

## 4 KOORDINATNI SISTEMI IN IZHODIŠČA NA CNC-STROJIH

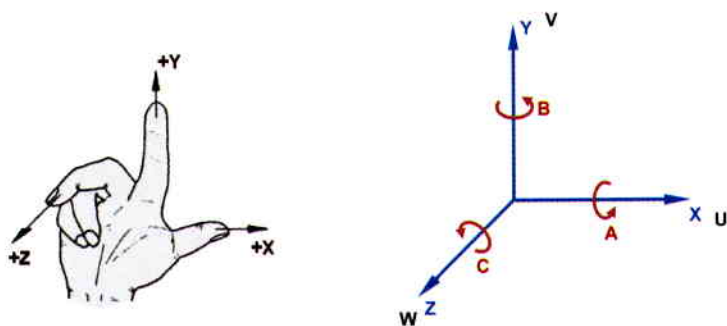
Pri programiranju CNC-strojov opisujemo gibanje orodja s pomočjo koordinat v koordinatnem sistemu. Pri struženju določamo koordinate konice orodja, pri frezanju pa skrajne spodnje točke orodja oziroma izbrano točko na rezalnem robu. Za označevanje smeri gibanj pomičnih delov stroja običajno uporabljamo ortogonalni desnoročni kartezijski koordinatni sistem z  $X$ -,  $Y$ -, in  $Z$ -osjo, ki je prilagojen glavnim vodilom stroja in se nanaša na obdelovanec, ki je vpet v vpenjalni pripravi na stroju. Tak koordinatni sistem opišemo s pravilom desne roke in je standardiziran po ISO 841 in DIN 66217. Vodila stroja dopuščajo samo translacije (premočrtno gibanje), vležajenja pa dopuščajo rotacije. Vsako dopuščeno gibanje v smeri translacije ali rotacije je ena prostostna stopnja.

### 4.1 KOORDINATNI SISTEMI

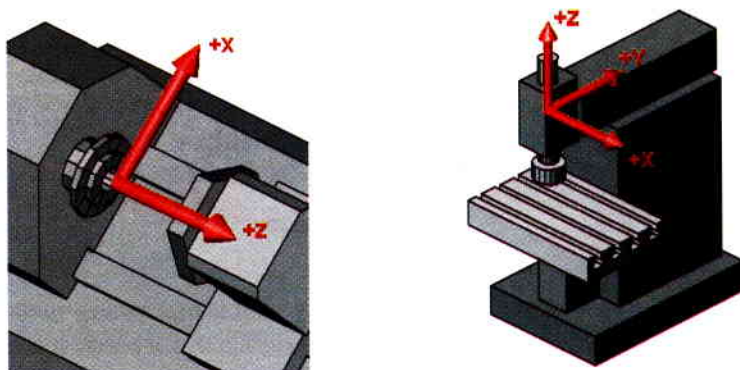
Na stružnicah uporabljamo ravninski desnoročni kartezijski koordinatni sistem, ki je določen z dvema osema ( $X$ ,  $Z$ ). Os  $Z$  kaže v smeri glavnega vretena (pozitivna od obdelovanca proti konjičku) in predstavlja glavno gibanje orodja, os  $X$  pa prečno gibanje orodja. Smeri obeh osi so določene tako, da je gibanje orodja proti obdelovancu vedno v negativni smeri. Smer osi  $X$  je odvisna od lege orodja.

Na vrtilno-frezalnih strojih pa uporabljamo prostorski koordinatni sistem, kjer os  $Z$  poteka vedno v smeri glavnega vretena stroja, pozitivna os  $Z$  v smeri od obdelovanca proti orodju, drugi dve osi pa služita za opisovanje podajalnih gibanj, kjer je os  $X$  vzporedna z mizo in označuje vzdolžno gibanje, os  $Y$  pa označuje prečno gibanje.

Poleg osi  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  dopušča standard uporabo rotacijskih osi, ki omogočajo krmiljenje vrtenja obdelovanca ali orodja okrog ene od glavnih treh linearnih osi in jih označujemo s črkami  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Dodatne linearne osi označujemo s črkami  $U$ ,  $V$ ,  $W$  ( $P$ ,  $Q$ ,  $R$ ) in določajo smer gibanja, npr. konjička in fiksnih podpor pri stružnicah, podajalne osi pri frezanju vijčnih zobnikov ...










Slika 18: Desnoročni kartezijski koordinatni sistem

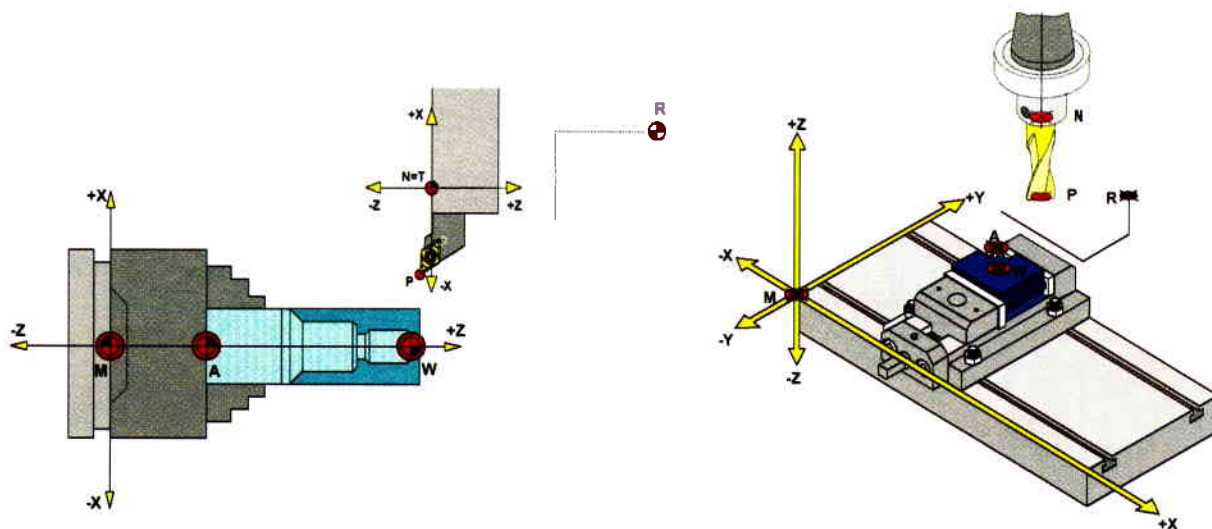


Slika 19: Orientacije koordinatnih osi na stružnici (levo) in frezalnem stroju (desno)

## 4.2 KOORDINATNA IZHODIŠČA

Na CNC-strojih je hkrati več koordinatnih sistemov, ki omogočajo določanje lege orodja in obdelovanca ter poenostavijo programiranje. Ta izhodišča koordinatnih sistemov označujemo s standardiziranimi znaki in črkami ter so pomembna za nastavitev orodja in obdelovanca.

-  M – Strojna ničelna točka. Predstavlja središče koordinatnega sistema stroja. To točko določi proizvajalec stroja in uporabnik nanjo ne more vplivati. Na stružnicah leži večinoma na osi vretena na naslonski ploskvi vpenjalne glave, pri frezalnem stroju pa je običajno na vogalu delovne mize.
-  R – Referenčna točka. Je točka, kjer se sinhronizirata stroj in krmilnik. Po vkločitvi stroja in pri določenih alarmih je potrebno postaviti orodje v referenčno točko.
-  W – Ničelna točka na obdelovancu. Je izhodišče koordinatnega sistema na obdelovancu. V programu jo lahko poljubno premikamo. Iz varnostnih razlogov je določena tako, da se pri premikanju v pozitivni smeri osi orodje oddaljuje od obdelovanca.
-  N – Točka pritrditve orodja. Je začetna točka za merjenje pozicije orodja. Določena je v tovarni (E).
-  T – Ničelna točka na držalu orodja
-  A – Začetna (skrajna) točka ali točka prislonja obdelovanca
-  P – Ničelna točka na orodju



Slika 20: Koordinatna izhodišča

## 4.3 NAČINI KRMILJENJA

Vsem numerično krmiljenim strojem je skupno, da se glede na koordinatni sistem definirajo točke v prostoru in eventualno še orientacije. To izvedemo z direktnim podajanjem eksaktnih koordinat (pri struženju in frezanju) ali s pomočjo učenja upravljalnika (pri robotu). V programu samem pa je kasneje po vnosu ustreznih navodil določeno, po kateri poti so točke povezane. Tretja možnost za določitev oblike poti je s pomočjo postopka »Play – Back«. Pri tem upravljalnik vodi robota ročno, krmilnik pa shranjuje vse podatke o hitrosti in položaju potovanja.

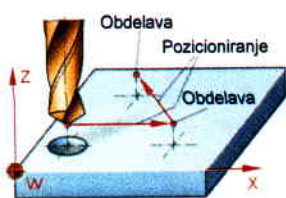
• **Krmiljenje po točkah** – S takšnim načinom se izvaja pozicioniranje v željeno točko s hitrim pomikom brez rezanja orodja. Obdelava se izvrši šele po pozicioniranju. Pot med začetno in končno točko ni točno določena. Ločimo dva načina krmiljenja poti po točkah, in sicer: asinhrono krmiljenje in sinhrono krmiljenje.

Pri **asinhronem krmiljenju** gibanja po točkah se vse potrebne osi gibljejo z največjo možno hitrostjo. Če so poti gibanja posameznih osi različno dolge, so tudi časi gibanja posameznih osi različni (če so največje hitrosti za vse osi enake), s tem pa vse osi največkrat končne točke ne dosežejo istočasno.

Pri **sinhronem krmiljenju** gibanja po točkah dosežejo posamezne osi končno točko istočasno tudi pri različno dolgih poteh za posamezno os – s prilagajanjem hitrosti gibanja posameznih osi. Os z najdaljšo potjo gibanja je vodilna os. Ostale osi zmanjšajo hitrost gibanja tako, da se vse osi gibljejo enako dolgo. S takšnim načinom krmiljenja so opremljeni vrtalni NC-stroji, stroji za točkovno varjenje, merilne naprave, štanice in preprosti roboti.

• **Krmiljenje po poti oziroma konturno krmiljenje** – Je univerzalni način krmiljenja, ki omogoča izvajanje vseh vrst pomikov, linearnih v ravnini in v prostoru, krožnih ter drugih pomikov po krivuljah višjega reda, kar je odvisno od števila prostostnih stopenj oziroma delovnih osi stroja. V ta namen mora biti zagotovljeno hkratno pomikanje vseh delovnih osi. S tem tipom krmiljenja so opremljeni praktično vsi CNC-stroji. Takšno krmiljenje pa poleg že opisane regulacijske zanke potrebuje še napravo, ki določi razmerje hitrosti gibanj posameznih delovnih osi in ga tudi vzdržuje. To napravo imenujemo interpolator in je sestavni del vsakega krmilja, ki po vnaprej določenem algoritmu računa točke, ki ležijo na poti med začetno in končno točko obdelave, določeno v NC-programu. Takšna interpolacija je lahko linearna ali krožna. Pri linearni interpolaciji je gibanje med začetno in končno točko izpeljano po premici. Pri krožni interpolaciji je izpeljan krog ali del kroga. Tukaj je poleg začetne in končne točke potrebna še smer vrtenja ali pomožna točka ali središče kroga oziroma krožnega loka. Potreba po krožni interpolaciji upada, saj so moderna krmilja opremljena z dovolj velikimi spominskimi enotami, da lahko vanje shranimo NC-programe, v katerih so krožni gibi že interpolirani in zapisani kot množica kratkih linearnih gibov.

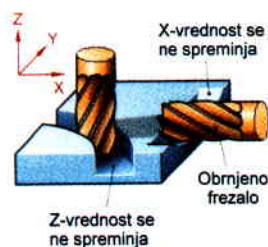
Odvisno od zahtevnosti konturnega krmiljenja lahko govorimo o 2D-, 2.5D- in 3D-krmiljenju. Če leži pot gibanja samo v eni ravnini, je to 2D-krmiljenje, kjer se dve osi, ki sta med seboj usklajeni, gibljeta istočasno. Pri 2.5D-krmiljenju so lahko te ravnine različne. S 3D-krmiljenjem se lahko izpelje prostorsko gibanje, kjer se med sabo usklajeno istočasno gibljejo tri osi. Če so translacijskim osem X, Y in Z dodane še rotacijske osi za usmerjenost orodij (A, B, C), pa govorimo o večosnem krmiljenju poti, kot je 4D- oziroma 5D-krmiljenje (izdelava ukrivljenih lopatic turbin).



Krmiljenje od točke do točke



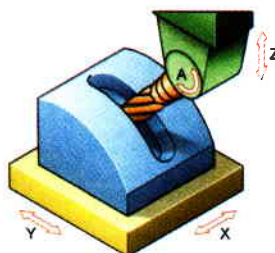
Krmiljenje po poti (2D)



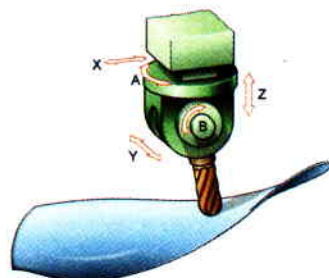
2.5D-krmiljenje po poti



3D-krmiljenje po poti



4D- oziroma 5D-krmiljenje po poti



Slika 21: Načini krmiljenja