Step-nc

Hutinec, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:378181

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 284/PS/2018

STEP-NC

Karlo Hutinec, 0051/336

Varaždin, studeni 2018. godine

Sveučilište Sjever

Proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 284/PS/2018

STEP-NC

Student

Karlo Hutinec, 0051/336

Mentor

Tomislav Pavlic, mag. ing. mech.

Varaždin, studeni 2018. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za strojarstvo

PRISTUPNIK: Karlo Hutinec | MATIČNI BROJ: 0051/336

DATUM: 10.10.2018. | KOLEGIJ: CNC obradni sustavi

NASLOV RADA: STEP-NC

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: STEP-NC

MENTOR: Tomislav Pavlic | ZVANJE: viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. dr.sc. Zlatko Botak, viši predavač
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., viši predavač
3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
4. Veljko Kondić, mag.ing.meh, predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 284/PS/2018

OPIS:

U završnome je radu potrebno:
- Opisati postupak programiranja CNC alatnih strojeva,
- navesti načine programiranja,
- usporediti klasični i STEP-NC način programiranja,
- opisati STEP-NC način programiranja, navesti prednosti,
- objasniti ulogu CAD/CAM sustava kod oba načina,
- objasniti ulogu postprocesora.

ZADATAK URUČEN: 18.10.2018. | POTPIS MENTORA: T. Pavlic

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, koristeći se znanjem i vještinama stečenim tijekom studija, te navedenom literaturom.

Ovom prilikom zahvaljujem se svome mentoru Tomislav Pavlicu, mag. ing. mech. na pomoći, savjetima i ustupljenoj literaturi, te utrošenom vremenu i trudu.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na pruženoj potpori tijekom studija.

Karlo Hutinec

Sažetak

Još od industrijske revolucije ljudi su pokušavali na razne načine poboljšati proizvodnju alatnim strojevima. Većina tih razvoja bilo je iz mehaničkih područja, u smislu izrade boljih (bržih, preciznijih, s više mogućnosti) alatnih strojeva, sve do razvoja višeosnih alatnih strojeva. To je bilo važno iz razloga što su se za svu tu vrijeme proizvodi mijenjali, postojali su sve kompleksniji, a sa kompleksnijem proizvodom programi su također postojali kompleksniji, sve dok više nije bilo moguće ručno programirati te nove, višeosne alatne strojeve. Sljedeći korak u razvoju proizvodnje, bio je novi način na koji se programiraju alatni strojevi, a taj način je STEP-NC.

U prvom dijelu ovog rada prikazana je povijest i razvoj CNC alatnih strojeva, povijest numeričke kontrole i povijesti programiranja, te se ukratko spominju zahtjevi današnjeg tržišta. Nakon toga se govori o, programiranju CNC alatnih strojeva, načinima programiranja, prednostima i nedostacima klasičnog načina programiranja (G i M kodovi) i novoog načina programiranja (STEP-NC). Spominju se datoteke putanje alata (CL datoteke) i postprocesori, te njihova uluga, odnosno nedostaci i zašto se kod STEP-NC ne upotrebljavaju. U glavnom dijelu rada govori se o, STEP i STEP-NC standardima, njihovim primjenama, njihovoj uluzi u suvremenoj proizvodnji alatnim strojevima sl.

Ključne riječi: STEP-NC**,** alatni stroj, CNC, programiranje, postprocesor, G kod , CAD/CAM sustavi

Summary

Ever since the industrial revolution, people have tried in various ways to improve pruduction by machine tools. Most of these developments were from mechanical areas, in terms of making better (faster, more precise, with more options) machine tools, until the development of multi-axis machine tools. This was important because at the same time the products were changing, there was more complexity, and with a more complex product the programs bacame more complex as well, untill it was no longer possible to manually program these new, multi-axis machine tools. The next step in the development of production was the new way in which machine tools are being programmed, and that way is STEP-NC.

In the first part of this paper it is mentioned the history and development of CNC machine tools, history of numerical control and programming history, and are briefly mentioned demands of today's market. This is followed by mentioning basics of CNC machine tools programming, programming methods, advantages and disadvantages of classical programming (G and M codes) and new programming method (STEP-NC). In the next part the cutter location data (CL data) and postprocessors are mentioned, as well as their role, i.e. shortcomings and why they are not used in STEP-NC. The main part of the paper deals with STEP and STEP-NC standards, their applications, and their role in today's machine tool production.

Keywords: STEP-NC, machine tools, CNC, programming, postprocessor, G code , CAD/CAM systems

Popis korištenih kratica

NC Numeričko upravljanje

CNC Računalno numeričko upravljanje

STEP Standard za razmjenu podataka o modelu proizvoda

ISO Međunarodna organizacija za standardizaciju

3D Trodimenzionalno

MIT Tehnološki institut Massachusetts

APT Automatski programirani alati

DNC Direktno numeričko upravljanje

FMS Fleksibilni proizvodni sustav

RMS Rekonfigurabilni proizvodni sustavi

CAD Računalom potpomognuto projektiranje

CAM Računalom potpomognuta proizvodnja

CAPP Računalom potpomognuto planiranje procesa

CIM Računalom integrirana proizvodnja

AI Umjetna inteligencija

CL Putanja alata

Sadržaj

1. Uvod 10
1.1 Suvremena proizvodnja 11
2. Razvoj automatizacije....13
2.1 Povijest alatnih strojeva u Hrvatskoj 14
2.2 Povijest numeričkog upravljanja 14
3. Razine upravljanja proizvodnjom....16
4. Programiranje CNC alatnih strojeva....19
4.1 Priprema za programiranje 20
4.2 Načini programiranja CNC alatnih strojeva 21
5. Datoteka putanje alata (CL datoteka) 25
6. Postprocesori 27
7. Klasično NC programiranje (G i M kodovi) 29
7.1 Struktura NC programa 32
7.2 Osnovne naredbe kod programiranja NC kodom 34
8. STEP-NC....36
8.1 Struktura STEP-NC datoteke....39
8.1.1 Opis proizvoda....40
8.1.2 Opis procesa 41
8.1.3 Opis tehnologije....42
8.2 Programiranje kompleksnih dijelova....43
8.3 STEP-NC model podataka i format podataka 43
8.4 Scenariji upotrebe nove metode programiranja baziranim na STEP-NC....45
8.5 E-proizvodnja 46
9. Zaključak 48
10. Literatura 49
Popis slika....51
Popis tablica....52

1. Uvod

Više od pola stoljeća programiranje alatnih strojeva temelji se na G kodu, (ISO 6983). Međutim daljnji razvoji značajno su ograničeni trenutnim programskim jezikom (ISO6983) koji je uvijek podržavao NC (numerički kontroliranu) proizvodnju. Alatni strojevi su se razvili iz jednostavnih strojeva sa upravljačkim pločama (kontrolerima) koji nisu imali nikakvu memoriju, gdje se programiranje, ako se to tako može nazvati, izvodilo pomoću bušenih vrpci do današnjih visoko sofisticiranih računalno numerički upravljanih (CNC) alatnih strojeva. Kroz svih tih godina alatni strojevi su se radikalno mijenjali, ali programski jezik je u osnovi ostao isti. Tek se potkraj prošlog stoljeća počelo razmatrati o zamjeni G koda, sa nekim drugim načinom programiranja CNC alatnih strojeva. Glavni razlog za zamjenu G koda je bio to što kod izrade složenih dijelova, poput lopatica vjetrenjača, turbina, te nekih drugih složenih, zakrivljenih dijelova, nužno je koristiti više-osne alatne strojeve, te je njihovo programiranje uvelike ograničeno korištenjem G kodova. Tijekom godina mnogo je riješenja bilo preporučeno. Ovdje dolazi STEP što znači standard za zamjenu podataka o modelu proizvoda. Od svih preporučenih rješenja STEP je bio najuspješniji, te su se ostali napori usmerili prema STEP-u, te se ujedinili 1994. godine pod ISO (hrv. Organizacija međunarodnih standarda) kako bi se stvorio jedan standard za buduće programiranje CNC alatnih strojeva. Od tada se pokušava u potpunosti implementirati novi način programiranja, koji bi iz 3D programa za crtanje direktno prebacio taj novi format na CNC upravljačku ploču, čime bi se vrijeme programiranja znatno smanjilo (Tablica 1.1). Bitna razlika između starijeg standarda ISO 6983 (G kodovi) i novog ISO 10303 (STEP), je što noviji standard daje puno više informacija CNC upravljački ploči, najznačajnije o geometrijama. Iz STEP-a se razvio STEP-NC. STEP-NC je jezik za kontrolu CNC alatnih strojeva, koji upravljački ploči daje informaciju o geometrijskoj dimenziji i tolerancije, te neke druge informacije (npr. materijal), umjesto da daje informacije samo o putanji alata.

Tablica 1.1 Usporedba vremena proizvodnih procesa za dvije metode programiranja [1]

Proizvodni procesi	Starija metoda	STEP-NC metoda
Programiranje	105 minuta	12 minuta
Priprema stroja	90 minuta	90 minuta
Rad stroja	16.5 minuta	23 minuta

1.1 Suvremena proizvodnja

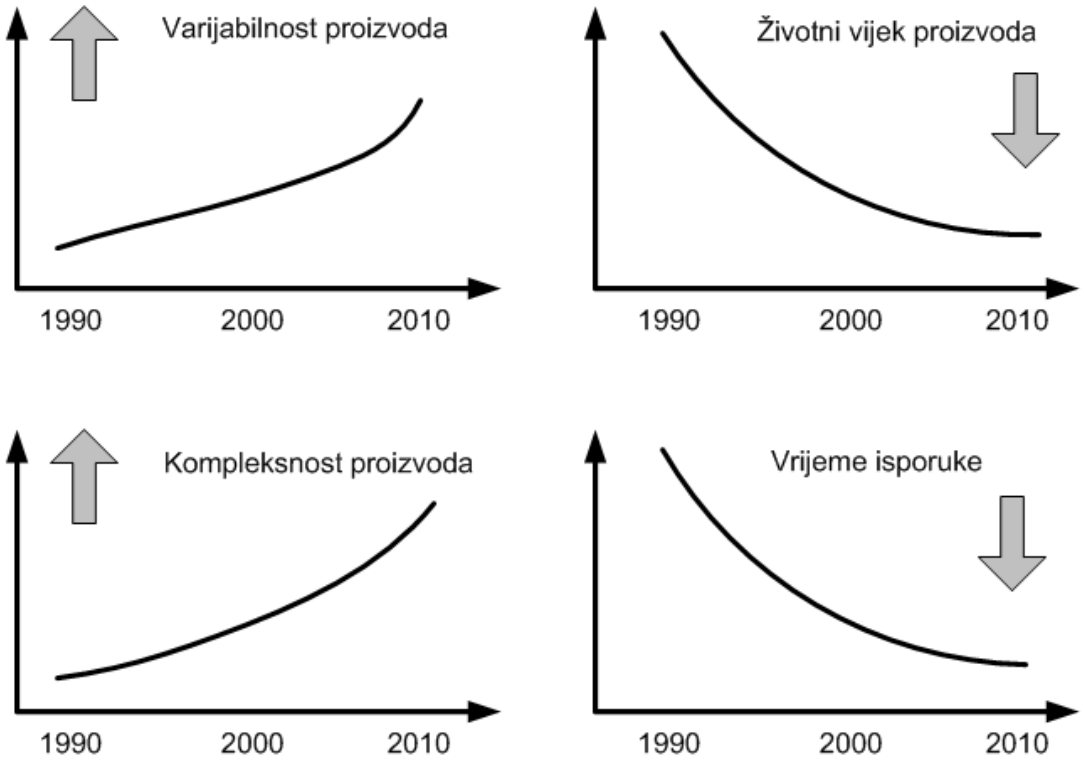
U današnje vrijeme većina ljudi može birati kakav proizvod želi, tj. proizvodnja je orijentirana prema kupcu, što znači da se više ne izrađuju velike serije proizvoda već one manjih količina, ali uz konačnu cijenu proizvoda gotovo kao kod velikih serija. Kako bi se to postiglo potrebno je imati veliku fleksibilnost u proizvodnji. Jedini način na koji tvrtke u današnje vrijeme mogu opstati su da prate trendove.

Osnovni zahtjevi koji vode do tih trendova u današnje vrijeme su [2]:

- zahtjevi za većom produktivnošću;
- zahtjevi za kraćim vremenom obrade;
- zahtjevi za većim iskorištenjem alatnih strojeva;
- zahtjevi za stalnim povećanjem kvalitete obrade;
- zahtjevi za očuvanje okoliša;
- novi teže obradivi materijali obratka.

Zahtjevi tržišta spram onoga od prije nekoliko desetljeća su se također značajno promijenili u posljednje vrijeme. Osnovna obilježja suvremenog tržišta su [2]:

- skraćenje vijeka trajanja proizvoda na tržištu;
- smanjenje veličine serije proizvoda;
- povećanje broja varijanti proizvoda;
- povećanje utjecaja i želja kupaca na oblik i karakteristike proizvoda;
- česte promjene želja kupaca;
- utjecaj konkurencije;
- jeftiniji i kvalitetniji proizvodi



Slika 1.1 Obilježja suvremene proizvodnje [2]

Svi navedeni trendovi i zahtjevi odrazili su se i na zahtjeve za obradnim strojevima i obradnim sustavima, koji moraju na sve zahtjeve ponuditi primjerene odgovore kako bi tvrtka ostala konkurentna. Tako se danas kao obilježja suvremenih proizvodnih sustava ističu:

- velika fleksibilnost i mogućnost brze reakcije na zahtjeve tržišta;
- visok stupanj iskorištenja radnog vremena;
- smanjenje proizvodnih troškova (rentabilnost);
- održavanje kvalitete proizvoda uz minimalni otpad;
- autonoman rad

2. Razvoj automatizacije

Razvoj alatnih strojeva se temelji, od početaka njihovog razvoja, na radioničkom iskustvu i intuiciji te korištenju znanja o zakonima fizike i kemije. Prije industrijske revolucije materijal se obrađivao uglavnom ručno ili se za pogon jednostavnih strojeva rabila vodena energija. Izumom parnoga stroja dobiven je siguran i pokretan izvor mehaničke energije za pogon strojeva, čime započinje industrijska revolucija. Razvoj industrijske proizvodnje može se opisati s tri glavne promjene. Prva promjena počela je krajem 18. stoljeća, a odrazila se na zamjeni ljudskog rada strojevima. To je era *energetike*, a počinje pojavom parnog stroja. Druga velika industrijska revolucija počinje krajem 19. stoljeća, a obilježena je korištenjem električne energije. Tada je ustanovljena i osnova mehanizacije operacija, tj. početak *mehanizacije*. Danas se nalazimo u trećoj fazi razvoja, *automatizaciji*, koja počinje 1950. godine napretkom elektroničke obrade podataka. Treća faza razvoja je karakterizirana i velikim razvojem informacijske tehnologije koja će imati značajan utjecaj na budućnost, a isto tako i na automatizirane tvornice.

Kronološki povijesni tijek razvoja strojeva:

1650. Nizozemska - sustavi za automatsko zvonjenje zvonima;

1700. Engleska - upotreba bušene kartice za upravljanje strojevima za pletenje;

1800. Jacquard razvio stroj za pletenje i tkanje upravljan bušenom vrpcom;

1800. Charles Babbage konstruirao prvo digitalno računalo (nije bilo nikada izvedeno);

1863. M. Fourneaux patentirao prvi automatski pijanino;

1870. Eli Whitney uvodi proizvodnju zamjenljivih dijelova (upotreba steznih naprava);

1940. uvode se hidraulika, pneumatika i elektrika za automatsko upravljanje strojem;

1945. Mauchly i Eckert razvijaju prvi digitalni elektronički kompjutor ENIAC;

1948. inicijativa za razvoj numerički upravljanih alatnih strojeva, zadatak MIT-a;

1952. MIT- numerički upravljana glodalica-bušilica (Hydrotool);

1948.- 1952. US Air Force (Zrakoplovstvo SAD-a) je pokrenulo projekt razvoja alatnog stroja koji je bio sposoban obrađivati složene dijelove (osigurati zamjenjivost dijelova) za

zrakoplovnu industriju sa uskim tolerancijama na obrađenu površinu. Projekt je rađen na MIT-u (Massachusets Instiute of Technology) pod vodstvom Johna Parsonsa;

1957. prva svjetska instalacija numerički upravljanog alatnog stroja;

1959. razvoj automatskog programiranja i programskog jezika APT (Eng. Automatic Programmed tools).

2.1 Povijest alatnih strojeva u Hrvatskoj

Hrvatska ima dugogodišnju tradiciju u gradnji alatnih strojeva. Prva tvornica alatnih strojeva osnovana je u Zagrebu 1922. godine kao Metalska radionica Braća Ševčik. U toj su tvornici 1936. izrađeni prvi alatni strojevi, a 1937. započeta je serijska proizvodnja tokarilica. Nakon II. svjetskog rata stručnjaci i radnici te tvornice prelaze u novoosnovanu tvornicu alatnih strojeva Prvomajska, koja je ubrzo postala najvećom takvom tvornicom u regiji. U skladu sa svjetskim razvojem strojeva, Prvomajska je 1963. proizvela prvi programirani stroj, a 1969. prvi stroj NC; godine 1982. u toj je tvornici razvijena prva vlastita upravljačka naprava, a 1986. i prvi laserski stroj NC za rezanje lima i tokarski obradbeni centar s robotom. Tijekom 1970-ih proizvodnja se iz Zagreba širila u Rašu, Ivanec, Split. Usporedno s time, razvijala se i proizvodnja alatnih strojeva u Zadru, gdje je 1961. iz tvornice šivaćih strojeva Bagat osnovana tvornica specijalnih strojeva SAS-Zadar. U posljednja dva desetljeća proizvodnja je alatnih strojeva u Hrvatskoj u stagnaciji [3].

2.2 Povijest numeričkog upravljanja

Povijest numeričkog upravljanja počinje na MIT-u 1949. godine kada je za potrebu obrade komponenti vojnih helikoptera uvedeno glodanje prema podacima s bušene vrpce. Vrpca se sastojala od sedam redova, od kojih su prva tri sadržavala podatke za upravljanje s osi stroja, a ostala četiri reda podatke i različite dodatne informacije za upravljanje procesima [4]. Već 1953. godine uz bušene vrpce pojavljuju se podaci na magnetnim vrpcama.

Međutim svo to vrijeme podaci za bušene i magnetne vrpce pisani su ručno. Godine 1956. John Runion konstruirao uređaj pod nazivom Whirlwind koji je podatke na vrpce upisivao uz pomoć računala. Neki to uzimaju kao početak pojave CNC-a premda se „stvarni“ početak CNC-a veže

uz sedamdesete godine prošlog stoljeća. Od 1960., razvijali su se tzv. alatni strojevi NC (engl. Numerical Control), tj. numerički upravljani strojevi, dakle upravljani bušenim vrpcama, karticama ili magnetskim vrpcama, koje prema utvrđenom kodu aktiviraju sustav releja i servomehanizama, tako da su pojedini dijelovi procesa automatizirani. Međutim, ti su strojevi bili slabije fleksibilnosti. Od 1970. u upravljanju alatnim strojevima upotrebljavaju se miniračunala ili mikroračunala. To su tzv. CNC alatni strojevi. Ti se strojevi mogu vrlo lako prilagoditi za različite radnje jednostavnijom promjenom programa. Upravljački je dio jednostavniji, jeftiniji, održavanje je lakše pa je izradak točniji i ekonomski isplativiji

Kronološki se povijest numeričkog upravljanja može prikazati kako slijedi:

1947: J. Parsons počeo eksperimente za realizaciju NC upravljanja

1949: Početak rada na projektu prvog NC stroja (US Air Force)

1952: na MIT prikazano 3 - osno simultano gibanje upravljano računalom (Cincinnati HYDROTEL)

1959. MIT je objavio razvitak prvog jezika za programiranje NC strojeva. Jezik je nazvan APT;

1960. Direktno numeričko upravljanje – DNU (Eng. Direct Numerical Control – DNC) Omogućeno je izravno slanje programa iz DNC računala u upravljačko računalo CNC stroja (bušena vrpca nije nužna);

1968. u kompaniji Kearney & Trecker izrađen je prvi obradni centar;

1970-tih. pojava CNC alatnih strojeva, a odmah nakon toga Distribuiranog numeričkog

upravljanja – DNU (Distributed Numerical Control – DNC). Skraćenica DNC dobiva novo značenje;

1980-tih. pojava CAD/CAM sustava. Javljaju se CAD/CAM sustavi za operativni sustav Unix i za PC računala;

1990-te. veliki pad cijena u CNC tehnologiji;

1997. pojava upravljačkih računala zasnovanih na otvorenoj arhitekturi (PC Windows/ NT based “Open Modular Architecture Control (OMAC)” systems).

3. Razine upravljanja proizvodnjom

Danas su se na bazi NC upravljanja razvile različite razine i načini upravljanja za poboljšanje produktivnosti i ekonomičnosti proizvodnje. Različite industrije zahtjevale su različita usavršavanja ovih tehnologija u određenim granama, što je dovelo do stanja da danas postoje neke potpuno specifične razine vezane uz NC upravljanje. Od specifičnih načina upravljanja proizvodnjom potrebno je navesti:

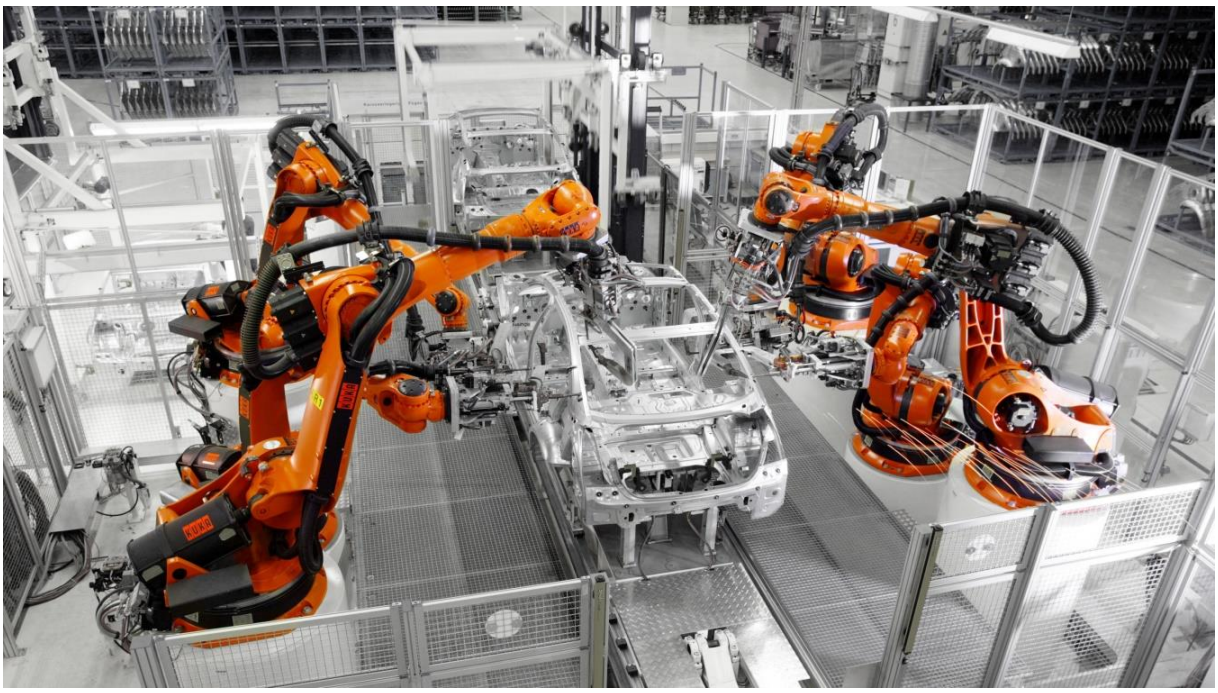
- direktno numeričko upravljanje (DNC);
- fleksibilni obradni sustavi (FMS);
- rekonfigurabilni proizvodni sustavi (RMS).

Direktno numeričko upravljanje

Sustav DNC (engl. Direct Numerical Control) obuhvaća nekoliko spregnutih alatnih strojeva CNC, vođenih većim središnjim računalom. Suvremeni alatni strojevi CNC imaju adaptivno upravljanje (povratnu spregu), kojim se štite stroj i alat od mogućeg oštećenja i postiže veća proizvodnost. Tako se, npr., zakretni moment glavne osovine posebnim servouređajem održava unutar zadanih parametara.

Fleksibilni proizvodni sustav

Fleksibilni proizvodni sustav (engl. Flexible Manufacturing System, FMS) sastoji se od više proizvodnih jedinica, a povezan je s uređajem za automatsko rukovanje materijalom preko središnjega računala. Osnovna mu je značajka što promjena vrste izratka ne zahtijeva zaustavljanje proizvodnje, koja je jeftina i pri izradbi vrlo malih količina proizvoda. U suvremenome pristupu CNC alatnim strojevima ujedinjuju se funkcije konstrukcije i proizvodnje. To je tzv. koncepcija CAD/CAM (engl. Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture), u kojoj se već prilikom konstruiranja analizira i proizvodnja, pa se odmah izrađuje i program obradbe na stroju CNC. Računalno povezivanje svih funkcija proizvodnje (engl. Computer Integrated Manufacturing, CIM) omogućit će razvoj automatizirane tvornice.



Slika 3.1 FMS sustav u automobilskoj industriji [5]

Osnovne komponente FMS-a su [6]:

- numerički upravljani obradni sustav
- sustav automatske izmjene alata i pribora
- sustav automatske izmjene obratka
- središnji upravljački sustav, koji međusobno povezuje pojedine komponente

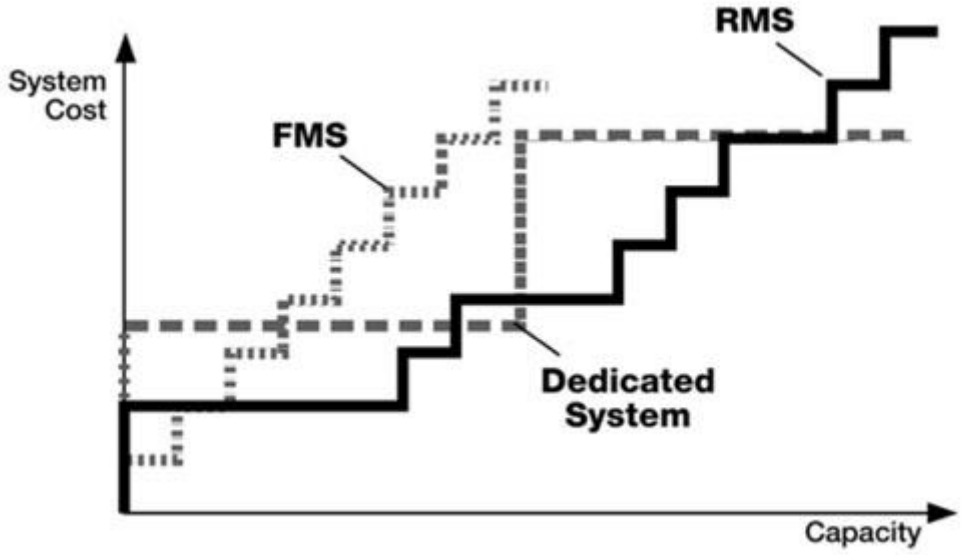
Rekonfigurabilni proizvodni sustavi

Rekonfigurabilni proizvodni sustavi (eng. Reconfigurable Manufacturing Systems, RMS) su proizvodni sustavi koncipirani na način da mogu u vrlo kratkom vremenu promijeniti svoju strukturu i komponente (s ciljem promjene tehnoloških kapaciteta i mogućnosti) kako bi se uz minimalne troškove što brže prilagodili promjenjivim tržišnim uvjetima. Idealan RMS posjeduje šest ključnih karakteristika, a one se odnose na projektirani RMS kao i na pojedine komponente tog sustava [7]. Navedene karakteristike su:

- Modularnost,
- Integrabilnost,
- Prilagođena fleksibilnost,

- Skalabilnost (sposobnost promjene kapaciteta),
- Izmjenjivost,
- Dijagnostibilnost (sposobnost ustanovljavanja pojave pogrešaka)

Navedene karakteristike u velikoj mjeri utječu na položaj proizvodnog radnika unutar RMS-a. Da bi karakteristike sustava, kao što su modularnost i integrabilnost bile potpuno iskorištene potrebno je ostvariti visoku razinu vertikalne integracije [8].



Slika 3.2 Načini upravljanja proizvodnjom, odnos troškova i kapaciteta [9]

4. Programiranje CNC alatnih strojeva

Programiranje CNC strojeva podrazumijeva kodiranje geometrijskih i tehnoloških informacija potrebnih za izradu nekog dijela na CNC stroju [10]. Programiranje i sam ispis programa slijedi nakon što se izradi plan rezanja, koji je najvažnija tehnološka dokumentacija. Prije same izrade prvog komada na stroju vrši se simulacija programa. Nakon što se izradi prvi komad na stroju i nakon eventualnih korekcija programa pristupa se serijskoj proizvodnji. Veoma važnu ulogu ima služba pripreme alata koja prema tehnologiji postavlja odgovarajuće alate u revolversku glavu i vrši izmjere i podešavanje alata.

Prema veličini i vrsti asortimana, proizvodnja može biti pojedinačna, serijska i masovna. Slično vrijedi i za programiranje CNC strojeva na kojima se izrađuju proizvodi. Pod pojmom programiranja CNC strojeva podrazumijeva se primjena računala u planiranju, projektiranju te obradi budućeg proizvoda. Uz CAD/CAM sustave mogu se spomenuti još i CAPP (Computer Aided Planing and Processing) sustavi koji služe za kvalitetno planiranje i projektiranje same izrade dijelova pomoću računala. Integracijom tih triju elemenata sa NC, CNC te fleksibilnim obradnim sustavima nastaje CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Programiranje podrazumijeva izradu slijedeće dokumentacije [11]:

•operacijski list – sadrži redoslijed operacija radnog predmeta sa potrebnim režimima rada i vremenima izrade

•plan alata za radni predmet – sadrži popis svih korištenih alata za obradu prema redoslijedu korištenja, potrebne mjere, standarde režime i korekcije

•plan stezanja – obuhvaća osnovne gabarite radnog prostora, položaj radnog predmeta na stroju, točke oslanjanja predmeta i mjesto stezanja te položaj nultetočke

• plan rezanja – je glavni dokument za ispis programa na kojem su vidljive putanje kretanja alata za svaku operaciju. Prati se put kretanja vrha alata od početka do kraja obrade.

•ispis programa– ili kraće PROGRAM je zadnji i najvažniji dokument po kojem se unose naredbe za upravljanje strojem. Razrađeni program unosi se u programski list čiji mogući izgled prikazuje slika u prilogu skripte.

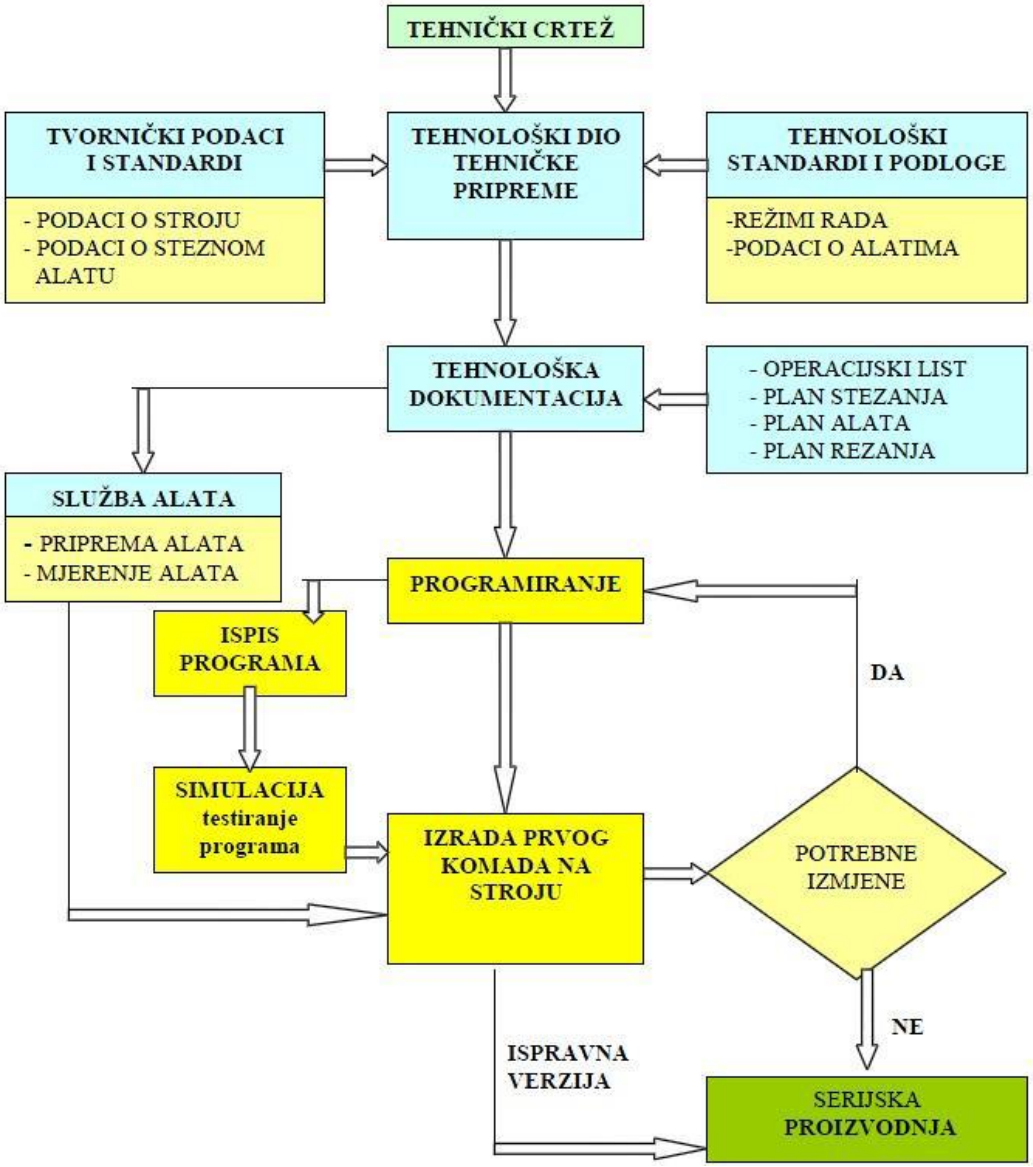
4.1 Priprema za programiranje

Programiranje je postupak pisanja programa prema unaprijed definiranoj tehnologiji, a može se obaviti ručno ili pomoću računala. Programiranju prethodi odgovarajuća priprema koja se sastoji od izrade tehnološke dokumentacije u tehničkoj pripremi. Pri tome moramo prikupiti podatke o steznim i reznim alatima, stroju i režimima rada. Tehnička priprema podrazumijeva konstrukcijsku pripremu koja se bavi oblikovanjem proizvoda te tehnološku pripremu koja se bavi daljnjom razradom, tj. određuje se točno svaka pozicija, svako radno mjesto dobiva određeni zadatak, normiranje vremena, izbor radnika, strojeva, alata, poluproizvoda i sl., s ciljem što efikasnije, jeftinije i kvalitetnije proizvodnje konkurentnog proizvoda na tržištu.

Proces izrade dijelova na CNC (hr. NUAS - numerički upravljani alatni strojevi), sastoji se od slijedećih aktivnosti [11]:

- Razrade tehnologije i utvrđivanje redoslijeda zahvata, alata i režima rada
- Pripreme alata
- Programiranja
- Pripreme stroja
- Izrade prvog komada u seriji
- Serijska proizvodnja

Većina nabrojenih aktivnosti postoji i kod klasičnih alatnih strojeva, međutim ono što je svojstveno CNC strojevima to je programiranje



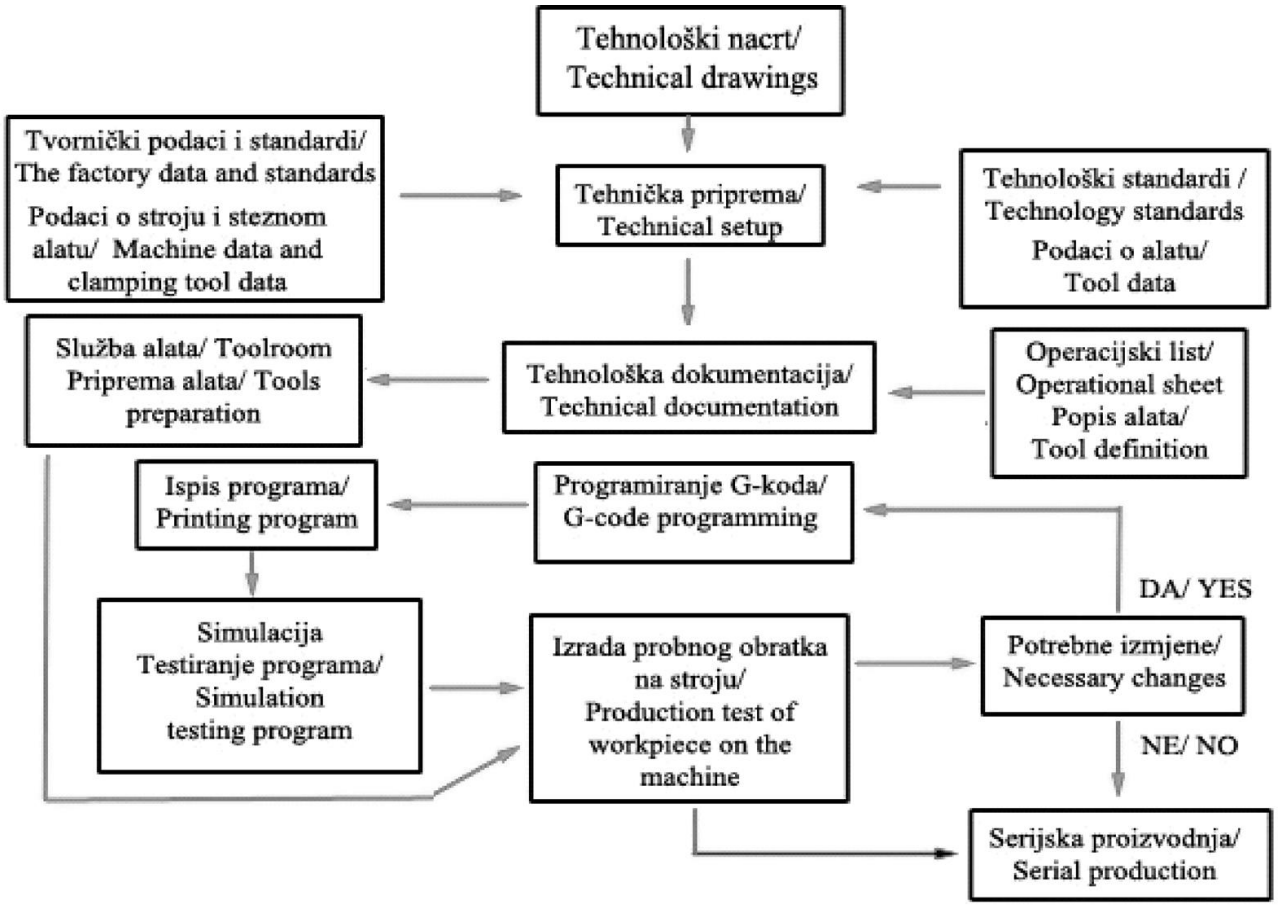
Slika 4.1 Shematski prikaz programiranja [11]

4.2 Načini programiranja CNC alatnih strojeva

Postoji nekoliko načina programiranja CNC alatnih strojeva: moguće je ručno programiranje, programiranje uz pomoć računala, te neki noviji, moderni načini.

1) Ručno programiranje: kod ručnoog programiranja, programer je onaj koji određuje i opisuje operativni postupak na CNC stroju prema radioničkom crtežu i piše program, programer sam sve izračunava
2) Ručno programiranje izravno na stroju: u današnje vrijeme svi kontroleri imaju ugrađenu programsku podršku za programiranje; programer programira program kroz sustav izbornika. Program (poput NC-koda) u odgovarajućem obliku sadrži sve neophodne položaje pokretnih

elemenata stroja sa pripadajućim brzinama kretanja, brojem okretaja, uz definirane pomoćne funkcije poput naredbi uključivanja (isključivanja) sredstva za hlađenje, ispiranje i podmazivanje, naredbi promjene smjera okretanja glavnog vretena, naredbi promjene alata, zaustavljanja programa, programske pauze i sl. Postupak ručnog programiranja zavisi od karakteristika upravljačke jedinice i karakteristika alatnog stroja. Tako se kod CNC alatnih strojeva istih karakteristika sa upravljačkom jedinicom i upravljačkim programom različitog proizvođača ne može očekivati isti oblik programa. Ručno programiranje je najstariji i tehnološki najniži nivo programiranja NC i CNC strojeva. Primjenjuje se u tehnološkoj razradi obrade dijelova jednostavne geometrije i u slučaju malog udjela CNC strojeva, postoji mogućnost grafičke simulacije putanja alata na zaslonu.

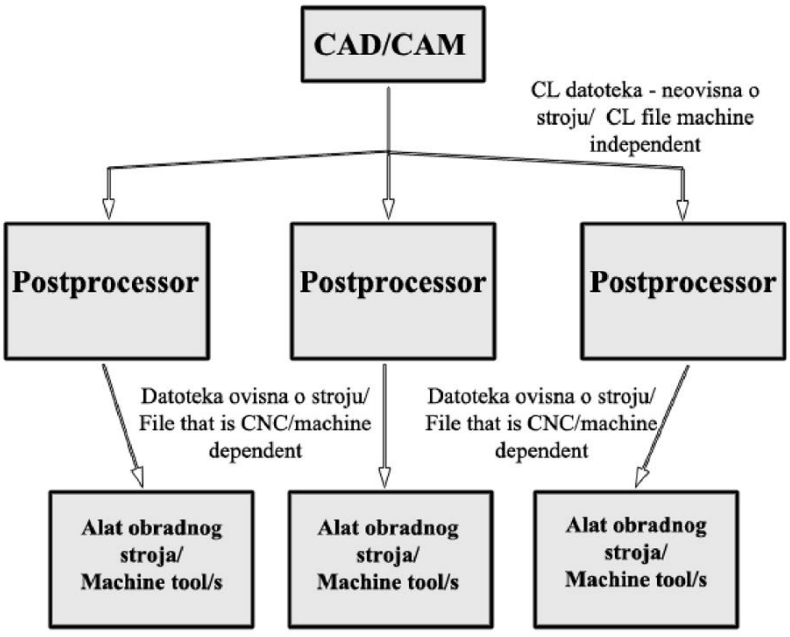


Slika 4.2 Proces ručnog programiranja [12]

Slika 4.2 prikazuje tijek ručnog programiranja [12]:

- programer ručno piše NC program
- potrebno znanje programiranja
- programiranje jednostavnijih dijelova,
- ručno vođenje stroja i spremanje pozicija alata u upravljačku jedinicu stroja,
- za male serije (10-20 kom)
- nije potrebno znanje programiranja

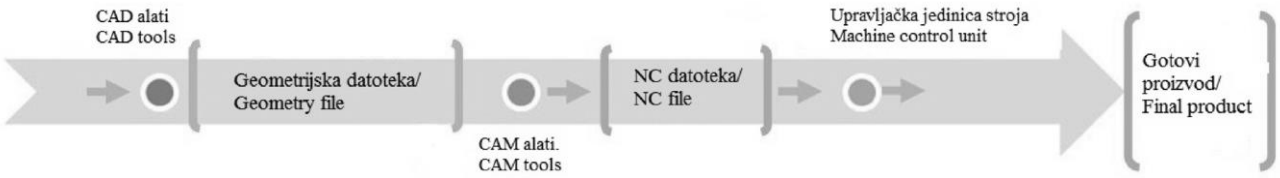
3) Programiranje uz pomoć računala podrazumijeva automatsko programiranje samog računala na osnovu izabranih parametara programera kao što su dimenzije sirovca, put alata, izbor alata, režima rada itd., u posebnim programima kao što su CATIA, MASTERCAM, SOLIDCAM i dr. Najznačajnija karakteristika automatiziranog programiranja numerički upravljanih (NU) strojeva je univerzalnost tog postupka. Kako bi se to postiglo, potrebna je programska podrška. Program je temeljen na ladici podataka, a programski računalni program, temelji se na vlastitoj bazi podataka tehnoloških podataka alata i materijala koji proizvode NC kod za određenu vrstu CNC stroja. CAD-CAM program ima podatke o alatima, nudi optimalne tehnološke parametre obrade, analize i izračunava vrijeme proizvodnje. Program se sprema i zatim prenosi na stroj (RS232 veza). Ovime se skraćuje vrijeme i smanjuju troškovi izrade programa, te je brža izrada prvog komada na stroju. Simulacija programa se ponovno provodi na stroju i proizvod se proizvodi.



Slika 4.3 Dijagram CAD/CAM programiranja [13]

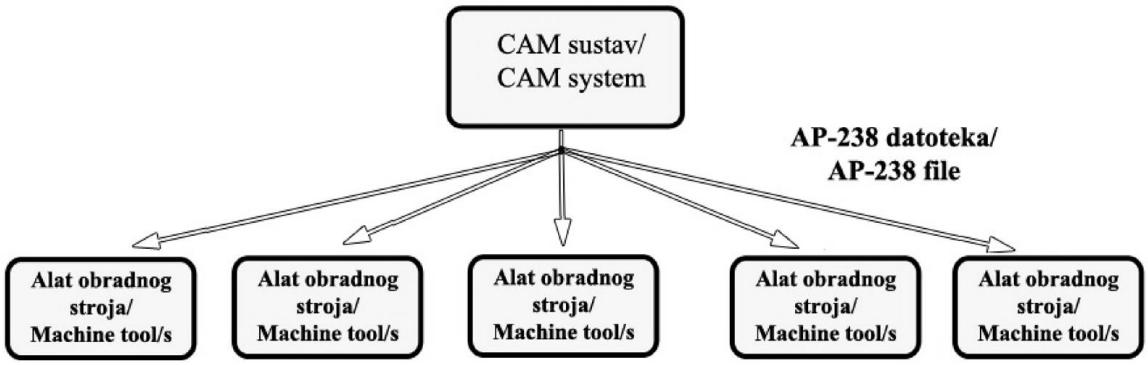
Na slici 4.3 prikazan je tok informacija pri CAD/CAM sustavu programiranja [13]:

- Programiranje na temelju virtualnog 3D modela
- poznavanje tehnologije obrade
- pretvaranje CL datoteke u NC datoteku pomoću postprocesora
- potreban definiran postprocesor za određenu upravljačku jedinicu



Slika 4.4 Tok informacija kod CAD/CAM sustava [12]

4) Ekspertni sustavi i tehnike AI, STEP-NC



Slika 4.5 Pojednostavljeni dijagram STEP-NC programiranja [13]

Slika 4.5 prikazuje grubi tok informacija kod STEP-NC programiranja koji je trenutno u fazi istraživanja i testiranja. STEP-NC programiranje [13]:

- izbacivanje postprocesora iz uporabe
- programiranje na temelju virtualnog 3D modela
- unošenje parametara obrade
- unos AP-238 datoteke direktno u upravljačku jedinicu stroja.

5. Datoteka putanje alata (CL datoteka)

CL datoteka predstavlja datoteku putanje gibanja alata tijekom obrade. CL datoteka je sučelje između dviju programskih podrški, odnosno sučelje između procesora i postprocesora, te predstavlja izlazni kod iz procesora. CL datoteka nije pogodan kao ulazna informacija u NC alatni stroj pa stoga je potrebno pretvoriti postojeću CL datoteku u program čitljiv NC alatnom stroju pomoću postprocesorskog programa.

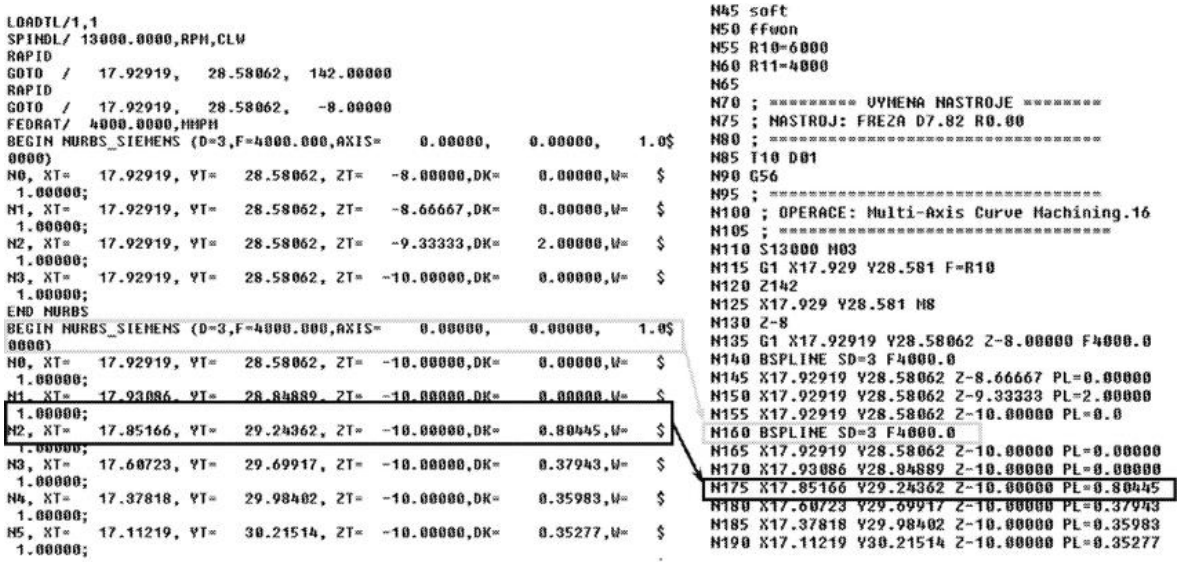
Osnovne značajke CL datoteke definirane su normama ISO/DIS 3592 i DIN 66215 i temelje se na značajkama APT CL datoteke. CL datoteke svih programskih jezika nisu jednake, ali je zbog značenja APT-a njegova CL datoteka postala norma. Iz tih razloga kao i zbog razvijenih vlastitih aplikacija u vrijeme korištenja APT-a kao sustava za programiranje NC strojeva, većina CAD/CAM sustava kao jedan od mogućih izlaza iz NC modula nudi APT kod [14].

CL datoteka sastavljena je od CL slogova (Eng. Record), a CL slogovi sastavljeni su od CL riječi (Eng. Word). Broj riječi u jednom slogu varira i kreće se u rasponu od 2 do 245 riječi. Tipovi riječi mogu biti cijeli brojevi (Eng. Integer), realni brojevi (Eng. Real) i alfanumerički znakovi (Eng. Character). Definirani tipovi riječi u slogu su kako slijedi (Slika 5.1) [14].

- riječi od 1 do 3 su cjelobrojne;
- format i tipovi riječi od 4 do 245 ovise o tipu CL sloga;
- ako su riječi alfanumeričke, koristi se određeni broj lijevih pozicija u riječi (u APT-u 6), dok su u desne pozicije upisane vrijednosti 0;
- kod riječi koje imaju manje od 6 znakova u desna mjesta se upisuje 0, a u lijeva praznine

Redni broj riječi u CL slogu	Tip riječi	Značenje
1	integer	Redni broj sloga u CL datoteci
2	integer	Tip sloga
3 i dalje	?	Značenje ovisi o sadržaju riječi broj 2, tj. o tipu sloga

Slika 5.1 Općeniti sadržaj CL datoteke [2]

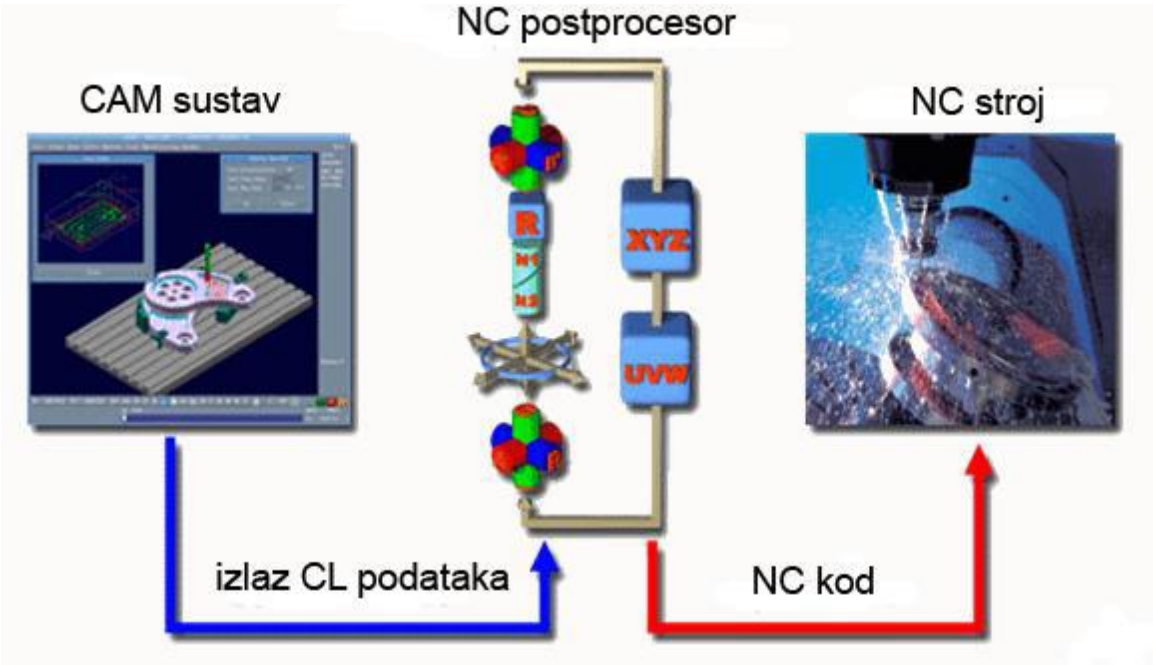


Slika 5.2 Razlika između CL datoteke i NC programa [15]

6. Postprocesori

Postprocesori služe kao sučelje između CAM sustava i numerički upravljanog stroja. Postprocesor očitava instrukcije za obradu koje dolaze od CAM programa, te na temelju njih ispisuje valjani kod namijenjen određenom stroju. Današnji postprocesori dodatno sudjeluju i u optimizaciji procesa, te kao nadopuna slabim točkama kako CAM programa tako i NC upravljačkog računala stroja [16].

Većina CAM programa generira kodove u obliku neutralnih jezičnih datoteka koje sadrže instrukcije obrade za stroj. Te datoteke nalaze se ili u formatu CL podataka, ili u nekom od ASCII formata načinjenih u APT jeziku. APT jezik sadrži instrukcije za izradu u obliku simbolične geometrije, preko koje se generiraju CL podaci. Sa druge strane nalazi se NC stroj koji zahtjeva podatke podešene za vlastito upravljačko računalo. Stroju su podaci iskazani jezicima sa simboličnom geometrijom nerazumljivi, pa ih je iz tog razloga potrebno dalje prevesti u stroju razumljiv jezik, odnosno NC-kod. Upravo taj postupak prevođenja naziva se postprocesuiranje, a računalni program koji ga izvodi naziva se postprocesor. Postprocesuiranje uključuje detaljne informacije o specifičnim kinematskim i računalnim osobinama stroja kako bi se generirao valjani kod. Za svaki tip stroja potrebno je načiniti poseban postprocesor [16].



Slika 6.1 Shema rada postprocesora [16]

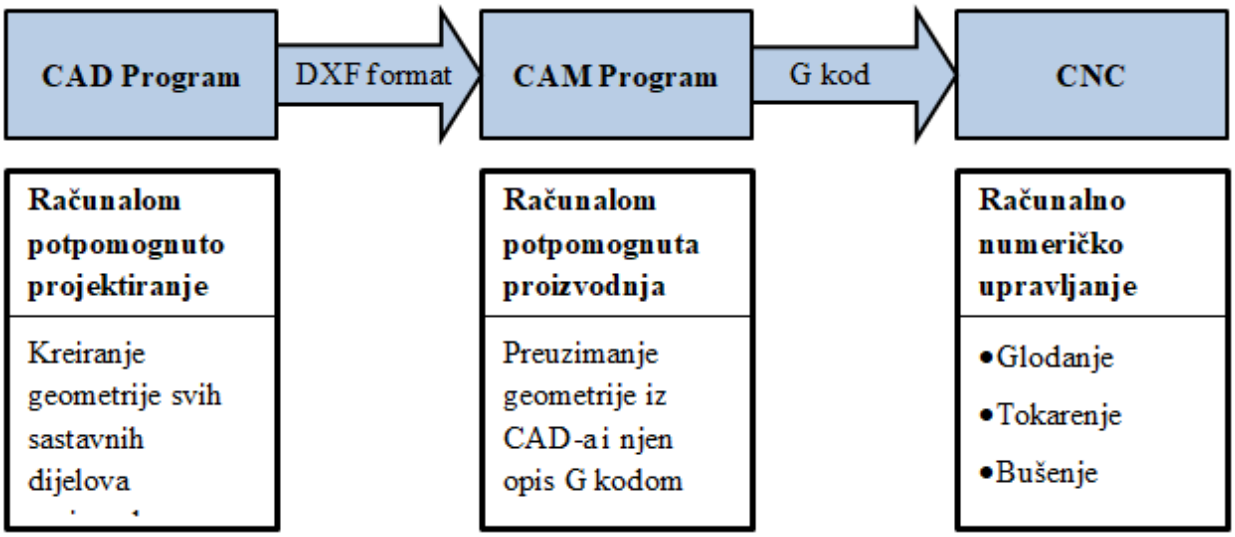
Postprocesorima se prilikom programiranja ugrađuju inteligentne funkcije potrebne za detekciju granica kretanja osi. Prilikom određivanja orijentacije alata praktički uvijek postoje dvije mogućnosti. To proizlazi iz činjenice da se do svake orijentacije može doći odabirom različitih parova kutova zakreta rotacijskih osi. Pravilno postavljeni postprocesori u takvim slučajevima uvijek moraju odabrati povoljnije rješenje. Naredni problem koji postprocesor mora efikasno rješavati su polne nestabilnosti. To su okrugle vrijednosti kutova kod kojih funkcije tangensa u numeričkom dijelu softvera poprimaju vrijednosti *0* i ∞. Uz to postprocesor mora biti u mogućnosti bezopasno izvući alat iz zahvata na kraju operacije i odvesti ga na sigurnu udaljenost. Posebno napredni postprocesori u stanju su cijelo vrijeme obrade imati potpunu sliku događaja i izvršavati optimirajuće poteze u pravo vrijeme bez vanjske intervencije

7. Klasično NC programiranje (G i M kodovi)

Trenutni NC-programi temeljeni su prema ISO 6983 standardu nazvanom NC-kod ili G-kod, gdje su gibanja pomičnih dijelova stroja, potrebna za obradu, određena položajem i pomakom alata u odnosu na osi stroja. Iako je NC-kod u proizvodnji širom svijeta dobro prihvaćen standard, on je u stvarnosti prilično ograničen za današnji proizvodni lanac, te kako današnja proizvodnja teži sve većoj fleksibilnosti trendovi su da se s ovog načina upravljanja prijeđe na više razine upravljanja. Programiranje alatnih strojeva pomoću G koda karakterizira se kao niska razina datoteke informacija koji CNC-u dostavlja ograničene informacije. Ovakva niska razina datoteke informacija opisuje samo elementarne akcije i poteze alata isključujući vrijedne podatke kao što su geometrija dijela i plan obrade (eng. Process Plan), što uvelike smanjenje mogućnosti na CNC razini. Isto tako prekida se CAD→CAM→CNC numerički lanac (Slika 7.1), te prikupljanje podataka tijekom obrade skoro da nije moguće. Uz to potrebno je i opisati putanju alata za svaki tip CNC alatnog stroja zasebno koristeći drugačiji postprocesor, što znači da zahtjeva veliku količinu različitih postprocesora. Dakle, klasični programi za CNC alatne strojeve (G kodovi) ne uključuju nikakvu korisnu informaciju o proizvodu, poput podataka o glavnim geometrijama, tolerancijama, svojstvima materijala, podatke o pripremi ili nekih drugih informacija kreiranih tijekom dizajniranja i tehnološkog planiranja. Sve te informacije će nestati tijekom kreiranja G koda.



Slika 7.1 CAD→CAM→CNC numerički lanac [17]



Slika 7.2 CAD/CAM tehnologije, uluga kod klasičnog programiranja [17]

Ako analiziramo trenutno stanje programiranja alatnih strojeva koristeći G kodove, moglo bi se reći da [16]:

-Jezik se usredotočuje na programiranje, putanje središta rezača u odnosu na osi alatnog stroja

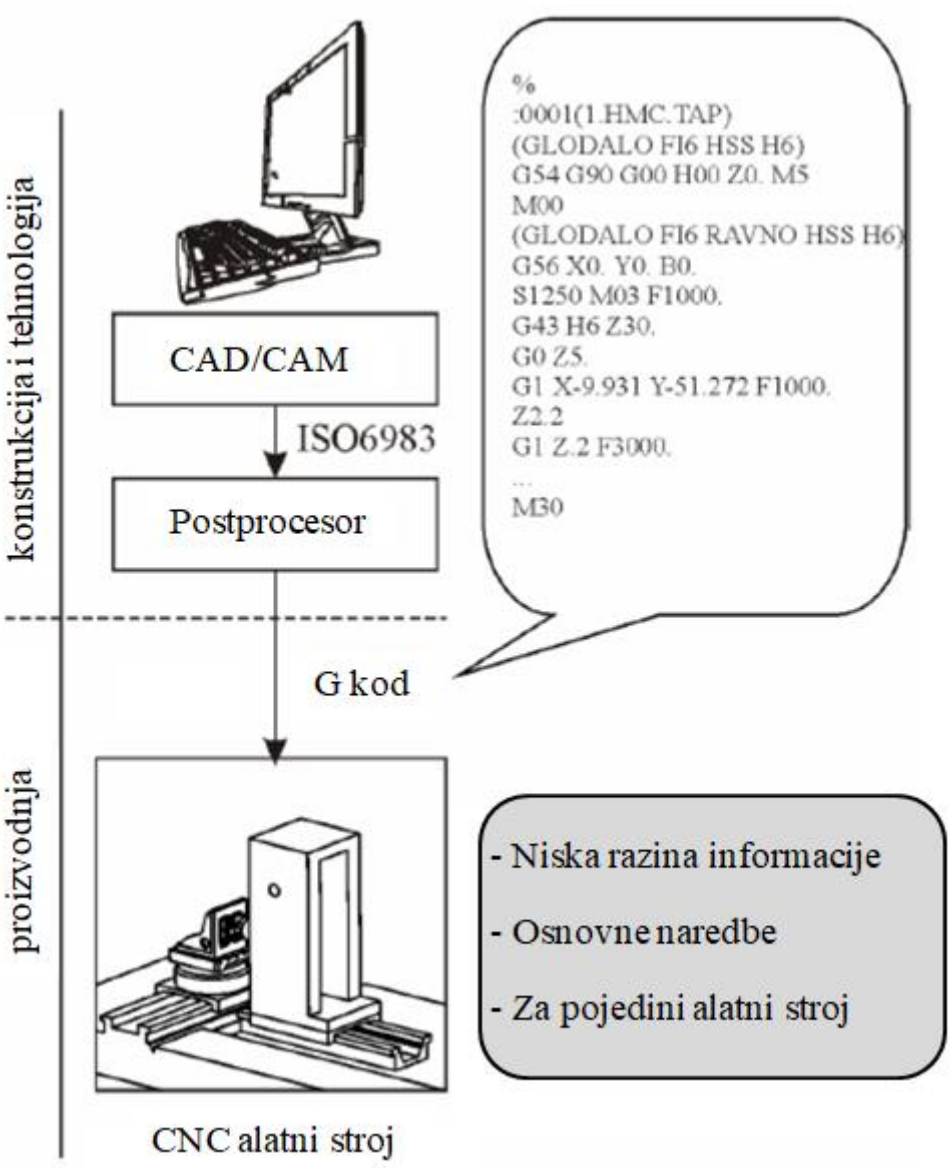
-Prodavači CNC alatnih strojeva programiraju kontroler CNC alatnih strojeva, te se u većini slučajeva za svaki posebni CNC alatni stroj malo razlikuju

- Jezik podržava jednosmjerni tok informacija, od dizajna do proizvodnje, promjene u proizvodnji ne mogu se izravno unijeti natrag u dizajn,

-Ograničena je kontrola izvršenja programa i teško je promijeniti program u radionici

- CAD podaci se ne koriste izravno na stroju

-Potrebna je uporaba postprocesora za svaki pojedini CNC alatni stroj



Slika 7.3 Klasično programiranje G i M kodovima [16]

Nedostaci klasičnog programiranja [16]:

-gubitak značajnog dijela podataka između CAM i kontrolne jedinice alatnog stroja

-prekida se CAD→CAM→CNC, nema povratnih informacija

-tok informacija je jednosmjeran, od CAM do CNC alatnog stroja

7.1 Struktura NC programa

Svaki program sadrži *programski broj* po kojem se razlikuju različiti programi. Svrha je ovog broja da se identični programi, koji se često koriste, mogu pohraniti kao potprogrami i kao takvi mogu se pozvati u glavni program, čime se pojednostavljuje programiranje. Program se može raščlaniti na manje cjeline koje imaju svoju namjenu i podliježu zakonitosti unutar programa. Svaki redak programa naziva se BLOK ili programska rečenica. Blok se sastoji od RIJEČI (npr. G90) a riječi od ADRESE i pripadajuće brojčane vrijednosti. Tokarilica EMCO (Slika 7.2) ima 5 adresa :

1.N adresa – određuje redni br. bloka, koji se može pisati u jedinicama (1,2,3,4,5…) ili deseticama npr. (10,20,30,40,50…)

2. G funkcije – glavne funkcije – funkcije koje kazuju način kretanja alata (brzi hod,radni hod…)

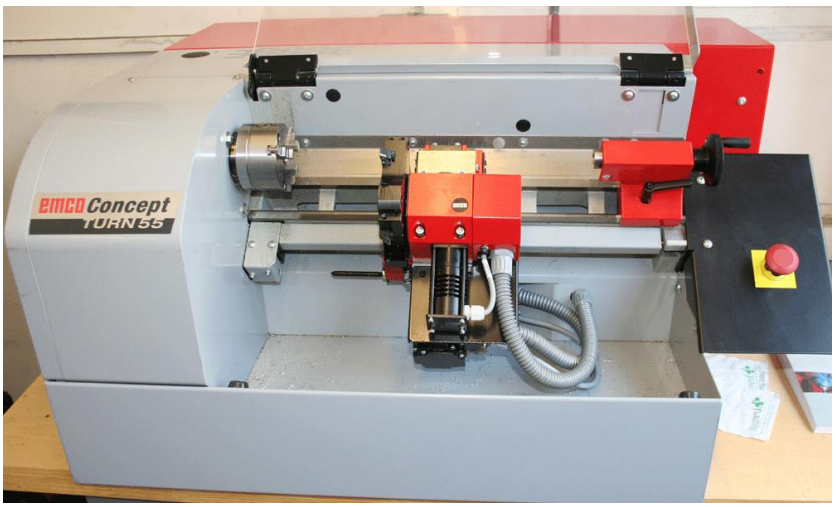
3. Koordinate X – definira veličinu pomaka alata u smjeru promjera izratka Z - pomak alata u smjeru osi izratka

4.Pomoćne koordinate I,K – definiraju kružno gibanje alata

5. Pomoćne funkcije: F (feed) – posmak, S (speed) – broj okretaja vretena, T (tool) – alat, M – pomoćna funkcija (uključenje, isključenje vretena…)

Tablica 7.1 Redosljed pisanja adresa

Red. Broj	Način kretanja	Koordinate	Pomoćne koordinate	Pomoćne funkcije	Napomena
N	G	X, Z	I, K	F, S ,T, M	



Slika 7.4 Izgled školske tokarilice EMCO TURN 55 [11]

Struktura programa se sastoji od :

- Broja programa
- Uvodnih funkcija - to su naredbe koje vrijede za cijelo vrijeme izvršavanja programa. Najčešće su to naredbe: G70 - mjerni sustav u inchima ili G71 - mjerni sustav u milimetrima, G90 - apsolutni mjerni sustav ili G91- inkrementni mjerni sustav i sl.
- Programskih cjelina - Programske cjeline smatraju se naredbe pojedinih dijelova programa koje su potrebne da se snekim alatom obradi predviđeni dio izratka
- Završetka programa – Naredba M30 označava završetak glavnog programa

Pravila po kojim se pišu programske rečenice – SINTAKSA

- Svaka programska riječ ostaje pravovaljana toliko dugo dok je ne zamijenimo novom (modalnost funkcije)
- Svaka programska rečenica (blok) mora biti u svojem redu.
- Nakon izabrane glavne funkcije slijede, po potrebi, riječi dopunskih parametara upravljanja, jedna iza druge, uvijek odvojene najmanje jednim praznim mjestom
- Dozvoljeno je pisanje komentara koji se odvajaju znakom ; (točka-zarez).

7.2 Osnovne naredbe kod programiranja NC kodom

Tablica 7.2 Popis glavnih funkcija – G funkcije

Naziv funkcije	Opis funkcije – značenje funkcije
G0	Brzi hod
G1	Radni hod
G2	Kružno gibanje u smislu kazaljke na satu
G3	Kružno gibanje suprotno kazaljci na satu
G4	Vrijeme zastoja
G9	Kružna interpolacija kroz točku
G17	Izbor radne površine - XY
G18	Izbor radne površine - XZ
G19	Izbor radne površine - YZ
G25	Minimalno programirani radni prostor/broj okretaja radnog vretena
G26	Maksimalno programirani radni prostor/ broj okretaja rad. vretena
G33	Narezivanje navoja sa konstantnim korakom
G331	Urezivanje navoja
G332	Urezivanje navoja – povratno gibanje
G40	Isključenje kompenzacije radijusa alata
G41	Lijeva kompenzacija radijusa alata
G42	Desna kompenzacija radijusa alata
G53	Isključenje pomaka nul točke
G54-G57	Postavljanje – pomak nul točke
G63	Urezivanje navoja bez sinkronizacije
G64	Mod izrade konture
G70	Mjerni sustav u inčima
G71	Mjerni sustav u milimetrima
G90	Apsolutni mjerni sustav
G91	Inkrementalni mjerni sustav
G94	Posmak u mm/min (inch/min)
G95	Posmak u mm/o (inch/o)
G96	Konstantna brzina rezanja
G97	Konstantna brzina rezanja isključena
G110	Polarna koordinata - pol postavljen u zadnjoj točki u koju je stigao alat
G111	Polarna koordinata – pol postavljen u točku W ?
G112	Polarna koordinata – pol postavljen relativno u odnosu na zadnji pol
G147	Prilaz alata prema predmetu pravocrtno
G148	Odmicanje alata od predmeta pravocrtno
G247	Prilaz alata prema predmetu sa radijusom od četvrtine kružnice
G248	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od četvrtine kružnice
G347	Prilaz alata predmetu sa radijusom od pola kružnice
G348	Odmicanje alata od predmeta sa radijusom od pola kružnice
G450/G451	Prilaženje i odmicanje alata oko konturne točke

Tablica 7.3 Popis pomoćnih funkcija – M funkcije

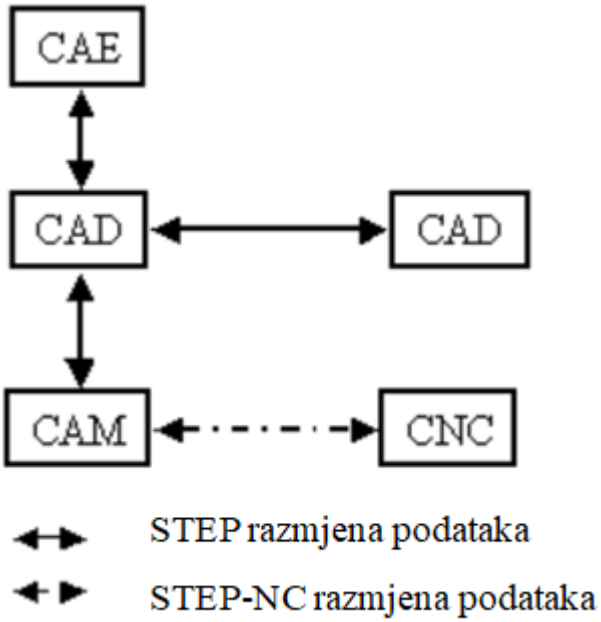
Naziv funkcije	Opis funkcije – značenje funkcije
M0	Programirano zaustavljanje/stop
M1	Optimalni stop
M2	Kraj programa
M2=3	Rotacija alata desno
M2=4	Rotacija alata lijevo
M2=5	Isključena rotacija alata
M3	Rotacija vretena udesno (u smislu kazaljke na satu)
M4	Rotacija vretena u lijevo (u smislu suprotno kazaljci na satu)
M5	Zaustavljanje vretena
M6	Izmjena alata – rotacija revolverske glave
M8	Uključenje rashladnog sredstva
M9	Isključenje rashladnog sredstva
M17	Kraj potprograma
M20	Pomicanje konjića unazad
M21	Pomicanje konjića naprijed
M25	Otvaranje čeljusti škripca
M26	Zatvaranje čeljusti škripca
M30	Kraj programa

Tablica 7.4 Naredbe ciklusa za bušenje i za tokarenje

CIKLUSI BUŠENJA – Drilling cycles	
Cycle 81	Drilling ,Centering – Obično bušenje
Cycle 82	Drillling, Counterboring – Bušenje sa zastojem
Cycle 83	Deep hole drilling – Duboko bušenje
Cycle 83 E	Duboko bušenje bez izbora ravnine bušenja sa programiranim smjerom
Cycle 84	Rigid tapping – Urezivanje navoja – samo za TURN 155
Cycle 84 E	Urezivanje navoja bez izbora ravnine sa programiranim smjerom
Cycle 840	Urezivanje sa kompenzacijom stezne glave
Cycle 85	Borring 1 – bušenje bušačkom motkom
Cycle 86	Borring 2
Cycle 87	Borring 3
Cycle 88	Borring 4
Cycle 89	Borring 5
CIKLUSI ZA TOKARENJE – Turning cycles	
Cycle 93	Grooving cycle – ciklus izrade utora
Cycle 94	Undercut cycle – ciklus podrezivanja
Cycle 95	Stock removal cycle – ciklus konturnog tokarenja
Cycle 96	Thread undercut cycle – ciklus podrezivanja za izradu navoja
Cycle 97	External thread – ciklus izrade vanjskog i unutarnjeg navoja
Cycle 98	Chaining of threads – ciklus povezivanja navoja

8. STEP-NC

U današnje vrijeme se razvio novi standard, poznat kao STEP-NC. STEP-NC je nastao kao baza za ravoj novog, suvremenog načina programiranja CNC alatnih strojeva. STEP-NC ISO 14649 (AP238) standard je rezultat petnaestgodišnjeg međunarodnog napora za zamjenu standarda ISO 6983 (RS274D), koji se odnosi na M i G kodove, sa suvremenim asocijativnim jezikom koji povezuje CAD podatke, koji se koriste za određivanje zahtjeva za obradom operacije, sa CAM procesnih podataka koji rješava te zahtjeve. STEP-NC se temelji na prijašnjim desetogodišnjim naporima za razvoj neovisnog STEP standarda (ISO 10303) podataka za CAD podatke i koristi moderne geometrijske konstrukcije u tom standardu kako bi definirao, strojno neovisne kretnje alata i CAM neovisne značajke uklanjanja materijala.



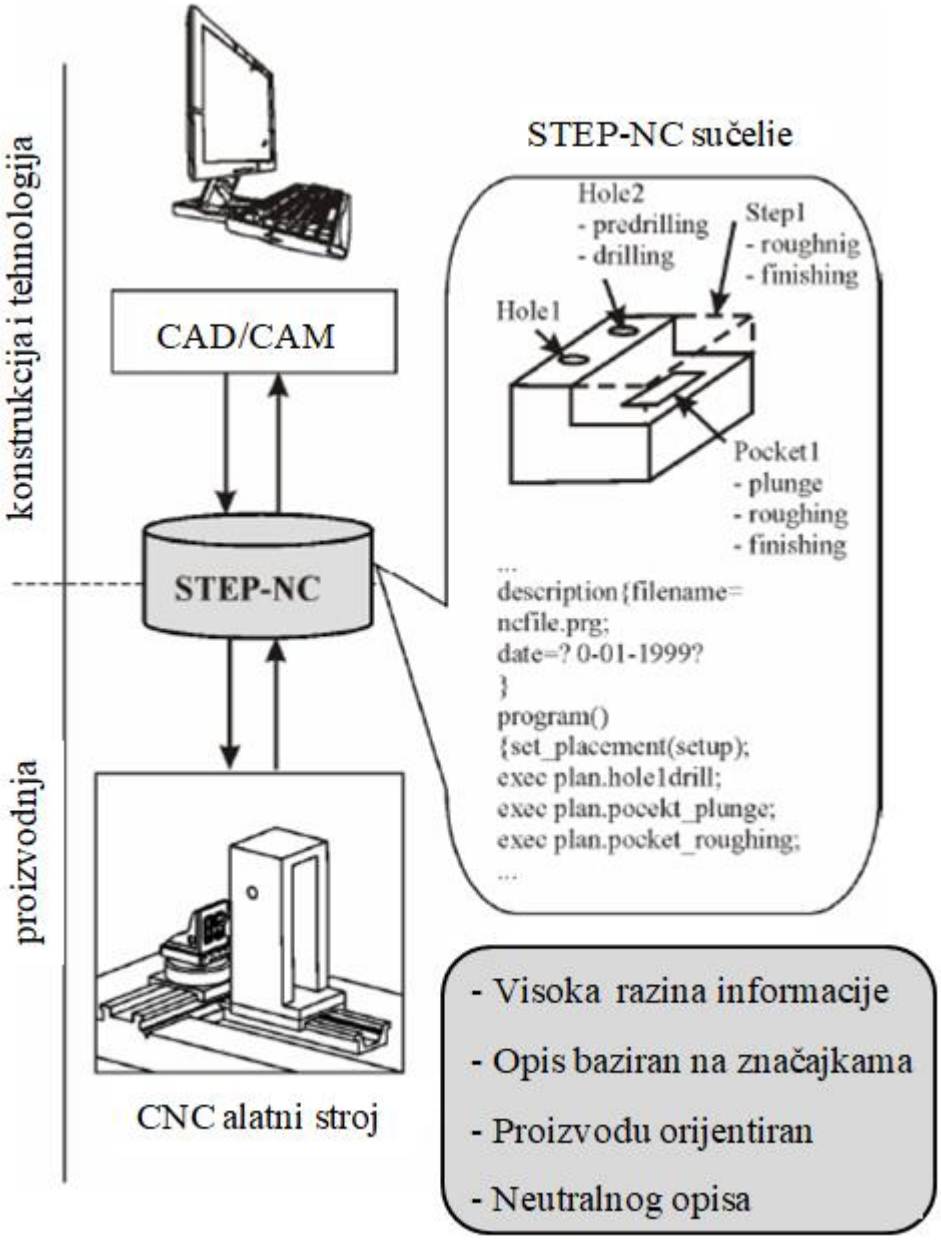
Slika 8.1 Razlika između STEP razmjene podataka i STEP-NC [1]

STEP-NC je novo sučelje koje je razvijeno za razmjenu informacija između CAD / CAM sustava i CNC kontrolera. Njegov objektu (završnom proizvodu) orijentiran dizajn i mogućnost slanja dodatnih podataka o proizvodu, te dovosmjerni tok informacija stavljaju ovaj standard (ISO 14649, AP238) na vrh prioriteta za budući razvoj, te proizvodnju CNC alatnim strojevima.

STEP-NC pruža nove mogućnosti u podržavanju visoke razine datoteke informacija do CNC kontrolera. Omogućuje dvosmjerni protok podataka između CAD / CAM i CNC-a bez ikakvih gubitaka informacija. STEP-NC ne opisuje kretanje alata za specifičan CNC alatni stroj

kao G kod, već stvara podatkovni model baziran na značajkama. STEP-NC značajke (Eng. Features) su korištene za opisivanje volumena materijala koji mora biti uklonjen obradom da bi se došlo do konačnog oblika radne komponente opisane CAD modelom. Te značajke se raspoznaju unutar CAM sustava i koriste za očitanje konačne geometrije i tolerancija. U mnogima slučajevima geometrija definirane značajke može biti korištena izravno, ali upotpunjena s atributima kao što su potrebna tehnologija, alati i način obrade. Iako ovisi o korištenoj tehnologiji, planiranim operacijama (npr. broj grubih i finih obrada), nizom radnih koraka, ciljana površinska kvaliteta ili povećanje dodatnih značajki oblika moraju se kreirati unutar CAM sustava. Te značajke se temelje na geometriji početnog dijela i na konačnoj geometriji izvedenim iz dizajniranih značajki. Inteligentni CAM sustavi mogu ovo učiniti automatski kada su operacije i radni koraci određeni od strane inženjera za planiranje. Proizvodnja i obrada se planiraju CAM sustavima koji dodaju informacije za obradu i opskrbljuju CNC s izvršivim i zamjenskim programima. CAM sustavi su tipično smješteni u odjelima za planiranje proizvodnje, ali mogu biti također korišteni i u prodajnim odjelima ili integrirani s modernim CNC upravljačkim uređajima. Model podataka sadrži informacije o geometriji, informacije o značajkama i informacije o proizvodnom procesu. Informacije o geometriji su originalne iz CAD programa, a opisane su STEP-om. One uključuju sve potrebne informacije za definiranje konačne geometrije radnog komada.

STEP-NC (ISO 14649, AP238) datoteka podataka opisuje *što* napravi, gdje klasični G kodovi (ISO 6983, RS274D) opisuju *kako* napraviti. *AP 238* – je model podataka unutar STEP-NC standarda. STEP-NC datoteka nije specifična za pojedini alati stroj, što omogućava da može biti korištena na različitim kontrolerima CNC alatnih strojeva.



Slika 8.2 Programiranje CNC alatnih strojeva koristeći STEP-NC [16]

Prednosti STEP-NC [16]:

-STEP-NC sučelje podataka bilo bi neutralnog opisa podataka: neovisan CAM sustav, neovisan kontroler alatnog stroja i neovisan strojni alat

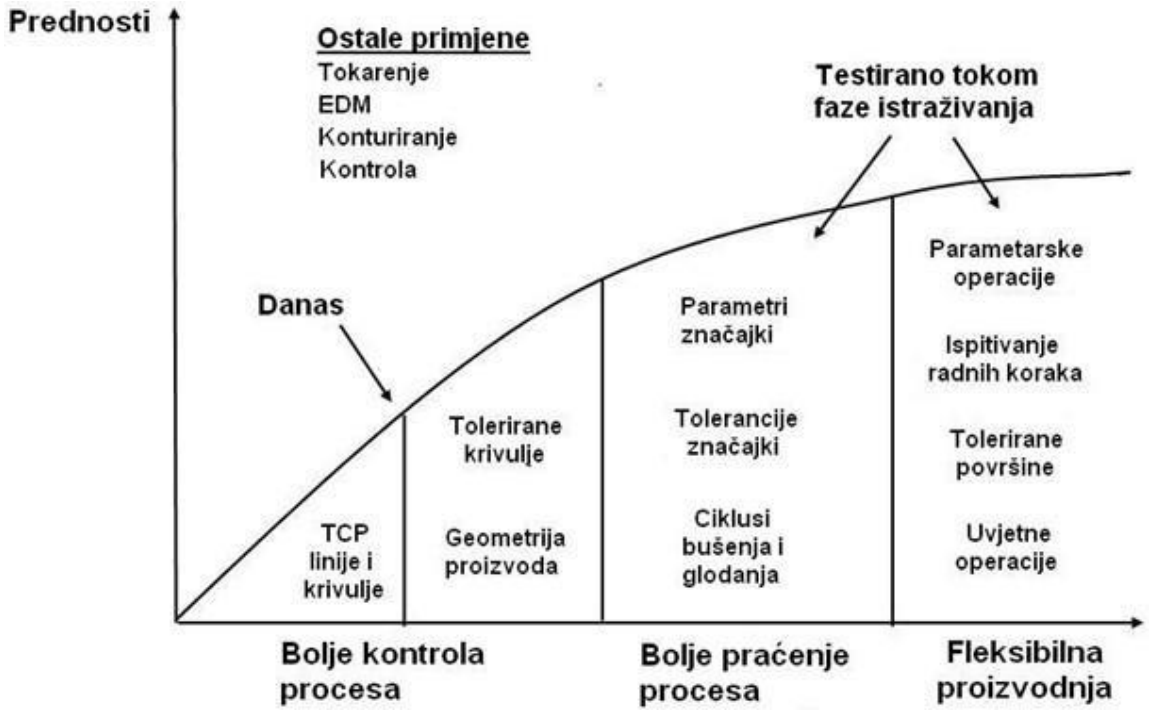
- Dvosmjerni tok informacija, promjene na programu u procesu proizvodnje se mogu spremiti i poslati dizajneru

-CNC alatni strojevi su sigurniji i prilagodljiviji jer STEP-NC ne ovisi o proizvođaču CNC alatnog stroja

- Postprocesori će biti uklonjeni jer sučelje ne zahtijeva specifične informacije za pojedini alatni stroj.

-moguće je korištenje XML datoteka za transfer informacija preko interneta te za e-Proizvodnju.

STEP-NC omogućuje da mnogo više informacija o procesu obrade bude poslano u upravljačko računalo stroja i da nove informacije o obratku koji je u fazi izrade budu konstantno dostavljane.



Slika 8.3 Prednosti koje donosi programiranje obrade STEP-NC sustavima [14]

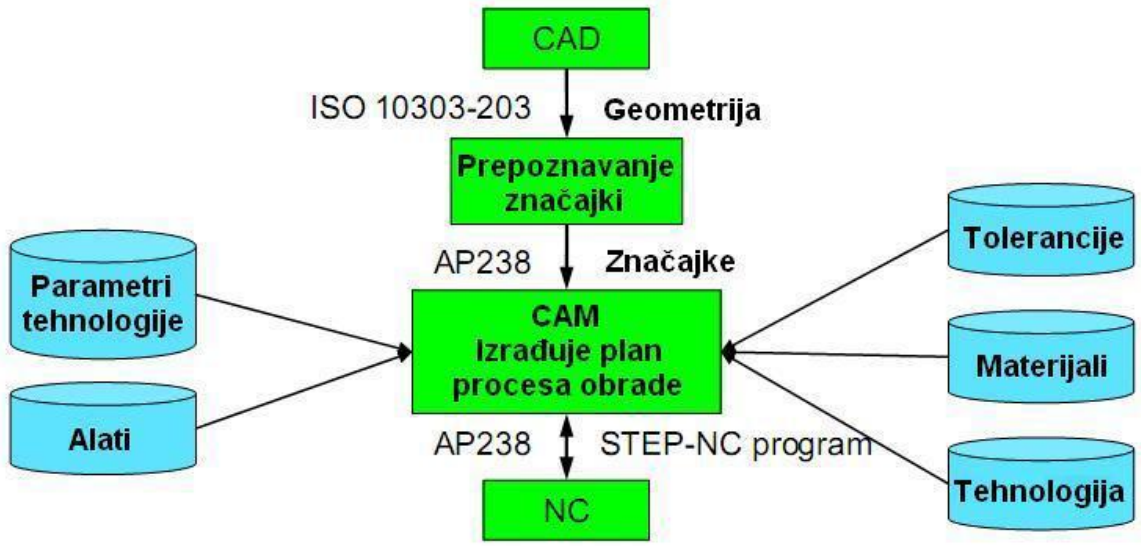
8.1 Struktura STEP-NC datoteke

Struktura STEP-NC (AP 238) datoteke sadrži tri razine koje nose različite informacije:

1. razina: opis proizvoda;

2. razina: opis procesa obrade;

3. razina: opis tehnologije.



Slika 8.4 Shema razmjene AP 238 podataka [14]

8.1.1 Opis proizvoda

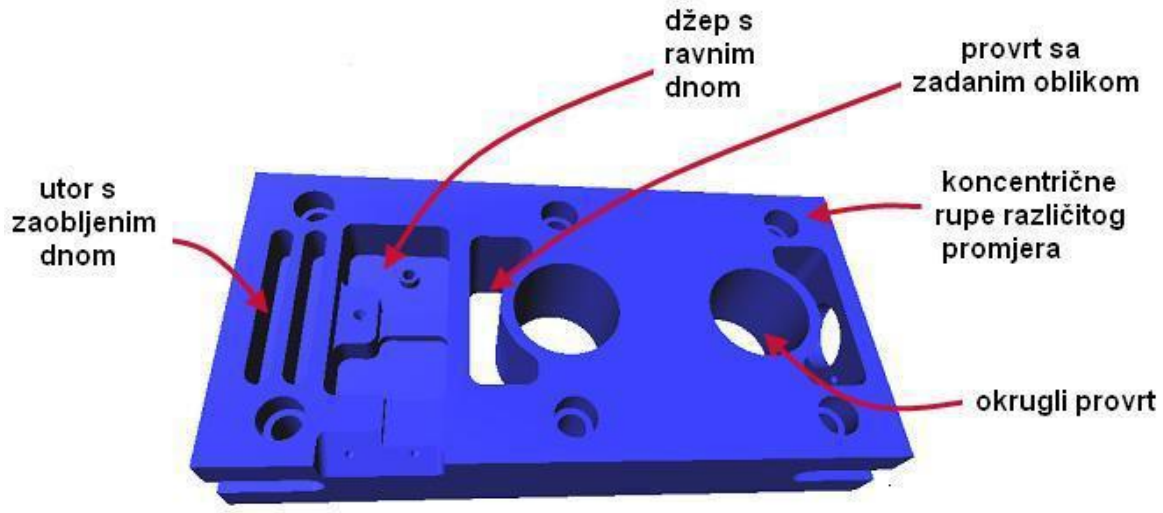
Opis proizvoda sadrži informacije o:

- radnom komadu i geometriji proizvoda;
- značajkama;
- dimenzijama i tolerancijama; ostalim mjerama.

Informacije o radnom komadu i geometriji proizvoda – Radni komad je STEP opis proizvoda. Sadrži sve potrebne informacije za proizvodnju, ograničenja, parametre obrade, vrste materijala itd.

Informacije o značajkama – Značajke su definirane svojim oblikom i parametrima kao što su npr. učestalost ponavljanja značajke itd. Neki od primjera značajki za 2,5D glodanje su: (rupe, džepovi, utori, stepenice), prijelazne značajke (zaobljenja i skošenja bridova), replicirane značajke (učestalosti ponavljanja pojedinih značajki, bilo linearno ili kružno), područne značajke (karakteriziraju jedan dio proizvoda (Eng. Part)), kružne značajke (kružni utori, rebraste plohe, žljebovi) itd

Informacije o dimenzijama i tolerancijama – Dimenzijama se definiraju karakteristike značajki koje treba obraditi. Ovdje se napominju tri vrste dimenzija, a to su: dimenzije koje definiraju udaljenost, dimenzije koje definiraju veličinu i dimenzije koje prikazuju geometrijske karakteristike (odnose).



Slika 8.5 Značajke nekog proizvoda [14]

8.1.2 Opis procesa

Opis procesa obrade sadrži informacije o:

- obradi;
- tijeku izvršavanja;
- operacijama;
- putanjama alata;

Obradni programi su srž STEP-NC modela, odnosno AP-238 podatka. Ova razina obuhvaća plan rada odnosno radne korake (Eng. Working Steps). Svaki radni korak povezan je operacijom nad značajkom negdje na radnom komadu. Svaka operacije opisuje što treba učiniti, na koji način i s kojim parametrima obrade. Povezani su s geometrijama i tehnološkim informacijama. Parametri mogu biti grupirani i razdijeljeni, npr. alati, posmaci, itd. Inteligentni NC upravljački uređaji mogu samostalno računati gibanja alata za standardno određene značajke.

Informacije o obradi – označavaju mjesta na kojima se odvija obrada. Također definiraju obradu i glavni obradni plan.

Informacije o tijeku izvršavanja – Opisuju kontrolni protok (brzinu izvršavanja naredbi) i redoslijed izvršavanja. Radni korak je pridružen operaciji i značajki. Ova tehnologija radi kao nezavisna.

Informacije o operacijama – Opisuju što radni korak radi nad značajkom (npr. plošno glodanje, brušenje, itd.). Temelj su za sve tehnološke obrade. Daju i specifične detalje kao što su: učestalost vrtnje, posmak i druge tehnološke parametre poput hlađenja, podmazivanja itd. Opisuju i putanju alata te način ulaska alata u materijal (zahvat).

Informacije o putanjama alata – Koriste se za izravno upravljanje kretnjama dijela stroja na kojem se nalazi alat za određenu operaciju. Oblik putanje može biti različit. Mogu biti ravne linije, zaobljene linije ili neke druge krivulje koje opisuju gibanje i posmak. Također mogu biti opisane kao putanje nezavisnog strojnog gibanja središnjice alata ili kontaktne točke alata i obratka. Može se koristiti i stari način strojno-zavisnog gibanja oko određene osi stroja.

8.1.3 Opis tehnologije

Opis tehnologije sadrži informacije o:

- procesima obrade;
- alatima za obradu.

Informacije o procesima obrade – opisuju sve radnje koje obuhvaća pojedina obrada. Za sve operacije također se definiraju parametri grube i završne obrade kao i načini gibanja alata za vrijeme obrade.

Informacije o alatima za obradu – Svaka operacija posjeduje njoj pridruženi alat. Zahtjevi za alate neovisno o stroju se nalaze u bazama podataka. Postoji i mogućnost za optimizaciju na upravljačkom računalu. Operater mora biti siguran da li alat odgovara određenoj operaciji. Upravljačko računalo nije sposobno to samo odrediti kao ni dodati novu (promijenjenu) vrijednost za alat. Predočuju se parametri karakterističnih alata. Alati mogu biti za: glodanje (čeono glodalo, ravno glodalo, prstasto glodalo, glodala s izmjenjivim reznim pločicama, glodalo za bočno glodanje, glodalo za glodanje T-utora i lastinog repa, alat za urezivanje navoja, itd.), za bušenje (svrdla raznih dimenzija i parametara, svrdla s izmjenjivim reznim pločicama, kombinirana svrdla, alati za upuštanje, razvrtavanje, zabušivanje proširivanje, itd.), za tokarenje (pločica za tokarenje, držači pločica, tokarski alati za izradu zaobljenja, rebrastih površina, urezivanje i narezivanje navoja, itd).

8.2 Programiranje kompleksnih dijelova

Glavni razlog za novim načinom programiranja je kod izrade komplesnih dijelova, koji se izrađuju na višeosnim alatnim strojevima. Petoosna obrada se zbog svoje kompleksnosti može programirati jedino korištenjem CAD/CAM sustava. Kada se CAD model unese u računalni program na njemu se odabire željena strategija obrade. Kada je strategija obrade određena, računalni program CAM sustavu predaje parametre putanje alata ili CL podatke (Eng. Cutter Location, CL data). Ti se podaci nadalje u postprocesoru prilagođavaju za izvođenje na zadanom stroju, odnosno generira se NC kod. Zbog složenosti upravljanja petoosnom obradom, CAM sustav se sastoji od mnoštva algoritama koji dovode do generiranja pogodnog NC koda.

8.3 STEP-NC model podataka i format podataka

Metoda programiranja koristeći STEP-NC je objektu (završnom proizvodu) orijentiran način programiranja u smislu proizvodnih značajki, umjesto direktnog unosa G i M kodova, red po red, za svaku os pojedinačno po kojoj putuje oštrica alata.

STEP-NC mijenja način na koji se proizvodnja obavlja definiranjem podataka kao "radni koraci" (eng. Working Steps): knjižnica specifičnih operacija koje se mogu izvesti na CNC alatnom stroju. Drugim riječima, on razdvaja svaku operaciju obrade u koracima potrebnim za izvođenje operacije. U prošlosti su CNC alatni strojevi morali biti programirani pomoću G i M kodova (ISO 6983), koje su bile upute koje su samo govorile stroju koje kretnje napraviti, bez ikakvog semantičkog sadržaja koji se odnosio na dio koji se obrađuje [16].

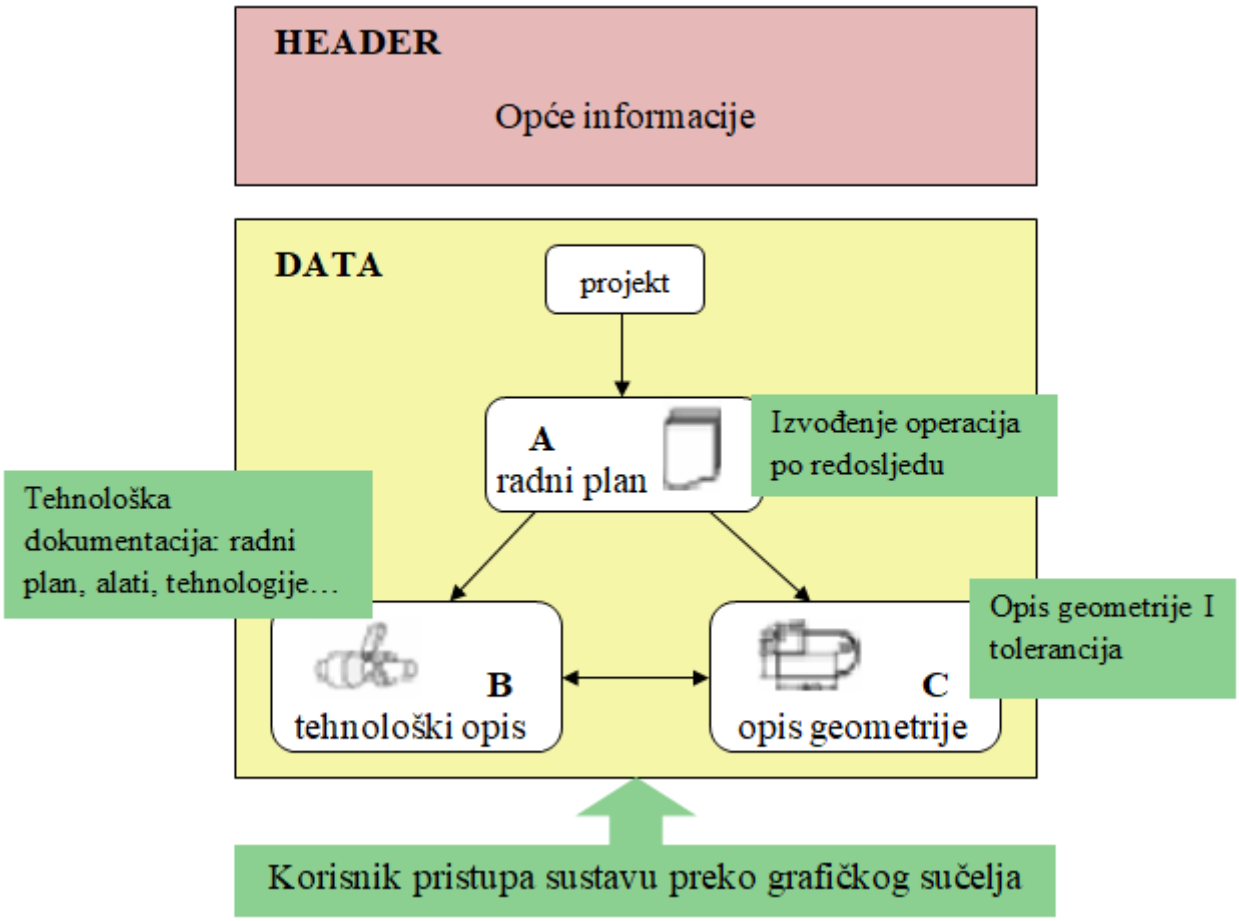
Međutim, klasičan način programiranja je još uvelike prisutan i objektu orijentiran način programiranja još nije u potpunosti primjenjen. Tako da se za sada te dvije metode programiranja upotrebljavaju jedna uz drugu.

Struktura podataka STEP-NC datoteke prikazana je na slici. Prvi dio programa je dio koji se naziva zaglavlje (eng. header) koji je označen ključnom riječju „HEADER“. Taj dio sadrži neke opće podatke, poput naziva datoteke, naziva proizvoda, ime projektanata, datum, ime organizacije i sl. Drugi i glavni dio datoteke programa je označen ključnom riječi „DATA“ (hr. podaci). U tom dijelu datoteke programa su sadržani svi važni podaci, o načinu i sljedu proizvodnje, geometriji i sl. Ti podaci su razvrstani u tri ključna razreda:

A) radni plan

B) tehnološki opis

C) opis geometrije



Slika 8.6 Struktura podataka kod STEP-NC datoteke [16]

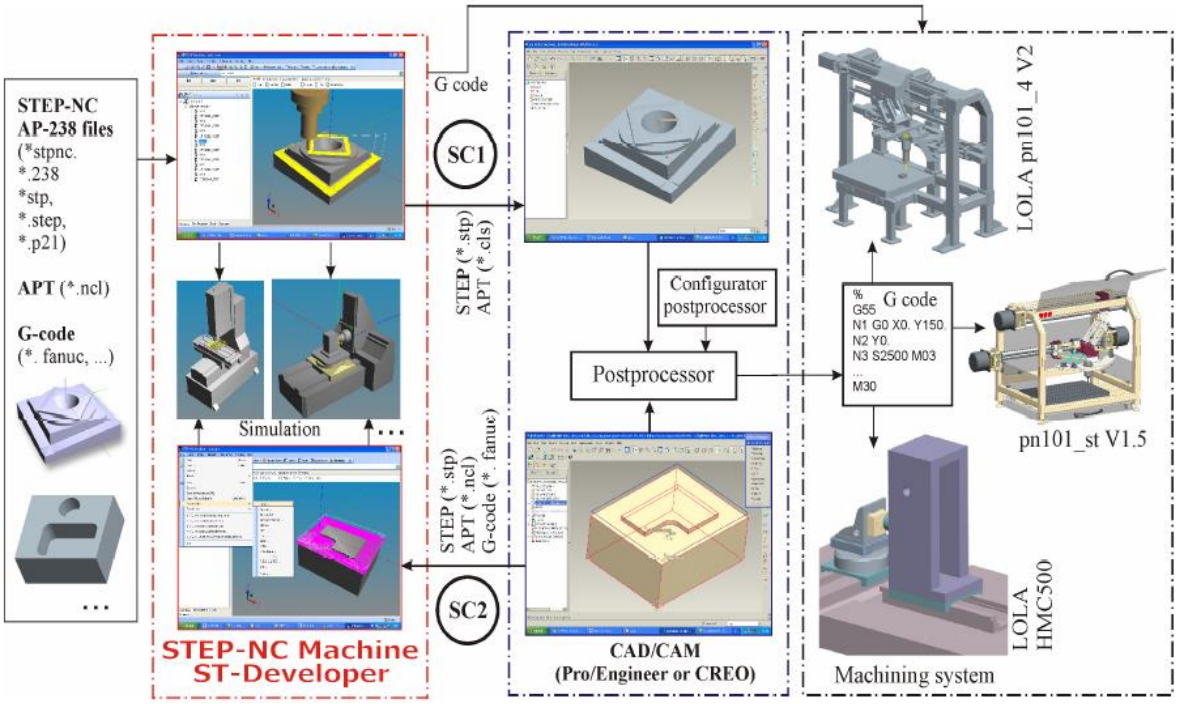
Dvije metode, poznate kao „Part 21“ i „Part 28“ su uobičajene metode korištenja definiranih STEP datoteka. „Part 21“ format je trenutno najpopularniji način korištenja STEP datoteke. Međutim trend je na strani „Part 28“ s obzirom da je taj format napredniji, te on omogućava prijenos formata u XML format, što nam dopušta prijenos preko Web stranica. „Part 28“ ima puno prednosti u odnosu na „Part 21“, no s obzirom da je „Part 21“ već nekoliku godina u upotrebi, i to za vrijeme razvoja STEP sukladnih aplikacija znači da je sve definirano prema tom formatu.

Tablica 8.1 Usporedba STEP „Part 21“ i „Part 28“ [16]

	STEP „Part 21“	STEP „Part 28“
Prostor pohrane	Manje	Više
Struktura	Granasta	hijerarhijska
Ponavljanje podataka	NE	DA
Mogućnost interpretacije	djelomično	potpuno
Teškoća interpretacije	Teško	lako
Prijnos putem Web stranica	U krajnjem formatu (u cijelosti)	Svaki dio strakture je moguće razmjenivati

8.4 Scenariji upotrebe nove metode programiranja baziranim na STEP-NC

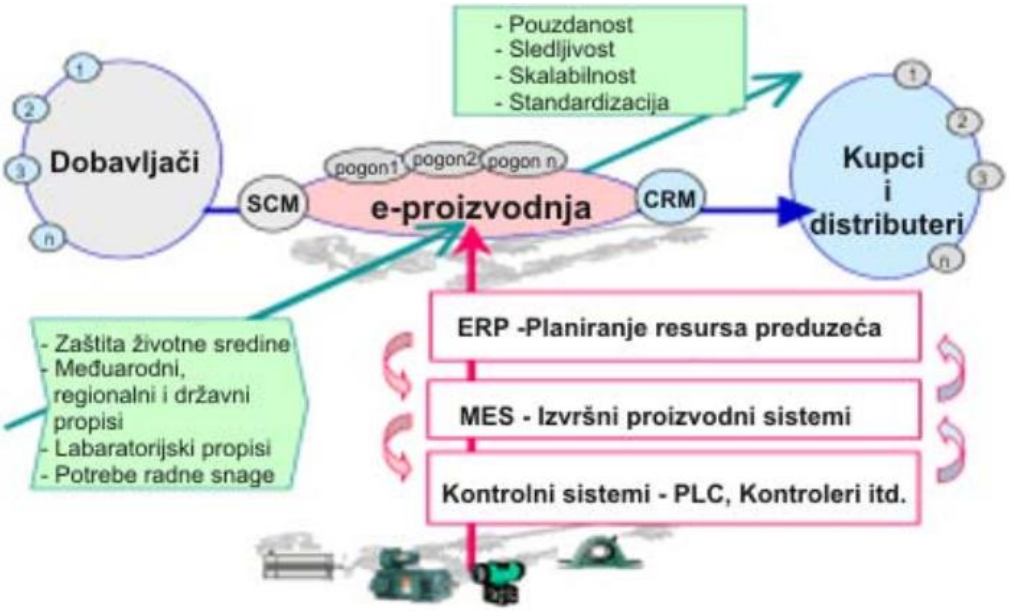
U ovom trenutku takva metoda, STEP-NC metoda programiranja, ne može biti u potpunosti korištena, jer nisu svi resursi razvoja dostupni svim organizacija razvoja STEP i STEP-NC. Za sada postoje dva moguća scenarija „SC1“ i „SC2“ . Scenarij SC1 – korist originalni STEP-NC program, postprocesiran u G kod te se izvrši na alatnom stroju. Scenarij SC2 – modelira se proizvod u CAD/CAM sustavu, nakon toga se u STEP format naknadno unose informacije o proizvodu i načinu proizvodnje u programu „STEP-NC Machine“.



Slika 8.7 Scenariji primjene STEP-NC programiranja [16]

8.5 E-proizvodnja

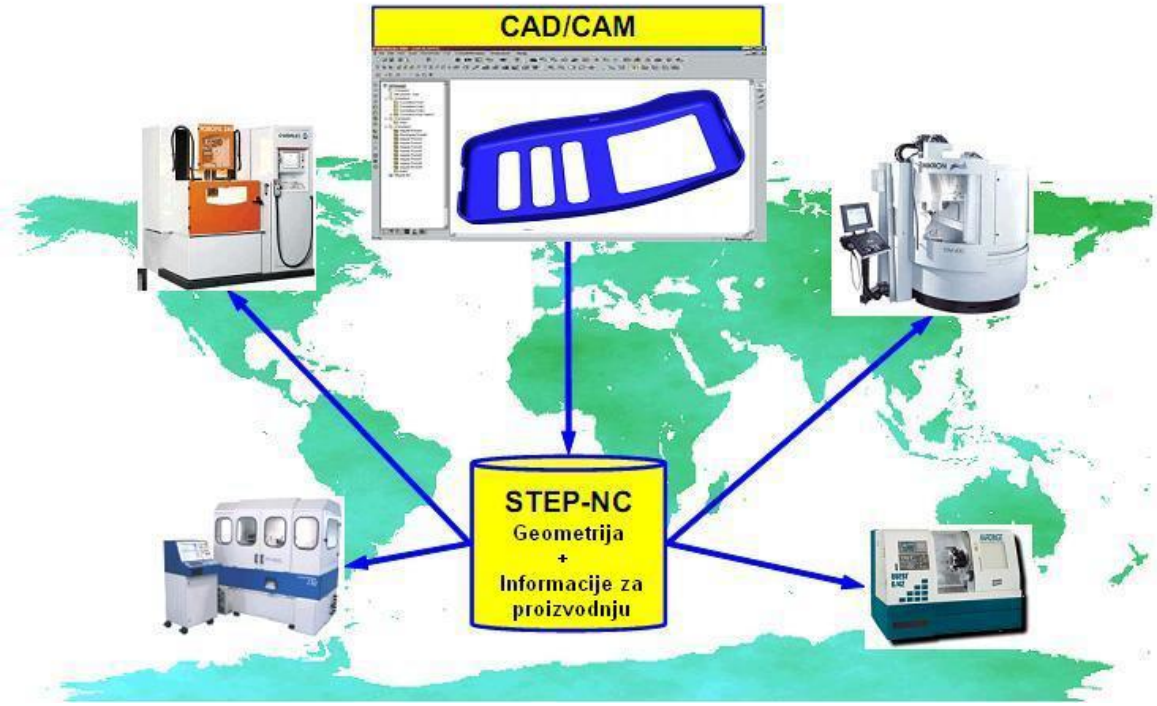
E-proizvodnja je suvremeni koncept razvijen za potrebe strategije e-poslovanja i da bi se izašlo u susret zahtevima za kompletnom integracijom svih poslovnih elemenata, kroz efektivno korištenje web alata i bežičnih tehnologija.



Slika 8.8 Integracija e-proizvodnje i e-poslovnog sustava [18]

Postojanje e-proizvodnje znači da je preduzeće spremno za e-poslovanje. To dalje pruža mogućnost online konekcije sa potencijalnim kupcima. Da bi bili spremni za e-poslovanje, poduzeća moraju da budu u stanju da proizvode po narudžbini i ostvare neprekidno održavanje.

U današnje vrijeme sve se obavlja preko interneta, tako da bismo trebali u sljedećih nekoliko godina svjedočiti novom, suvremenom načinu proizvodnje. STEP-NC omogućuje tvrtkama neometano dijeljenje informacija o obradi i mjerenju, između strojeva i preko interneta. STEP-NC tehnologija daje poboljšanja proizvodnog procesa, uključujući 15% smanjenje vremena obrade. Automatizirano mjerenje i kompenzacija koju omogućuje STEP-NC obećava proizvodnju dijelova koji udovoljavaju zahtjevima za točnost uz manje troškove. Integrirana simulacija i verifikacija koju omogućuje STEP-NC jamči da će svaki dio biti pravilno izrađen i da će se proizvodnja zaustaviti kad god se namjeravaju vršiti rezovi koji ne zadovoljavaju zahtjeve projekta.



Slika 8.9 Model slanja podataka upotrebom STEP-NC načina programiranja [16]

9. Zaključak

Današnju, suvremenu proizvodnju nemoguće je zamisliti bez CNC alatnih strojeva, a posebice u metalnoj industriji. Još od prve industrijske revolucije cilj je bio proizvesti što više proizvoda u što kraćem vremenu. Najveća razlika od tada jest što se danas traži puno veća raznolikost proizvoda, više se ne traže velike serije, nego više serija manjih obujma. Tome su najviše doprinjeli zahtjevi tržišta, tj. razni kupci, sa raznim potrebama i željama. Za to vrijeme proizvodi su postojali sve složeniji, pa su se morali razvijati i CNC alatni strojevi, te tehnologije i programi za pomoć kod projektiranja proizvoda, poput CAD/CAM sustava. Kod razvoja CNC alatnih strojeva razvila se petoosna obrade, te petoosni alatni strojevi. Izradom proizvoda petoosnim alatnim strojevima povečava se fleksibilnost proizvodnje, točnost izrade, te se smanjuje vrijeme izrade i smanjuje se broj škarta.

Svi CNC alatni strojevi upravljaju se preko upravljačke ploče uz pomoć posebnog programa koji koristi programski jezik koji razumije upravljačka ploča. Od druge polovice prošlog stoljeća pa sve do danas, taj je programski jezik, G kod. Potkraj prošlog stoljeća razni međunarodni napori su se ujedinili kako bi zamjenili G kod način upravljanja, nekim drugim načinom upravljanja CNC alatnih strojeva. Tu dolazi STEP-NC, jezik za kontrolu između CAD/CAM sustava i upravljačke ploče CNC alatnih strojeva. STEP-NC ima mnoge prednosti u odnosu na G kod, poput dvosmjernog toka informacija, prijenos puno više podataka iz CAD/CAM sustava u upravljačku ploču CNC alatnih strojeva, značajno smanjenje vremena programiranja itd. STEP-NC također izbacuje uporabu postprocesora što znači da je jednu datoteku STEP-NC formata moguće koristiti na više raznih CNC alatnih strojeva. Uz to STEP-NC format je kompatibilan sa XML formatom, što omogućuje slanje preko interneta. Dakle mogućnosti STEP-NC su velike, te zadovoljavaju sve potrebe proizvodnje CNC alatnim strojevima. Jedini problem jest što STEP-NC još nije u potpunosti primjenjen, te se za sada koristi u rijetkim slučajevima ili zajedno uz G kod.

U Varaždinu, dana: Potpis:

10. Literatura

[1] https://www.steptools.com/ (dostupno: rujan 2018.)

[2] T. Udiljak; Autorizirana predavanja iz predmeta CAM i NC programiranje, Veleučilište u Karlovcu; šk.god. 2008/2009.

[3] http://www.enciklopedija.hr/ (dostupno: rujan 2018.)

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control#Parsons_and_the_invention_of_NC (dostupno: rujan 2018.)

[5] https://www.kuka.com/en-de/industries/automotive (dostupno: rujan 2018.)

[6] https://www.scribd.com/document/348425370/Fleksibilni-Obradni-Sustavi-MLST (dostupno: rujan 2018.)

[7] Koren,Y.: The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems, John Wiley and sons, New Jersey, 2010.

[8] Vuković A., Ikonić M., Doboviček S., Rekonfigurabilni proizvodni sustavi i potreba za novim tejlorizmom

[9] Ellen K., Reconfigurability Still Figures Big in Manufacturing, MEMagazine, 2014

[10] T.Udiljak, Predavanja iz kolegija Proizvodnja podržana računalom - CAM, 2013./2014.

[11] Blažević, Z.: Programiranje CNC Tokarilice i Glodalice, Virovitica, 2004.

[12] Vitulić N., Jurković Z., Perinić M.:, Implementacija CAD/CAM sustava u virtualnoj simulaciji automatiziranog tokarskog obradnog centra, Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci, 2010

[13] Woods, S.: Stepin' Out, Cutting Tool Engineering 58, 2006.

[14]. Franić Saša: Značajke petoosnih obrada, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2010.

[15] Petr Vavruska, Machine Tool Control Systems and Interpolations of Spline Type, Czech Technical University in Prague, 2012

[16] Živanović S., Vasilić G.: A New CNC Programming Method Using STEP-NC Protocol, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 2016.

[17] Sapina M., CNC proces ima pet osnovnih koraka, Skripta, Drvodjeljska škola Zagreb

[18] Nestić Snežana: Koncept e-proizvodnje u modernom okruženju, Seminarski rad

Popis slika

Slika 1.1 Obilježja suvremene proizvodnje [2] 12
Slika 3.1 FMS sustav u automobilskoj industriji [5] 17
Slika 3.2 Načini upravljanja proizvodnjom, odnos troškova i kapaciteta [9] 18
Slika 4.1 Shematski prikaz programiranja [11] 21
Slika 4.2 Proces ručnog programiranja [12] 22
Slika 4.3 Dijagram CAD/CAM programiranja [13] 23
Slika 4.4 Tok informacija kod CAD/CAM sustava [12] 24
Slika 4.5 Pojednostavljeni dijagram STEP-NC programiranja [13] 24
Slika 5.1 Općeniti sadržaj CL datoteke [2] 25
Slika 5.2 Razlika između CL datoteke i NC programa [15] 26
Slika 6.1 Shema rada postprocesora [16] 27
Slika 7.1 CAD→CAM→CNC numerički lanac [17] 29
Slika 7.2 CAD/CAM tehnologije, uluga kod klasičnog programiranja [17] 30
Slika 7.3 Klasično programiranje G i M kodovima [16] 31
Slika 7.4 Izgled školske tokarilice EMCO TURN 55 [11] 33
Slika 8.1 Razlika između STEP razmjene podataka i STEP-NC [1] 36
Slika 8.2 Programiranje CNC alatnih strojeva koristeći STEP-NC [16] 38
Slika 8.3 Prednosti koje donosi programiranje obrade STEP-NC sustavima [14] 39
Slika 8.4 Shema razmjene AP 238 podataka [14] 40
Slika 8.5 Značajke nekog proizvoda [14] 41
Slika 8.6 Struktura podataka kod STEP-NC datoteke [16] 44
Slika 8.7 Scenariji primjene STEP-NC programiranja [16] 46
Slika 8.8 Integracija e-proizvodnje i e-poslovnog sustava [18] 46
Slika 8.9 Model slanja podataka upotrebom STEP-NC načina programiranja [16] 47

Popis tablica

Tablica 1.1 Usporedba vremena proizvodnih procesa za dvije metode programiranja [1] 10
Tablica 7.1 Redosljed pisanja adresa 32
Tablica 7.2 Popis glavnih funkcija – G funkcije 34
Tablica 7.3 Popis pomoćnih funkcija – M funkcije 35
Tablica 7.4 Naredbe ciklusa za bušenje i za tokarenje 35
Tablica 8.1 Usporedba STEP „Part 21“ i „Part 28“ [16] 45

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Karlo Hutinec *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom STEP-NC *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Karlo Hutinec
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Karlo Hutinec *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom STEP-NC *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Karlo Hutinec
(vlastoručni potpis)