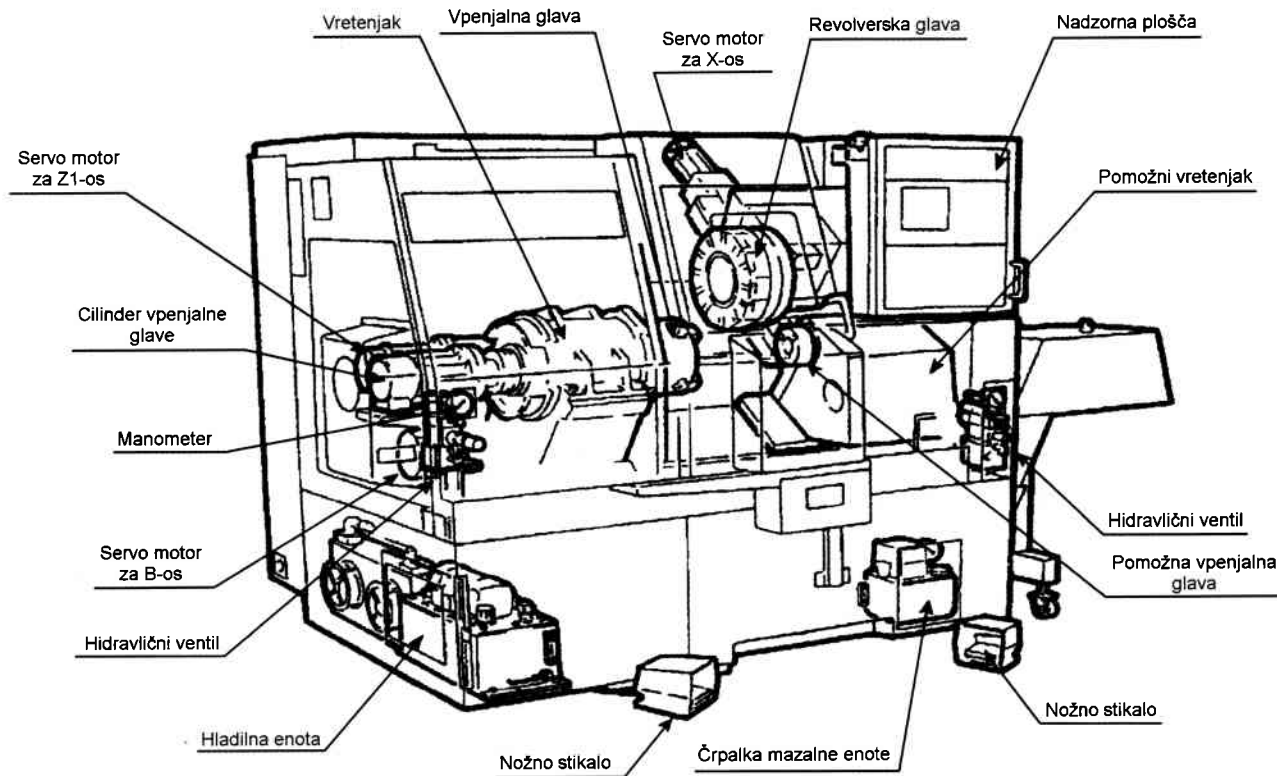


3 ELEMENTI CNC-STROJEV

CNC-stroj je sestavljen iz dveh glavnih delov, in sicer samega stroja – mehanski podsistem, na katerem se obdelava izvaja, ter CNC-krmilnika – krmilni podsistem, ki to obdelavo krmili. NC-program, ki vsebuje natančen popis poteka obdelave na stroju, pa predstavlja vhodne informacije, ki jih krmilnik potrebuje za krmiljenje.

Glavna karakteristika CNC-stroja je fleksibilnost, to je možnost hitre preureditve z ene obdelave na drugo z zamenjavo programa in morebitnimi manjšimi preureditvami stroja.



Slika 6: CNC-stružnica

Glavni pogon

Glavno vreteno služi za izvajanje rotacije obdelovancev pri stružnicah in rotacije orodja pri frezalnih ter vrtalnih strojih. Pogon glavnega vretena je lahko izveden z enosmernim, z enofaznim kolektorskim motorjem ali s trifaznim asinhronskim motorjem. Enosmerni motorji omogočajo direktno brezstopenjsko krmiljenje števila vrtljajev, medtem ko lahko pri asinhronskih motorjih reguliramo število vrtljajev s pomočjo reduktorja ali pa s frekvenčnimi regulatorji direktno v krmilniku. Poleg omenjenih se uporabljajo še hidravlični in linearni motorji. Linearne izmenične elektromotorje vgrajujemo na sodobne CNC frezalne stroje za visokohitrostno obdelavo, kjer so potrebne visoke hitrosti in natančnost pozicioniranja ter zahtevni obratovalni pogoji.

Pogon podajalnega gibanja

Za pogon podajalnega gibanja so se včasih uporabljali enosmerni elektromotorji z elektronsko regulacijo, ki omogočajo krmiljenje gibanja v obeh smereh osi, ustrezno pospeševanje in pojemanje, danes pa prevladujejo trifazni asinhronski elektromotorji, ki jih reguliramo s pomočjo frekvenčnih regulatorjev.

Podajalni motorji morajo ustrezati več zahtevam, kot so togost, enakomernost gibanja, hiter zagon in ustavitev, majhen vztrajnostni moment, hitro reagiranje pri spremembah hitrosti.

Vodila

Vodila so elementi, ki omogočajo translatorne pomike sani ter prevzamejo nalogo, da sile pomičnih delov prenašajo na ohišje in na ogrodje, pomične dele pa natančno premočrtno vodijo. Izpolnjevati morajo naslednje pogoje:

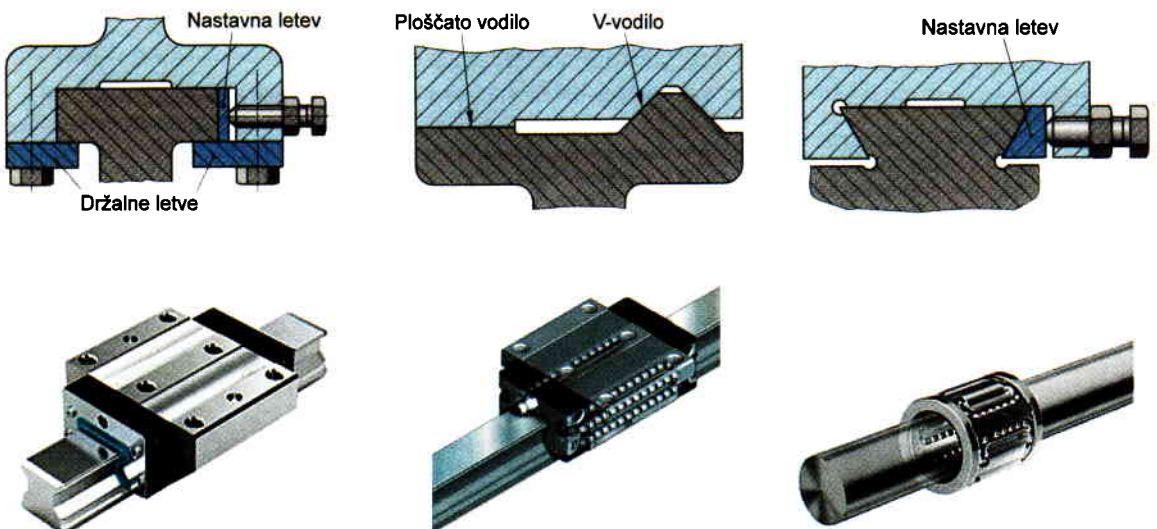
- položaj vodenih elementov mora biti vedno natančno določen, in to v obremenjenem in neobremenjenem stanju,
- v primeru obrabe mora biti dana možnost nastavljanja,
- izdelava mora biti poceni, montaža pa enostavna,
- vodenje mora biti neprisiljeno,
- onemogočeno mora biti nabiranje odrezkov na vodilih,
- majhna zračnost in velika natančnost,
- majhno trenje,
- dobre dušilne lastnosti,
- visoka upogibna in vzvojna trdnost,
- enostavne možnosti za vzdrževanje in mazanje,
- tesnitev proti vdoru tujkov.

Vodila za premočrtno gibanje določajo smer pri glavnih, podajalnih in nastavitvenih gibanjih. Pri vodilih za glavna in podajalna gibanja se drsnik med procesom obdelave premika, vodila pa so obremenjena s silami zaradi gibajočih mas z rezalnimi silami ter s trenjem. Pri vodilih za nastavitvena gibanja pa so vodila med gibanjem obremenjena le s težnostnimi silami in tornimi silami, rezalne sile pa delujejo na vodila le med mirovanjem.

Vodila delimo glede na vodilne tirnice in vrsto trenja. Najpogosteje se uporabljajo drsna vodila, ki imajo majhno obrabo, so toga, ne nudijo odporov pri gibanju in so nezahtevna za vzdrževanje. Sestavljena so iz drsnika (del, ki se giblje) in podstavka (del, po katerem se giblje drsnik). Izvedena ali kombinirana so lahko iz naslednjih štirih osnovnih oblik: trikotne prizme, ploščate prizme, valja in iz lastovičjega repa.

Hidrostatska drsna vodila uporabljamo za težke obratovalne razmere in gibanje drsnika brez trenja in s tem tudi brez obrabe. Z njimi je mogoče doseči izredno natančno pozicioniranje in togost. Pri teh vodilih se preko sistema napeljave na drsno mesto dovaja olje pod tlakom, medtem ko se pri aerostatičnih drsnih vodilih namesto olja uporablja zrak.

Poleg drsnih vodil uporabljamo še kotalna vodila, kjer se kot kotalni elementi uporabljajo valjčki, kroglice ali iglice. Vodila s kotalnimi elementi uporabljamo tam, kjer je potrebno trenje zmanjšati na minimum, pri tem pa obremenitve niso prevelike. Togost kotalnih vodil je manjša od togosti drsnih vodil, zato v praksi dajemo prednost drsnim vodilom.



Slika 7: Oblike in vrste vodil (drsna vodila – zgoraj, kotalna vodila – spodaj)

Kroglična vretena

Za pretvarjanje vrtilnega gibanja motorja v premočrtno gibanje suporta uporabljamo kroglična vretena, ki so sestavljena iz navojnega vretena in matice s kroglicami. Povezavo obeh delov zagotavljajo kroglice, ki se gibljejo po navojnih utorih med matico in vretenom. Da bi preprečili zračnosti oziroma aksialne premike, je matica dvodelna in prednapeta, s čimer dosežemo natančnost pozicioniranja in njegovo ponovljivost. Povezavo med vretenom in matico zagotavljamo s kroglicami, ki se gibljejo po navojnih utorih med matico in vretenom. Utori so lahko zaokroženi in imajo nekoliko večji polmer kot kroglice ali pa ovalni. Obstajajo izvedbe z notranjim in zunanjim povratnim vodom.



Slika 8: Kroglično vijačno vreteno in matica

Merilni sistemi

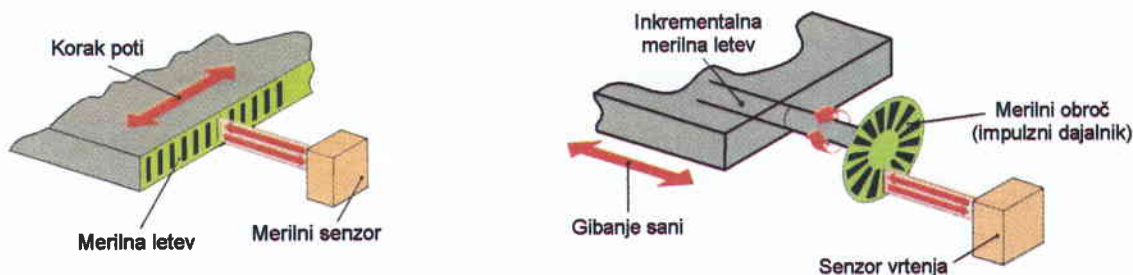
Za natančno merjenje položaja pri gibanju v smeri krmiljenih osi na CNC-stroju je vsaka os opremljena z elektronskim merilnim sistemom, povezanim s pogonom. Merilni sistem je sestavljen iz dveh delov, merilne skale in merilne glave. Ugotavlja trenutni položaj orodja ter podatke posreduje krmilniku, ki krmili posamezno krmiljeno os oziroma pogonski motor osi.



Slika 9: Pregled sistemov za merjenje poti

Pri direktnem merjenju je merilna skala povezana z mizo ali vodili. V tem primeru netočnosti, ki se pojavijo v pogonskih elementih, nimajo vpliva na merjene vrednosti.

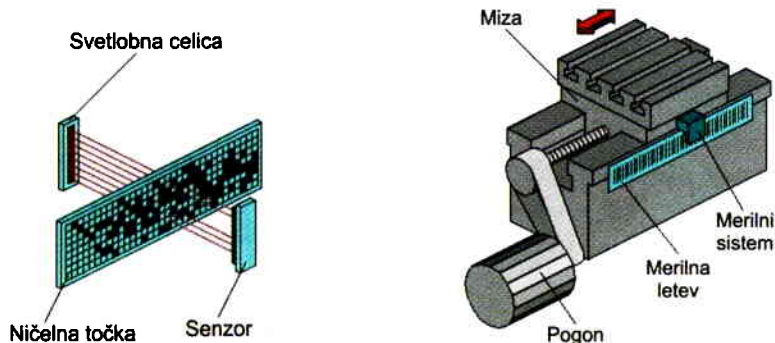
Pri indirektnem merjenju ne merimo direktnega gibanja končnega elementa, temveč gibanje vmesnega člena, običajno vrtenje vretena. Nenatančnost vretena in gonil pomembno vpliva na natančnost pozicioniranja, vendar pa je izvedba bistveno cenejša.



Slika 10: Direktno (levo) in indirektno merjenje (desno)

Absolutno merjenje omogoča merilna skala, ki je izvedena tako, da je v vsakem položaju merilne glave možno izmeriti njen položaj glede na ničelno točko stroja s smeri obravnavane osi. Za absolutno merjenje poti potrebujemo kodiran merilni trak, ki v vsaki točki prikazuje natančen položaj sani glede na izhodiščno točko stroja. Merilni trak je kodiran v dvojiškem sistemu, kar omogoča krmilju, da vsaki točki priredi določeno številsko vrednost.

Relativno (inkrementalno) merjenje se izvaja na podlagi štetja impulzov od neke ničelne točke v pozitivni ali negativni smeri. Vsak impulz v tem primeru pomeni določen inkrement pomika. Relativno merjenje lahko izvedemo s pomočjo preproste rešetke, ki jo sestavljajo enako velika svetlo-temna polja. Med pomikanjem rešetke mimo optičnega merilnega tipala le-to pošilja impulze nastavnemu krmilju. Njihovo število je enako številu svetlo-temnih polj. Na osnovi števila impulzov ter znanega prejšnjega položaja vodil krmilje izračuna nov položaj. Za delovanje tega merilnega sistema je nujna neka referenčna točka na vodilih, katere položaj je stalen in v krmilju absolutno definiran. Pred začetkom delovanja se morajo vodila pomakniti v to točko in s tem umeriti merilni sistem.



Slika 11: Absolutno merjenje (levo) in relativno merjenje (desno)

Pri analognem načinu ustreza vsakemu položaju osi določena fizikalna vrednost (npr. fazni zamik med dvema električnima napetostima). Pri digitalnem (diskretnem) načinu merjenja položaja pa je merilno območje razdeljeno na določeno število korakov.

Programiranje CNC-strojov je popolnoma neodvisno od uporabljenega merilnega sistema. Krmilnik vse podatke preračunava glede na specifični koordinatni sistem na stroju.

CNC-krmilje

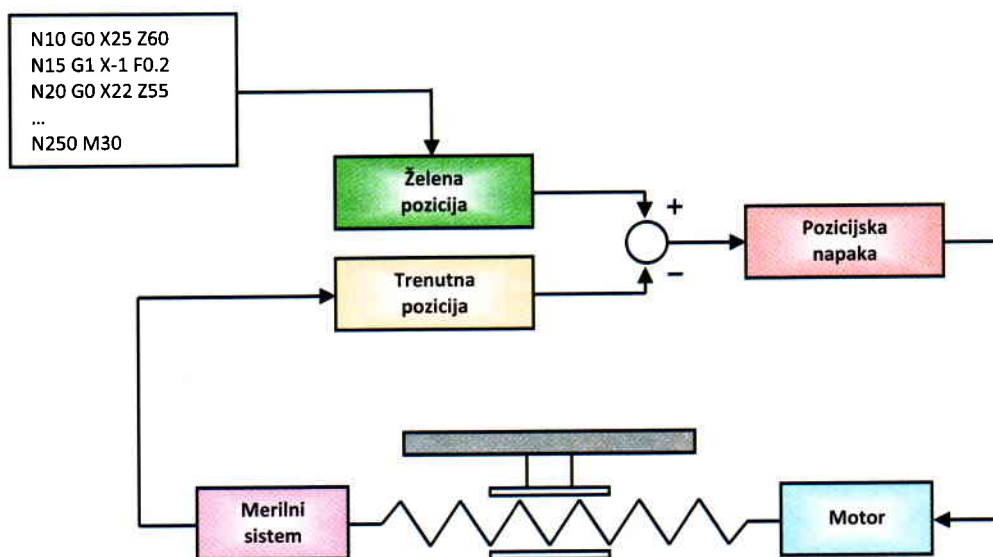
CNC-krmilje je elektronska naprava za avtomatično krmiljenje CNC-strojov, ki delovne ukaze sprejme v obliki števil in jih pretvori v pravičen proces obdelave. CNC-krmilja so se razvijala vzporedno z razvojem elektronike, njihova zmogljivost pa se je z integracijo mikroprocesorjev skokovito povečala. Postali so tudi fleksibilni, saj omogočajo prilagajanje njihovih lastnosti različnim namenom uporabe s spreminjanjem operacijske programske opreme, medtem ko aparaturna oprema ostaja enaka.

Bistvo delovanja CNC-krmilja oziroma sistema je v tem, da obdelovalnemu stroju posredujemo vse podatke za obdelavo v numerični obliki, krmilje, ki predstavlja poseben del stroja, pa te podatke obdeluje in jih prilagojene pošilja izvršilnim elementom na stroju (npr. koračnim motorjem).

Pri izdelavi določenega izdelka potrebujemo informacije o njegovi geometriji, pogojih obdelave, orodjih in poteku obdelave. Nosilci teh informacij so risba, orodni list in delovni načrt (operacijski list). Obdelovalni pogoji (vrtilne in rezalne hitrosti, podajanje, globina rezanja ...) in orodja se določijo glede na operacijski list.

Glavna naloga krmilja je torej prevajanje in izvajanje vhodnih podatkov. Glede na vhodni podatek, ki ga dobi iz programa, NC-krmilje stroja vklopi ustrezeni podajalni motor. Istočasno posreduje primerjalniku vrednost pozicije, ki jo želimo doseči. Merilni sistem v regulacijski zanki vseskozi spremlja gibanje in vrača primerjalniku podatke o dejanski poziciji. Če obstaja razlika, posreduje ukaze nastavitvenemu členu in ta ustreznemu motorju na stroju. Motor se vrti, dokler ni razlika enaka nič oziroma se postopek ponavlja tako dolgo, dokler ni dejanska vrednost enaka željeni. Takšnih regulacijskih sistemov je na NC-strojih več, tako da lahko izvajamo gibanje v več oseh hkrati (tudi v 5 oseh). Za vsako os pa imamo vgrajeno posebno regulacijsko zanko, ki jo prikazuje slika 12.

Pri CNC-strojih nam regulacijsko zanko dopolnjuje računalnik z vpisanim programom. Program vseskozi primerja doseženo pozicijo z želeno, ki je shranjena v spominu.



Slika 12: Regulacijska zanka pozicioniranja po položaju

Današnji krmilniki poleg osnovne funkcije, to je krmiljenje relativnega gibanja med orodjem in obdelovancem, omogočajo še:

- enostavnejše posluževanje (korekture programov, izpis, hranjenje programov ...),
- enostavnejše programiranje (poenostavljeno programiranje kontur, uporaba parametričnih podprogramov, ciklov ...),
- dodatne funkcije (variabilno kodiranje orodij, nadzor časa obstojnosti orodij, vnašanje in spreminjanje nastavitev stroja ...).

Vse te lastnosti, ki lahko nastopajo v različnih kombinacijah, določa programska oprema krmilnika, ki mu s tem daje večjo fleksibilnost. Strojna oprema pri tem v večini primerov ostaja enaka ali pa se malenkostno spreminja, odvisno od vrste stroja, ki ga krmili.

Podatke lahko v krmilje vnesemo ročno s pomočjo vgrajene tipkovnice ali pa jih prenesemo iz drugih naprav s pomočjo različnih podatkovnih nosilcev. V današnjem času so za ta namen najprimernejše industrijske računalniške mreže, še vedno pa je v uporabi veliko drugih podatkovnih nosilcev, ki so se na to področje selili iz računalniške tehnike.

Za hranjenje podatkov skrbi več elektronskih pomnilniških celic (RAM, ROM). V njih so shranjeni [22]:

- operacijski sistem krmilja,
- interaktivni vmesniki in pripadajoča grafika,
- programski sistem za iskanje in izpis napak,
- eden ali več NC-programov,
- podatki o orodnih korekturah in premikih ničelnih točk,
- podatki o delovnih ciklih in življenjski dobi orodja.

Podatke v CNC-krmilju obdeluje več mikroprocesorjev, ki preko operacijskega sistema skrbijo za pravilno zaporedje obdelave podatkov. Sem spada na primer izračun linearnih oziroma krožnih poti orodja kot tudi stalen nadzor regulacijske zanke pomikov delovnih osi.

Nastavitveno krmilje skrbi za razpošiljanje izračunanih podatkov. Le-te primerno ojači, da dobijo obliko, potrebno za krmiljenje podajalnih motorjev in opravljanje stikalnih funkcij, npr. nastavljanje vrtilnih hitrosti glavnega vretena, pomikov in podobno. Razen tega vsebujejo CNC-krmilja tudi krmilne funkcije za upravljanje zunanjih naprav, na primer paletnih izmenjevalcev in manipulatorjev, ter naprav za pošiljanje podatkov o delovanju stroja do zunanjih naprav za zbiranje teh podatkov.

Vpenjalne priprave

Vpenjalne priprave služijo za vpenjanje obdelovancev na delovno mizo ali v glavo vretena in morajo omogočati hitro, natančno, močno vpenjanje ter pozicioniranje. Na CNC-strojih je nekatere funkcije pri uporabi avtomatskih vpenjalnih priprav možno krmiliti, kar je odvisno od stopnje avtomatiziranosti dovajanja delov in zahtevnosti vpenjanja.

Načini vpenjanja obdelovancev so odvisni od postopka obdelave, oblike in velikosti obdelovanca ter vrste stroja. Glede na vrsto obdelave in stroja ločimo dva načina vpenjanja:

- vpenjanje rotacijskih obdelovancev in
- vpenjanje obdelovancev prizmatičnih ter drugih nepravilnih oblik.

Pri stružnicah se običajno direktno programirajo odpiranje in zapiranje vpenjalnih čeljusti ter nastavljanje vpenjalnega pritiska, ki se mora prilagajati številu vrtljajev.

Pri frezalnih strojih ima vpenjalni pritisk manjšo vlogo, pomembnejše je hitro in natančno pozicioniranje obdelovancev na delovno mizo. Način vpenjanja mora biti tak, da omogoča hitro in enostavno menjavo obdelovancev. Pogosto se uporabljajo sestavljive vpenjalne priprave, sestavljene iz posameznih standardnih elementov.

Vpenjalne priprave za struženje:

- tri- in štiričeljustne vpenjalne glave – konzolno ali s podporo konice,
- vpenjanje med konice,
- stročnice,
- vpenjalni trni,
- vpenjalne glave za nesimetrične obdelovance.

Vpenjalne priprave za freziranje, vrtanje:

- z vijaki na mizo stroja,
- strojni primež, delilnik, nagibna miza, magnetne mize in druge naprave za vpenjanje enega ali več kosov hkrati,
- sestavljive vpenjalne priprave.



Slika 13: Vpenjalne priprave za stružnico (zgoraj) in frezalni stroj (spodaj) [17]

Naprave za menjavo orodij

Pri CNC-strojih se običajno v enem vpetju obdelovanca izvaja več različnih operacij, za kar je potrebno tudi več orodij, zato se orodja vmes menjavajo. Večinoma so stroji danes opremljeni z napravami za avtomatično menjavo orodij, ki pa se razlikujejo po načinu delovanja ter po številu orodij, ki jih lahko sprejmejo. Za avtomatično menjavo orodij se na strojih uporabljajo revolverске glave (stružnice, vrtalni stroji), zalogovniki orodij z napravo za avtomatično menjavo (vrtalno-frezalni stroji) ali specialni orodni sistemi.

Revolverska vpenjalna glava omogoča vpenjanje več orodij, do 12 ali celo več. Orodja morajo biti že prej nastavljena. S tem pridobimo veliko časa pri obdelavi, saj ni izgube časa zaradi menjavanja orodij. Sodobni stroji imajo več revolverskih glav, v katerih so lahko klasična enostavna orodja. Pri revolverski glavi se menjava izvrši z rotacijo revolverске glave, dokler zeleno orodje ne doseže delovnega položaja.

Nekateri obdelovalni centri za namestitvev orodij uporabljajo rotacijsko ploščo ali verigo, v kateri so nameščena orodja. Ti sistemi omogočajo namestitvev več orodij. Nekaterе konstrukcije omogočajo tudi nameščanje orodij med samim obdelovalnim procesom. Pri zalogovnikih poteka menjava s pomočjo posebne naprave, krmiljene direktno s programom. Ob menjavi orodja se obdelava prekine, naprava izbere novo orodje, oprijemalo nato istočasno prime novo orodje v zalogovniku in orodje v vretenu, ju obrne in v vretenu vstavi novo, v zalogovnik pa že uporabljeno orodje.

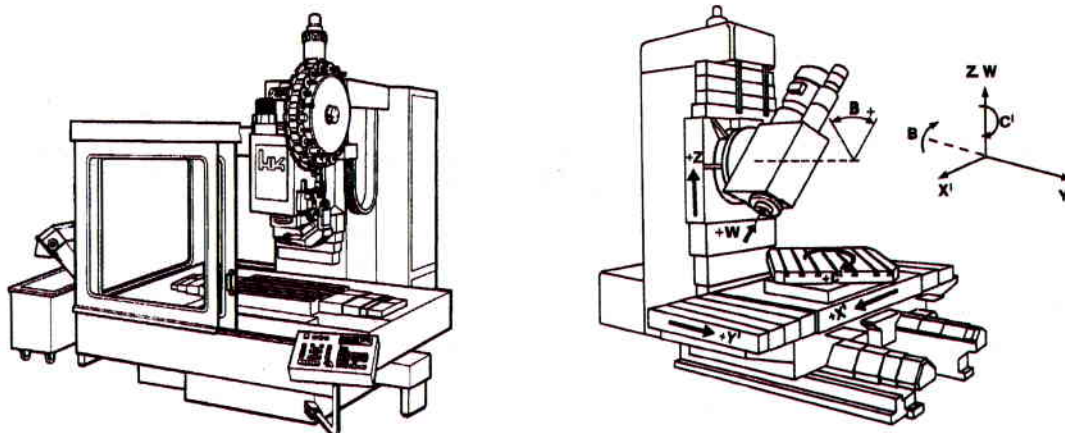


Slika 14: Naprave za menjavo orodij [19]
(revolverska glava z gnanimi orodji – levo, boben – na sredini, verižni zalogovnik – desno)

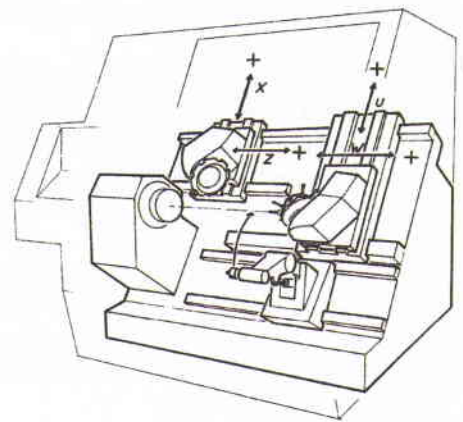
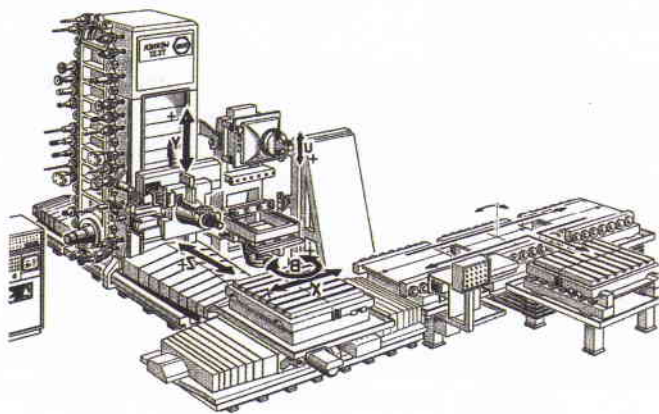
3.1 VRSTE NUMERIČNO KRMILJENIH OBDELOVALNIH STROJEV

Numerično krmiljeni stroji za odrezovanje

Skoraj vsi današnji stroji za odrezovanje so opremljeni s krmiljem za premikanje v najmanj treh oseh ter s sistemom za avtomatsko menjavanje orodja in obdelovancev. Možna je tudi gradnja CNC-centrov, na katerih se lahko hkrati izvaja več obdelav (vrtanje, struženje, frezanje). Poznamo vrtalne CNC-stroje (vertikalne, horizontalne), vrtalno-frezalne CNC-stroje (3-, 4-, 5-osne), CNC-stružnice, stružilno-frezalne centre in brusilne CNC-stroje.



Slika 15: Vrtalni stroj (levo) in 5-osni frezalni stroj (desno)



Slika 16: 5-osni obdelovalni center (levo) in stružnica z gnanimi orodji (desno)

Numerično krmiljeni stroji za izsekavanje in prebijanje

Za izdelavo nepravilnih oblik in notranjih oblik v vse vrste pločevine se lahko uporabljajo numerično krmiljeni stroji za konturno izsekavanje, kjer orodje neprenehoma seka, pločevino pa vodimo po željeni krivulji oziroma konturi.

Poznamo tudi numerično krmiljene stiskalnice za prebijanje raznih oblik ter kombinirane numerično krmiljene stroje za izsekavanje in prebijanje. Na centrih za obdelavo pločevine je avtomatizirano dovajanje pločevinaste plošče, štancanje, dodatno krivljenje, izdelava potrebnih spojev ...

Numerično krmiljeni stroji za preoblikovanje

Namen teh strojev je hitrejša in cenejša obdelava pri enaki ali celo boljši kakovosti in z manj delavci. Poznamo CNC-stroje za upogibanje cevi, sukanje cevi okoli vzdolžne osi in numerično krmiljene stiskalnice. S CNC-stroji za krivljenje cevi se lahko izvede tudi zapleteno polaganje cevi, ki jih potrebujemo pri gradnji avtomobilov in letal.

Numerično krmiljeni stroji za razdvajanje

NC-tehnika s prednostjo numeričnega vodenja poti vstopa tudi v lasersko tehnologijo ter v postopke toplotnega ločevanja in rezanje materiala. Tako poznamo CNC-stroje za plamensko rezanje, elektroerozijsko obdelavo, graviranje, lasersko vrtnanje, stereolitografijo, lasersko rezanje, za rezanje z vodnim curkom in CNC-stroje za različne postopke varjenja.



Slika 17: CNC-stroje za plamensko rezanje, lasersko rezanje in rezanje z vodnim curkom

Rastoča kompleksnost izdelkov in istočasno rastoče zahteve po njihovi kakovosti vodijo v uvajanje CNC-tehnike tudi na področje preverjanja kakovosti (3D-merilni stroji).