Sigurnost i zaštita na radu kod CNC strojeva

Matijević, Josipa

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:128:692987

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Josipa Matijević

Sigurnost i zaštita na radu kod CNC stroja

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2018.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Josipa Matijević

Safety and Protection at work with a CNC machine

Final paper

Karlovac, 2018.

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Josipa Matijević

SIGURNOST I ZAŠTITA NA RADU S CNC STROJEM

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof.dr.Budimir Mijović

Karlovac, 2018.

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

HRN EN ISO 9001:2009

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički diplomski stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Josipa Matijević Matični broj: 0422416014

Naslov: Sigurnost i zaštita na radu kod CNC stroja

Opis zadatka: U radu je opisana povijest CNC stroja, princip rada, pozitivne i negativne karakteristike samog stroja te koje su opasnosti pri rukovanju navedenim strojem. Navedene su mjere opreza, upute za siguran rad te kako smanjiti ozljede na radu.

Zadatak zadan:	Rok predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
14.6.2018.	30.11.2018.	5.12.2018.

Mentor: prof.dr. Budimir Mijović

Predsjednik Ispitnog povjerenstva: mr.sc. Snježana Kirin, predavač

PREDGOVOR

Izražavam izuzetnu zahvalnost ponajprije svom mentoru prof.dr. Budimiru Mijoviću, koji je pratio cijeli proces nastajanja diplomskog rada uz mnogo strpljenja, te značajno pomogao sa svojim savjetima, prijedlozima te moralnoj potpori. Isto tako, zahvaljujem profesorima, asistentima i stručnom osoblju na prenesenom znanju tokom svih godina studiranja na Veleučilištu u Karlovcu.

Osobito se zahvaljujem svojoj obitelji koja je bila uz mene tijekom moga školovanja izražavam joj zahvalu na podršci i ukazanom povjerenju.

SAŽETAK

Pisanjem ovog Diplomskog rada želi se postići podizanje svijesti o vrijednostima i značenju sustava Zaštite na radu te prikaz mjera, aktivnosti i metoda za otklanjanje i smanjivanje rizika pri radu s CNC strojevima. Budući da se CNC stroj upotrebljava sve više u gotovo svim proizvodnim procesima, dobro je istražiti koje su prednosti i mane stroja te kako spriječiti opasne situacije i kako se zaštititi od istih.

Ključne riječi: CNC stroj, sigurnost i zaštita, rizik, proizvodni procesi.

SUMMARY

During writing this Graduate Work wants to raise awareness of the values and significance of the work safety system and presenting measures, activities and methods for removing and reducing the risk of working with CNC machines. Although, the CNC machine uses more and more in almost all manufacture processes, it is good to explore the advantages and disadvantages of the machine and to prevent and protect the dangerous situations from the same.

Key words: CNC machine, safety and protecton, risk, manufacture process.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. NC i CNC upravljanje 1
1.2. Razlike između klasičnih i CNC alatnih strojeva 3
2. PROGRAMIRANJE CNC STROJA 6
3. ALATI KOD CNC STROJEVA 12
4. UPRAVLJAČKA JEDINICA STROJA I PRIKAZ SOFTWERA 19
4.1. Tehnološka dokumentacija za CNC strojeve 20
5. PODJELA CNC OBRADNIH CENTARA 21
5.1. Podjela prema namjeni 21
5.1.1. Univerzalni CNC strojevi 21
5.1.2. Specijalizirani CNC strojevi 21
5.2 Podjela prema mogućnostima obrade 23
5.2.1. Stupnjevi slobode gibanja alata 23
5.3. Podjela prema konstrukcijskim odrednicama stroja 24
6. ODRŽAVANJE CNC STROJA 25
7. IZVORI OPASNOSTI KOD STOJEVA, UREĐAJA I APARATA 26
7.1. Opasnosti pri obradi metala 27
7.1.1. Lasersko rezanje metala 27
7.2. Poslovi s posebnim uvjetima rada 29
7.3. Zaštita operatera 31
7.4. Plan mjera za smanjivanje razine opasnosti pri radu s CNC strojevima 33
7.5. Upute za siguran rad s CNC strojem 34
7.6. Prava i obveze poslodavca 36
7.7. Procjena rizika 37
7.8. Osobna zaštitna oprema i sredstva 41
8. OZLJEDE NA RADU I PROFESIONALNE BOLESTI 43
8.1. Ozljeda na radu 43

8.2. Profesionalne bolesti 44
9. ZAKLJUČAK 45
10. LITERATURA 46
11. PRILOZI 47
11.1. Popis slika 47
11.2. Popis tablica 47

1. UVOD

1.1. NC i CNC upravljanje

CNC tehnologija (engl. Computerized Numerical Control Technology) predstavlja računalom upravljanu tehnologiju koja obrađuje podatke koristeći fiksne logične funkcije, tj. one koju su trajno ugrađene u kontrolnu jedinicu.[1]

Prvi CNC stroj dizajnirao je John T. Parsons tijekom 1940-ih godina (Slika 1). Nakon Drugog svjetskog rata Parsons je sudjelovao u izradi lopatica rotora helikoptera, kod kojih je za računanje aerodinamičkih koordinata koristio IBM 602A multiplikator, te je podatke stavljao na bušene kartice, što zahtjeva preciznu obradu složenih oblika. Kasnije je u suradnji s američkim zračnim snagama radio na izgradnji prve numerički upravljane glodalice. Glavni kooperanti projekta bili su MIT, IBM i Snyder Comporation.[2]

Numerički strojevi bili su upravljani bušenim vrpcama, karticama ili magnetskim vrpcama, koje su prema utvrđenom kodu aktivirale sustave releja i servomehanizma. Tako se automatizirao samo pojedini dio procesa. Potrebom za većom fleksibilnošću strojeva, 1970-tih godina, za potrebe upravljanja koriste se mikroračunala i miniračunala. Time započinje proizvodnja alatnih strojeva.[3]

Na slici 1 je prikazan primjer CNC stroja koji se može koristiti za graviranje i glodanje.



Slika 1:Primjer CNC stroja

Definicija NC (engl. Numerical Control) je upravljanje alatnim strojevima pomoću posebno kodiranih funkcija, odnosno naredbi koje se učitavaju u upravljačku jedinicu stroja. U NC tehnici program se učitava preko bušene vrpce, kartica ili diskete, potom se obrađuje predmet, a operater nema mogućnost izmjene programa na alatnom stroju. Izmjene se odrađuju izvan stroja, te se ponovo učita izmijenjen program. Za razliku CNC omogućuje izmjene na stroju, što uvelike olakša i ubrzava proces.

Prednost CNC strojeva nad NC (engl.Numerical Control) strojevima, bila je u lakšoj izmjeni programa, većoj fleksibilnosti stroja, jeftinijoj izradi upravljačke jedinice, lakše održavanje, veća preciznost i ekonomska isplativost. Kroz vrijeme počelo se primjenjivati međusobno povezivanje CNC strojeva, takozvana DNC (engl.Distributed Numerical Control), kojima upravlja jedno centralno računalo. Napredovanjem automatizacije u alatnim strojevima prelazi se u takozvane obradbene centre, npr. glodalice s automatskom zamjenom alata i obradaka, s nekoliko osi upravljanja. Na taj način se smanjuje potreba za premještanjem obratka na druge alatne strojeve. FMS (engl. Flexible Manufacturing System) je fleksibilni proizvodni sustav, koji se sastoji od više CNC jedinica, povezanih s uređajem za automatsko manipuliranjem materijalom preko centralnog računala.[4]

Sljedeći korak razvoja upravljanja CNC alatnih strojeva bio je CAD/CAM (engl. Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing). CAD/CAM ujedinjuje funkciju konstrukcije i proizvodnje, te je u današnje vrijeme izuzetno zastupljen u različitim granama industrije. Otvara mogućnost konstruiranja predmeta u tri dimenzije i prikaz geometrije svih sastavnih dijelova u CAD programu, te prijenos u CAM program, koji geometrijski oblik pretvara u kod čitljiv NC stroju (G-kod). Konstrukcija uz mogućnost simulacije proizvodnje na računalu unaprijed otklanja pogreške koje bi se uzrokovale pogrešnim programom. Danas se teži da se računalno povežu svi procesi vezani uz proizvodnju, kako bi se postiglo automatiziranje cijele tvornice CIM (engl. Computer Integrated Manufacturing).

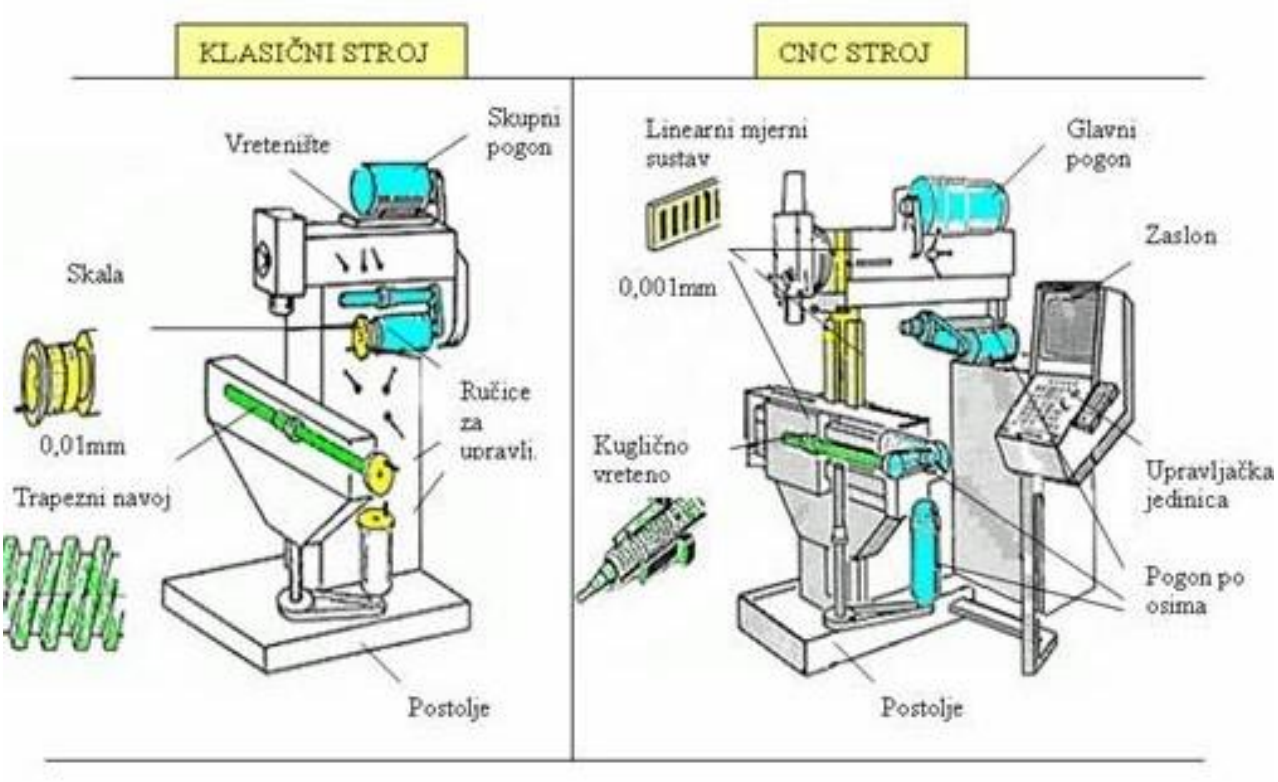
Postoji više mogućnosti unošenja podataka u upravljačke jedinice CNC strojeva, a neke od njih su :

• Ručno unošenje programa u upravljačku jedinicu direktno na stroju,
• DNC (Direct numerical control) direktno numeričko upravljanje je u potpunosti automatsko prenošenje informacija iz računala u upravljačku jedinicu, a funkcije su mu: manipulacija sa NC programima (učitavanje,memoriranje, brisanje, izvršavanje, itd.), editiranje NC programa, unošenje NC programa, kontrola protoka materijala te kontrola proizvodnje.[5]

Naprednije numeričko upravljanje je adaptivno upravljanje (AC), koje uključuje senzore za monitoring (praćenje) procesa obrade odvajanjem čestica i prilagođavanjem istog novim uvjetima.

1.2. Razlike između klasičnih i CNC alatnih strojeva

Slika 2 predstavlja razliku između klasičnih i CNC strojeva.



Slika 2: Prikaz razlika između klasičnih i CNC strojeva

Kao što se na slici 2 može vidjeti, osnovne razlike između ovih strojeva su:

- pogon stroja koji se kod klasičnih strojeva izvodi skupnim pogonom, jedan motor pogoni i glavno vreteno i ostala gibanja radnog stola, dok kod CNC strojeva postoji jedan glavni motor za pogon glavnog vretena a gibanje po osima ostvaruju posebni istosmjerni motori,
- mjerni sustav stroja koji se kod klasičnog stroja sastoji od skale sa nonijusom[1], dok se kod CNC stroja sastoji od preciznijeg linearnog sustava mjerenja,
- pomak radnog stola koji se kod klasičnog stroja ostvaruje se trapeznim navojem, a kod CNC stroja kugličnim navojnim vretenom,
- upravljanje stroja koje se kod klasičnih strojeva izvodi se ručno ili strojno preko ručica za upravljanje dok CNC strojevi imaju upravljačku jedinicu (tastatura i ekran) te rade automatski putem NC programa.

Uspoređujući izradu predmeta pomoću tradicionalnih i CNC alatnih strojeva, može se doći do zaključka da je osnovni pristup u izradi dijelova gotovo isti:

- analiza crteža (i ostalih dokumenata)
- izbor operacija obrade
- izbor načina stezanja obratka
- odabir odgovarajućih alata
- proračun režima obrade
- izrada programa i testiranje
- izrada predmeta.

Osnovna razlika je u predzadnjoj stavci koje kod tradicionalnih strojeva nema, a to je programiranje. Također, kod same obrade pojavljuju se bitne razlike. Operater na tradicionalnom stroju pomoću jedne ili obje ruke vrši uključivanje/isključivanje posmaka[2], rashladnog sredstva, tj. vrši vođenje alata. Za ovo je potrebno znanje i određene vještine. Od stupnja vještina ovisiti će i kvaliteta izrade i vrijeme izrade.

[1] Šubler, kljunasto mjerilo ili nonijus je ručni mjerni alat za razna precizna mjerenja spoljnih i unutrašnjih gabarita

[2] Posmak *f* je relativno gibanje alata prema obratku. Okomit je na glavnu brzinu rezanja. Ovisi o vrsti materijala obratka, dubini rezanja, stanju površine (hrapavosti), suhom ili hlađenom tokarenju, alatu. Kod tokarenja posmak obavlja alat.

Problem nastaje kada je potrebno izraditi više potpuno istovjetnih predmeta jer po prirodi čovjek ne može ponoviti sve postupke na potpuno isti način što rezultira određenim razlikama u dimenzijama predmeta i kvaliteti površine. Kod CNC upravljanja mikroprocesor vodi alat uvijek na isti način čime su stvoreni preduvjeti da svaki izradak u seriji bude potpuno isti.

Iz ovog bi se moglo zaključiti da su CNC strojevi uvijek superiorniji nad klasičnim strojevima. Međutim postoje slučajevi kada tradicionalni strojevi imaju prednost (npr. ako je potrebno izraditi samo jedan jednostavan predmet).

2. PROGRAMIRANJE CNC STROJA

Programiranje CNC strojeva vrši se na više načina:

- ISO programiranje (preko G-kodova),
- dijalog programiranje (programiranje preko simbola ili crteţa) i
- CAM programiranje (3D programiranje – kompleksni crtež ili model se pretvara u strojni kod pomoću posebnog programa).

Proces izrade dijelova na CNC stroju se sastoji od:

- razrade tehnologije i utvrđivanje redoslijeda zahvata, alata i režima rada,
- pripreme alata,
- programiranja,
- pripreme stroja,
- izrade prvog komada u seriji,
- serijska proizvodnja.

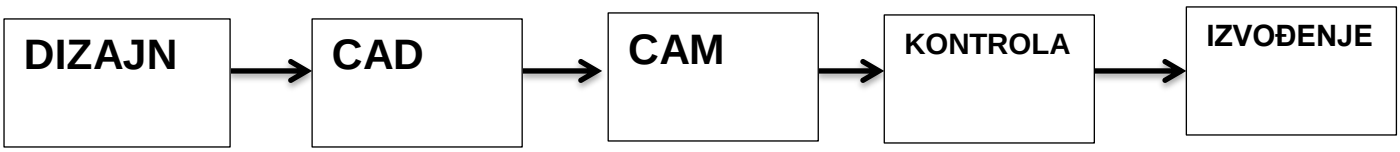
Upravo programiranje je ono što je svojstveno CNC strojevima. Programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji, a može se obaviti ručno ili pomoću računala.[3]

Ručno programiranje podrazumijeva ručni unos svakog retka programa. Ovakav način programiranja izuzetno je zahtjevan i složen. Ono zahtjeva visoko obrazovanog tehnologa s iskustvom u programiranju i dobro ažurirane datoteke strojeva, alata i naprava. Ono se koristi za jednostavnije geometrijske oblike pri glodanju i 2D (engl.2 Dimensional) obradi u tokarenju.

Pomoću računala – podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera.

Na slici 3 prikazan je CNC proces koji sadrži pet osnovnih koraka:

- Dizajn – zamišljanje i planiranje izratka
- CAD – prenošenje zamišljenog u računalo
- CAM – pretvaranje CAD crteža u strojni jezik
- Kontrola – upravljanje pokretima vašeg CNC stroja
- Izvođenje – izrada elementa prema specifikacijama.



Slika 3: CNC proces

Prvi korak - Dizajn

Dizajn postavlja zahtjeve:

- Koje će veličine biti izradak
- Koji ćemo materijal upotrijebiti
- Tko je kupac - za koga se radi
- Čemu će izradak služiti
- Hoće li biti samo neki element (dio nečega) ili cijeli izradak
- Hoće biti konkretan (neko tijelo) ili će služiti samo umjetnosti (npr. crtež)

Drugi korak – CAD (Computer Aided Design)

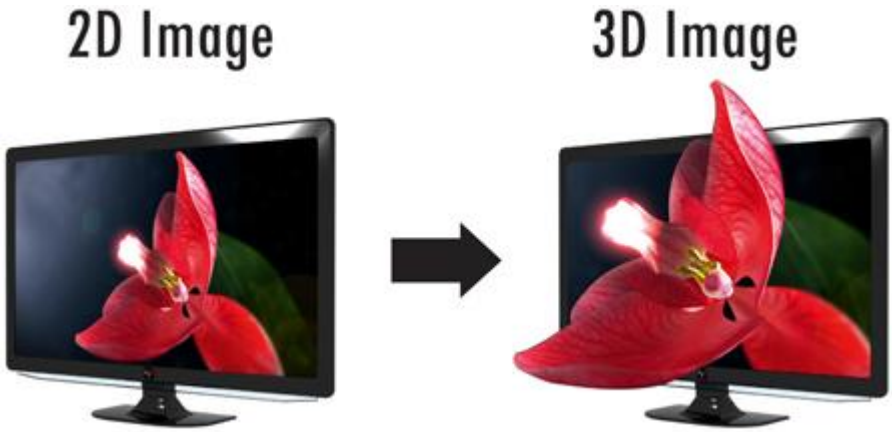
Čemu služi CAD:

- Dizajniranje pomoću računala
- Dizajniranje, projektiranje i crtanje pomoću računala
- Projektiranje, dizajn, razvoj proizvoda uz podršku računala putem odgovarajućih programskih rješenja
- Vektorska računalna grafika, baze podataka
- Razne metode koje analiziraju, koje služe za podršku u odlučivanju ili daju inteligentnu podršku u procesu dizajna.

Kad je i zbog čega razvijen:

- Razvijen je ranih 1960-ih
- Razvijen radi preciznijeg opisivanja dizajna

Slika 4a) prikazuje 2D – dvodimenzionalan tip CAD-a, a 4b) prikazuje 3D – trodimenzionalan tip CAD-a.



a) b)

Slika 4: a) 2D i b) 3D slika

Treći korak – CAM (Computer Aided Machining – (pro)izvođenje pomoću računala) - računalom upravljan proizvodni proces.

Sustav koristi računala u kontroli procesa. G kod (strojni jezik, strojni kod). Postoji mnoštvo kodova: M-kod, N-kod,…

- Postprocesuira (prevodi) – na temelju CAD modela vrši se generiranje tzv. G-koda za obradu na strojevima upravljanim računalom
- On je output CAM-a
- G-kod nije dinamičan – statičan je
- Ako promijenite CAD crtež, ponovo vam je potreban postprocesor
- Ako promijenite CAM parametre, opet vam je potreban postprocesor.

Danas su sve vrste obrada temeljene na CAM tehnologijama.

Četvrti korak – Kontrola

CNC kontrola:

• CNC kontrolno računalo (ne treba biti najnovije konfiguracije)
• CNC kontrolni softver (izvršava G-kod instrukcije, umnožavanje programa za tržište, Mach 3, Woodwop, XilogPlus,…)
• CNC kontroler (PLC kontroler - prenosi signale od računala-softvera u pokrete CNC stroja, izrađuje se za različit broj radnih osi)
• Cijena kontrolera varira od nekoliko stotina dolara do nekoliko desetaka tisuća dolara (ovisno o broju osi)
• Cijena softvera se kreće od nekoliko tisuća dolara.

Peti korak – CNC izvođenje

Što je CNC izvođenje:

- Isto kao i manualno izvođenje (izrada izratka) samo što je kontrolirano računalom
- Kod CNC izvođenja je najvažnija sigurnost radnika, pa onda stroja, alata i materijala. Stoga, nosite zaštitnu odjeću i opremu!

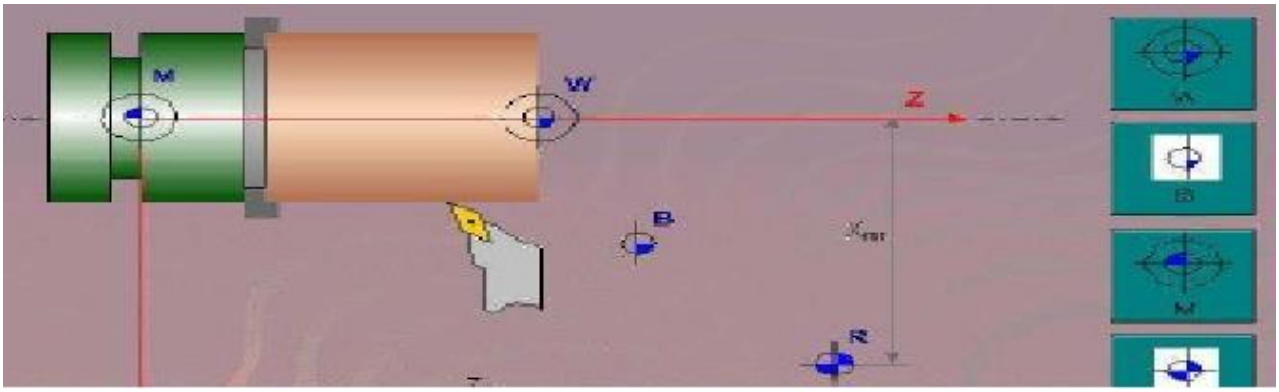
Vrste alata kod izvođenja:

- svrdla
- glodala
- slogovi alata
- kružne pile
- plazma
- laser

2.1. Referentne točke stroja

2.1.1. Referentne točke CNC tokarilice

Slika 5 predstavlja određene referentne, odnosno nul točke tokarilice koje definiraju koordinatni sustav i sam alat te ih je važno poznavati kod programiranja CNC strojeva.



Slika 5: Nul točke tokarilice

W – Nul točka izratka (Workpiece zero point). Točka vezana za izradak. Slobodno se mijenja prema potrebama konstrukcije ili izrade. U ovoj točki je ishodište koordinatnog sustava koje je prebačeno iz točke M i ona olakšava programiranje.
M – Strojna nul točka (Machine zero point). Pozicija ove točke se ne može mijenjati. Određena je od strane proizvođača CNC stroja. Ona je ishodište koordinatnog sustava i od nje se proračunavaju svi pomaci alata.
N – Referentna točka alata (Tool mount reference point). Početna točka od koje se mjere svi alati. Leži na osi držača alata. Određena je od strane proizvođača i ne može se mijenjati.
R – Referentna točka (Reference point). Točka u radnom području stroja koja je determinirana sa krajnjim prekidačima. Služi za kalibriranje mjernog sustava i u početku rada sa strojem moramo dovesti alat u točku R.
B - Početna točka alata (Begin point). Od ove točke alat počinje sa obradom i u njoj se vrši izmjena alata. Ne mora biti neophodno definirana.

3. ALATI KOD CNC STROJEVA

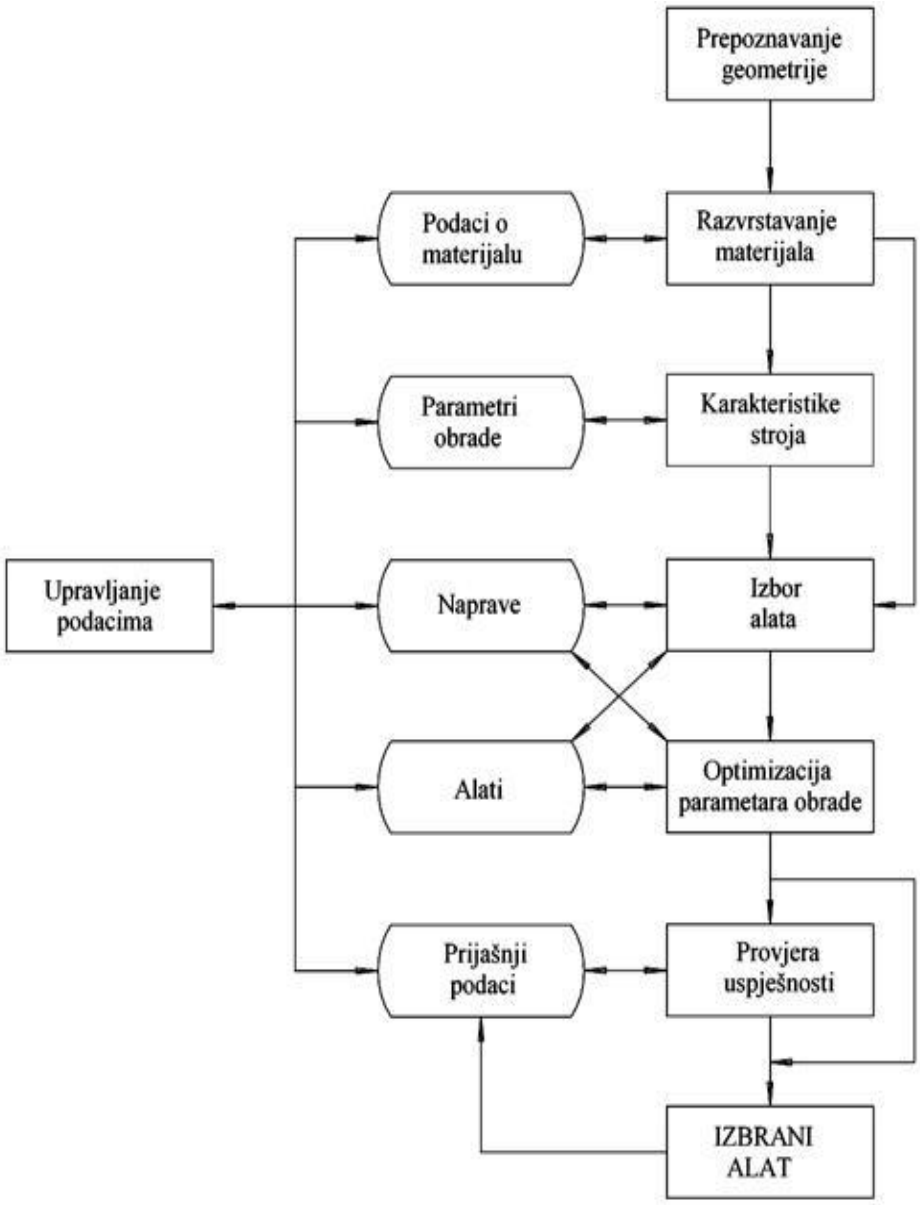
Važan korak u planiranju proizvodnje na CNC strojevima čini pravilan odabir reznog alata, koji će se koristiti za obradu. Pri tome se moraju zadovoljiti strogi zahtjevi za kvalitetom proizvoda pri što manjim troškovima alata u ukupnoj cijeni proizvoda.

Optimizacija automatskog izbora alata kod CNC obradnih centara je u novije doba dobila na važnosti, zbog smanjenja vremena izmjene alata i time skraćivanja ukupnog vremena obrade. U automatiziranom proizvodnom sustavu su opskrba i upravljanje alatima isto toliko važni kao i opskrba obrađenih komada, zato mora alat biti pravilno izabran, centriran, točno stegnut i transportiran u automatski izmjenjivač alata u pravo vrijeme. Općenito je izbor najučinkovitijeg alata ili kombinacije alata za obradu prilično složen, jer se stalno povećava broj dostupnih alata i materijala na tržištu.

Geometrija obratka dobije se iz crteža nekog CAD sistema i obrada se rastavi na pojedine operacije.

Slika 6 prikazuje dijagram toka izbora alata koji ovisi o zahtjevima obrade, a pomoću algoritma za izbor alata uspoređuje se svaki dostupni alat za obradu i traži najbolju kombinaciju alata.[2] Svi podaci o alatu nalaze se u bazi podataka. Algoritam za izbor alata sastoji se iz 4 osnovna koraka:

1. Provjera odgovarajućeg alata
2. Proračun početnih parametara obrade
3. Optimizacija parametara obrade
4. Izbor najboljeg alata.



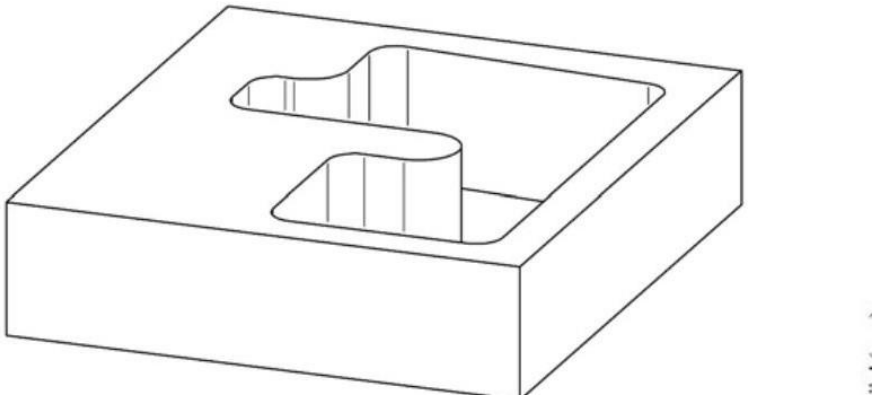
Slika 6: Dijagram toka izbora alata

Kada je potrebno izvršiti samo jednu operaciju obrade, automatski izbor alata može se izvesti na više načina; najjednostavniji je taj da se izabere prvi alat koji geometrijski zadovoljava obradu. U sadašnje vrijeme se uvažavaju još i dodatni kriteriji za izbor najboljega alata za obradu kao što su:

- maksimalni volumen odrezanoga materijala (odnašanje)
- maksimalna postojanost alata
- minimalni troškovi obrade i
- najkraće vrijeme obrade.

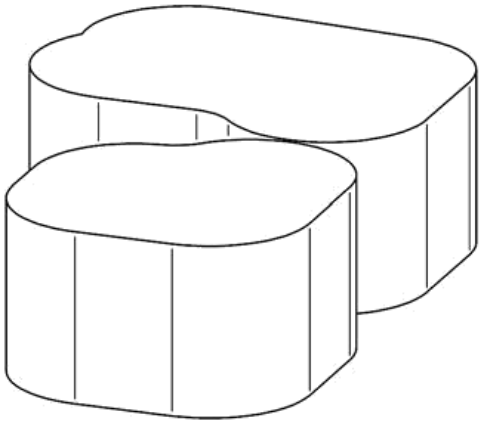
U većini slučajeva upotreba samo jednog alata nije ekonomski isplativa za obradu cijelog komada. Alati manjeg promjera kojima su dostupna sva mjesta na obratku, imaju malu brzinu odstranjivanja materijala u jedinici vremena, dok većim alatima nisu dostupna sva mjesta na konturi obratka, pa za njima ostaje određena količina neodrezanog materijala.

Izbor pravilne kombinacije alata, kojom se mogu obraditi teško dostupna mjesta na konturi pri zadovoljavajućem volumnom odstranjivanju materijala je prilično zahtjevan. Moguće je precizno izračunati koliko materijala ostaje za naknadnu obradu, ako se u prvoj operaciji obrađuje alatom kome nisu dostupna sva mjesta na konturi (prevelik promjer alata).[6]

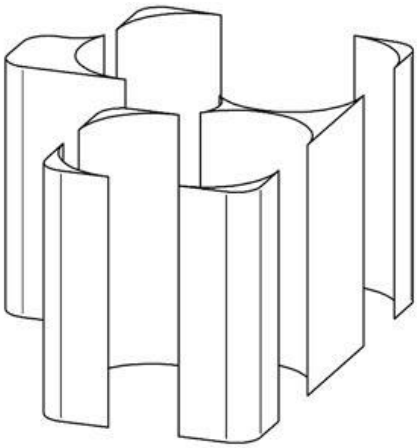


Slika 7: Glodanje utora

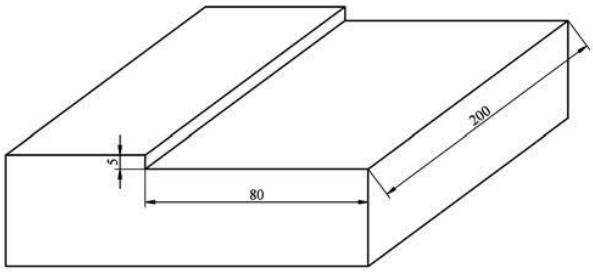
U ovom primjeru se obrada izvršila glodalom Ø35 mm. Na slici 8 je prikazan volumen materijala dostupan glodalu, a na slici 9 volumen materijala koji ostaje nakon obrade glodalom Ø35 mm, te se kasnije mora odstraniti glodalom manjega promjera.



Slika 8: Dostupni volumen za glodalo Ø35 mm

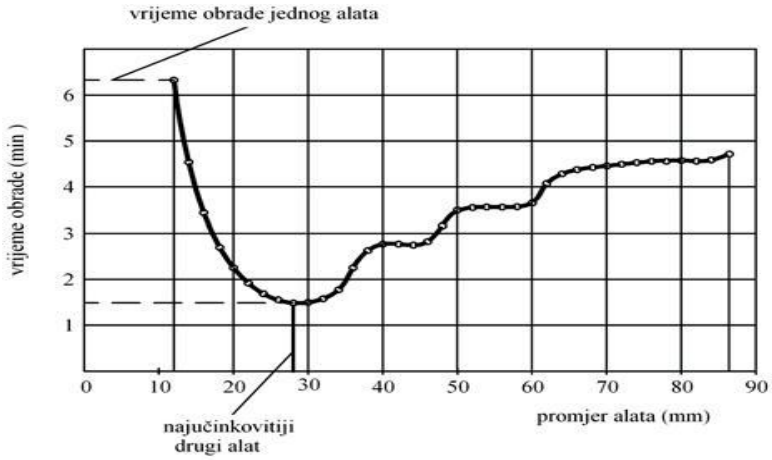


Slika 9: Volumen materijala preostao nakon obrade glodalom Ø35 mm



Slika 10: Glodanje stepenice

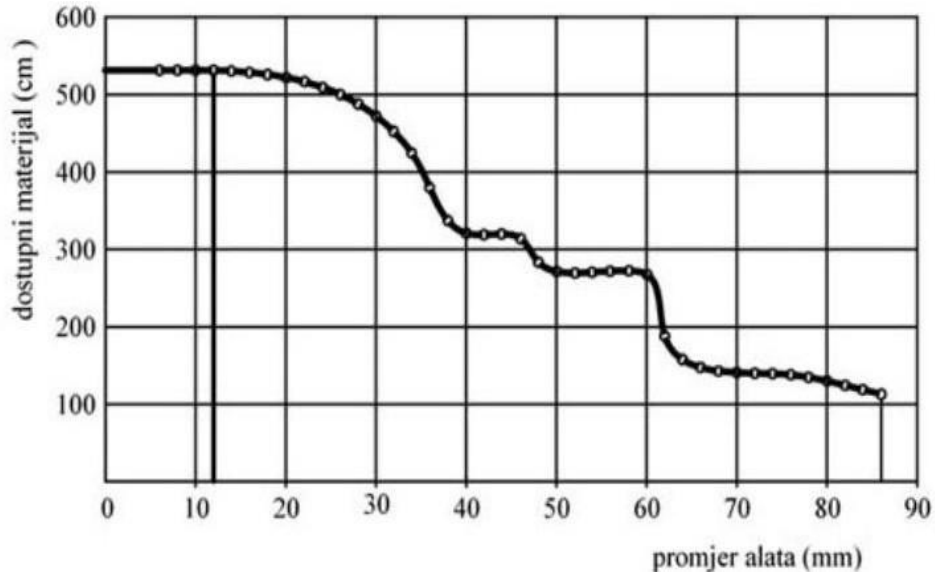
Na slici 11 je prikazana Delta-Volume Clearance krivulja.



Slika 11: DVC krivulja

Krivulja započinje vremenom obrade za jedan alat (Ø12 mm) i nastavlja se vremenima obrade za kombinacije alata. Proračun se nastavlja tako dugo dok promjer drugog alata ne postane prevelik za ulazak u materijal - u ovom primjeru je to glodalo promjera 86 mm.

Na slici 12 je prikazana TAD (Tool Access Distribution) krivulja koja predstavlja volumen materijala koji je dostupan za obradu glodala određenog promjera. TAD krivulja za obradak jasno pokazuje da su glodala do promjera 12 mm sposobna obraditi cijeli volumen materijala.



Slika 12: TAD krivulja

Glodalo promjera 32 mm može odstraniti samo 86 % materijala. Iz krivulje se također vidi da povećanjem promjera alata dolazi do smanjenja dostupnog volumena za obradu. U slučaju da alati velikog promjera ne mogu obraditi 100 % volumena obratka, potrebno je izabrati dodatni alat za odvajanje ostataka materijala.

Za početni alat obrade izabere se najveći alat koji može odstraniti cijeli volumen materijala i traži se drugi veći, koji u kombinaciji s njim daje najkraće vrijeme izrade. Rezultate je moguće predstaviti krivuljom koja se naziva DVC.

Izbor najboljeg alata za obradu na osnovu četiri gornja kriterija je prvi korak optimizacije; sljedeći je racionalizacija broja alata, koja ima osnovne uloge:

- smanjenje broja alata - obradni centri imaju ograničeni broj mjesta za alate u magazinu alata i zbog toga broj univerzalnih alata ne smije biti prevelik.

- smanjivanje zaliha alata - smanjivanjem ukupnog broja univerzalnih alata se smanjuju i troškovi držača alata i ukupni troškovi alata.

- podešavanje trošenja alata - ako je vijek trajanja alata manji od trajanja obrade na komadu, tada se u magazin alata stavi isti ili slični alat da ne dođe do prekidanja obrade zbog podešavanja alata.

Kod CNC strojeva opremanje stroja sa različitim alatima je od bitne važnosti za kvalitetnu izradu. Alati su smješteni u revolversku glavu prema redoslijedu izrade te su postavljeni tako da je svaki drugi alat (od ukupno 8) naizmjenično alat za vanjsko tokarenje ili za obradu unutarnjih ploha,čime su jedni alati s parnim a drugi sa neparnim brojevima. Svakom se alatu mogu dodijeliti odgovarajući brojevi korekcija alata koji se nalaze u memorijskom mjestu stroja za korekciju dimenzija alata. Pod korekcijom podrazumijeva se vrijednost razlike koordinata vrha oštrice promatranog alata u odnosu na prvi alat. Istrošenost alata također djeluje na netočnost dimenzija pa moramo uzeti i te korekcije u obzir. Netočnost se ustanovljava mjerenjem izratka.

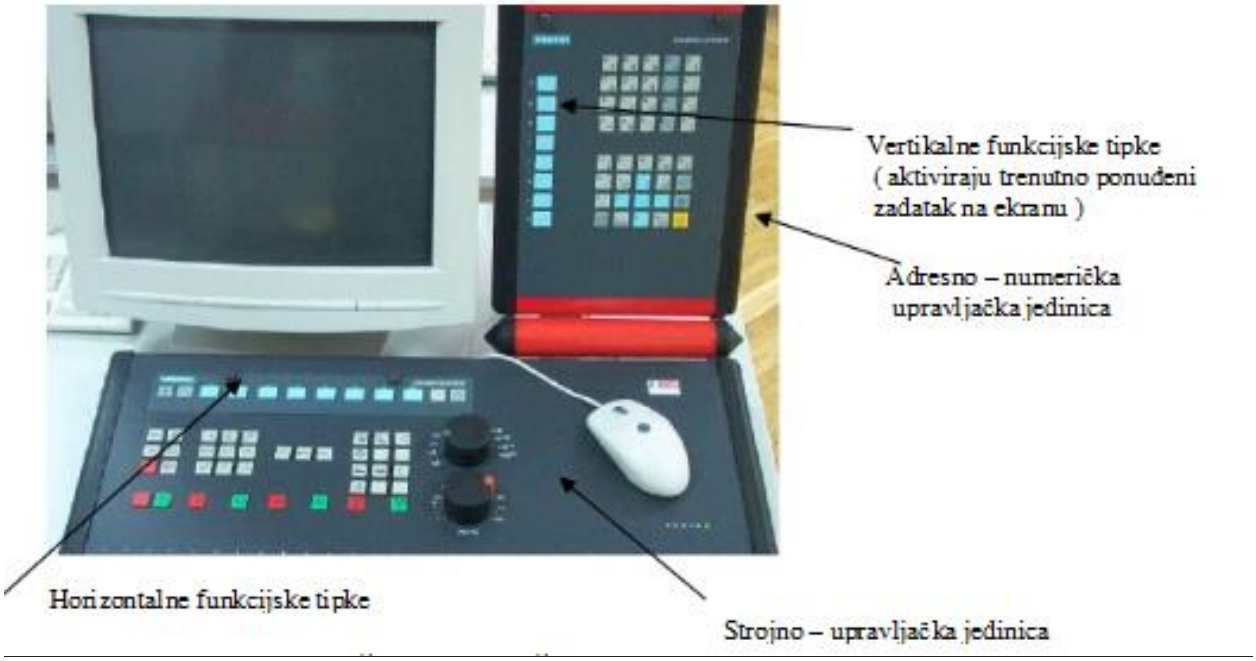
Označavanje potrebnog alata i njegove korekcije vrši se na slijedeći način:

Npr. T01D1

T - alat (tool)
T01 - 1. mjesto na revolverskoj glavi
T01D1 -mjesto u memoriji korekcije alata br.1

4. UPRAVLJAČKA JEDINICA STROJA I PRIKAZ SOFTWERA

Slika 13 prikazuje upravljačku jedinicu stroja i posebni softver (program) koji služe za upravljanje CNC strojevima.



Slika 13: Upravljačka jedinica stroja

4.1. Tehnološka dokumentacija za CNC strojeve

Kod uspješnog pisanja NC programa bitno je prije samog pisanja programa napraviti tehnološku dokumentaciju. Tehnološka dokumentacija za CNC strojeve sastoji se od:

1. Tehničkog crteža izratka – tehnička dokumentacija koja u svom dvodimenzionalnom prikazu pokazuje kako izgleda proizvod, na koji ga način obrađivati, te koje materijale koristiti.
2. Plana alata za radni predmet – sadrži popis svih korištenih alata za obradu prema redoslijedu korištenja, potrebne mjere, standardne režime i korekcije.
3. Plana stezanja – obuhvaća osnovne gabarite radnog prostora, položaj radnog predmeta na stolu, točke oslanjanja predmeta i mjesta stezanja, te položaj nulte točke.
4. Plana rezanja – to je glavni dokument za ispis programa u kojem su vidljive putanje kretanja alata za svaku operaciju. Prati se put kretanja vrha alata od početka obrade pa do kraja obrade.
5. Redoslijeda operacija – operacijski list koji sadrži redoslijed operacija radnog predmeta sa potrebnim režimima rada i vremenima izrade.
6. NC koda – ispis programa je zadnji najvažniji dokument po kojem se unose naredbe za upravljanje strojem. Razrađeni program unosi se u programski list.

5. PODJELA CNC OBRADNIH CENTARA

5.1. Podjela prema namjeni

Prema namjeni CNC obradne centre možemo podijeliti na univerzalne i specijalizirane.

5.1.1. Univerzalni CNC strojevi

Univerzalni CNC strojevi se koriste kod proizvodnje gdje imamo više vrsta proizvoda. Takvi strojevi trebaju osigurati da prebacivanje s jedne vrste obrade na drugu bude jednostavno i brzo. Pri tome trebaju osigurati univerzalan način prihvaćanja ili učvršćivanja obradaka te brzu i efikasnu izmjenu više ili manje univerzalnih alata za obradu.

Alati na takvim strojevima se obično mogu koristiti kod više vrsta obrade te se mogu lako prilagoditi željenoj obradi.

5.1.2. Specijalizirani CNC strojevi

Specijalizirani CNC strojevi su okrenuti proizvodnji obično s jednom vrstom proizvoda unutar koje može proizvoditi različite tipove proizvoda.

Takvi strojevi imaju specifične karakteristike u prihvatu obratka, ali I u vrsti alata kojeg koriste. Općenito treba napomenuti da se kod specijaliziranih CNC strojeva koristi ograničeni broj različitih vrsta obrade.

Na slici 14 je prikazan primjer jednog od specijaliziranih CNC obradnih centara za proizvodnju prozora, roleta i okvira za vrata.



Slika 14: CNC stroj za izradu vrata i prozora

Glavne karakteristike CNC obradnih centara:

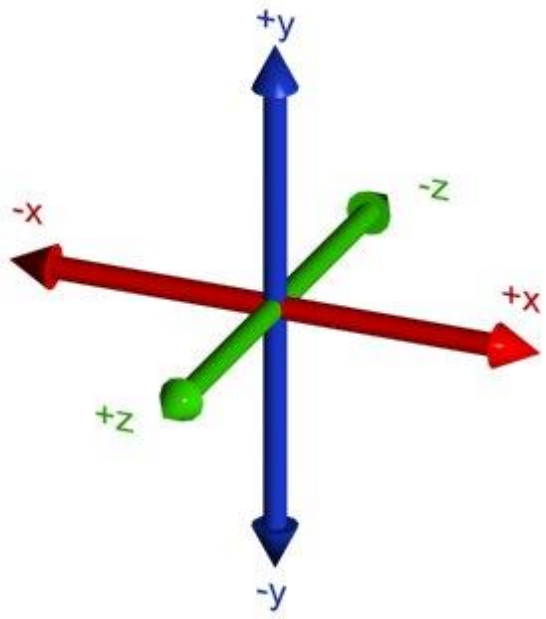
- namjenske obradne glave za svaku određenu strojnu operaciju (glodanje, piljenje itd.),
- 5-osna obradna glava obrađuje grede sa svih strana te može obraditi dodatne zadane profile
- automatsko mijenjanje alata tijekom radnog ciklusa
- kompletna obrada grede s svih šest strana u jednoj zadanoj operaciji bez potrebe za ponavljanjem
- novi softveri za brzo i jednostavno programiranje.

5.2 Podjela prema mogućnostima obrade

5.2.1. Stupnjevi slobode gibanja alata

CNC obradni centri koriste najmanje 3 osi kod pokreta alata, X, Y i Z os. X os je paralelna s najdužom stranom radnog stola dok je Y os paralelna s najkraćom. Vertikalno kretanje alata je u smjeru Z osi. CNC strojevi postaju mnogo fleksibilniji ako imaju i 4 os. Obično to bude rotirajuća os A kod vertikalnih tipova CNC strojeva ili os B kod horizotalnih. Još veća fleksibilnost je kod CNC strojeva s 5 ili više osi.

Slika 15 predstavlja stupnjeve slobode gibanja (X, Y i Z os).



Slika 15: Oznake stupnjeva slobode gibanja

S obzirom na broj osi CNC strojevi se mogu podijeliti na:

- 3-osni CNC strojevi – kretanje alata je u smjeru 3 osnovne osi, X,Y i Z.
- 3.5-osni CNC strojevi – osim osnovnih osi, alat koristi dodatnu rotirajuću os A, no alat se ne može istovremeno rotirati i kretati po osnovnim osima.
- 4-osni CNC strojevi – alat koristi osnovne osi i dodatnu rotirajuću os A te se alat može istovremeno rotirati i kretati po osnovnim osima.
- 5-osni CNC strojevi – alat koristi osnovne osi te dodatne rotirajuće osi A i B

5.3. Podjela prema konstrukcijskim odrednicama stroja

Neka od obilježja konstrukcije CNC stroja su:

- broj radnih jedinica
- konstrukcija radnog stola
- tip nosača obradne jedinice
- načini izvođenja obrade.

6. ODRŽAVANJE CNC STROJA

Poslodavac ne smije dati na upotrebu stroj koji nije izrađen u skladu s pravilima zaštite na radu, ili nije u ispravnom stanju, a mora ga isključiti iz upotrebe ako nastanu promjene zbog kojih postoji opasnost za život ili zdravlje radnika.

U svrhu utvrđivanja da je stroj izrađen u skladu s pravilima zaštite na radu, poslodavac je dužan nabaviti ili sam izdati odgovarajuću ispravu, kao i upute o namjeni stroja, načinu montaže i demontaže, pregleda i održavanja i o sigurnom načinu rukovanja.

Međutim, kako su strojevi tijekom uporabe izloženi mogućim promjenama (oštećenja konstruktivnih elemenata, neučinkovito djelovanje zaštitnih naprava zbog nenamjenskog rukovanja ili slično) koje mogu predstavljati opasnost za život ili zdravlje radnika, poslodavac je dužan obavljati preglede i ispitivanja svih strojeva koje upotrebljava u svrhu utvrđivanja jesu li na strojevima primijenjena pravila zaštite na radu, te nisu li zbog nastalih promjena ugroženi život ili zdravlje radnika.

To znači da je poslodavac obvezan procjenom opasnosti i/ili pravilnikom o zaštiti na radu regulirati provođenje povremenih pregleda i ispitivanja strojeva zbog provjeravanja njihove ispravnosti tijekom upotrebe. Nije dovoljno da strojevi budu konstruirani i izrađeni u skladu s pravilima zaštite na radu, već se moraju upotrebljavati strogo namjenski, a radnici se trebaju držati uputa za siguran rad s odnosnim strojem. Da bi se to stvarno provodilo, potrebno je provoditi stalne preglede strojeva.

Zbog toga u procjeni opasnosti i/ili pravilniku o zaštiti na radu poslodavca moraju se točno utvrditi, na osnovi izvršene analize strojeva, svi elementi potrebni za normiranje pregleda, kao što su:

- elementi ispitivanja,
- način obavljanja pregleda ili ispitivanja,
- rok pregleda,
- zakonska stopa otpisa i sadašnja vrijednost stroja i
- tko treba obaviti pregled.

Pri tome treba istaknuti da propisani rokovi u sustavu povremenih pregleda i ispitivanja ne mogu i ne smiju osloboditi radnih zadataka one koji provode neposredan nadzor tijekom proizvodnje. Isto tako, time se ne oslobađaju dužnosti redovne kontrole strojeva niti radnici koji poslužuju stroj.

Na slici 16 prikazani su djelatnici zaduženi za popravak CNC stroja te obavljaju popravak stroja nakon zastoja.



Slika 16: Popravak stroja

7. IZVORI OPASNOSTI KOD STOJEVA, UREĐAJA I APARATA

7.1. Opasnosti pri obradi metala

7.1.1. Lasersko rezanje metala

Lasersko rezanje metala u primjeni je već 25 godina, a tehnologija rezanja se kontinuirano poboljšava. Od prvotne upotrebe lasera, moderna tehnologija, posebice CNC, je omogućila povećanu preciznosti i ekonomičnost laserskog rezanja što ga je učinilo jednom od najprihvatljivijih tehnika rezanja. Ovisno o snazi, laserska tehnologija može rezati mekani metal do debljine 12.7 milimetara, inox maksimalne debljine 10 milimetara i aluminij debljine 5 milimetara. Maksimalna debljina metala koji se može rezati laserom iznosi 25 mm za konstrukcijski i nehrđajući čelik, a 15 mm za aluminij.

Slika 17 predstavlja stroj za rezanje metala koji ima primjenu u rezanju različitih vrsta metala.



Slika 17: Stroj za rezanje metala

Lasersko rezanje metala se najčešće upotrebljava za rezanje metala homogene strukture dok će nečistoće i primjese uvelike smanjiti kvalitetu reza. Osim umanjene kvalitete, topljeni metal koji nastaje kao neminovni produkt rezanja može oštetiti optička leće lasera. Danas se u praksi sve više javlja potreba za rezanje vrlo tankih materijala što zahtjeva dodatne operacije tijekom samog rezanja. Zbog male debljine materijala, potrebno je odvoditi toplinu koja je rezultat samog procesa rezanja.

Dakle, lasersko rezanje ima primjenu u rezanju različitih vrsta metala a maksimalne debljine ovisne o snazi lasera. Uz ekonomičnost i kvalitetu spojem laserske i CNC tehnologije omogućuje se izvođenje reza i vrlo kompleksnih pozicija.

U industriji obrade metala, svaki uređaj ili alat za rad predstavlja potencijalnu opasnost za radnika. Opasnost je veća ukoliko se zaštitna sredstva za rad ne koriste u skladu sa Pravilnikom o uporabi osobnih zaštitnih sredstava i Zakonom o zaštiti na radu[3] i ukoliko ih koriste osobe koja nisu stručno osposobljena za rad sa njima.

Posebnu opasnost predstavlja obrada materijala na uređajima za rezanje metala, obrađivanje drveta, rezanje bravarskim alatima, drobljenje različitih materijala, kao i svaka druga vrsta tehnološkog postupka pri kome dolazi do kretanja čestica materijala.

Ove opasnosti su utoliko veće ako se radi o materijalima ili dijelovima koji imaju šiljaste ili oštre dijelove ili krajeve, kao npr.: limovi, šipkasti materijali, glodači, razne vrste noževa za mašine, alatke i razni drugi materijali i alati.

Opasna mjesta odnosno prostorima na oruđu smatraju se mjesta i prostori na kojima zbog opasnih gibanja mogu nastati prignječenja, uklještenja, zahvaćanja, rezovi, posjekotine, udarci te udari od električne energije, štetna djelovanja opasnih tvari.

[3] NN 59/96

7.2. Poslovi s posebnim uvjetima rada

Poslovi s posebnim uvjetima rada su poslovi koji se obavljaju u ekstremnim radnim uvjetima ili pak podrazumijevaju izraziti stupanj moguće ugroženosti zdravlja radnika i osoba u njihovom radnom okolišu, pa dakle nameću i posebnu odgovornost za rad na siguran način. Da bi se radno mjesto svrstalo u ovu kategoriju, razina i/ ili narav opasnosti/štetnosti mora biti takva da se nikakvim do sada poznatim mjerama osobne zaštite i zaštite na radu profesionalnu izloženost u redovnim radnim uvjetima ne uspijeva svesti na razinu koja ne bi bila potencijalno opasna za zdravlje. Pravilnikom o poslovima s posebnim uvjetima rada[4] propisani su poslovi s posebnim uvjetima rada i posebni uvjeti koje moraju ispunjavati radnici za obavljanje tih poslova te rokovi za ponovnu provjeru zdravstvenog stanja i psihičke sposobnosti.

Poslovi s posebnim uvjetima rada[5]: 1. rukovanje i upravljanje strojevima i uređajima na mehanizirani pogon na kojima se ne može primijeniti zaštita od mehaničkih opasnosti i 2. rukovanje i upravljanje samohodnim strojevima na mehanizirani pogon. Ovakve poslove mogu obavljati samo osobe koje osim općih uvjeta za zasnivanje radnog odnosa ispunjavaju i posebne uvjete - kad je riječ o životnoj dobi, spolu, stručnim sposobnostima, zdravstvenom, tjelesnom i psihičkom stanju te psihofiziološkim i psihičkim sposobnostima. Odabir kandidata za ove poslove obavlja se po uzusima profesionalne selekcije. Pregledi kojima se utvrđuje sposobnost za obavljanje poslova s posebnim uvjetima rada dijele se na prethodne preglede (prije zapošljavanja) i periodične preglede koji se obavljaju u zakonom propisanim rokovima. Poslodavac je obvezan provesti osposobljavanje za rad na siguran način. Primjeri poslova za rukovanje i upravljanje strojevima i uređajima na mehanizirani pogon na kojima se ne mogu primijeniti osnovna pravila zaštite od mehaničkih opasnosti su strojevi za obradu metala, drva, papira, kože, gume, izradu obuće i drugih strojeva i uređaja koji se gibaju (razne bušilice, kružne pile, glodalice, preše...).

Moguća oštećenja zdravlja pri radu s ovim strojevim i uređajima su razne mehaničke ozljede: otvorene rane, otkinuća dijela tijela (amputacije) i zatvorene rane, dok kao posljedica rada s alatima koji su pod visokom temperaturom mogu nastati i opekline. Kontraindikacije za obavljanje ovih poslova su: psihoze, epilepsija, bolesti sa sklonošću nesvjestici, alkoholizam i druge ovisnosti.

[4] N.N., br. 5/84
[5] Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada, točke 1. i 2.

Moguća oštećenja zdravlja su višestruke površinske i unutarnje teške ozljede kako radnika koji upravlja tim strojem tako i drugih radnika koji se nalaze u radnom okruženju. Kontraindikacije za ove poslove su: psihoze, epilepsija, bolesti sa sklonošću nesvjestici, alkoholizam i druge ovisnosti, kronične bolesti dišnog sustava sa znacima respiratorne insuficijencije, teže reumatske bolesti, neuropatije, teži oblici neuroze te izrazita agresivnost.

Na radnim mjestima razni strojevi i uređaji obavljaju razne operacije, osvjetljavaju, griju te rashlađuju prostorije u kojima se radi.

Primjena tih sredstava kojima se ljudi svaki dan služe, pa i ona najsuvremenija često su izvor znatnih ozljeda i zdravstvenih oštećenja. Pri rukovanju strojevima često se javljaju opasnosti od mehaničkih ozljeda. Tako se, na primjer, ozljede javljaju pri rukovanju (ili gibanjem u njihovoj neposrednoj blizini), oštrim i šiljastim predmetima, rotirajućim predmetima, na mjestima uklještenja, u blizini predmeta koji se gibaju pravocrtno i slično.

Opasnim mjestima odnosno prostorima na oruđu smatraju se mjesta i prostori na kojima mogu zbog opasnih gibanja nastati prignječenja, uklještenja, zahvaćanja, rezovi, posjekotine, udarci te udari od električne energije, štetna djelovanja opasnih tvari (opekline, nagrizanja, trovanja, djelovanje štetnih prašina i tako dalje). Opasna gibanja su ona gibanja oruđa ili njegova dijela, alata, osovina, prijenosnika snage, zamašnjaka i drugo koja mogu stvarati opasna mjesta odnosno opasne prostore.

Osim toga, opasnosti predstavljaju i dijelovi strojeva, predmeti ili čestice koji mogu odletjeti iz stroja (otpuštanje dijelova, čestice predmeta obrade i slično). Kod postrojenja se najčešće pojavljuju mjesta mogućeg oštećenja i zastoja kod strojeva. Najčešće ozljede su porezotine, nagnječenja, razderotine, kontuzije iščašenja i druge unutarnje rane, amputacije i slično.

7.3. Zaštita operatera

Rukovanje bilo kojim strojem pa tako i CNC strojem može biti opasno za operatera koja nadgleda određeni obradni proces. Proizvođači CNC strojeva nastoje minimizirati rizike opasnosti raznim konstrukcijskim rješenjima samog stroja ili dodatnim nadogradnjama u blizini stroja (razne pregrade, laserske zrake, kabine...).

Obzirom na položaj operatera CNC obradu možemo podijeliti na:

- CNC obrada u otvorenom prostoru
- CNC obrada u zatvorenom prostoru,

koje su prikazane na slikama 18 i 19.

Kod CNC obrade na otvorenom prostoru operater može biti fizički u doticaju sa samim obratkom, no za vrijeme rada stroja mora se udaljiti na određenu udaljenost, ovisno o sigurnosnim specifikacijama stroja. Najčešće se ispred radnog stola nalazi sigurnosn tepih osjetljiv na dodir koji onemogućava približavanje stroju ili dijelu stroja za vrijeme obrade. Neki strojevi kao takvu vrstu zaštite ne prilaženja stroju koriste lasersku zraku te ukoliko se ona za vrijeme rada stroja prekine, privremeno se zaustavlja rad stroja.

Prednost korištenja tepiha je u više zonskoj obradi pri čemu je do jednog dijela stroja za vrijeme obrade omogućen pristup kako bi se mogli učvrstiti obradci.

Kod CNC obrade u zatvorenom prostoru, operater je fizički odvojen za vrijeme rada stroja, obično kliznim vratima s velikim prozorom. Time je operateru zajamčena potpuna sigurnost. Zatvoreni prostor bitno smanjuje količinu prašine oko stroja čime se smanjuje razina buke.



Slika 18: CNC obrada u otvorenom prostoru



Slika 19: CNC obrada u zatvorenom prostoru

7.4. Plan mjera za smanjivanje razine opasnosti pri radu s CNC strojevima

Tablica 1 prikazuje plan mjera za smanjivanje razine opasnosti pri radu s CNC strojevima koji sadrži uočene nedostatke te prijedlog osnovnih i/ili posebnih mjera zaštite na radu koje poslodavac mora primijeniti da se nedostatci otklone ili smanje na najmanju moguću mjeru.

Tablica 1: Plan mjera za smanjivanje razine opasnosti pri radu s CNC strojevima

Red. br.	Uočeni nedostatak	Prijedlog osnovnih i/ili posebnih mjera zaštite na radu koje poslodavac mora primijeniti da se nedostaci otklone ili smanje na najmanju moguću mjeru
1	Dokumentacija	Pridržavanje propisanih procedura, radnih uputa i zakonske regulative. Revizija i ažuriranje dokumentacije.
2	Osobna zaštita	Nabavljati i koristiti kvalitetnu zaštitnu opremu. Kontrolirati ispravnost i korištenje iste. Koristiti anketni list i reprezentativni uzorak.
3	Radni prostor	Radne i površine za kretanje osloboditi od nepotrebnih stvari, držati uredne i čiste.
4	Buka	Pri nabavi nove opreme koristiti strojeve i opremu novih tehnologija s certifikatima. Periodički provjeravati intenzitet.
5	Zabrana uzimanja alkohola i drugih sredstava	Radnik pod utjecajem alkohola predstavlja realnu opasnost na radnom mjestu. Potrebno je pojačati mjere i uvesti obavezne.
6	Osposobljavanje za rad na siguran način	Poslodavac ne smije dozvoliti samostalno obavljanje poslova osobi na radu koja prethodno nije osposobljena za rad na siguran način. Hitno izvršiti reviziju osposobljavanja za rad na siguran način
7	Osiguranje potrebnih putova za prolaz, prijevoz i evakuaciju radnika	Putovi i izlazi u nuždi moraju biti slobodni i voditi što izravnije prema vanjskom prostoru ili do sigurnog područja. Vrata za nuždu ne smiju biti zaključana. Evakuacijski putovi moraju biti označeni.
8	Zaštita okoliša	Pridržavati se propisanih procedura.

7.5. Upute za siguran rad s CNC strojem

1. Na stroju smije raditi samo radnik koji ispunjava uvjete za rad na tom stroju i koji je osposobljen za rad na siguran način.

2. Pri radu na stroju radnik je izložen opasnostima od zahvaćanja pokretnim i rotirajućim dijelovima stroja, vraćanja ili odbacivanja predmeta obrade, letećih komada i čestica, padova predmeta i slično, što može izazvati teške ozljede.

3. Prije početka rada obavezno provjeriti ispravnost svih dijelova na stroju, a posebno jesu li su svi pokretni dijelovi stroja zatvoreni zaštitnom napravom.

4. Dok stroj radi zabranjeno ga je čistiti, podmazivati ili popravljati.

5. Prostor oko stroja mora uvijek biti očišćen, a pristup stroju slobodan.

6. Sa stroja je zabranjeno skidati zaštitne naprave.

7. Za vrijeme rada radnik mora koristiti zadužena osobna zaštitna sredstva.

8. Za vrijeme rada treba se usredotočiti na rad i ne razgovarati s drugim radnicima. Posebno su opasne različite šale i igre oko stroja jer mogu biti uzrokom ozljede. Prije početka rada dobro zakopčati rukave , te ih fiksirati na siguran način. Odstraniti marame, šalove i kravate, prstenje, satove,narukvice i druge predmete koji bi se mogli zaplesti u dijelove stroja, te pričvrstiti kosu.

9. Predmet obrade obavezno mehanički privčvrstiti na radni stol.

10. Kod zastoja u obradi radnog komada isključiti stroj, osigurati ga od neovlaštenog ponovnog uključivanja , pričekati dok se zaustave svi rotirajući dijelovi i tek tada otklanjati smetnje.

11. U slučaju bilo kakvog kvara na stroju ili alatu, na zaštitnoj napravi ili uređajima za uključivanje, stroj treba zaustaviti i kvar dojaviti odgovornom voditelju poslova.

12. Nakon isključivanja, stroj još neko vrijeme predstavlja izvor opasnosti.

13. Prije napuštanja stroja isključiti upravljački napon i stroj osigurati od neovlaštenog ponovnog uključivanja, tada se stroj može popravljati,podmazivati i čistiti te pospremati i čistiti u njegovoj neposrednoj okolini.

Norme o sigurnosti robota i robotskih uređaja:

- HRN EN ISO 10218- 1:2012 Roboti i robotski uređaji – Sigurnosni zahtjevi za industrijske robote – 1. dio: Roboti (ISO 10218-1:2011; EN ISO 10218-1:2011)
- HRN EN ISO 10218- 2:2012 Roboti i robotski uređaji – Sigurnosni zahtjevi za industrijske robote – 2. dio: Robotski sustavi i integracija (ISO 10218-2:2011; EN ISO 10218- 2:2011)
- HRN EN ISO 10472- 1:2009 Sigurnosni zahtjevi za strojeve za industrijsko pranje – 1. dio: Opći zahtjevi (ISO 10472-1:1997; EN ISO 10472-1:2008)
- HRN EN ISO 13482:2014 Roboti i robotski uređaji – Sigurnosni zahtjevi za poslužne robote (ISO 13482:2014; EN ISO 13482:2014).[7]

7.6. Prava i obveze poslodavca

Poslodavac je obvezan organizirati i provoditi zaštitu na radu, vodeći pri tome računa o prevenciji rizika te obavještavanju, osposobljavanju, organizaciji i sredstvima. Sve troškove provođenja zaštite na radu snosi poslodavac, tj. njegovo provođenje ne smije teretiti radnika. Poslodavac je obvezan, uzimajući u obzir poslove i njihovu prirodu, procjenjivati rizike za život i zdravlje radnika i osoba na radu, osobito u odnosu na sredstva rada, radni okoliš, tehnologiju, fizikalne štetnosti, kemikalije, odnosno biološke agense koje koristi, uređenje mjesta rada, organizaciju procesa rada, jednoličnost rada, statodinamičke i psihofiziološke napore, rad s nametnutim ritmom, rad po učinku u određenom vremenu (normirani rad), noćni rad, psihičko radno opterećenje i druge rizike koji su prisutni, radi sprječavanja ili smanjenja rizika.

Poslodavac je odgovoran za organiziranje i provođenje zaštite na radu radnika. Također je obvezan utvrditi i obavljati poslove zaštite na radu u skladu s procjenom rizika, stanjem zaštite na radu i brojem radnika. Poslodavac je obvezan osposobiti radnika za rad na siguran način prije početka rada, kod svake promjene u radnom sustavu, kod uvođenja nove radne opreme i tehnologije te kod promjene mjesta rada.

Poslodavac ne smije dozvoliti samostalno obavljanje poslova radniku koji nije osposobljen za rad na siguran način. Radnik koji nije osposobljen za rad na siguran način mora biti pod neposrednim nadzorom radnika koji je osposobljena za rad na siguran način.

Poslodavac je obvezan osigurati da su mjesta rada koja se koriste u svakom trenutku sigurna, održavana, prilagođena za rad i u ispravnom stanju, u skladu s pravilima zaštite na radu.[8]

7.7. Procjena rizika

Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u vezi s radom i poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika. Procjenu rizika treba napraviti za svako radno mjesto zato što je ona temeljni dokument za provedbu mjera u cilju zaštite zdravlja i sigurnosti na radu radnika.

Tijekom procjenjivanja rizika kod CNC strojeva potrebno je:

- prepoznati sve opasnosti i opasne situacije koje se mogu dogoditi pri radu s CNC strojevima
- prepoznati sve osobe koje mogu biti izložene utvrđenim opasnostima
- prepoznati vrstu i težinu mogućih oštećenja zdravlja i učestalost izloženosti
- procijeniti razinu rizika - istražiti mogućnost za uklanjanje ili smanjenje razine rizika
- odrediti postupke po prioritetima i odlučiti o mjerama za uklanjanje ili smanjenje rizika
- dokumentirati procjenu rizika.

Procjena rizika čuva se u pisanom i elektroničkom obliku i mora biti dostupna radniku na mjestu rada. Procjenu rizika može izraditi sam poslodavac ili ju može dati izraditi kod ovlaštene osobe. U izradi sudjeluje osoba koja ju izrađuje (sam poslodavac ili ovlaštena osoba) i radnici ili njihov predstavnik (povjerenik radnika).

Opasnosti se dijele na:

1. mehaničke opasnosti:

- alati
- strojevi i oprema
- sredstva za horizontalni prijenos
- sredstva za vertikalni prijenos
- rukovanje predmetima
- ostale mehaničke opasnosti

2. opasnosti od padova:

- pad radnika i drugih osoba
- pad predmeta.

3. opasnosti od električne struje:

- otvoreni električni krug
- ostale električne opasnosti.

4. opasnosti od požara i eksplozija:

- eksplozivne tvari
- zapaljive tvari

5. termičke opasnosti:

- vruće tvari
- hladne tvari.

Štetnosti se dijele na:

1. kemijske štetnosti:

- otrovi
- korozivi
- nadražljivci
- zagušljivci
- senzibilizatori
- fibrogeni
- mutageni
- karcinogeni
- teratogeni.

2. biološke štetnosti:

- zarazni materijal
- zarazni ljudi
- zaražene životinje
- opasne biljke
- opasne životinje.

3. fizikalne štetnosti:

- buka
- vibracije
- promijenjeni tlak
- nepovoljni klimatski i mikroklimatski uvjeti
- ionizirajuće zračenje
- neionizirajuće zračenje

Napori se dijele na:

1. statodinamičke napore:

- statički
- dinamički.

2. psihofiziološke napore:

- nepovoljan ritam rada
- poremećen bioritam
- remećenje socijalnih potreba
- visoka vjerojatnost izvanrednih događaja
- odgovornost za živote ljudi i materijalna dobra
- otežan prijam informacija
- radni zahtjevi
- maltretiranje
- ostali psihofiziološki napori

3. napore vida

4. napore govora



Slika 20: Procjena rizika

7.8. Osobna zaštitna oprema i sredstva

Osobna zaštitna sredstva su sredstva koja radnik nosi, drži ili na bilo koji drugi način upotrebljava pri radu, tako da ga štite od jednog ili više rizika vezano za njegovu sigurnost i zdravlje. U osobna zaštitna sredstva spada također i svako pomagalo ili dodatak, koji se upotrebljava za postizanje što veće sigurnosti radnika.

Osobna zaštitna sredstva upotrebljavaju radnici pri radovima, pri kojima nije moguće otkloniti rizike za sigurnost i zdravlje te u slučajevima kada poslodavac ne može u dovoljnoj mjeri smanjiti rizike primjenom osnovnih pravila zaštite na radu ili odgovarajućom organizacijom rada.

Prioriteti zaštite radnika se mogu prikazati na sljedeći način:

1. Prvi zahtjev je eliminacija opasnosti (izbjegavanje opasnih postupaka, uklanjanje opasnih uvjeta rada, zamjena nesigurnih za sigurne postupke i uvjete rada)

2. Druga mogućnost je da zaštitimo, ograničimo ili izoliramo opasnost (npr. ventilacijom, izolacijom, hermetizacijom)

3. Treća mogućnost je prostorno ili vremensko odjeljenje osobe i opasnosti (mehanizacijom i automatizacijom)

4. Četvrta mjera je zaštititi osobu uporabom osobnih zaštitnih sredstava i opreme.

Osobna zaštitna oprema i sredstva se dijele na:

- sredstva za zaštitu glave
- sredstva za zaštitu vrata
- sredstva za zaštitu sluha
- sredstva za zaštitu očiju i lica
- sredstva za zaštitu organa za disanje
- sredstva za zaštitu ruku
- sredstva za zaštitu nogu
- sredstva za zaštitu kože
- sredstva za zaštitu trupa i trbuha
- sredstva za zaštitu cijelog tijela
- zaštitna odjeća

Slika 21 predstavlja osobna zaštitna sredstva koje radnik mora koristiti pri radu s CNC strojevima ili popravku strojeva:

- sredstva za zaštitu sluha,
- cipele sa čeličnom kapicom na prstima,
- Sredstvo za zaštitu glave (kaciga) i za zaštitu lica,
- zaštitne naočale,
- rukavice



Slika 21: Osobna zaštitna oprema

Osobna zaštitna oprema i sredstva se dijele i prema rizicima od kojih se radnik treba zaštititi:

- fizikalni rizici: mehanički (pad s visine, udarac, ubod, posjekotina, vibracije, klizanje, pad u ravnini, lebdeće i rasprskavajuće čestice), toplinski (vrućina, vatra, hladnoća), električni, zračenje (neionizirajuća, ionizirajuća), buka.
- kemijski rizici: aerosoli (prašina, vlakna, dim, magla), tekućine (razlijevanje, prskanje), plinovi, pare - biološki rizici: bakterije, virusi, gljivice ili paraziti, nemikrobski biološki antigeni.

8. OZLJEDE NA RADU I PROFESIONALNE BOLESTI

8.1. Ozljeda na radu

U skladu s odredbama Zakona o obveznom zdravstvenom osiguranju ozljedom na radu smatra se:

- ozljeda izazvana neposrednim i kratkotrajnim mehaničkim, fizikalnim ili kemijskim djelovanjem te ozljeda prouzročena naglim promjenama položaja tijela, iznenadnim opterećenjem tijela ili drugim promjenama fiziološkog stanja organizma, ako je uzročno vezana uz obavljanje poslova, odnosno djelatnosti na osnovi koje je ozlijeđena osoba osigurana u obveznom zdravstvenom osiguranju, kao i ozljeda nastala tijekom obveznoga kondicijskog treninga vezanog uz održavanje psihofizičke spremnosti za obavljanje određenih poslova, sukladno posebnim propisima
- bolest koja je nastala izravno i isključivo kao posljedica nesretnog slučaja ili više sile za vrijeme rada, odnosno obavljanja djelatnosti ili u vezi s obavljanjem te djelatnosti na osnovi koje je osigurana osoba osigurana u obveznom zdravstvenom osiguranju
- ozljeda nastala na način koju osigurana osoba zadobije na redovitom putu od stana do mjesta rada i obratno te na putu poduzetom radi stupanja na posao koji joj je osiguran, odnosno na posao na osnovi kojeg je osigurana u obveznom zdravstvenom osiguranju
- ozljeda, odnosno bolest koja nastane kod osigurane osobe u okolnostima iz članka 16. važećeg Zakona o obveznom zdravstvenom osiguranju.

8.2. Profesionalne bolesti

Profesionalnom bolešću smatra se bolest za koju se dokaže da je posljedica djelovanja štetnosti u procesu rada i/ili radnom okolišu, odnosno bolest za koju je poznato da može biti posljedica djelovanja štetnosti koje su u svezi s procesom rada i/ili radnim okolišem, a intenzitet štetnosti i duljina trajanja izloženosti toj štetnosti je na razini za koju je poznato da uzrokuje oštećenje zdravlja.

Profesionalne bolesti dokazuju se pomoću u medicini rada prihvaćenih programa obrade (algoritama), a dijagnostički postupak obuhvaća:

- radnu anamnezu i dokazivanje povezanosti bolesti i izloženosti pri radu
- kliničku sliku s pojavom oštećenja funkcije i/ili morfologije organa ili organskih sustava za koje je poznato da je određena radna štetnost može uzrokovati - pozitivne nalaze dijagnostičkih metoda koje mogu objektivizirati to oštećenje.

Prisutnost štetnosti utvrđuje se:

- procjenom opasnosti ili na drugi način koji omogućava da se sa sigurnošću utvrdi prisutnost štetnosti
- određivanjem intenziteta (mjerenjem, neposrednim uvidom u uvjete rada ili na drugi način koji omogućava da se sa sigurnošću utvrdi intenzitet štetnosti) i trajanja izloženosti toj štetnosti.

9. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme moderna industrija je nezamisliva bez CNC strojeva. Primjena CNC strojeva je široka. Svoju primjenu nalazi u drvnim industrijama, industriji namještaja, brodskoj i automobilskoj industriji, koristi se za izradu raznih strojnih dijelova (vratila, osovine, razni profili, prirubnice), za savijanje cijevi, za lasersko i plazma rezanje pa čak i industriji dječjih igračaka. Iz navedenog, može se zaključiti da se radi o strojevima vrlo velikih mogućnosti.

Podrijetlo opasnosti je u sredstvima rada (strojevi i uređaji za rad i radni prostor), a štetna posljedica može nastati zbog greške na njima jer nisu ili nisu zadovoljavajuće primijenjena osnovna pravila zaštite na radu, ili pak zbog nepravilnog postupka radnika.

Ekonomski gubici zbog toga, kako direktno, tako i indirektno, veliko su ekonomsko opterećenje koje se negativno odražava na nacionalni dohodak.[9]

Ozljede koje nastaju zbog mehani čkih opasnosti mogu biti različite prirode, od lakih modrica kao posljedica udaraca, površinskih ozljeda i uboda do teških i smrtonosnih ozljeda. Za zaštitu od mehani čkih opasnosti koriste se različite zaštitne naprave koje spriječavaju dodir ili približavanje opasnim mjestima.Osim toga opasnosti predstavljaju i dijelovi strojeva, predmeti ili čestice koji mogu odletjeti iz stroja (otpuštanje dijelova, čestice predmeta obrade i sl.). Kod postrojenja se najčešće pojavljuju mjesta mogućeg oštećenja i zastoja. Najčešće ozljede su posjekotine, nagnječenja, razderotina, kontuzije, išćašenja i druge unutarnje rane, amputacije i slično.

Postoji mnogo različitih načina zaštite od opasnosti pri upravljanju strojevima, kako CNC strojem, tako i drugim složenim stojevima. Jedan od načina su tehničke zaštitne naprave koje se montiraju na samom stroju, kao npr. senzor za automatsko zaustavljanje stroja pri povlačenju vrata stroja ukoliko dođe do nepravilnog rada stroja ili mogućnosti za nastanak ozljede radnika.[10]

Osim zaštitnih tehničkih naprava tu su i osobna zaštitna sredstva koje obavezno moraju koristiti radnici na strojevima prema Zakonu o zaštiti na radu. Pri radu s CNC strojevima obavezna osobna zaštitna sredstva su štitnici za uši, radno odijelo, cipele sa čeličnom kapicom te zaštitne rukavice.[11]

Ovaj diplomski rad ima namjeru potaknuti poslodavce, radnike te sve one koje imaju dodira sa strojevima, uređajima pa i one koji upotrebljavaju uređaje u kućanstvima na oprez i odgovorno ponašanje pri korištenju istih kako bi zaštitili sebe i druge te prenosili znanje na sve oko sebe.

10. LITERATURA

[1] Numerical control, http://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control, pristupljeno 20.10.2018.

[2] CNC information, http://www.cncinformation.com/ , pristupljeno 20.10.2018.

[3] Bošnjaković M., Stoić A., „*Programiranje CNC strojeva“,* udžbenik Veleučilišta u Slavonskom Brodu, KLASA: 602-04/16-06/108,
URBROJ: 2178/01-25-03-16-01

[4] Pavlović M., Učur M. Đ.,: *„Zaštita na radu – provedbeni propisi s komentarima i tumačenjima“*, Zagreb, 2009., ISBN 978-953-7177-28-7

[5]] A brief history on CNC machining, https://www.cmsna.com/, pristupljeno 21.10.2018.

[6] Dunaj-Mutak LJ., *„Sigurnost i zaštita pri radu“* ZIRS, Zagreb 2001.

[7] Trbojević N., *„Zaštitni uređaji na strojevima“*, Zirs

[8] Računalno integrirana proizvodnja, https://www.veleri.hr, pristupljeno 26.10.2018.

[9] Information about CNC Technology**,** http://www.cncinformation.com/, pristupljeno, 26.10.2018.

[10] Mijović B., *„Primijenjena ergonomija“*, Karlovac: Veleučilište, 2008 (prirucnik)

[11] Mijović B., *„Zaštita strojeva i uređaja“*, Karlovac: Veleučilište, 2012, ISBN 978-953-7343-60-6

11. PRILOZI

11.1. Popis slika

Slika 1:Primjer CNC stroja 1
Slika 2: Prikaz razlika između klasičnih i CNC strojeva 3
Slika 3: CNC proces 7
Slika 4: a) 2D i b) 3D slika 8
Slika 5: Nul točke tokarilice 11
Slika 6: Dijagram toka izbora alata 13
Slika 7: Glodanje utora 14
Slika 8: Dostupni volumen za glodalo Ø35 mm 15
Slika 9: Volumen materijala preostao nakon 15
Slika 10: Glodanje stepenice 15
Slika 11: DVC krivulja 16
Slika 12: TAD krivulja 17
Slika 13: Upravljačka jedinica stroja 19
Slika 14: CNC stroj za izradu vrata i prozora 22
Slika 15: Oznake stupnjeva slobode gibanja 23
Slika 16: Popravak stroja 26
Slika 17: Stroj za rezanje metala 27
Slika 18: CNC obrada u otvorenom prostoru 32
Slika 19: CNC obrada u zatvorenom prostoru 32
Slika 20: Procjena rizika 40
Slika 21: Osobna zaštitna oprema 42

11.2. Popis tablica

Tablica 1: Plan mjera za smanjivanje razine opasnosti pri radu s CNC strojevima .. 33