RADU | 24 |
| 6.1. Upute za rad na siguran način | 24 |
| 6.2. Tehničke mjere zaštite | 25 |
| 6.3. Mjere koje se odnose na radnika | 26 |
| 6.4. Osobna zaštitna sredstva i oprema | 27 |

| | |
|---|----|
| 7. PRIMJER ZAŠTITE NA RADU ZA OPERETERA NA CNC | |
| STROJU | 29 |
| 7.1. Općenito o buci | 29 |
| 7.2. Mjerna oprema i podaci..... | 30 |
| 7.3. Ispitivanje buke | 31 |
| 7.4. Rezultati ispitivanja buke..... | 31 |
| 7.5. Korektne mjere za smanjenje razine buke..... | 32 |
| 8. ZAKLJUČAK | 33 |
| 9. LITERATURA | 34 |
| 10. PRILOZI | 36 |

1. UVOD

Obrada odvajanjem čestica je ključna grana u strojarskoj industriji danas, koja se kontinuirano razvija. Velik dio dijelova strojeva se obrađuje kroz postupke ovog tipa obrade, što čini gotovo 80% ukupnog volumena. Ova tehnika obuhvaća različite procese kojima se od sirovog materijala uklanja određena količina čestica radi oblikovanja gotovih proizvoda. Za ovaj proces koriste se alatni strojevi s precizno definiranim tehnikama i parametrima kako bi se osigurala visoka kvaliteta proizvoda u što kraćem vremenskom roku [1].

Primarna razlika između klasičnih alatnih strojeva i CNC¹ strojeva leži u načinu upravljanja. Klasični strojevi zahtijevaju ručno upravljanje, gdje operater izravno manipulira kontrolama stroja kako bi obavio određene radnje. S druge strane, CNC strojevi koriste naprednu računalnu tehnologiju za upravljanje, što omogućuje preciznije i složenije radnje. Osim toga, CNC strojevi često imaju veći stupanj automatizacije i omogućuju programiranje, što rezultira povećanom produktivnošću i smanjenjem mogućnosti ljudske pogreške [2].

Kako bi proizvodi zadovoljili tržišne standarde, važno je osigurati da radnici budu adekvatno obučeni i da imaju odgovarajuće uvjete rada. Rad na strojevima za obradu odvajanjem čestica nosi svakodnevne rizike od ozljeda, što može rezultirati ozbiljnim ekonomskim gubicima za tvrtku. Stoga, radnici koji upravljaju CNC strojevima trebaju imati odgovarajuće kvalifikacije i biti svjesni potrebnih sigurnosnih mjera [3]. Osim mehaničkih ozljeda, opasnosti uključuju i mogućnost odletavanja dijelova strojeva ili čestica, što zahtijeva posebne zaštitne mjere. Kako bi se osigurala sigurnost radnika, važno je kontinuirano raditi na preventivnim mjerama, ne samo kroz obuku radnika već i kroz poboljšanje sigurnosnih standarda na samim strojevima.

¹ eng. *Computer Numerical Control*, u daljnjem tekstu CNC

1.1. Povijesni razvoj numeričkog upravljanja

Početak 1947., John T. Parsons je postavio temelje numeričkog upravljanja koristeći inovativnu tehniku "bušenih traka" za precizno vođenje alata pri izradi helikopterskih propelera. Taj je korak bio prekretnica u industriji, omogućavajući veću preciznost i učinkovitost u proizvodnji. Nakon toga, razvoj numerički upravljanih alatnih strojeva nastavio se dalje. Prvo su konstruirane tokarilice s navojnim vretenom, a zatim su uslijedile "bušene trake" koje su revolucionirale automatizaciju procesa rada. Uvođenje servomotora dodatno je unaprijedilo tehnologiju, omogućujući ponavljanje operacija putem kopiranja i postizanje veće konzistentnosti u proizvodnji. U 1960-ima, počela je primjena računalnog numeričkog upravljanja ili CNC tehnologije u civilnoj industriji, a odlučujući trenutak bio je dolazak mikroprocesora 1972. godine. Ugrađeni mikroprocesori u upravljačke jedinice promijenili su igru, omogućujući CNC strojevima obavljanje raznovrsnih zadataka s većom preciznošću i efikasnošću nego ikad prije. U Hrvatskoj tvornica Prvomajska iz Zagreba je prva nabavila numerički upravljaju konzolnu glodalicu 1969. Sharmann FB100 s upravljačkom jedinicom Dekamat, a sama je počela serijski proizvoditi numerički upravljane strojeve od 1978. godine [4].

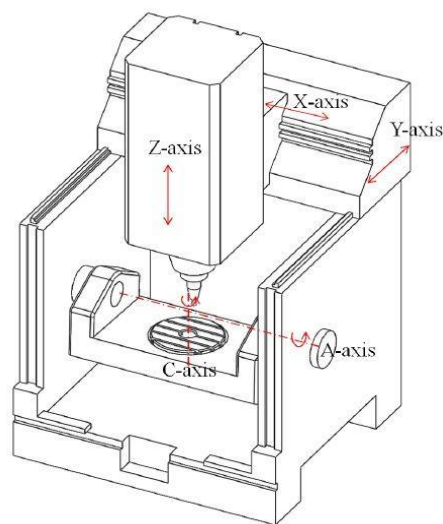
1.2. Osnovna podjela CNC strojeva

CNC strojevi obično spadaju u jednu od dvije opće kategorije: konvencionalna tehnologija strojne obrade i nova tehnologija strojne obrade. Obje vrste imaju svoje prednosti i nedostatke [5]. Neki od konvencionalnih CNC strojeva su glodalice koje su i najčešće korišteni CNC strojevi. One koriste rotacijske alate za obradu odvajanjem čestica te mogu obavljati razne funkcije kao što su bušenje, istokarivanje, „uvaljivanje“ navoja, urezivanje navoja i slično. Sljedeći po redu su tokarski strojevi koji za razliku od glodalica imaju stacionarni alat, dok se obradak rotira te se time vrši obrada odvajanjem čestica.

Neki od konvencionalnih strojeva su također bušilice, brusilice, strojevi za probijanje lima te ostali specijalizirani strojevi za konvencionalnu obradu odvajanja čestica. Nekonvencionalni strojevi za obradu odvajanjem čestica su strojevi koji koriste rezni alat bez oštrice. Dolaskom novih materijala kao što su nehrđajući čelici, titan, legure na bazi nikla, kobalta i drugih, nametnula se potreba za novim načinima obrade jer se postojećim konvencionalnim postupcima, zbog zahtjevnosti obrade nisu mogli ispuniti potrebni zahtjevi proizvoda. Takvi moderni postupci obrade odvajanjem nazvani su nekonvencionalnim postupcima obrade zbog toga što su temeljeni na drugačijim principima obrade u odnosu na konvencionalne postupke. Samim time došlo je do pojave novih CNC strojeva kao što su erozimati sa žicom, odnosno žigom, CNC upravljani laseri, plazme te ostali.

1.3. Tehničke karakteristike CNC strojeva

Ovisno o vrsti stroja tehničke karakteristike CNC stroja mogu značajno varirati, te ovisiti o njegovoj primjeni i proizvođaču. Nekoliko uobičajenih tehničkih karakteristika koje se često nalaze u CNC strojevima su broj osi, odnosno mogu imati različit broj osi pokreta. Osnovna podjela je na strojeve s 2, 3, 4 i 5 osi, koji omogućuju različite razine složenosti obrade materijala. (Kao na primjer tokarilica sa dvije osi X i Z, odnosno tokarilica sa 3 osi X,Z,C, ili sa dodanom Y osi, kao i glodalice na primjer X,Y,Z,A,C kao što je prikazano na slici 1.)



Slika 1. 5-osna glodalica

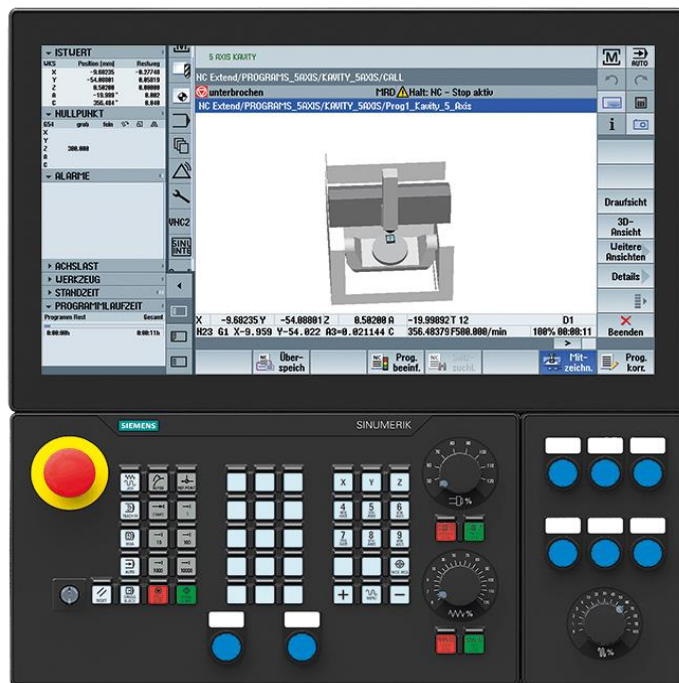
Radni prostor je fizički prostor u kojem se kreće radni alat odnosno obradak ovisno o konstrukciji stroja. Radni prostor može biti definiran dimenzijama u X, Y, Z. Primjerice, CNC stroj može imati radni prostor 1000 mm x 500 mm x 300 mm, što znači da može pokretati alat u tim dimenzijama, ukoliko ima dodatne osi one ga također ograničavaju npr. prilikom zakretanja oko A osi. Brzina kretanja se odnosi na maksimalnu brzinu kojom se alat ili radni stol mogu kretati po pojedinim osima. Kombinacijom slobodnog hoda kao i radnog dobivamo konačno vrijeme obrade, što u konačnici utječe na produktivnost stroja. Točnost stroja odnosi se na preciznost stroja u izvršavanju programiranih pokreta, dok se ponovljivost odnosi na sposobnost ponavljanja istog pokreta. Preciznost i ponovljivost osiguravaju kvalitetu obrade.

Tip alata: CNC strojevi mogu koristiti različite vrste alata, poput glodala, svrdla, rezača, bušilica, vidljivo na slici 2. Ovisno o tipu alata, stroj je prilagođen različitim operacijama obrade [6]. Upravljački sustav sastoji se od softvera koji omogućuje programiranje CNC stroja, izradu programa za obradu i kontroliranje rada stroja.



Slika 2. Najčešće korišteni alati na CNC glodalici

Različiti proizvođači mogu koristiti različite upravljačke sustave. Neki od poznatijih sustava upravljanja su Siemens, Heidenhein i Fanuc. Na slici 3. je prikazana upravljačka jedinica za Siemens 840D.



Slika 3. Siemens 840D

Neki CNC strojevi mogu imati dodatne opcije kao što su hladene alata, hlađenje vretena, sustavi za automatsku izmjenu alata, laserski senzori za automatsko poravnanje, sustavi za zaštitu od odvojenih čestica i slično. Važno je naglasiti da su ovo samo neke od uobičajenih tehničkih karakteristika CNC strojeva, ali ovisno o svrsi i složenosti stroja mogu postojati i druge specifične karakteristike. Prilikom odabira CNC stroja, važno je uzeti u obzir potrebe i zahtjeve proizvodnje kako bi se osiguralo da stroj odgovara namjeni i omogućuje optimalnu produktivnost i kvalitetu obrade.

2. KONSTRUKCIJA I UPRAVLJANJE CNC STROJA

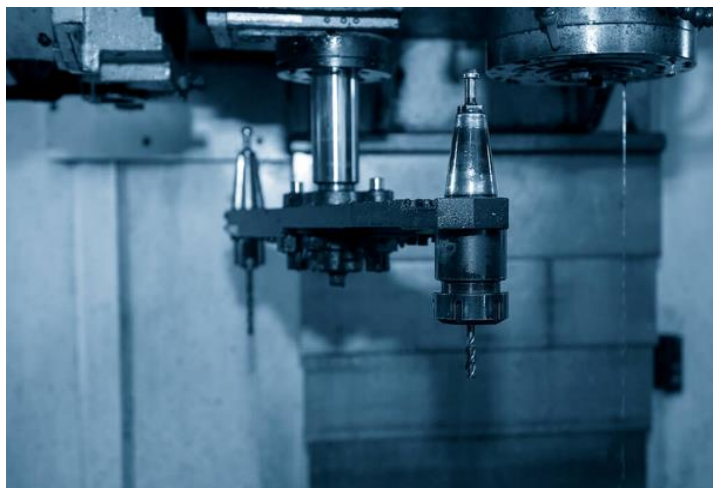
2.1. Osnovna konstrukcija

Konstrukcija CNC stroja varira ovisno o njegovoj namjeni, većina strojeva dijeli neke osnovne komponente koje mu omogućavaju precizno kretanje kao i obradu materijala. Neki od uobičajenih osnovnih dijelova su okvir, stol, upravljačka jedinica, vreteno, klizne staze i ostalo. Kod primjera glodalice možemo podijeliti na horizontalni razvoj (različiti oblici alatnog stroja razvijeni iz osnovnog oblika), te vertikalni razvoj (različite veličine istog stroja) oba razvoja mogu dijeliti isti okvir, no različito postavljenu glavu vretena, slika 4.



Slika 4. Vertikalna i horizontalna glodalica

Jedan od osnovnih dijelova konstrukcije stroja je i glava alata, koja je odgovorna za precizno kretanje alata kako bi se izvršila obrada odvajanjem čestica. Glava alata može biti sa ili bez sustava za izmjenu alata, kod složenijih obrada. Primjer glave alata sa automatskom izmjenom alata možemo vidjeti na slici 5.



Slika 5. Glava alata sa automatskom izmjenom alata

Srce CNC stroja koji upravlja svim aspektima obrade je CNC kontroler. CNC kontroler prima naredbe od korisnika iz CAD/CAM programa i pretvara te naredbe u električne signale koje pokreću motore kako bi se postigli željeni pokreti osi i alata, slika 6.

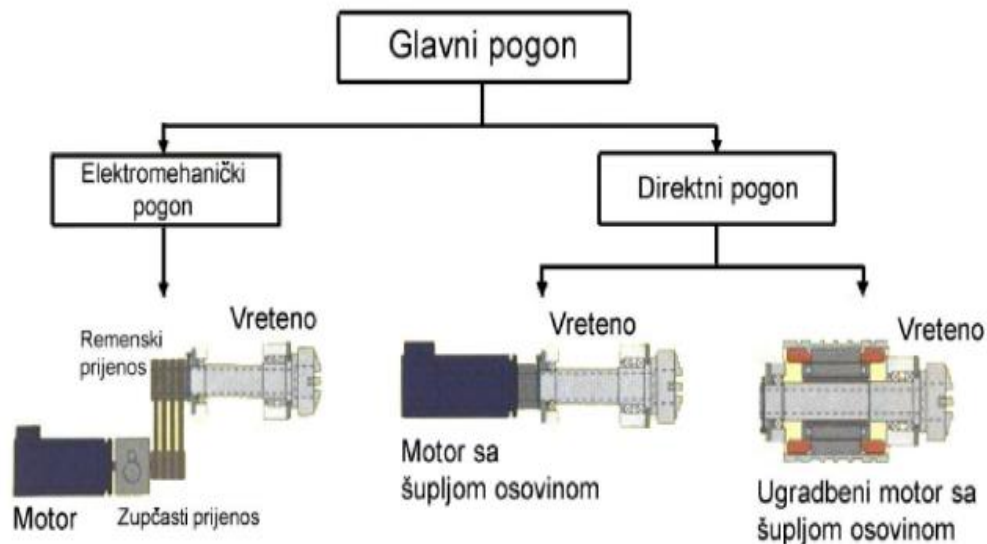


Slika 6. Prikaz moderne upravljačke jedinice CNC stroja

Neke od mogućnosti koje nisu navedene, a mogu se izvršavati na upravljačkoj jedinici su postavljanje parametara obrade, automatsko mjerenje i referenciranje, prikaz dijagrama i vizualizacija na upravljačkoj ploči može prikazivati dijagrame i vizualizacije putanja alata, što pomaže operaterima u praćenju procesa obrade, te ostale parametre stroja.

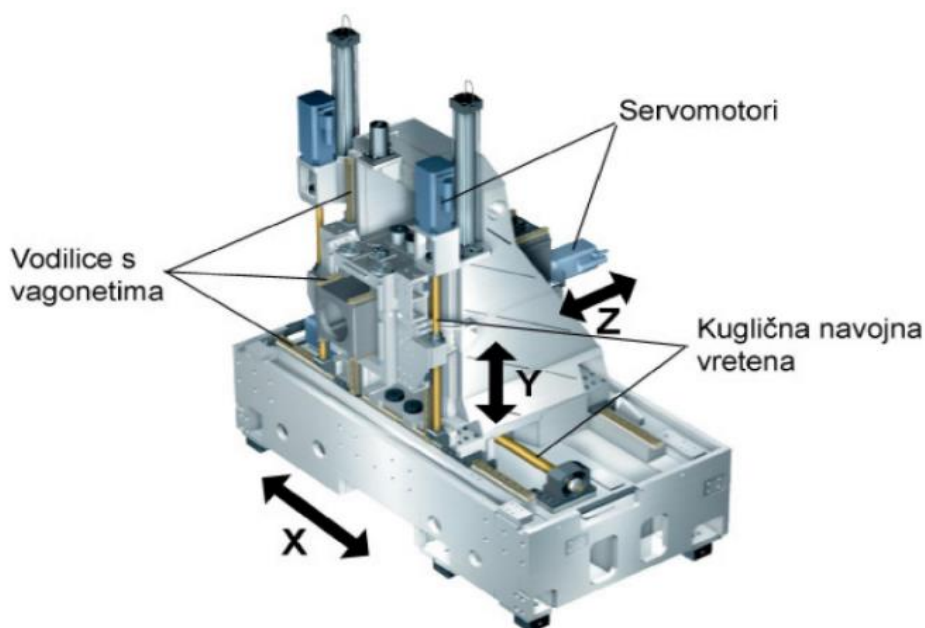
2.2. Pogonski sustav

Pogonski sustav CNC stroja se odnosi na skup komponenti i tehnologija koje mu omogućuju pokretanje i kontrolu kretanja stroja. Glavni pogoni alatnih strojeva mogu se izvesti na više načina. Klasična izvedba glavnog pogona sastoji se od motora sa kućištem koji je spojen s vretenom alata preko jedno stupanjskog ili više stupanjskog prijenosnika (zupčastog i/ili remenskog). Ovakav raspored ima prednost da je motor priključen s vanjske strane na priрубnicu standardnih mjera i tako termički odvojen od prostora obrade i samog vretena. Prikaz podjele glavnog pogona vretena možemo vidjeti na slici 7.



Slika 7. Podjela glavnog pogona vretena

Vodilice osiguravaju glatko i precizno kretanje osi, dok vretena omogućuju rotacijske pokrete potrebne za različite obrade, slika 8. Linearni posmični pogoni alatnih strojeva pružaju mehaničku energiju potrebnu za gibanja NC-osi i ispunjavaju višestruke namjene prijenosa i pozicioniranja. Bitnije komponente posmičnog pogona su motor, mehanički dijelovi osi sa sustavom mjerenja pozicije, te upravljački dio sastavljen od energetskog i regulacijskog dijela [7].

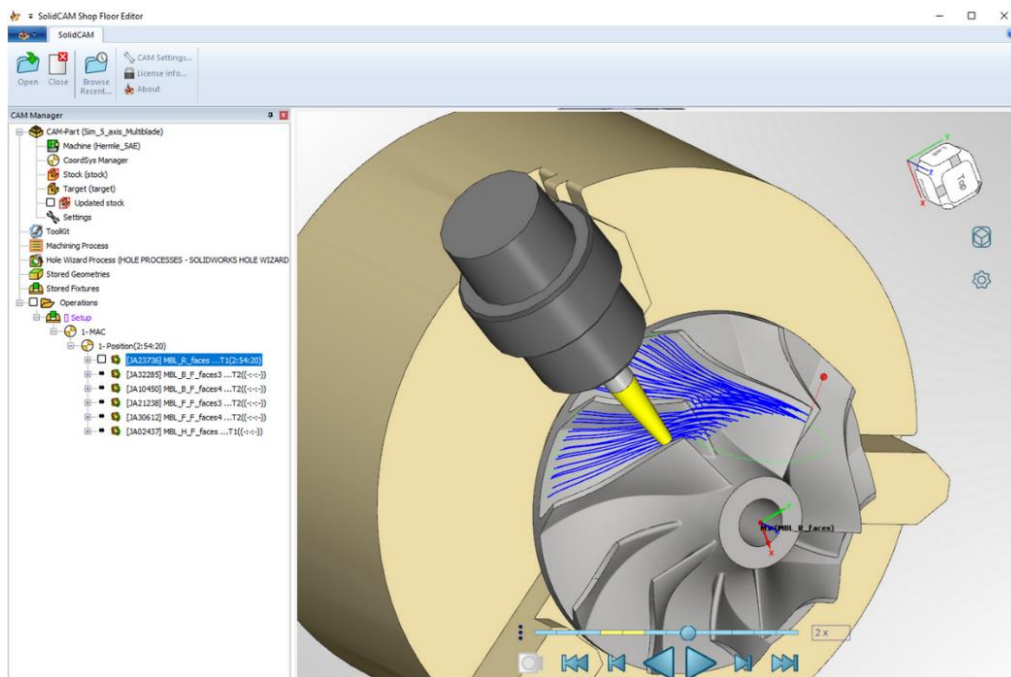


Slika 8. Prikaz servomotra sa vodilicama

Servo motori dolaze u dvije glavne vrste koje se razlikuju prema vrsti napajanja: AC servo motori, koji rade na izmjeničnoj struji, i DC servo motori, koji koriste istosmjernu struju. AC servo motori su poznati po visokim performansama u smislu brzine, što ih čini idealnim izborom za primjene koje zahtijevaju brze i precizne pokrete. Često se koriste u industrijskoj automatizaciji, CNC strojevima i robotici, gdje se ističu po svojem okretnom momentu i sposobnosti održavanja konstantne brzine pod različitim opterećenjima. AC servo motori imaju ključnu prednost u efikasnom upravljanju visokim brzinama, pružajući širok spektar rotacijskih brzina koje su prikladne za dinamična i brza kretanja. Njihova termalna učinkovitost često je superiorana u odnosu na istosmjerne analoge, što rezultira manjim stvaranjem topline tijekom rada, čime se smanjuje potencijal za pregrijavanje. Osim toga, ovi motori demonstriraju robustne mogućnosti okretnog momenta pri različitim brzinama, što osigurava stabilne i precizne performanse, ključne u raznim aplikacijama koje zahtijevaju visoku preciznost i pouzdanost [8].

2.3. Sustav upravljanja

Ključni dio CNC tehnologije je sustav upravljanja, koja mu omogućuje izvođenje preciznih obradnih operacija na obratku. Upravljačka jedinica funkcionira kao „mozak“ stroja te interpretira naredbe programera ili operatera koje su unesene, te ih pretvara u pokrete alata na stroju. Pomoću raznih softvera (CAD/CAM)² omogućuje se unos i prikaz geometrijskih podataka generiranjem G-koda te se omogućuje interakcija sa operaterom. Ukoliko je potrebno operater unosi informacije o željenim obradama putem upravljačke jedinice na CNC stroju ili pomoću CAD/CAM softvera. Neki od željenih obrada su parametri poput brzine rezanja, dubine rezanja, definicije putanje alata te ostalih parametara. Prikaz CAD programiranja možemo vidjeti na slici 9.

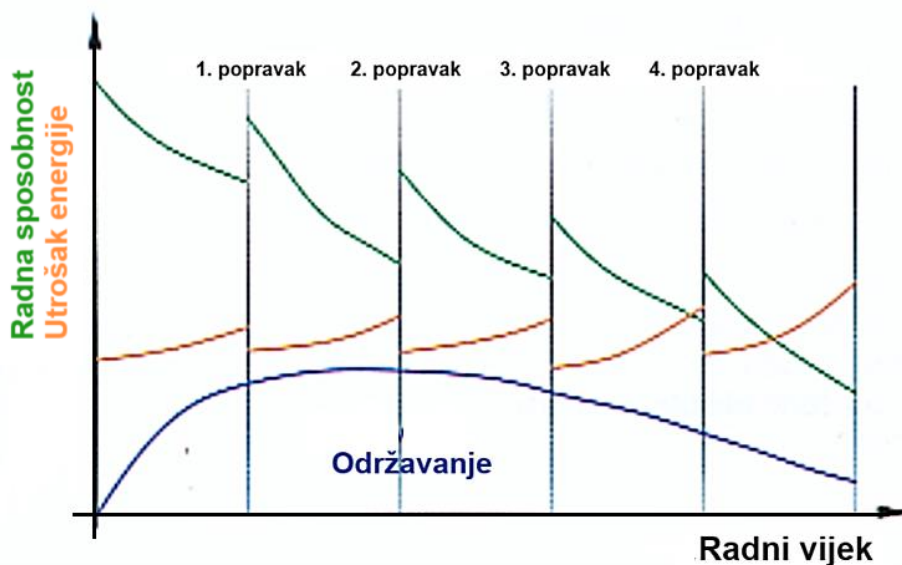


Slika 9. Prikaz promjene parametara unutar CAD-a

² eng. *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* ili u prijevodu dizajniranje i proizvodnja potpomognuta računalom

3. ODRŽAVANJE CNC STROJEVA

Radni vijek strojeva smatra se pod vrijeme u kojem strojevi mogu obavljati svoje zadatke, odnosno vršiti svoju funkciju, a koliki će radni vijek stroja biti ovisi o više čimbenika. Jedan od najvažnijih čimbenika za maksimalni radni vijek stroja je ispravno rukovanje, redovno i kvalitetno održavanje, slika 10.

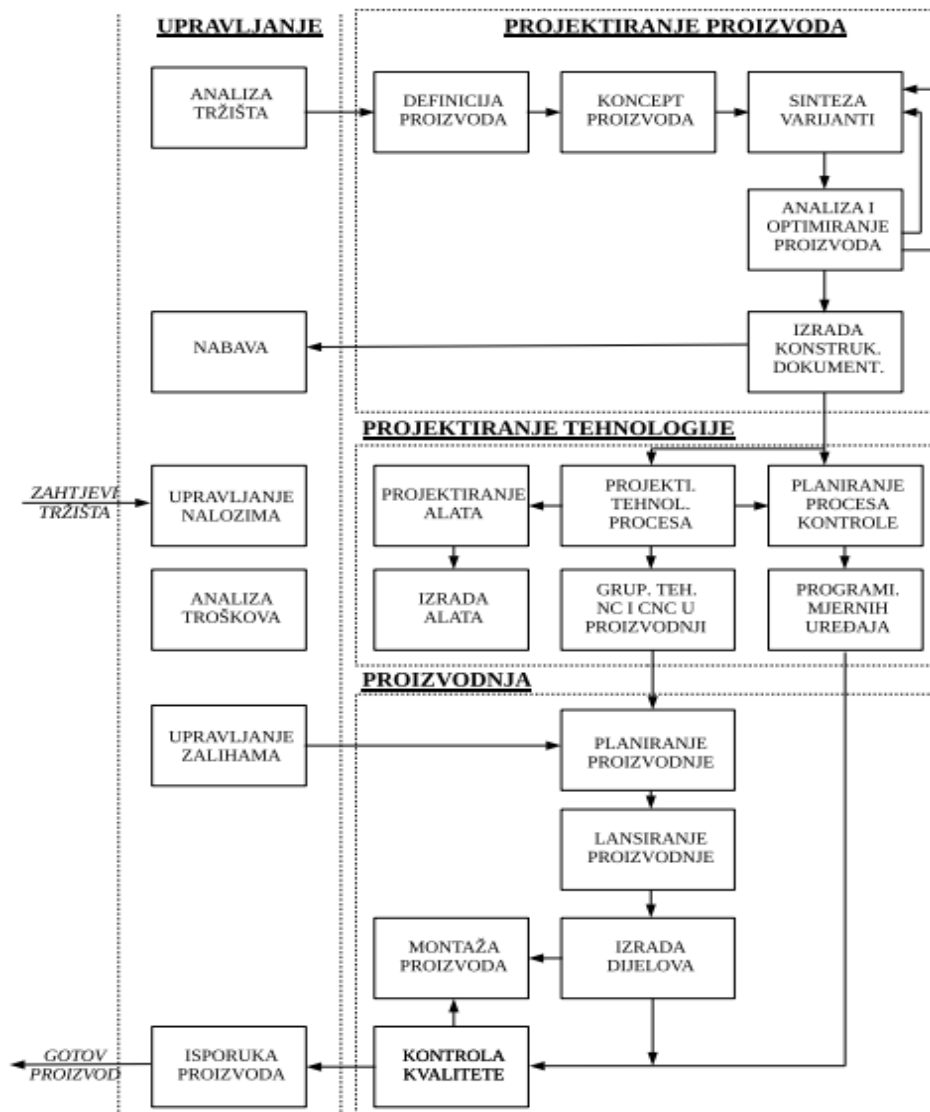


Slika 10. Prikaz radnog vijeka u omjeru sa radnom sposobnošću stroja

Redovno i kvalitetno održavanje smatra se metodom preventivnog održavanja te je ujedno i najbolja metoda održavanja strojeva. Pored metode preventivnog održavanja postoje i metode korektivnog održavanja gdje se popravljavanje opreme vrši nakon nastanka kvara. Također uz dvije navedene metode postoje još metoda oportunističkog održavanja gdje se nakon kvarova uvode periodični pregledi strojeva, metoda predotkazivnog održavanja, te metoda održavanja prema stanju. Zbog svega navedenoga vrlo je važno planirati održavanje da bi radni vijek strojeva bio što duži. Kako bi mogli planirati održavanje prilikom isporuke stroja najbolje je tražiti upute odnosno neke smjernice ili servisne intervale da bi se pravilno moglo izvršavati održavanje stroja. Neki od bitnijih faktora koji se moraju uzeti u obzir su podaci o funkcioniranju i upravljanju, upute za podešavanje, podmazivanje i podaci o obavljenim popravcima ukoliko su nastupili prije isporuke u slučaju da stroj nije kupljen nov.

4. PLANIRANJE PROIZVODNJE

Planiranje proizvodnje uključuje neki plan koji služi kao vodilja za proizvodne aktivnosti, slika 11. Kako bi plan bio efektivan, potrebno je definirati potrebne resurse, proizvodne procese, redosljed aktivnosti odnosno radnji koje se moraju izvesti, da bi se postigli zadani ciljevi. Kako bi sve to funkcioniralo potrebno je dobro informirati zaposlene odnosno uključene u proizvodnju. Kada su svi uključeni i informirani, dobro osmišljen plan može pomoći tvrtkama da se poveća proizvodnja, uz minimalno povećanje troškova proizvodnja te se time povećava dobit kao i željena razina kvalitete.



Slika 11. Elementi proizvodnog sustava [9]

Plan proizvodnje uspostavlja redosljed aktivnosti koje se kao što je gore navedeno moraju provest. Planom proizvodnje želimo osigurati dovoljno resursa, kao i radne snage. Kako bi to proveli postoje koraci koje je potrebno pratiti, neki od tih koraka su procijena potražnje proizvoda, mogućnost proizvodnja, odabir proizvodnog plana, praćenje i kontrola proizvodnja, prilagodba plana proizvodnja.

4.1. Proizvodni proces strojne obrade

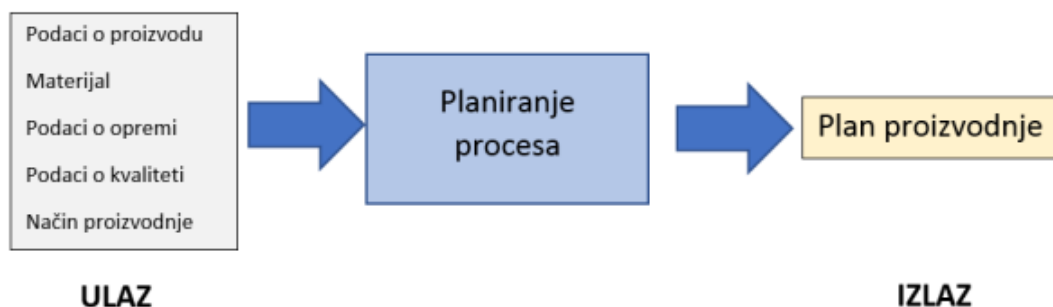
Proizvodni proces strojne obrade uključen je u proizvodni sustav koji čine proizvodni kadrovi, oprema, kao i sami prostor proizvodnje, slika 12. Tijekom odvijanja proizvodnog sustava odvija se proizvodni proces koji je usko povezan sa tehnološkim procesom. Uz proizvodni proces koji se sastoji od prethodno navedenog tehnološkog procesa, također obuhvaća transportni, te process organizacije i informacija. Osnovu svake proizvodnja čine navedeni procesi, a obuhvaćaju sva sredstva, uključujući i osoblje sa kojima se od ulazne sirovine ili poluproizvoda, dolazi do gotovih proizvoda [10]. Suvremena poduzeća koriste se principima i metodama sistemskog inženjeringa za uređenje i vođenje proizvodnja, dok se proizvodni procesi promatraju kao sustavi sa ulazom, odnosno izlazom. Bitan dio proizvodnog procesa je sposobnost mijenjanja oblika, standarda, lokacije kao i prirode proizvodnog cilja kako bi se dobio gotov proizvod. Proces se mogu podijeliti na mehaničke proizvodne procese, i ostale procese koji se još nazivaju pomoćni procesi, koji uključuju otpremu, skladištenje, opskrbu energijom, popravke opreme, itd.



Slika 12. Shematski prikaz proizvodnog procesa

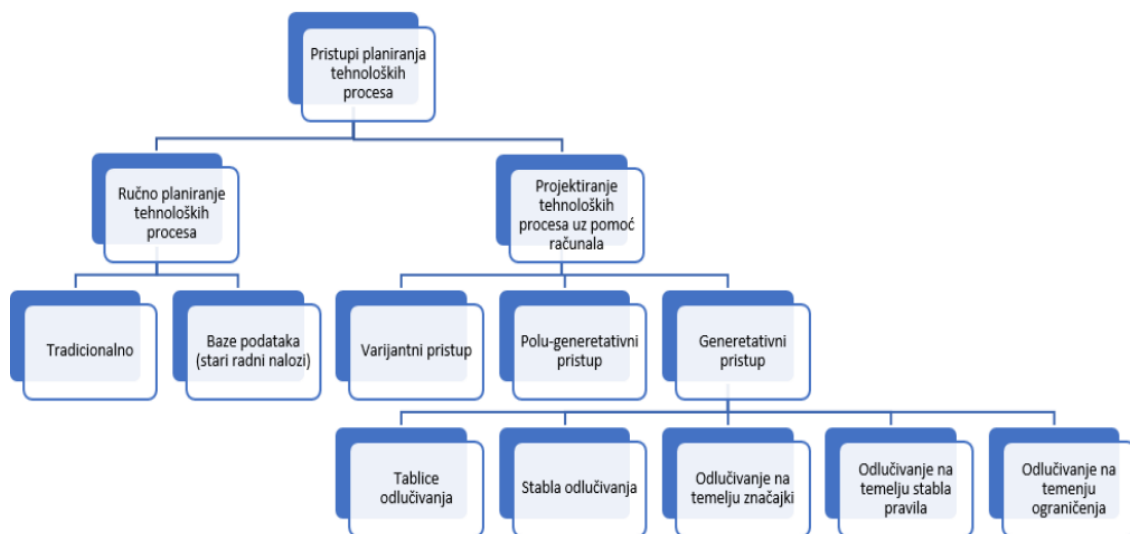
4.2. Faze projektiranja tehnološkog procesa

Tehnološki proces jedan je od temeljnih čimbenika proizvodnog procesa, a neke postupke odluka načina na koji će se neki proizvod proizvoditi ekonomično, počevši od priprema do izratka, slika 13. Geometrijske značajke, dimenzije, tolerancije kao i završne obrade moraju se procijeniti te analizirati kako bi se odredile faze tehnoloških procesa koje ovise o specifičnosti, dostupnosti strojeva i tehnologija proizvodnog sustava.



Slika 13. Odnos izlaza i ulaza, faze planiranja tehnoloških procesa [11]

Neke od klasičnih faza u projektiranju tehnoloških procesa su analiziranje tehničke dokumentacije proizvoda, odabir oblika i veličine polaznog materijala, odabir načina obrade, odabir strojeva (ovisno o dostupnosti strojeva u proizvodnom pogonu), odabir tehnologije izrade (stezanje, alati, naprave), podjela na operacije, određivanje režima obrade, proračun vremena, itd. Kako bi se sve faze mogle ispravno provesti, potrebno je odabrati pravilan pristup planiranju tehnoloških procesa. Pristupi planiranja tehnoloških procesa dijele se u dvije velike skupine, a to su ručni (tradicionalni) i projektiranje uz pomoć računala, slika 14.



Slika 14. Shema podjele pristupa projektiranju tehnoloških procesa [12]

Različiti pristupi planiranju tehnoloških procesa nude raznolike strategije za organiziranje i vođenje proizvodnih aktivnosti. Evo nekoliko osnovnih pristupa:

- Klasični pristup: Koristi tradicionalne metode i prakse razvijene tijekom godina kroz iskustvo i praktične primjene.
- Tehnološki pristup: Fokusira se na primjenu suvremenih tehnologija i inovacija u planiranju tehnoloških procesa. To uključuje korištenje računalno potpomognutog dizajna (CAD), računalno potpomognute proizvodnje (CAM), simulacija procesa, tehnologije Interneta stvari i drugih digitalnih alata.
- Prilagodljivi pristup: Naglašava potrebu za prilagodbom proizvodnje promjenjivim zahtjevima tržišta i tehnološkim promjenama.
- Ekološki pristup: Fokusira se na održivost i ekološku osviještenost u planiranju tehnoloških procesa. To uključuje korištenje ekološki prihvatljivih tehnologija, smanjenje otpada i emisija, te korištenje obnovljivih izvora energije.
- Sistemski pristup: Naglašava interakciju i povezanost različitih elemenata proizvodnog sustava. To uključuje analizu cijelog lanca vrijednosti, identifikaciju ključnih faktora uspjeha i integraciju različitih funkcionalnih područja kako bi se osigurala efikasnost i optimalna performansa proizvodnje.

5. PROCJENA RIZIKA ZA RADNO MJESTO CNC OPERATER

Procjena rizika je postupak analize različitih aspekata nepovoljnih uvjeta rada sa svrhom utvrđivanja razine rizika od nastanka oštećenja zdravlja radnika (ozljeda na radu, profesionalnih bolesti i bolesti vezanih uz rad) i poremećaja u procesu rada koji bi mogli izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika. Procjena rizika je temeljni akt za provedbu mjera zaštite na radu i svaki je poslodavac, i prema europskom i prema hrvatskom zakonodavstvu, obvezan osigurati njezinu izradu [13].

Postupak procjene rizika sastoji se od:

1. Prikupljanja podataka na mjestu rada,
2. Analize i procjene prikupljenih podataka,
3. Plana mjera za uklanjanje odnosno smanjivanje razine opasnosti, štetnosti i napora,
4. Dokumentiranja procjene rizika [14].

5.1. Prikupljanje podataka na mjestu rada

Opis rasporeda radnog vremena, vrsti poslova, radne opreme, korištene opasne tvari, samo su neke od informacija koje su potrebne kako bi započeli postupak procjene rizika. Primjer ispunjenog obrasca prikupljanja podataka za radno mjesto CNC operater pokazuje slika 15.

| | | | | |
|---|---|--------------|-----------------|------------------|
| Poslodavac: | VIJA ŠPEHAR CNC TECHNIK d.o.o. | | | |
| Tehnološka cjelina: | | | | |
| Naziv poslova / | CNC OPERATER | | | |
| (može više radnih mjesta istovjetnih prema vrsti posla i uvjetima rada) | | | | |
| Obvezna stručna sprema ili osposobljenost: | KV/SSS; stručna osposobljenost za rukovatelja viličarom*; stručna osposobljenost za rukovanje konzolnom dizalicom** | | | |
| *) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja viličarom | | | | |
| **) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja konzolnom dizalicom | | | | |
| Broj izvršitelja | ukupno | od toga žena | od toga mladeži | od toga invalida |
| | 4 | - | - | - |
| Da li se radi o poslovima s posebnim uvjetima rada: | | DA | NE | |
| Ako da, zbog kojih okolnosti: čl.3. toč. 2.* , 5.** i 19. Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada (Narodne novine br. 5/84) | | | | |
| *) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja viličarom | | | | |
| **) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja konzolnom dizalicom | | | | |
| Da li se izvršiteljima staž osiguranja računa s povećanim trajanjem: | | DA | NE | |
| Da li se zapošljavaju naučnici | | DA | NE | |
| Ako da, pod kojim uvjetima (od koje godine školovanja i sl.): | | | | |
| Opis rasporeda radnog vremena (dnevni, tjedni, turnosni, s preraspodjelom, prekovremeni, skraćeni): | | | | |
| - rad u tri smjene | | | | |
| Opis vrsta poslova: | | | | |
| - izrada pozicija na CNC strojevima (glodalice/tokarilice) | | | | |
| *povremeno rukuje baterijskim viličarom | | | | |
| **povremeno rukuje konzolnom dizalicom | | | | |
| - obavlja i ostale poslove po nalogu neposrednog rukovoditelja | | | | |
| Radna oprema: | | | | |
| - CNC strojevi za obradu metala | | | | |
| *baterijski viličar | | | | |
| **konzolna dizalica | | | | |
| - ručni viličar | | | | |
| - mjerni alat i oprema | | | | |
| - ručni i mehanizirani alat | | | | |
| *) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja viličarom | | | | |
| **) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja konzolnom dizalicom | | | | |
| Mjesto rada: | | | | |
| - proizvodni pogon | | | | |
| Korištene opasne tvari: | | | | |
| - ulje za pripremu emulzija | | | | |
| - mazivo za klizne staze strojeva | | | | |
| - direktna ulja za strojnu obradu | | | | |
| - antifriz | | | | |
| - ulje za zaštitu metalnih površina od korozije | | | | |
| - sredstva za čišćenje i podmazivanje strojeva | | | | |
| (v. poglavlje B.5. ovog usklađenja procjene rizika) | | | | |

Slika 15. Obrazac za prikupljanje podataka za radno mjesto CNC operater

5.2. Analiza procjena prikupljenih podataka

Radno mjesto na CNC strojevima naziva se CNC operater, te se ono za procjenu rizika analizira prema prisutnim opasnostima, na način da se iste utvrđene prema vrstama i opsegu temeljem analize tehnološkog radnog procesa, korištenih strojeva, uređaja, instalacija i radnih tvari, te radne okoline i radnog prostora, uz naznaku potrebnih osnovnih i posebnih pravila zaštite na radu kojima se iste smanjuju ili uklanjaju. Procjenjivanje rizika se provodi u skladu s Matricom procjene rizika prema općim kriterijima razine rizika (vjerojatnost, posljedica) iz Priloga I. ovoga Pravilnika koji čini njegov sastavni dio [15].

5.2.1. Opasnosti

Koliko su CNC strojevi podignuli ljestvicu sigurnosti pri rukovanju pokazuje nam podatak svrstavanja razreda u najmanji rizik. Od opasnosti sa kojima se većina CNC operatera susreće istaknula bih one sa najvećim rizikom, a to su sredstva za horizontalni i vertikalni prijenos (viličari i dizalice). Pravilno izvođenje radnih postupaka, stručna osposobljenost radnika za rukovanje i za rad na siguran način, redovito održavanje i ispitivanje, samo su neka od pravila zaštite na radu koje primjenjujemo kako bi se smanjio rizik od opasnosti.

Iz slike 16. mogu se očitati sve vrste opasnosti, pravila za sprječavanje istih, te razred rizika koji označuje umnožak vjerojatnosti i posljedica da se opasnost dogodi.

| ŠIFRA | VRSTE OPASNOSTI | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU | | VJEROJATNOST | POSLEDICA | RAZRED RIZIKA |
|-----------------|--|--|--|------------------------|------------------------|----------------------|
| | | OSNOVNA | POSEBNA | | | |
| I. | OPASNOSTI: | | | | | |
| I.1. | MEHANIČKE OPASNOSTI | | | | | |
| I.1.1. | Alati: | | | | | |
| I.1.1.1. | Ručni | | | | | |
| 1. | -opasnost od uboda, udaraca i posjekotina pri radu s ručnim alatom ili predmetima s oštrim bridovima, od porezotina pri čišćenju strugotine sa stroja | -tehnički ispravan ručni alat, drške nenapuknute, oblikovane, dobro usadne i osigurane od odlijetanja | -pravilno izvođenje radnog postupka -osposobljavanje radnika za rad na siguran način -korištenje zaštitnih rukavica | malo vjerojatno | malo štetno | mali rizik |
| I.1.2. | Strojevi i oprema | | | | | |
| 1. | -opasnost od zahvaćanja rotirajućim i pokretnim dijelovima (prijenosnici snage i gibanja i radni elementi) korištene radne opreme | -mjesto radnog procesa potpuno zatvoreno u toku obavljanja radne operacije -zaštitne naprave koje sprječavaju pristup do prijenosnika snage i gibanja i radnih elemenata | -pravilno izvođenje radnog postupka -osposobljavanje radnika za rad na siguran način -upute za rad na siguran način | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| I.3.* | Sredstva za horizontalni prijenos | | | | | |
| I.3.2* | Prijenosna sredstva: viličari | | | | | |
| 1.* | -opasnost od ozljeda u slučaju sudara i prevrtanja viličara | -tehnički ispravan viličar -mehanički osigurači koji sprječavaju pomicanje vilica -redovito servisiranje, održavanje i ispitivanje ispravnosti viličara -zatvorena kabina s ojačanim krovom za zaštitu vozača -omogućen dobar pregled radnog prostora -zadovoljavajuće stanje površina za kretanje viličara -zadovoljavajuća osvijetljenost istih -transportni putovi pravilno označeni, neoštećeni i dovoljne širine | -pravilni radni postupci -stručna osposobljenost za rukovanje viličarom -osposobljavanje radnika za rad na siguran način -pisane upute za rad na siguran način -periodički liječnički pregledi zaposlenika prema čl.3. toč.2. Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada -postavljeni prometni znakovi i upozorenja -znakovi opasnosti od kretanja vozila unutarnjeg transporta -korištenje zaštitne kacige za zaštitu glave | vjerojatno | izrazito štetno | veliki rizik |
| ŠIFRA | VRSTE OPASNOSTI | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU | | VJEROJATNOST | POSLEDICA | RAZRED RIZIKA |
| 2. | OPASNOSTI OD PADOVA | OSNOVNA | POSEBNA | | | |
| 2.1. | Pad radnika i drugih osoba | | | | | |
| 2.1.1. | Na istoj razini | | | | | |
| 1. | -opasnost od pada/poskliznuća, spoticanja, iščašenja zglobova pri kretanju u istom nivou | -suhe, ravne, nezakršene površine za kretanje, redovito održavane i čišćene -pravilno vođene / postavljene el. instalacije u proizvodnim prostorima -osigurana dovoljna osvijetljenost mjesta rada -osiguran dovoljan slobodan prostor i dovoljno široki prolazi | -korištenje odgovarajuće zaštitne obuće s protukliznim potplatom -redovitost čišćenja podnih površina | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| 3. | ELEKTRIČNA STRUJA | | | | | |
| 3.1 | Otvoreni električni krug | | | | | |
| 1. | -opasnost od izravnog dodira dijelova pod naponom (oštećeni prekidači, utičnice, utikači, priključni i produžni kablovi, rasvjetne armature, otvoreni razdjelnici, priključak razvodne kutije i sl.) | -izoliranje i oklapanje dijelova pod naponom, neoštećena izolacija el. kablova i opreme | -osposoblj. radnika za rad na siguran način -pravilno izvođenje radnog postupka -znakovi opasnosti od udara el. energije -pravovremena prijava uočenih oštećenja /kvarova nadležnoj stručnoj osobi | vjerojatno | srednje štetno | srednji rizik |
| 3.2. | Ostale električne opasnosti | | | | | |
| 1. | -opasnost od neizravnog dodira dijelova koji u normalnom radu nisu pod naponom | -automatsko isključivanje napona pri pojavi struje greške -izjednačenje potencijala metalnih masa | -redovita provjera primjene i ispravnosti tehničkih mjera zaštite od indirektnog dodira po ovlaštenim pravnim osobama -raspoloživost tehničke dokumentacije (jednopolne sheme i oznake strujnih krugova, sklopnih, upravljačkih i signalnih elemenata) -redovito održavanje el. instalacije po stručnoj ovlaštenoj osobi | vjerojatno | srednje štetno | srednji rizik |
| ŠIFRA | VRSTE OPASNOSTI | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU | | VJEROJATNOST | POSLEDICA | RAZRED RIZIKA |
| 2.* | -opasnost od pada tereta s nosećih vilica viljuškara | -ojačani krov za zaštitu rukovatelja | -pravilno izvođenje radnog postupka -stručna osposobljenost za rukovanje viličarom -korištenje zaštitne kacige za zaštitu glave | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| I.4.** | Sredstva za vertikalni prijenos | | | | | |
| I.4.1** | Dizalice | | | | | |
| 1.* | -opasnost od pada tereta na zaposlenika pri radu s konzolnom dizalicom | -teh. ispravna dizalica, redovito održavana, servisirana i ispitivana -teh. ispravna priprema i užad za vezanje i nošenje tereta | -pravilno izvođenje radnih postupaka -stručno osposobljavanje za rukovatelja dizalicom -osposobljavanje za rad na siguran način -pisane upute za rad na siguran način -periodički liječnički pregled zaposlenika prema čl.3. toč.5. Pravilnika o poslovima s posebnim uvjetima rada (Narodne novine br. 5/84) -korištenje zaštitnih cipela s ojačanjem za prste -pisane upute za rad na siguran način | vjerojatno | izrazito štetno | veliki rizik |
| 1.6. | Ostale mehaničke opasnosti | | | | | |
| 1. | -opasnost od udara i pada tereta na stopalo | - | -pravilno izvođenje radnog postupka -osposobljavanje za rad na siguran način -korištenje zaštitnih cipela s ojačanjem za prste | malo vjerojatno | malo štetno | mali rizik |

*) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja viličarom

**) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja konzolnom dizalicom

Slika 16. Analiza radnog mjesta po opasnostima

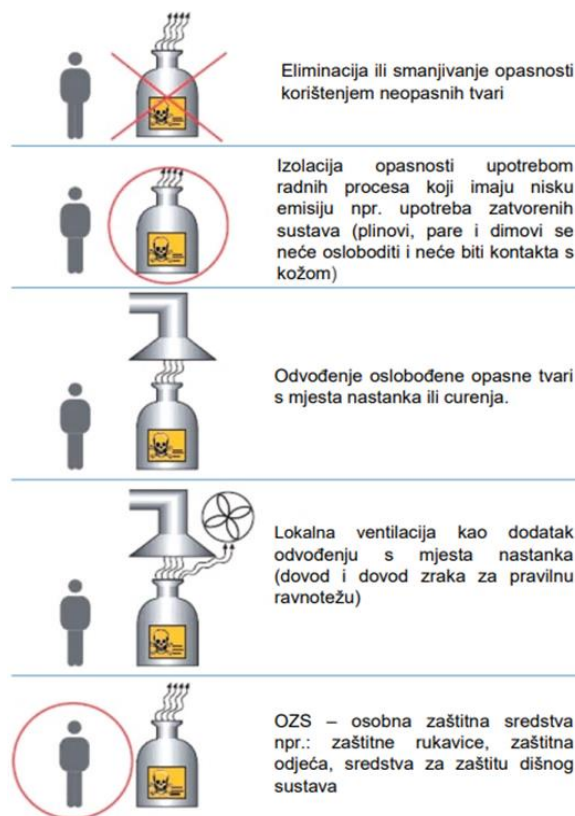
5.2.2. Štetnosti

Možemo ih podijeliti na kemijske, biološke i fizikalne štetnosti. U proizvodnoj hali metalne industrije susrećemo se sa fizikalnim i kemijskim štetnostima. Od fizikalnih štetnosti to su najčešće buka, vibracije, nepovoljni klimatski i mikroklimatski uvjeti, osvjetljenost i neionizirajuće zračenje. Izvor kontinuirane buke u proizvodnim prostorijama su strojevi za obradu metala skidanjem strugotine i pile za rezanje metala. Razina buke u proizvodnji je većinom viša od dozvoljene za osmosatno izlaganje, te radnici moraju koristiti osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha. Vibracije koje se prenose na cijelo tijelo izloženi su zaposlenici tijekom obavljanja poslova rukovanja viličarom, dok se problem vibracija u proizvodnom pogonu riješio izvedbom antivibracijskog poda i toplinski izolacijski sa epoksidnim premazom. Osvjetljenost prostora osigurana je većinom danjom svjetlošću kroz ostakljene zidove i krovne prozore, te električnom LED rasvjetom.

Neke od kemijskih štetnosti tj. opasnih tvari koje se CNC operater susreće prilikom rada su:

- ulje za pripremu emulzija (rashladnih tekućina)
- mazivo za klizne staze strojeva
- direktna ulja za strojnu obradu (cirkulacijska, hidraulička, rezna)
- sredstvo za zaštitu od korozije
- antifriz
- sredstva za čišćenje i podmazivanje strojeva.




Temeljem čl. 17. Zakona o kemikalijama (Narodne novine br. 18/13, 115/18, 37/20), kao i odredbi Pravilnika o načinu stjecanja te provjere znanja o zaštiti od opasnih kemikalija (Narodne novine br. 147/21), na radnom mjestu na kojem se radi s opasnim kemikalijama treba zapošljavati radnike koji su stekli propisana znanja o zaštiti od opasnih kemikalija. Pri radu sa opasnim tvarima potrebno provjeriti postoji li mogućnost zamjene tvari s neopasnom ili manje opasnom (test zamjene) ili se izloženost može spriječiti ili smanjiti promjenom radnog procesa što je i prikazano na slici 17.



Slika 17. Načela zaštitnih mjera

Pri radu s potencijalno opasnim tvarima, bitno je istražiti mogućnosti zamjene tih tvari manje opasnim alternativama ili potpuno sigurnim supstitutima. Takva evaluacija može se provesti kroz testiranje zamjene kako bi se osiguralo sigurno okruženje za radnike. Također je važno osmisliti radne procese i operacije na način koji minimizira izlaganje radnika opasnim tvarima i sprječava bilo kakvo oslobađanje opasnih plinova i para. Ove mjere su od vitalnog značaja za osiguranje sigurnog radnog okruženja i zaštite zdravlja radnika koji su izloženi opasnim tvarima tijekom obavljanja svojih radnih dužnosti.

Dolje navedene korištene opasne radne tvari, crveno su označene sve H-oznake kemikalija zbog kojih je obavezno provođenje tečaja za stjecanje znanja kod Službe za toksikologiju Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo. Navedeni tečaj s pratećom provjerom znanja provodi se prije početka rada i tijekom obavljanja određenih poslova s kemikalijama uz obnovu znanja svakih pet godina, slika 18.

| TRGOV.NAZIV / PIKTOGRAMI OPASNOSTI | H-OZNAKE | P-OZNAKE | DODATNI PODACI O OPASNOSTIMA |
|--|---|---|--|
| RUSTILO DWX 30  | H226-zapaljiva tekućina i para H302-štetno ako se proguta (<19,2 + <7 % + 3 - <5%) H304-može biti smrtonosno ako se proguta i ude u dišni sustav (75 - <90 %) H312-štetno u dodiru s kožom (3 - <5 %) H315-nadražuje kožu H319-uzrokuje jako nadraživanje oka H332-štetno ako se udiše (<19,2 + <7 %) H336-može izazvati pospanost ili vrtoglavicu H411-otrovno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima | P210-čuvati odvojeno od topline, vrućih površina, iskri, otvorenih plamena i ostalih izvora paljenja. Ne pušiti. P235-održavati hladnim P241-rabiti električnu / ventilacijsku / rasvjetnu opremu koja neće izazvati eksploziju P273-izbjegavati ispuštanje u okoliš P280-nositi zaštitne rukavice/zaštitu za oči/zaštitu za lice P301+P310+P331-ako se proguta: odmah nazvati Centar za kontrolu otrovanja ili liječnika. Ne izazivati povraćanje. P303+P361+P353-u slučaju dodira s kožom (ili kosom): odmah skinuti svu zagađenu odjeću. Isprati kožu vodom / tuširanjem. P304+P340-ako se udiše: premjestiti osobu na svjež zrak i postaviti je u položaj koji olakšava disanje P501-odložiti sadržaj/spremnik u skladu s nacionalnim propisima-predajom tvrtci ovlaštenoj za sakupljanje te vrste otpada | EUH066-ponavljano izlaganje može prouzročiti sušenje ili pucanje kože |
| HYPIN AWS 10  | H304-može biti smrtonosno ako se proguta i ude u dišni sustav (75-<90%) H315-nadražuje kožu H400-vrlo otrovno za vodeni okoliš H410-vrlo otrovno za vodeni okoliš s dugotrajnim učincima | P301+P310+P331-ako se proguta: odmah nazvati Centar za kontrolu otrovanja ili liječnika. Ne izazivati povraćanje. P405-skladištiti pod ključem P501-odložiti sadržaj/spremnik u skladu s nacionalnim propisima-predajom tvrtci ovlaštenoj za sakupljanje te vrste otpada | |
| ALUSOL M-FX  | H302-štetno ako se proguta (1,4 - <3 %) H315-nadražuje kožu H317-može izazvati alergijsku reakciju na koži H318-uzrokuje teške ozljede oka H319-uzrokuje jako nadraživanje oka H332-štetno ako se udiše (0,3 - <1 %) H335-može nadražiti dišni sustav H360FD-može štetno djelovati na plodnost. Može naškoditi nerodenom djetetu. (1 - <3 %) H400-vrlo otrovno za vodeni okoliš H410-vrlo otrovno za vodeni okoliš, s dugotrajnim učincima H412-štetno za vodeni okoliš, s dugotrajnim učincima | P273-izbjegavati ispuštanje u okoliš P280-nositi zaštitne rukavice/zaštitu za oči/zaštitu za lice P305+P351+P338-u slučaju dodira s očima: oprezno ispirati vodom nekoliko minuta. Ukloniti kontaktne leće ako ih nosite i ako se one lako uklanjaju. Nastaviti ispirati. P501-odložiti sadržaj/spremnik u skladu s nacionalnim propisima-predajom tvrtci ovlaštenoj za sakupljanje te vrste otpada | EUH208-sadrži 3-jodo-2-propinil-butilkarbamat: može izazvati alergijsku reakciju |

Slika 18. Opasne radne tvari sa kojima se susreće CNC operater

5.2.3. Napori

Neki od izazova s kojima se susreće CNC operater uključuju potrebu za kontinuiranim nadzorom stroja tijekom obrade, rukovanje složenim računalnim softverima za programiranje, održavanje stroja i alata, kao i rješavanje eventualnih problema ili kvarova tijekom rada. Također, operater može biti izložen utjecaju buke, vibracija i prašine u radnom okruženju, što može utjecati na njihovo zdravlje i udobnost tijekom radnog dana.

S obzirom na potrebu za visokom koncentracijom i preciznošću u radu, operateri često moraju ulagati napore u održavanje mentalne i fizičke izdržljivosti kako bi osigurali kvalitetu i učinkovitost proizvodnog procesa, slika 19.

| SIFRA | VRSTE OPASNOSTI | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU | | VJEROJATNOST | POSLEDICA | RAZRED RIZIKA |
|-------------|---|---|---|-----------------|----------------|---------------|
| | | OSNOVNA | POSEBNA | | | |
| 3.7. | Osvijetljenost | | | | | |
| 3.7.1. | Nedovoljna osvjetljenost | | | | | |
| 1. | -opasnost od nedovoljne osvjetljenosti (dnevne, umjetne) na mjestu rada | -pravilna osvjetljenost mjesta rada | -mjerjenje osvjetljenosti u radnim prostorijama | vjerojatno | malo štetno | mali rizik |
| III. | NAPORI | | | | | |
| 1. | STATODINAMIČKI NAPORI | | | | | |
| 1.1. | Statički: prisilan položaj tijela pri radu | | | | | |
| 1.1.2. | -dugotrajno stajanje tijekom rada | - | -povremeni kraći odmori tijekom rada (sa sjedenjem) | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| 1.2. | Dinamički: fizički rad | | | | | |
| 1.2.3. | Dizanje i nošenje tereta | | | | | |
| 1. | -pri ručnom podizanju, prenošenju, spuštanju tereta (pozicija) | -korištenje mehaniziranih sredstava za podizanje tereta | -v. metodu ocjenjivanja opterećenja radnika pri ručnom rukovanju teretima -osposobljenost za rad na siguran način -pravilno izvođenje radnog postupka (stav-položaj tijela pri podizanju, prenošenju i spuštanju predmeta) -održavanje neutralnog položaja tijela -povremeni kraći odmori -rad u paru (izmjenjivanje na poslovima) | vjerojatno | srednje štetno | srednji rizik |
| 2. | PSIHOFIZIOLOŠKI NAPORI | | | | | |
| 2.1. | Nepovoljan ritam rada | | | | | |
| 2.1.2. | Ritam uvjetovan radnim procesom | | | | | |
| 1. | -povremeno | - | -kvaliteta rasporeda rada i organizacije -usklađivanje radnog opterećenja s radnikovim sposobnostima | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| SIFRA | VRSTE OPASNOSTI | PRAVILA ZAŠTITE NA RADU | | VJEROJATNOST | POSLEDICA | RAZRED RIZIKA |
| | | OSNOVNA | POSEBNA | | | |
| 2.4. | Odgovornost za živote ljudi i materijalna dobra | | | | | |
| 2.4.2.* | Upravljanje prijevoznim sredstvima | | | | | |
| 1.* | -potreba stalne koncentracije pri rukovanju viličarom | - | -povremeni kraći odmori tijekom dužih rukovanja viličarom | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| 2.6. | Otežan prijam informacija | | | | | |
| 2.6.3. | Buka | | | | | |
| 1. | - proizvodnog pogona (kontinuirana) | - | -kvaliteta rasporeda rada i organizacije -redovito korištenje osobne zaštitne opreme za zaštitu od buke | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |
| 2.7. | Radni zahtjevi | | | | | |
| 2.7.6. | Komunikacija s osobama | | | | | |
| 1. | -hijerarhijska, kolegijalna | - | -kvaliteta rasporeda rada i organizacije -dobra komunikacija s nadređenima -sudjelovanje u donošenju odluka koje su vezane za posao -omogućavanje socijalnih interakcija među radnicima | malo vjerojatno | srednje štetno | mali rizik |

*) odnosi se samo na zaposlenike koji su stručno osposobljeni za rukovatelja viličarom

Slika 19. Napori prisutni za CNC operatera

5.3. Planovi mjera za uklanjanje ili smanjivanje opasnosti, štetnosti i napora

Obzirom da osnovnim pravilima zaštite na radu nije moguće otkloniti sve opasnosti na sredstvima rada za radnike, poslodavac treba primjenjivati i posebna pravila zaštite na radu kao što su: obveze vezane za poslove sa posebnim uvjetima rada, osposobljavanje radnika za rad na siguran način, korištenje osobne zaštitne opreme, upute za rad na siguran način na radnoj opremi.

6. MJERE ZAŠTITE NA RADU

6.1. Upute za rad na siguran način

Upute za rad na siguran način trebaju biti postavljene na vidljivom mjestu u blizini CNC stroja, idealno na zidu ili nekom drugom vidljivom mjestu u proizvodnom pogonu. Na taj način, svi operateri imaju pristup važnim informacijama o sigurnosti prilikom rada s strojem i mogu ih lako provjeriti ako je potrebno. Nalazi se na istaknutoj podlozi kako bi bila uočljiva i sadrži sljedeće:

Opasnosti pri radu:

- Rotirajuće glodalo ili drugi pokretni dijelovi glodalice mogu zahvatiti dijelove tijela i odjeće zaposlenika.
- Nedovoljno pričvršćeni predmet obrade, kao i dijelovi oštećenog ili puknutog glodala mogu odletjeti sa stroja i uzrokovati ozljedu.
- Metalne čestice od glodanja mogu upasti u oko zaposlenika.
- Oštra metalna strugotina može ozlijediti ruke i šake zaposlenika.

Upute za siguran rad:

- Prije početka rada provjerite da li je na glodalici postavljena zaštitna naprava oko glodala te da li je predmet obrade dobro i sigurno učvršćen. Također provjerite da li uređaji za uključivanje djeluju ispravno.
- Strugotine uklanjajte samo dok stroj miruje pomoću četke ili kista. Za zaštitu očiju od upadanja letećih čestica upotrebljavajte zaštitne naočale.
- Mjerenje i promjene na predmetu obrade obavljajte samo dok stroj miruje.
- Za vrijeme rada koristite sva potrebna osobna zaštitna sredstva.
- Zaštitna odjeća koju upotrebljavate pri radu mora biti stegnuta uz tijelo i zakopčana. Kosu stavite pod zaštitnu kapu. Ne nosite pri radu kravatu, prstenje, narukvice, lančice i sl.

- U slučaju bilo kakvog kvara na stroju ili alatu, zaštitnoj napravi ili uređajima za uključivanje, zaustavite stroj i kvar dojavite odgovornom rukovodiocu.
- Po završetku rada isključite stroj. Tada možete obavljati radove na popravcima, podmazivanju i čišćenju stroja te radove na čišćenju i pospremanju okoline.

6.2. Tehničke mjere zaštite

Tehničke mjere zaštite strojeva obuhvaćaju niz sigurnosnih mehanizama dizajniranih kako bi se osigurala sigurnost operatera i spriječile ozljede tijekom rada s strojevima. Uređaji i oprema za rad trebaju biti konstruirani na način koji osigurava zaštitu osoba koje s njima rade ili dolaze u kontakt, sprječavajući moguće ozljede ili zdravstvene rizike. To podrazumijeva ugradnju zaštitnih mehanizama koji sprječavaju pristup rukama tijekom rada te štite radnike od potencijalnih opasnosti poput lomova, ispadanja, prskanja, požara, eksplozija ili djelovanja opasnih tvari. Ti zaštitni mehanizmi trebaju biti integrirani u same uređaje i dizajnirani tako da automatski zaustave rad u slučaju smetnji i zaštite radnika od opasnosti. Na CNC glodalici, postoji ugrađena elektronička sigurnosna zaštita na vratima koja sprječava radnika od ozljeda, slika 20. Sustav omogućuje pokretanje procesa obrade tek nakon zatvaranja vrata stroja i uspostave električne veze. Također, vrata CNC glodalice opremljena su zaštitnim neprobojnim (kaljenim) staklom koje sprječava izlazak tekućina, strugotina i drugih čestica, dok istovremeno omogućuje jasnu vidljivost na radni komad. Uspoređujući s klasičnim glodalica, korištenje CNC glodalica smanjuje rizik od ozljeda radnika jer ih udaljava od potencijalnih opasnosti tijekom obradnog procesa.



Slika 20. Zatvorena sigurnosna vrata na 5-osnoj glodalici

6.3. Mjere koje se odnose na radnika

Mjere zaštite vezane uz radnika koriste se kada se rizik za sigurnost ne može izbjeći ili ograničiti u dovoljnoj mjeri tehničkim mjerama ili organizacijskim metodama i procedurama. Cilj mjera vezanih uz radnika je omogućiti radniku da na pravi način upravlja/rukuje opasnim radnjama, poput: -obuke za siguran rad sa strojevima/radnom opremom, stručne osposobljenosti radnika i osobne zaštitne opreme (OZO) [16]. Sav ručni alat je potrebno održavati ispravnim i čistim. Svaki radnik prije početka rada mora pregledati sredstva rada s kojima će raditi, neispravan dati na popravak, pravilno rukovati ručnim alatom, koristiti samo u svrhu za koju je namijenjen, ispravno prenositi sa jednog mjesta na drugo mjesto te ispravno odlagati.

6.4. Osnovna zaštitna sredstva i oprema

Analizom opasnosti, štetnosti i napora za radno mjesto CNC operater navedena je osobna zaštitna oprema koju radnici trebaju koristiti kako bi se smanjio rizik od ozljeda i oboljenja:

1. Zaštitne naočale: Naočale su tu da zaštite oči od mogućih ozljeda ili iritacija koje mogu nastati tijekom rada. Standardi poput EN 166 specificiraju zahtjeve za osobnu zaštitnu opremu, uključujući naočale za zaštitu od čestica, tekućina ili udaraca, slika 21.



Slika 21. Zaštitne naočale

2. Zaštitna maska ili respirator: Maska ili respirator pomažu u očuvanju čistoće i sigurnosti disanja na radnom mjestu. Norme kao što je EN 149 postavljaju zahtjeve za respiratore i filtracijske polutvare, osiguravajući da pravilno filtriraju čestice iz zraka, slika 22.



Slika 22. Zaštitna maska

3. Zaštitne slušalice: Ove slušalice su tu da spriječe štetu na sluhu uzrokovanu bukom u radnom okruženju. Standardi poput EN 352 postavljaju zahtjeve za osobnu zaštitnu opremu za slušanje, uključujući zaštitu od buke, slika 23.



Slika 23. Zaštitne slušalice

4. Zaštitne rukavice: Rukavice čuvaju ruke od ozljeda ili kontakta s opasnim tvarima tijekom rukovanja alatima ili materijalima. Norme poput EN 388 definiraju zahtjeve za rukavice otporne na mehaničke rizike, dok EN 374 postavlja standarde za zaštitu od kemikalija i mikroorganizama, slika 24.



Slika 24. Zaštitne rukavice

5. Zaštitna odjeća: Ova odjeća pruža dodatnu zaštitu tijelu od mogućih ozljeda ili kontakta s opasnim tvarima. Standardi kao što su EN ISO 13688 postavljaju opće zahtjeve za zaštitnu odjeću, dok EN ISO 11612 specificira zahtjeve za zaštitu od toplinskog rizika, slika 25.



Slika 25. Zaštitna odjeća

6. Zaštitne cipele: Cipele s posebnom zaštitom štite stopala od ozljeda ili oštećenja koja mogu nastati tijekom rada. Norme poput EN ISO 20345 postavljaju zahtjeve za sigurnosne cipele, uključujući zaštitu od udaraca, probijanja i klizanja, slika 26.



Slika 26. Zaštitne cipele

7. PRIMJER ZAŠTITE NA RADU ZA OPERETERA NA CNC STROJU

Suvremeni napredak u tehnologiji postavlja visoke zahtjeve za proizvodnjom bržih i snažnijih strojeva i uređaja. Često se događa da su tvorničke hale gusto zbijene strojevima, što rezultira intenzivnom bukom i vibracijama. Građevinska industrija gradi proizvodne hale od materijala kao što su beton, čelik i staklo, što rezultira malim koeficijentom apsorpcije zvuka. U tim novim halama dolazi do višestrukog odbijanja zvučnih valova, uzrokujući značajan porast razine buke u usporedbi s tradicionalnim pogonima [17].

Na radnom mjestu CNC operatera, kontinuirana buka proizlazi iz rada na strojevima i uređajima. Budući da je u opisu radnog mjesta CNC operatera da mora biti uvijek u blizini stroja, buka značajno utječe na njegov sluh. Iz navedenih razloga provedeno je mjerenje razine buke kod strojeva otvorenog i zatvorenog tipa u proizvodnom pogonu. Na temelju dobivenih rezultata, izvršena je usporedba razine buke, te su predložene konkretne mjere za smanjenje iste.

7.1. Općenito o buci

Buka je svaki nepoželjan zvuk, nekada neugodan ili bolan na određenim frekvencijama, koji dolazi do ljudskog uha. Utjecaj buke na ljudski organizam ovisi o jakosti, kakvoći, trajanju, kontinuiranosti ili isprekidanosti. Može djelovati ometajuće i stvarati nelagodu, a u nekim slučajevima može rezultirati fizičkim povredama. Osnovna karakteristika zvuka leži u njegovoj frekvenciji. Čovječje uho može percipirati frekvencije između 16 Hz i 20 000 Hz. Za mjerenje jačine zvuka koristi se jedinica decibela (dB). Uz standardnu decibelnu ljestvicu (dB), često se koristi i ljestvica dB(A), koja uzima u obzir relativnu glasnoću zvuka u odnosu na ljudsko uho. Nakon višestrukih istraživanja, utvrđeno je da bi dopuštena razina buke trebala biti do 75 dB, dok kućna buka ne bi trebala prelaziti 45 dB [18]. Buka u okolišu može se klasificirati prema izvoru (industrijska buka i buka okoliša) te na izravnu i neizravnu buku. Industrijska buka nastaje tijekom radnih procesa u industriji, dok se ostale vrste buke u okolišu opisuju kao buka okoliša.

Buka može negativno utjecati na ljude na mnoge načine, neki od njih su:

- Oštećenje sluha: Dugotrajna izloženost buci može dovesti do gubitka sluha.
- Poremećaji spavanja: Prekomjerna buka može ometati san.
- Povećan stres: Neprestana buka može uzrokovati povećanu razinu stresa.
- Ometanje koncentracije: Buka može ometati radnu koncentraciju.
- Oštećenje kognitivnih funkcija: Dugotrajna izloženost buci može negativno utjecati na pamćenje i učenje.
- Povećan rizik od kardiovaskularnih bolesti: Istraživanja sugeriraju da buka može povećati rizik od srčanih problema [19].

7.2. Mjerna oprema i podaci

Vrsta ispitivanja: Ekvivalentna razina buke

Grana industrije i sjedište: Metalna industrija, Karlovac

Radni prostor ispitivanja: Proizvodni pogon

Početak ispitivanja: 29.04.2024.

Vrijeme: 8:00 i 18:00 h

Ispitivanje i mjerenje obavila: Ana Marija Žalac

Primijenjeni propisi: - Zakon o zaštiti od buke ("N.N.", br. 30/09, 55/13, 153/13) - Pravilnik o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave ("N.N.", br. 145/04 i 46/08).

Mjerenja su izvedena pomoću digitalnog instrumenta Multinom MI 6021 FonS, slika 27. To je prenosivi multifunkcionalni ručni uređaj opremljen sensorima koji se mogu nadograditi i koriste se za mjerenje mikroklimatskih uvjeta, zvuka, osvjetljenja i drugih parametara.



Slika 27. Multinom MI 6021 FonS

7.3. Ispitivanje buke

Kada se zvučna sonda A1146 ili A1151 pričvrsti na Metrelov instrument (Multinorm, FonS), instrument postaje zvukomjer 1. klase ili 2. klase u skladu s normom EN 61672. Riječ je o potpuno digitalnom zvukomjeru s dva neovisna kanala, pri čemu je u svakom kanalu moguće postaviti različite vremenske i frekvencijske vrednovanja [20]. Prilikom uključivanja uređaja na zaslonu se pojavljuje glavni izbornik u kojem biramo jednu od pet ponuđenih opcija, a to je tipka ZVUK. Nakon pripreme uređaja, trebamo pripremiti okolinu na način da prilikom mjerenja radi samo stroj kod kojeg se izvodi mjerenje buke. Zatim pristupamo mjerenju tako što ćemo uređaj postaviti na približnu udaljenost od 1 metra od stroja i na visinu uha radnika.

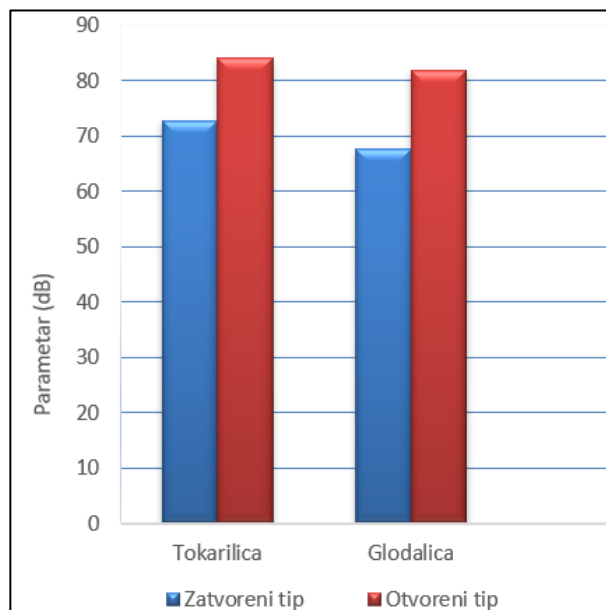
7.4. Rezultati ispitivanja buke

Izmjerena razina buke na radnom mjestu CNC operatera iznosi između 65 i 75 dB za zatvorene tipove strojeva, dok za otvoreni tip iznosi čak do 90 dB što premašuje dozvoljenih 80 dB, prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Mjerenje buke prilikom strojne obrade metala

| Oznaka | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|----------------|-------------------------------------|------|--------------------------------------|------|------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
| Stroj | Tokarilica (otvoreni tip) | | Tokarilica (zatvoreni tip) | | Glodalica (otvoreni tip) | | Glodalica (zatvoreni tip) | |
| Vrijeme | 08 h | 18 h | 08 h | 18 h | 08 h | 18 h | 08 h | 18 h |
| Parametar (dB) | 89.7 | 78.4 | 71.3 | 74.2 | 87.2 | 76.6 | 65.2 | 69.9 |

Usporedbom otvorenog i zatvorenog tipa stroja dolazimo do zaključka da zatvoreni stroj znatno manje provodi buku, što dokazuje činjenica da je razina u prosjeku manja za 13 dB od otvorenog tipa, grafikon 1.



Grafikon 1. Usporedba ekvivalentne razine buke

7.5. Korektne mjere za smanjenje razine buke

Nakon provedenog mjerenja, primijećeno je da buka koju proizvode pojedini strojevi premašuje dopuštenu razinu od 80 dB. Kako bismo smanjili intenzitet buke, potrebno je nošenje osobne zaštitne opreme. Također je moguće izolirati strojeve postavljanjem pregradnih zidova u prostorijama s bukom većom od 80 dB, time bi se smanjilo opterećenje radnika ukupnom bukom. Drugi pristup smanjenju buke može uključivati korištenje apsorbera buke ili postavljanje panela za apsorpciju buke oko strojeva.

8. ZAKLJUČAK

U proizvodnim pogonima koji koriste CNC strojeve, implementacija i pridržavanje odgovarajućih sigurnosnih mjera ključno je za zaštitu radnika i osiguranje njihove dobrobiti. Kroz korištenje zaštitne opreme, postavljanje sigurnosnih oznaka, educiranje radnika o sigurnosnim postupcima te redovito održavanje opreme i radnog okruženja, moguće je značajno smanjiti rizik od ozljeda i nesreća.

U radu su detaljno obrađene moguće opasnosti, štetnosti i naponi s kojima se radnici mogu suočiti, pružajući temeljit pregled propisanih zaštitnih mjera. Ključnu ulogu imaju dobro obučeni radnici koji su svjesni potencijalnih rizika i pravilno koriste zaštitnu opremu. Kroz dosljednu primjenu mjera sigurnosti i promicanje svijesti o važnosti sigurnosti na radu, organizacije mogu stvoriti pozitivno radno okruženje.

Kontinuirana podrška poslodavaca u provođenju sigurnosnih protokola ključna je za osiguranje uspješnog i sigurnog rada. U konačnici, ulaganje u sigurnost radnika ne samo da je zakonska obveza, već i moralna odgovornost koja doprinosi produktivnosti, kvaliteti rada i dobrobiti svih uključenih u proizvodni proces.

9. LITERATURA

- [1] Pavić, A.; Tehnologija - Obrada odvajanjem čestica, udžbenik, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, (2013.)
- [2] Razlika klasučnih i CNC strojeva:
<https://ba.jidemachinery.com/info/principles-and-characteristics-of-cnc-machine-55042647.html>, pristupljeno 15.04.2024.
- [3] Štefanić, N.; Obrade odvajanjem čestica, Školska knjiga d.d. Zagreb, (2023.)
- [4] Povijest numeričkog upravljanja:
<http://hr.saikocnc.com/news/the-history-of-cnc-machining-76225069.html>, pristupljeno 15.04.2024.
- [5] Osnovna podjela CNC strojeva:
<https://smpcnc.hr/materijali/obradametala/o-cnc-strojevima/>, pristupljeno 19.04.2024.
- [6] Ciglar, D.; Autorska predavanja: Višenamjenski alatni strojevi, Katedra za alatne strojeve, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, (2013.)
- [7] Todić, R.; Glavni i posmični prigrioni alatnih strojeva, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, (2000.)
- [8] Servo motori:
<https://hr.sitmotors.com/news/what-are-the-differences-between-ac-servo-moto-73020332.html>, pristupljeno 01.05.2024.
- [9] Mikac, T.; Blažević, D.: „Planiranje i upravljanje proizvodnjom“, Tehnički fakultet, Rijeka, (2007.)
- [10] Proces strojne obrade:
<https://hr.yujebearing-machining.com/info/machining-production-process-68424011.html>, pristupljeno 21.04.2024.
- [11] Faze planiranja proizvodnog procesa:
https://hr.wikipedia.org/wiki/Proizvodni_proces, pristupljeno 25.04.2024.
- [12] Hong-Chao Zhang: Handbook of Design, Manufacturing and Automation, Poglavlje: 29, John Wiley & Sons, (2003.)
- [13] Procjena rizika:
<http://www.hzzsr.hr/index.php/rizici-na-radu/procjena-rizika/>, pristupljeno 25.04.2024.

- [14] Postupak procjene rizika:
<https://uznr.mrms.hr/znr/procjena-rizika/>, pristupljeno 25.04.2024.
- [15] Analiza prikupljenih podataka:
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_09_112_2154.html,
pristupljeno 01.05.2024.
- [16] Mijović, B.; Zaštita strojeva i uređaja - Veleučilište u Karlovcu 1.izdanje - 2011.
- [17] Brozović, D.;Hrvatska enciklopedija, (2000.)
- [18] Bošnjaković, R.; Redukcija buke, TOZD Gospodarski vestnik, Ljubljana, (1981.)
- [19] Buka:
<https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu>, pristupljeno 02.05.2024.
- [20] Zvukomjer:
<https://metiorlab.hr/proizvod/testo-816-1-zvukomjer/>, pristupljeno 02.05.2024.

10. PRILOZI

10.1. Popis slika

| | | |
|-------|--|----|
| Sl.1 | 5-osna glodalica | 3 |
| Sl.2 | Najčešće korišteni alati na CNC glodalici | 4 |
| Sl.3 | Simens 840D | 5 |
| Sl.4 | Vertikalna i horizontalna glodalica | 6 |
| Sl.5 | Glava alata sa automatskom izmjenom alata | 7 |
| Sl.6 | Prikaz moderne upravljačke jedinice CNC stroja | 7 |
| Sl.7 | Podjela glavnog pogona vretena | 8 |
| Sl.8 | Prikaz servomotra sa vodilicama | 9 |
| Sl.9 | Prikaz promjene parametara unutar CAD-a | 10 |
| Sl.10 | Prikaz radnog vijeka u omjeru sa radnom sposobnosti stroja | 11 |
| Sl.11 | Elementi proizvodnog sustava | 12 |
| Sl.12 | Shematski prikaz proizvodnog procesa | 13 |
| Sl.13 | Odnos izlaza i ulaza, faze planiranja tehnoloških procesa | 14 |
| Sl.14 | Shema podjele pristupa projektiranju tehnoloških procesa | 15 |
| Sl.15 | Obrazac za prikupljanje podataka za radno mjesto CNC operater | 17 |
| Sl.16 | Analiza radnog mjesta po opasnostima | 19 |
| Sl.17 | Načela zaštitnih mjera | 21 |
| Sl.18 | Opasne radne tvari sa kojima se susreće CNC operater | 22 |
| Sl.19 | Napori prisutni za CNC operatera | 23 |
| Sl.20 | Zatvorena sigurnosna vrata na 5-osnoj glodalici | 26 |
| Sl.21 | Zaštitne naočale | 27 |
| Sl.22 | Zaštitna maska | 27 |

| | | |
|-------|-----------------------------|----|
| Sl.23 | Zaštitne slušalice | 27 |
| Sl.24 | Zaštitne rukavice | 28 |
| Sl.25 | Zaštitna odjeća | 28 |
| Sl.26 | Zaštitne cipele | 28 |
| Sl.27 | Multinom MI 6021 FonS | 31 |

10.2. Popis tablica

| | | |
|-------|--|----|
| Tab.1 | Mjerenje buke prilikom strojne obrade metala | 32 |
|-------|--|----|

10.3. Popis grafikona

| | | |
|--------|--|----|
| Graf.1 | Usporedba ekvivalentne razine buke | 32 |
|--------|--|----|