

AT_8: PROGRAMIRANJE NUMA PRIMENOM PROGRAMSKOG APT-JEZIKA [1]

8. APT-sistem

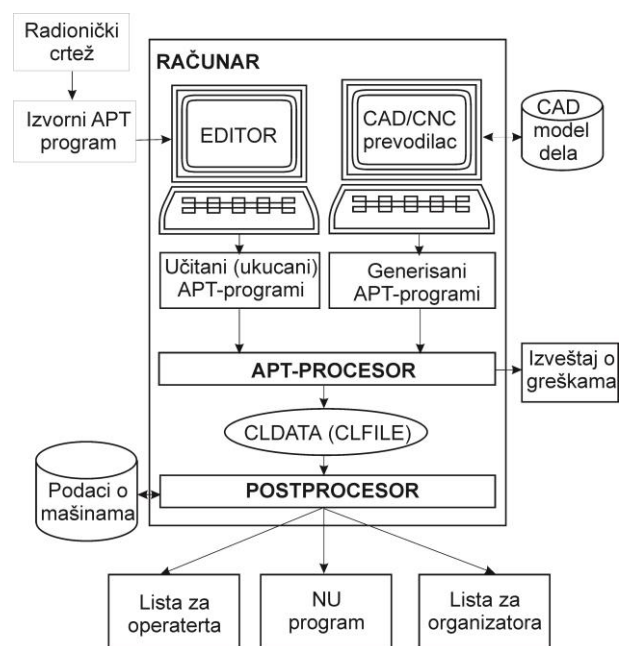
Kao što je ranije spomenuto u svetu je razvijen veliki broj programskih sistema za potrebe programiranja NUMA primenom kompjutera. Najrasprostranjeniji među razvijenim sistemima je APT-sistem (Automatically Programmed Tools). Prvi prototip APT sistema razvijen je 1956. godine za potrebe vojne industrije u laboratoriji MIT (Massachusetts Institute of Technology). Dalji nastavak razvoja ovog sistema bio je podržan od strane velikog broja preduzeća iz vazduhoplovne industrije AIA (Aerospace Industries Association) putem sponzorstva MIT-u. Ova podrška je rezultirala razvojem novih verzija APT sistema i to: APT II (1958. godine) i APT III (1961. godine). Dalje održavanje i razvoj APT sistema preseljeno je u laboratorije instituta IITRI (Illinois Institute of Technology Research Institute). Tako je već 1970. godine bila razvijena nova verzija APT IV a 1995. pojavila se verzija PERAPT (skraćena verzija APT-a) koja se instalira na PC kompjuterima. Programski APT jezik služi za definisanje naredbi za NU programski sistem u cilju dobijanja NU-programa potrebnog za izvođenje obradnih procesa na NU i KNU mašinama alatkama. Ovde ćemo dati neke karakteristike APT-a:

- Neophodne površine i tačke potrebne za opis dela definišu se u 3D prostoru.
- Površine i tačke se definišu u X-Y-Z koordinatnom sistemu izabranom od strane programera.
- Prilikom pisanja programa treba imati u vidu pretpostavku da sva kretanja izvodi alat, a da je položaj radnog predmeta fiksiran.
- Upravljanje putanjom alata vrši se pomoću para trodimenzionalnih površina, a moguća su i druga kretanja koja nisu upravljana površinama (kretanje tačka po tačka).
- Predstavljanje krivih putanja alata se vrši proračunom kratkih pravolinijskih putanja alata (linearna interpolacija).
- Proračunata putanja alata treba da bude unutar zadatih tolerancija upravljačkih površina.
- U opštem slučaju kod programiranja, tačke koje predstavljaju krajnje položaje alata definišu se X, Y, Z koordinatama.
- Dodatnim procesiranjem i postprocesiranjem koordinata tačaka koje predstavljaju krajnje položaje alata generiše se eksplicitno NU-kod u formatu koji razume upravljačka jedinica koja upravlja odgovarajućom mašinom alatkom.

Osnovni koncept obrade programa u APT-sistemu (slika 1), podrazumeva unošenje izvornog APT programa u memoriju računara pomoću razvijenih „editora” ili kreiranje APT programa pomoću CAD/CNC prevodioca koji omogućava preuzimanje geometrije 3D-modela dela (radni predmet) kreiranog od strane nekog CAD-sistema.

Nakon memorisanja izvornog APT-programa u memoriji računara vrši se njegova obrada kroz dve faze:

- Obrada u procesoru (gde se vrši provera sintakse izvornog programa, proračun putanje alata i generiše standardnu izlaznu datoteku CL nezavisno od mašine alatke na kojoj se vrši obrada). CL datoteka sadrži sve koordinate x,y,z i druge NU informacije potrebne za postprocesiranje u NU program.
- Obrada u postprocesoru (gde se vrši transformacija putanje alata i zapisivanje NU programa u formatu koji je razumljiv upravljačkoj jedinici kojom se vrši upravljanje mašinom alatkom na kojoj se predviđa obrada.)



Slika 1. Prikaz osnovne strukture APT-sistema

8.1. ELEMENTI APT-JEZIKA

Osnovni elementi APT-jezika pomoću kojih se definišu potrebne naredbe u APT-programu su:

- **Znaci** koji obuhvataju interpunkcijske znake (, .), algebarske operatore (/ * ** + - =), znak dolara (\$), dvostruki znak dolara (\$\$), levu zagradu (i desnu zagradu).
- **Cifre** koje odgovaraju arapskim brojevima (0123456789).
- **Slova** iz engleskom jeziku (ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ).
- **Reči** iz APT-rečnika (POINT,LINE,FEDRAT, PARTNO, FINI itd.) i reči koje se grade sa jednim do 6 slova ili brojeva stim što u reči mora biti prvo slovo.
- **Simboli** koji predstavljaju bilo koju kombinaciju slova i cifara koja ne prelazi 6 karaktera. Simbol ne može da bude reč iz APT-rečnika ili bilo koji znak koji ima neku funkciju u APT-u.
- **Oznake** naredbi imaju alfanumeričku strukturu od 1 do 6 karaktera i desnu zagradu.

Ovi elementi predstavljaju osnovnu strukturu APT-jezika i pomoću njih se definišu sve naredbe u APT-programu za obradu radnih predmeta. Prikaz strukture naredbi u APT jeziku kroz primere:

A1) C1=CIRCLE/CENTER,P4,LARGE,TANTO,C6 \$\$ Definicija poslednjeg krug

gde su:

- A1 – oznaka rečenice (labela rečenice) iza koje sledi mala zagrada;
- C10 – simbol kruga i P4 – simbol za tačku;
- CIRCLE – glavna reč iz APT rečnika za definiciju kruga;
- CENTER, TANTO i LARGE – pomoćne reči iz APT rečnika;
- = , /, \$\$ - znaci;
- Definicija poslednjeg kruga – komentar.

GOFWD/C1,TANTO,(LINE/P2,P6) \$\$ Naredba za nastavak kretanja po konturi

gde su:

- GOFWD – glagol iz APT rečnika za nastavak kretanja »idi napred«;
- C1 – simbol kruga, P2 i P6 – simboli za tačke;
- LINE – glavna reč iz APT rečnika za definiciju prave;
- TANTO – pomoćne reči iz APT rečnika;
- /, (), \$\$ - znaci;
- Naredba za nastavak kretanja po konturi – komentar.

8.2. VRSTE NAREDBI U APT-programima

U APT-programu pojavljuju se različite naredbe (pišu se u okviru 1-72 kolone prema pravilima APT-jezika kao što su:

- Naredbe za identifikaciju i završetak.
- Aritmetičke naredbe.
- Naredbe za definisanje koordinatnog sistema.
- Naredbe za implicitno definisanje Z-koordinate.
- Geometrijske naredbe.
- Naredbe za definisanje tolerancija.
- Naredbe za definisanje alata.
- Postprocesorske naredbe.
- Naredbe za definisanje kretanja. (Definišu kretanje alata u cilju formiranja konture na delu.) itd.

8.2.1. NAREDBE ZA IDENTIFIKACIJU I ZAVRŠETAK

Sledi tabelarni prikaz naredbi za identifikaciju i završetak programa u APT- u.

| | |
|---|--|
| Definicija | Format naredbe - primer |
| Naredba za definisanje početka programa (iza sledi naziv programa). | PARTNO naziv programa Primer: PARTNO AUDITORNA VEŽBA BR4 |
| Naredba za davanje komentar u programu (iza sledi komentar). | REMARK /komentar Primer: REMARK/ OPIS GEOMETRIJE |
| Naredba za definisanje postprocesora. | $\text{MACHIN/naziv, broj, } \left[\begin{array}{l} \text{CIRCUL} \\ \text{LINEAR} \\ \text{PARAB} \\ \text{LINCIR} \end{array} \right] \text{ ugaona_brzina}$ <p>Gde je: <i>naziv</i> – naziv postprocesora, <i>broj</i> – broj kopije <i>ugaona brzina</i> – ugaona brzina</p> <p>Primer: MACHIN/MILL1,1</p> |
| Naredba za definisanje završetka APT-programa. | FINI |

8.2.2. ARITMETIČKE NAREDBE

Aritmetičke naredbe omogućavaju izračunavanje skalarnih vrednosti, koje se primenjuje dalje u programu unutar geometrijskih ili nekih drugih naredbi. Naredba za izračunavanje se može definisati bilo kojom kombinacijom sledećih elemenata:

- **Skalara** koji predstavljaju jedno-dimenzionalne veličine i mogu operisati sami ili kao skup pri definisanju nekog aritmetičkog izraza.
- **Aritmetičkih operatora** koji obuhvataju: operator dodavanja, operator oduzimanja, operator deljenja, operator množenja i operator stepenovanja.
- **Aritmetičkih izraza** koji se dobijaju kombinacijom skalara, brojeva i aritmetičkih operatora.
- **Elementarnih funkcija** koje su indentične onim koje se koriste u *FORTRAN-jeziku*.

Sledi tabelarni prikaz primera aritmetičkih naredbi u APT programu.

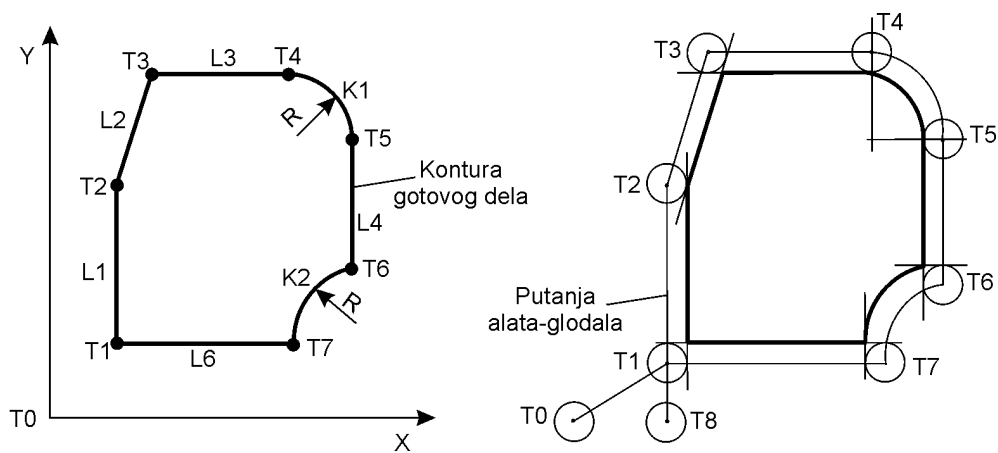
| Aritmetičke naredbe | Matematički zapisi izraza | Napomena |
|--|---|---|
| Z=3.*A+B/(4.*C) F=A*B+C/(D*A**2) FU=Z*F P=POINT/(A+2*B),Y | Z=3A+B/4C F=AB+C/DA ² FU=ZF X=A+2B;Y - Tačka sa kordinatama | Kombinovanjem simbola skalara, brojeva i operatora dobijaju se aritmetički izrazi |

8.2.3 DEFINISANJE KOORDINATNOG SISTEMA

Za geometrijsko definisanje međusobnog položaja alata i radnog predmeta u toku procesa obrade koriste se dva pravouglata koordinatna sistema i to:

- **Koordinatni sistem mašine alatke** u kome se preko nulte tačke definisane na radnom predmetu i nulte tačke definisane na mašini definiše položaj alata u procesu obrade.
- **Koordinatni sistem radnog predmeta** u kome se definiše geometrija radnog predmeta.

Definisanje koordinatnog sistema na radnom predmetu. Geometrija radnog predmeta se definiše u desnom Dekartovom pravouglom koordinatnom sistemu. Programer postavlja koordinatni sistem na radnom predmetu (slika 2) nezavisno od koordinatnog sistema mašine na kojoj se vrši obrada. Programer u cilju olakšanja programiranja može pored referentnog koordinatnog sistema (koga bira odmah na početku pisanja APT-programa) uvoditi i relativne koordinatne sisteme. Relativni koordinatni sistemi mogu da imaju različit položaj, orijentaciju i razmeru u odnosu na referentni koordinatni sistem radnog predmeta. Sve definicije date u relativnim koordinatnim sistemima se preračunavaju u referentni koordinatni sistem na delu.



Slika 2 . Prikaz koordinatnog sistema na radnom predmetu

Ukoliko se u programu koriste pored referentnog i relativni koordinatni sistemi, onda oni treba da budu definisani određenim APT-naredbama pre njihovog pozivanja u programu. U APT-jeziku koordinatni sistemi se definišu preko **matrica**, što ukazuje na to da oni mogu biti definisani na više različitih načina. Opšti format naredbe za definisanje matrice ima sledeći oblik:

Oznaka= MATRIX/Opšti podaci

gde je:

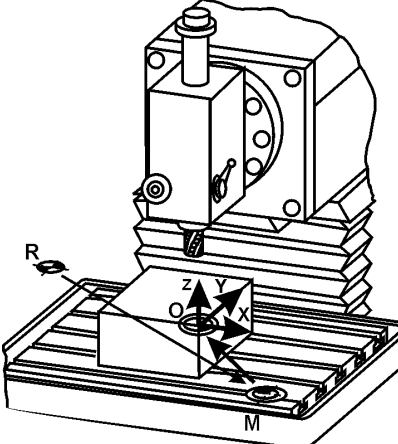
- *Oznaka* - simbolički ime za matricu (koordinatni sistem)
- *MATRIX*- je APT reč koja definiše četvorodimenzijalnu matricu
- *Opšti podaci* - obuhvataju pomoćne APT reči (značenje u APT-rečniku) i parametre tipa: koordinate, uglovi, izrazi itd.

Postoji više različitih načina definisanja matrice, a neke od njih su date na slici 3.

| | |
|--------------------------------------|---|
| <p>Translacija</p> | <p>Rotacija</p> |
| <p>Oznaka=MATRIX/TRANSL, x, y, z</p> | <p>Oznaka = MATRIX/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{XYROT} \\ \text{YZROT} \\ \text{ZXROT} \end{array} \right\}$, ugao</p> |
| <p>Skaliranje</p> | <p>Oznaka=MATRIX/SCALE, skalar</p> <p><u>Primer:</u> M1=MATRIX/SCALE,0.5</p> |

Slika 3. Osnovni vidovi transformacije koordinatnih sistema

Definisanje odnosa između koordinatn. sistema mašine alatke i radnog predmeta

| | | |
|---|--|--|
| <p>Definisanje odnosa između koordinatnih sistema izabrane mašine alatke (nulta tačka mašine) i koordinatnog sistema izabranog na radnom predmetu (nulta tačka na radnom predmetu) potrebno radi definisanja međusobnog položaja alata i radnog predmeta u procesu obrade.</p> <p>Odnos između koordinatnih sistema mašine i radnog predmeta prikazan je na slici 4.</p> <p>Postoje tri načina definisanja tog odnosa i to:</p> |  | <p>R=Referentna tačka Predstavlja konstrukcionu karakteristiku mašine i nema značaja za programiranje</p> <p>M=Nulta tačka mašine Predstavlja središte koordinatnog sistema mašine i aktivna je u trenutku njenog uključivanja</p> <p>O=Nulta tačka radnog predmeta Predstavlja središte koordinatnog sistema radnog predmeta i u odnosu na koju se definišu sve mere pri programiranju</p> |
|---|--|--|

Slika 4. Odnosa koordinatnih sistema mašine alatke i obratka

- **Prvi način** se odnosi na direktno unošenje u upravljačku jedinicu koordinata koje definišu položaj koordinatnog sistema na radnom predmetu (kada je on postavljen u poziciju za obradu na mašini) u odnosu na koordinatni sistem mašine.
- **Drugi način** se odnosi na definisanje u APT programu položaja koordinatnog sistema mašine u odnosu na koordinatni sistem radnog predmeta naredbom

ORIGIN/x,y,z

gde je: *ORIGIN* reč iz APT-rečnika koja definiše položaj nulte tačke mašine preko koordinata *x*, *y*, *z* navedenih iza kose crte u odnosu na koordinatni sistem radnog predmeta.

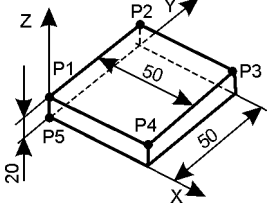
- **Treći način** se odnosi na definisanje u APT programu položaja koordinatnog sistema radnog predmeta u odnosu na koordinatni sistem mašine naredbom

TRANS/x,y,z

gde je: *TRANS* reč iz APT rečnika koja definiše položaj nulte tačke radnog predmeta preko koordinata *x*, *y*, *z* navedenih iza kose crte u odnosu na koordinatni sistem mašine.

8.2.4. IMPLICITNA DEFINICIJA Z-KOORDINATE

ZSURF/... naredba se primenjuje za definisanje z-koordinate u definicijama tačke koje slede, a nemaju eksplicitno zadatu z-koordinatu. *U nastavku se daje prikaz naredbe sa primerom primene.*

| Definicija | Format naredbe – primer | |
|--|---|--|
| <p>Naredba za implicitno definisanje z-koordinate pomoću ravni koja je paralelna <i>xy</i>-ravni</p> | <p>ZSURF/z</p>  | <p>Napomena: z-je vrednost koordinate z</p> <p><u>Primer:</u></p> <p>... ZSURF/20 P1=POINT/0,0 \$\$ Z=20 P2=POINT/0,50 \$\$ Z=20 P3=POINT/50,50 \$\$ Z=20 P4=POINT/50,0 \$\$ Z=20 P5=POINT/0,0,0 \$\$ Z=0 ...</p> |

ZSURF/... naredba je modalna i njeno dejstvo važi do zamene sa novom *ZSURF/...* naredbom. U slučaju da u programu nije data *ZSURF/...* naredba APT procesor uzima kao važeću naredbu *ZSURF/0*.

Implicitno definisanje z-koordinate ima poseban značaj kod programiranja kretanja alata tačka po tačka gde z-koordinata obično zadržava konstantnu vrednost.

8.2.5. DEFINISANJE GEOMETRIJE

Za upravljanje kretanjem alata u prostoru od strane upravljačke jedinice pri obradi radnog predmeta, potrebno je u APT-programu prvo definisati seriju geometrijskih elemenata. APT jezik omogućava definisanje određenog broja osnovnih geometrijskih elemenata (neki od njih su dati u nastavku) navedenih paralelno sa glavnim APT rečima za njihovo definisanje). S tim što svaki tip geometrijskog elementa može biti definisan na više različitih načina. Definisanje geometrijskih elemenata vrši se naredbama propisanim u APT-jeziku.

| Red. broj | Naziv geometrijskog elementa | APT-reči |
|-----------|------------------------------|----------|
| 1 | Tačka | POINT |
| 2 | Prava (u x-y ravni) | LINE |
| 3 | Krug (u x-y ravni) | CIRCLE |
| 4 | Ravan | PLANE |
| 5 | Vektor | VECTOR |
| 5 | Sup tačaka | PATERN |
| ... | ... | |

Opšti format naredbi za definisanje geometrijskih elemenata je:

Oznaka=Tip geometrijskog elementa/Opšti podaci

gde je:

Oznaka - predstavlja simbol (simboličko ime) geometrijskog elementa koji se definiše, bira se od strane programera i u daljem izvođenju programa se poziva umesto APT naredbe.

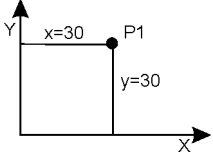
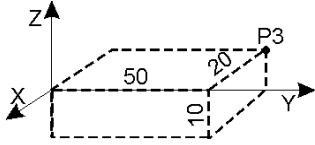
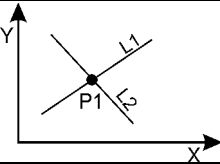
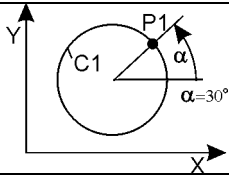
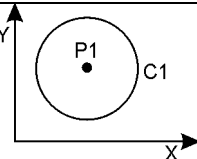
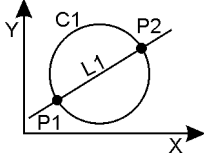
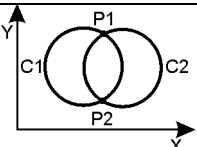
Tip geometrijskog elementa - je APT reč kojom se definiše tip geometrijskog elementa. Raspoložive reči su date u tablici 6. sa naznakom koji geometrijski element opisuju. Pisanje, pomenutih reči ne mora da odgovara rečima u engleskom jeziku, što zahteva striktno pridržavanje APT-rečnika.

Važno je imati na umu da su geometrijski elementi tipa *CIRCLE* i *LINE* samo specijalni slučaj *CYLINDER* i *PLANE*. Krug, *CIRCLE*, je cilindar koji je normalan na ravan xy koordinatnog sistema radnog predmeta. Slično *LINE* je ravan normalna na xy ravan.

Opšti podaci - definišu dati tip geometrijskog elementa, i obično se uzimaju sa crteža radnog predmeta. Zbog toga u rečniku ima više načina definisanja istog tipa površine. U opštim podacima se nekad pojavljuju pomoćne APT reči (poznate kao modifikatori) da omoguće precizno definisanje.

Definisanje tačke

Tačka predstavlja jedinstvenu poziciju u prostoru. U slučaju da z-koordinata nije eksplicitno zadata ili nije zadata prethodno definisanom ZSURF/... naredbom njoj se dodeljuje vrednost nula. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje tačke u APT- u.

| Definicija | Format naredbe - primer |
|---|--|
| Naredba za definisanje tačke koordinatama u pravouglom koordinatnom sistemu | $\text{Oznaka} = \text{POINT} / \begin{cases} x, y \\ x, y, z \end{cases}$ |
| | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Primer1: P1=POINT/30,30 \$\$ ili P1=POINT/(210/7),(6*5)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Primer2: P3=POINT/-20,50,0</p> </div> </div> |
| Naredba za definisanje tačke kao presek dve prave | <p>Oznaka=POINT/INTOF, prava1, prava2</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Primer:</p> <p>P1=POINT/INTOF,L1,L2</p> </div> </div> |
| Naredba za definisanje tačke na krugu pod uglom α [°] u odnosu na pozitivni smer X-ose | <p>Oznaka=POINT/ krug, ATANGL, ugao</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Primer:</p> <p>P1=POINT/C1,ATANGL,30</p> </div> </div> |
| Naredba za definisanje tačke kao centr poznatog kruga | <p>Oznaka=POINT/CENTER, krug</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Primer:</p> <p>P1=POINT/CENTER,C1</p> </div> </div> |
| Naredba za definisanje tačke dobijene u preseku poznate prave i kruga | <p>Oznaka = POINT / $\begin{cases} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{cases}$,INTOF, prava, krug</p> |
| | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Primer:</p> <p>P1=POINT/YSMALL,INTOF,L1,C1 P2=POINT/XLARGE,INTOF,L1,C1</p> </div> </div> |
| Naredba za definisanje tačke dobijene u preseku dva poznata kruga | <p>Oznaka = POINT / $\begin{cases} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{cases}$,INTOF, krug1, krug2</p> |
| | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Primer:</p> <p>P1=POINT/YLARGE,INTOF,C1,C2 P2=POINT/YSMALL,INTOF,C1,C2</p> </div> </div> |

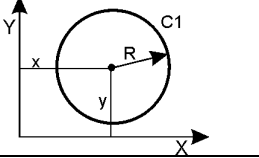
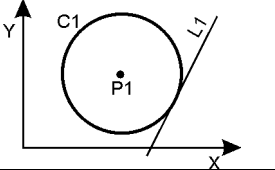
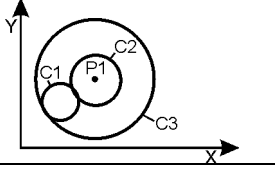
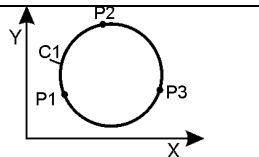
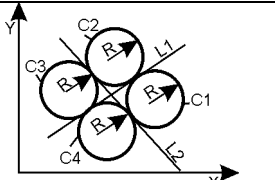
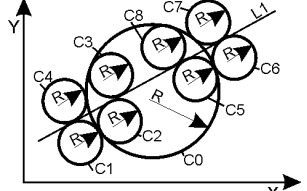
Definisanje prave

Prava je određena sa dve tačke koje se ne poklapaju. Prava se u APT-u poistovećuje sa ravni koja sadrži datu pravu i upravna je na xy-ravan. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje prave.

| Definicija | Format naredbe - primer |
|--|--|
| Naredba za definisanje prave pomoću koordinata dve tačke u ravni ili prostoru ili preko oznaka ranije definisanih tačaka | <p>Oznaka = LINE/ $\left\{ \begin{array}{l} x1, y1, x2, y2 \\ x1, y1, z1, x2, y2, z2 \\ \text{tačka1, tačka2} \end{array} \right\}$</p> <p>Primer: $x1=10, y1=10$ $x2=30, y2=25$ $L2=LINE/10,10,30,25$ $L2=LINE/P1,P2$</p> |
| Naredba za definisanje prave koja prolazi kroz tačku i tangenta je na poznat krug. | <p>Oznaka = LINE/tačka, $\left\{ \begin{array}{l} \text{LEFT} \\ \text{RIGHT} \end{array} \right\}$ TANTO, krug</p> <p>Primer: $L1=LINE/P1,LEFT,TANTO,C1$ $L2=LINE/P1,RIGHT,TANTO,C1$</p> <p>Izbor RIGHT ili LEFT se vrši posmatranjem iz tačke prema krugu</p> |
| Naredba za definisanje prave tangente na dva poznata kruga | <p>Oznaka = LINE/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{LEFT} \\ \text{RIGHT} \end{array} \right\}$, TANTO, krug1, $\left\{ \begin{array}{l} \text{LEFT} \\ \text{RIGHT} \end{array} \right\}$, TANTO, krug2</p> <p>Primer: $L2=LINE/RIGHT,TANTO,C1,RIGHT,TANTO,C2$ $L4=LINE/RIGHT,TANTO,C1,LEFT,TANTO,C2$</p> <p>Izbor RIGHT ili LEFT se vrši posmatranjem iz centra prvog (krug1) prema drugom krugu (krug2)</p> |
| Naredba za definisanje prave koja prolazi kroz poznatu tačku i upravna je na poznatu pravu | <p>Oznaka=LINE/tačka, PERPTO, prava</p> <p>Primer: $L2=LINE/P1,PERPTO,L1$</p> |
| Naredba za definisanje prave koja prolazi kroz poznatu tačku i paralelna je sa poznatom pravom | <p>Oznaka=LINE/tačka, PARLEL, prava</p> <p>Primer: $L2=LINE/P1,PARLEL,L1$</p> |
| Naredba za definisanje prave paralelne poznatoj pravoj na poznatom rastojanju | <p>Oznaka = LINE/PARLE L, prava, $\left\{ \begin{array}{l} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{array} \right\}$, rastojanje</p> <p>Primer: $L2=LINE/PARLEL,L1,YSMALL,10$</p> |

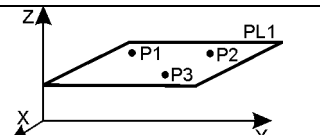
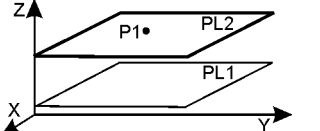
Definisanje kruga

Krug je geometrijsko mesto tačaka koje se nalaze na jednakom rastojanju od neke fiksne tačke (centar kruga) i u APT-u se poistovećuje sa kružnim cilindrom upravnim na xy-ravan. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje kruga u APT- u.

| Definicija | Format naredbe - primer | |
|---|---|---|
| Naredba za definisanje kruga pomoću koordinata centra i poluprečnika | Oznaka = CIRCLE/ $\left\{ \begin{array}{l} x, y \\ x, y, z \end{array} \right\}, \text{radius}$ | |
| |  | Primer: \$\$ za x=35; y=25, R=30 C1=CIRCLE/15,10,30 |
| Naredba za definisanje kruga pomoću centra kruga (tačka) i tangentnom pravom | Oznaka=CIRCLE/CENTER, tačka, TANTO, prava | |
| |  | Primer: C1=CIRCLE/CENTER,P1,TANTO,L1 |
| Naredba za definisanje kruga pomoću centra kruga (tačka) i poznatog tangentnog kruga | Oznaka = CIRCLE/CENTER, tačka, $\left\{ \begin{array}{l} \text{LARGE} \\ \text{SMALL} \end{array} \right\}, \text{TANTO, krug}$ | |
| |  | Primer: C2=CIRCLE/CENTER,P1,SMALL,TANTO,C1 C3=CIRCLE/CENTER,P1,LARGE,TANTO,C1 |
| Naredba za definisanje kruga pomoću tri poznate tačke na krugu | Oznaka=CIRCLE/tačka1, tačka2, tačka3 | |
| |  | Primer: C1=CIRCLE/P1,P2,P3 |
| Naredba za definisanje kruga pomoću dve poznate tangentne prave i poluprečnika | Oznaka = CIRCLE/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{array} \right\}, \text{prava1, } \left\{ \begin{array}{l} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{array} \right\}, \text{prava2, \$} RADIUS, radius $ | |
| |  | Primer: \$\$ za R=10 C1=CIRCLE/YLARGE,L2,YSMALL,L1,RADIUS,10 C3=CIRCLE/XSMALL,L2,YLARGE,L1,RADIUS,10 |
| Naredba za definisanje kruga pomoću poznate tangentne prave, tangentnog kruga i poluprečnika. Modifikatori IN i OUT pokazuju da li je krug koji se definiše unutar ili van datog kruga. | Oznaka = CIRCLE/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{array} \right\}, \text{prava, } \left\{ \begin{array}{l} \text{XLARGE} \\ \text{XSMALL} \\ \text{YLARGE} \\ \text{YSMALL} \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{IN} \\ \text{OUT} \end{array} \right\}, \text{krug, \$} RADIUS, radius $ | |
| |  | Primer: \$\$ za R=6 C1=CIRCLE/YSMALL,L1,XSMALL,OUT,C0,ADIUS,6 C8=CIRCLE/YLARGE,L1,XLARGE,IN,C0,RADIUS,6 |

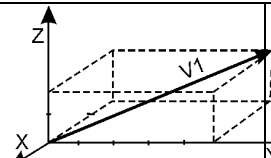
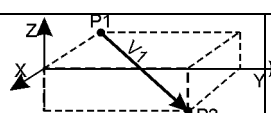
Definisanje ravni

Površina na kojoj se bilo koje dve tačke (ako se ne poklapaju) mogu spojiti pravom linijom koja u celini pripada toj površini naziva se ravan. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje ravni.

| Definicija | Format naredbe - primer |
|--|--|
| Naredba za definisanje ravni pomoću tri nekolinearne tačke. | <p>Oznaka=PLANE/tačka1, tačka2, tačka3</p>  <p>Primer: PL1=PLANE/P1,P2,P3</p> |
| Naredba za definisanje ravni kroz tačku paralelno poznatoj ravni | <p>Oznaka=PLANE/tačka, PARLEL, ravan</p>  <p>Primer: PL2=PLANE/P1,PARLEL,PL1</p> |

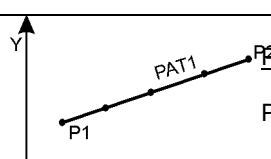
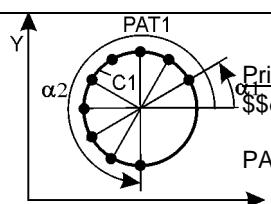
Definisanje vektora

Vektor je definisan pravcem, smerom i intenzitetom. Svakom vektoru odgovara po jedna orijentisana duž. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje vektora u APT- u.

| Definicija | Format naredbe - primer |
|--|---|
| Naredba za definisanje vektora koji ima polaznu tačku u koordinatnom početku a vrh zadat koordinatama | <p>Oznaka=VECTOR/x,y,z</p>  <p>Primer: V1=VECTOR/-15,50,20</p> |
| Naredba za definisanje vektora pomoću poznatih koordinata početne i krajnje tačke ili preko simbola tih tačaka | <p>Oznaka = VECTOR/ { x1, y1, z2, x2, y2, z2 } tačka1, tačka2</p>  <p>Primer: V1=VECTOR/P1,P2</p> |

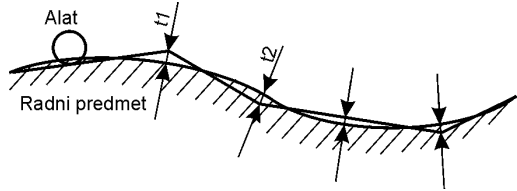
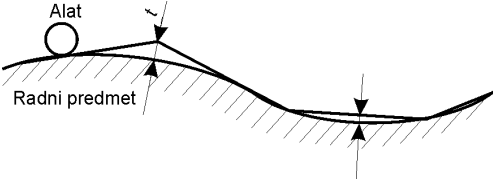
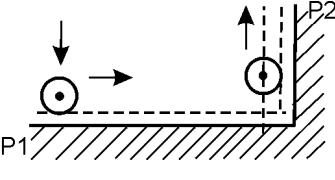
Definisanje skupa tačaka

Skup tačaka je sastavljen od jedne ili više tačaka (maksimalno 330) i omogućava da se grupa tačaka koje su raspoređene po izvesnim pravilima, definiše u jednoj naredbi, bez definisanja koordinata svake tačke posebno. Sledi tabelarni prikaz naredbi za definisanje skupa tačaka.

| Definicija | Format naredbe – primer |
|---|--|
| Naredba za definisanje skupa tačaka na pravoj sa jednakim rastojanjem tačaka preko početne i krajnje tačke kao i ukupnog broja tačaka u skupu | <p>Oznaka=PATTERN/LINEAR,tačka1,tačka2,broj_tačaka</p>  <p>Primer: PAT1=PATTERN/LINEAR,\$ P1,P2,5</p> |
| Naredba za definisanje skupa tačaka na međusobno jednakim rastojanjima na delu obima kruga | <p>Oznaka = PATTERN/ARC ,krug,ugao1, ugao2,\$ { CLW } ,ukupan_broj_tacaka</p>  <p>Primer: \$\$alpha1=30; alpha2=270; n=9 PAT=PATTERN/ARC,C1,30,270,CLW,9</p> |

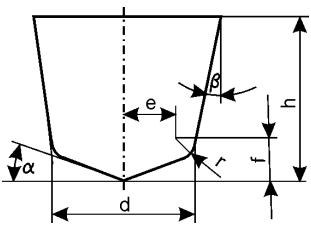
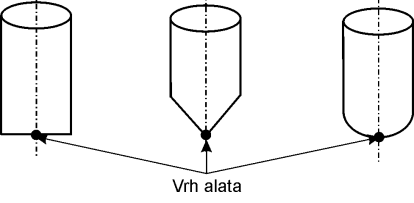
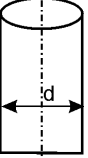
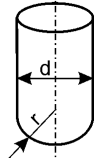
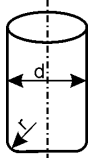
8.2.6. DEFINISANJE TOLERANCIJA

U APT-u površine se definišu matematički egzaktno. Međutim u obradnom procesu na NUMA se serijom pravolinijskih kretanja proizvode samo aproksimativne krive površine. Zbog toga je neophodno definisati oblast tolerancija u kojima alat treba da izvodi pravolinijska kretanja. Kako je u velikom broju slučajeva granična ravan u narednom kretanju vodeća površina, to je pomenuta greška vrlo često prisutna. Navedeni problem se može rešiti zadavanjem nove naredbe *TOLER/...* sa korektnim vrednostima tolerancija.

| | | |
|--|--|---|
| OUTTOL/t2 INTOL/t1 | Naredba za definisanje tolerancije preko gornjeg i donjeg odstupanja | |
|  | | |
| TOLER/t | Naredba za definisanje tolerancije preko tolerancijskog polja | <u>Primer:</u> ... TOLER/0.125,0.025,0.25 ... |
|  | |  |

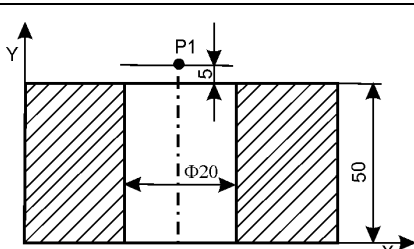
8.2.7. DEFINISANJE ALATA

U programu u kome se koriste naredbe za konturno kretanje alata ili naredba *POCKET/...* potrebno je pre njihove pojave definisati alat. U APT programu se definisanje alata vrši naredbom *CUTTER/...* ona pored glavne reči *CUTTER/...* može da ima još sedam podataka koji se navode iza kose crte. Pomoću ovih podataka se definiše hipotetička površina obrtanja u lokalnom koordinatnom sistemu čiji početak se postavlja u tačku koja predstavlja vrh alata. Ovaj hipotetički alat predstavljen matematički simulira fizički alat koji se koristi na NUMA. Ovako definisan alat daje dovoljno podataka za izračunavanje putanje alata.

| | | | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|--|--|
| CUTTER/d[,r[,e[,f[,α[,β[,h]]]]]]] | | | Naredba za definisanje reznog alata. | | |
|  | | U praksi nije uvek potrebno definisati svih sedam podataka predviđenih naredbom <i>CUTTER/...</i> (primeri takvih naredbi dati su u nastavku). | |  | |
| CUTTER/d | CUTTER/d,r | CUTTER/d,r | | | |
|  <p><u>Primer:</u> $r=0$ \$\$za d=10 ... CUTTER/10</p> |  <p><u>Primer:</u> $r=d/2$ \$\$za d=16 i r=8 ... CUTTER/16,8</p> |  <p><u>Primer:</u> $r < d/2$ \$\$za d=20 i r=5 ... CUTTER/20,5</p> | | | |
| Pozicioniranje alata definisano koordinatama x, y i z u naredbama za pozicioniranje odnosi se na poziciju vrha alata. | | | | | |

8.2.8. POSTPROCESORSKE NAREDBE

Postprocesorska obrada podataka je finalna priprema NU programa za mašinu. Podaci dobijeni na izlazu iz APT procesora su u obliku koordinata lokacija alata (Cutter Location). Kako se upravljačke jedinice međusobno razlikuju to znači da je potrebno postprocesirati rezultate dobijene iz APT procesora u format koji odgovara konkretnoj upravljačkoj jedinici. Postprocesorske naredbe sa primerima date su tablici.

| Format naredbie sa primerima primene. | | |
|--|---|---|
| RAPID | Naredba za definisanje brzog hoda | |
| COOLNT/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{ON} \\ \text{FLOOD} \\ \text{MIST} \\ \text{TAPKUL} \\ \text{OFF} \end{array} \right\}$ | Naredba za uključenje i isključenje sredstva za hlađenje ON – uključeno sredstvo za hlađenje; OFF – isključeno sredstvo za hlađenje FLOOD, MIST, TAPKUL – specifikacija određenih sredstava za hlađenje. | |
| FEDRAT/ $\left\{ \begin{array}{l} v_s \left[\begin{array}{l} \text{IPM} \\ \text{MMPM} \end{array} \right] \\ s, \left[\begin{array}{l} \text{IPR} \\ \text{MMPR} \end{array} \right] \end{array} \right\}$ | Naredba za definisanje brzine pomoćnog retanja ili koraka IPM -inča po minuti, MMPM -milimetara po minuti IPR -inča po obrtu i MMPR -milimetara po obrtu. Primer: FEDRAT/0.4,MMPR Primer: FEDRAT/400,MMPM ili FEDRAT/400 | |
| SPINDL/ $\left[\begin{array}{l} \text{RPM} \\ \text{SMM} \end{array} \right], \left\{ \begin{array}{l} n \left[\begin{array}{l} \text{CLW} \\ \text{CCLW} \end{array} \right] \\ \text{OFF} \end{array} \right\}$ | Naredba za uključivanje glavnog vretena i definisanje broja obrta Gde je: n -broj obrta, CLW -smer obrtanja u smeru skazaljke na satu, CCLW – smer obrtanja suprotan smeru skazaljke na satu, RPM -obrti po minuti, SMM -metara po minuti. Primer: SPINDL/900, CCLW | |
| Naredba za definisanje standardnih ciklusa za obradu otvora (postprocesorska naredba). | | |
| CYCLE/ $\left\{ \begin{array}{l} \text{BORE} \\ \text{DRILL} \\ \text{REAM} \\ \text{TAP} \end{array} \right\}, \text{dubina, } s, \left\{ \begin{array}{l} \text{IPR} \\ \text{IPM} \\ \text{MMPR} \\ \text{MMPM} \end{array} \right\}, r\text{-dist } [\text{LOCK}, t]$ | Gde je: dubina - dubina bušenja, s –korak, r-dist –rastojanje do referentne površine, t – vreme zadržavanja alata u mestu, BORE –proširivanje, DRILL –bušenje, REAM –razvrtanje, TAP –rezanje navoja, IPR -inči po obrtu, IPM -inči po minuti, MMPR -milimetri po obrtu i MMPM - milimetri po minuti. | |
|  | Primer 1 bez pozivanja standardnog ciklusa: ... CUTTER/20 SPINDL/1000 RAPID GOTO/P1 FEDRAT/0.6 GODLTA/-60 RAPID GODLTA/60 | Primer 2 pozivanje standardnog ciklusa bušenja : ... CUTTER/20 SPINDL/1000 CYCLE/DRILL,60,0.6,MMPR,5 GOTO/P1 CYCLE/OFF ... |
| END | Naredba za definisanje kraja logičkog dela programa | |
| STOP | Naredba za zaustavljanje mašine alatke | |

8.2.9. DEFINISANJE KRETANJA

U APT-geometrijskim naredbama svaki geometrijski element definisan je u matematičkom smislu (prava definisana u intervalu od minus beskonačno do plus beskonačno, a krug od nula do tristašezdeset stepeni) neophodno je pomoću naredbi za kretanje alata definisati samo one delove geometrije koji pripadaju radnom predmetu. Definisanje kretanja alata neophodnog za obradu radnog predmeta u APT-programima se realizuje pomoću grupe naredbi za:

- **pozicioniranje (FROM/..., GODLTA/... i GOTO/....) i**
- **kontinualno kretanje (GO/..., GO***/.... i TO***,GO***/....).**

8.2.9.1. Naredbe za pozicioniranje

Naredbe za pozicioniranje primenjuju se u APT-programima za definisanje putanje alata tačka po tačka i za promenu pozicije alata pri definisanju kontinualne putanje alata. U grupu naredbi za pozicioniranje (formati naredbi i primeri primene dati u tablici) ubrajaju se:

- FROM/...** - naredba za definisanje startne pozicije alata;
GODLTA/... - naredba za definisanje inkrementalnog kretanja; i
GOTO/... - naredba za definisanje kretanja u naznačenu tačku ili kretanje po tačkama iz ranije definisanog skupa tačaka.

Naredba za definisanje startne pozicije alata.

Uopšteno posmatrano to je pozicija u koju alat ide kada završi kretanje radi izmene i kontrole i po toj logici to je startna pozicija alata. Startna tačka predstavlja početnu poziciju alata kada startuje prvo kretanje za čije definisanje se koristi naredba FROM/... u formatu:

| | |
|--|--|
| FROM/ $\left. \begin{array}{l} x, y \\ x, y, z \\ \text{tačka1} \\ (\text{POINT}/x, y, z) \end{array} \right\} [, s]$ | Podacima u naredbe iza kose crte (/): <ul style="list-style-type: none">• x,y,z-koordinate tačke,• tačka1-simbol prethodno definisane tačke,• (POINT/x,y,z)-definicija tačke, a može biti i bilo koja druga def. tačke,• s-korak ili brzina pomoćnog kretanja koji se u programu zadaju najčešće preko naredbe FEDRAT/.... |
|--|--|

Kada nije zadata z-koordinata onda se z-koordinata uzima iz ZSURF/... naredbe. Korak s se najčešće zadaje pomoću naredbe FEDRAT/.... Ukoliko nije ni na jedan način ranije zadat korak onda se alat kreće po difoltu brzim hodom jer je tad aktivna naredba RAPID.

Prvo pojavljivanje naredbe FROM/... u APT-programu ne uključuje neko pomeranje alata, ali definiše gde se alat nalazi. U APT-programima za obradu dela predviđeno je samo jedno pojavljivanje naredbe FROM/... i ona predstavlja prvu naredbu za kretanje alata. Sve ostale FROM/... koje bi se pojavile kasnije bile bi u sukobu sa prvom i bile bi tretirane kao GOTO/... naredbe.

Naredba za definisanje pozicije inkrementalnim kretanjem.

Naredba GODLTA/... služi za pozicioniranje i primenjuje se za definisanje inkrementalnog kretanja tačke na vrhu alata iz trenutne pozicije u krajnju poziciju kao u slučaju obrade otvora i rupa bušenjem. GODLTA/... naredba se daje u formatu:

| | |
|---|---|
| GODLTA/ $\left. \begin{array}{l} dz \\ dx, dy \\ dx, dy, dz \\ \text{vektor} \end{array} \right\} [, s]$ | Podacima u naredbe iza kose crte (/): <ul style="list-style-type: none">• dx,dy,dz-inkrementi odnosno relativne koordinate tačke,• vektor-simbol prethodno definisanog vektora,• s-korak ili brzina pomoćnog kretanja koji se u programu zadaju najčešće preko naredbe FEDRAT/.... |
|---|---|

Rezultat ovih naredbi su kretanja: dx - u pravcu x-ose, dy – u pravcu y-ose i dz – u pravcu z-ose u odnosu na trenutnu poziciju. Ako je zadata samo jedna vrednost iza kose crte ona se odnosi na pomeranje duž z-ose. Korak s se najčešće zadaje pomoću naredbe FEDRAT/.... Ukoliko nije ni na jedan način ranije zadat korak onda se alat kreće po difoltu brzim hodom jer je tad aktivna naredba RAPID.

Naredba za definisanje kretanja u naznačenu tačku.

Naredba GOTO/... služi za definisanje kretanja tačke na vrhu alata iz trenutne pozicije u poziciju zadatu GOTO/... naredbom najkraćim putem. GOTO/... naredba definiše kretanje u apsolutnom koordinatnom sistemu i piše se u formatu:

| | |
|--|---|
| $\text{GOTO/} \left\{ \begin{array}{l} x, y \\ x, y, z \\ \text{tačkačk} \\ (\text{POINT}/x, y, z) \end{array} \right\} [, s]$ | Podacima u naredbe iza kose crte (/): <ul style="list-style-type: none"> • x,y,z-koordinate tačke, • tačka1-simbol prethodno definisane tačke, • (POINT/x,y,z)-definicija tačke, a može biti i bilo koja druga def. tačke, • s-korak ili brzina pomoćnog kretanja koji se u programu zadaju najčešće preko naredbe FEDRAT/... |
|--|---|

Kada nije zadata z-koordinata onda se z-kordinata uzima iz ZSURF/... naredbe. Korak s se najčešće zadaje pomoću naredbe FEDRAT/... Ukoliko nije ni na jedan način ranije zadat korak onda se alat kreće brzim hodom jer je tad aktivna naredba RAPID.

Kao što je spomenuto naredba GOTO/... primenjuje se za definiciju kretanja alata najkraćim putem iz trenutne prema željenoj tački. Te tačke mogu biti definisane pojedinačno pomoću naredbe POINT/... ili preko skupa tačaka naredbom PATTERN/... i piše se u formatu:

| | |
|---|--|
| $\text{GOTO/skup_tacaka} \left\{ \begin{array}{l} \text{INVERSE} \\ \text{RETAIN, } P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in} \\ \text{OMIT, } P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in} \\ \text{RETAIN, } P_{i1}, \text{THRU, } P_{i2} \\ \text{OMIT, } P_{i1}, \text{THRU, } P_{i2} \\ \text{AVOID, } dz, P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{in} \end{array} \right\}$ | Naredba GOTO/skup_tacaka koristi se za pozicioniranje alata samo ako se u tačkama skupa izvodi neki od standardnih ciklusa mašine (bušenje, prostrugivanje itd.). Definicija standardnih ciklusa mašine vrši se naredbom CYCLE/... (spada u grupu postprocesorskih naredbi), koja prethodi GOTO/... naredbi i biće realizovana u svim tačkama u kojima se alat pozicionira naredbom GOTO/... do pojave naredbe CYCLE/OFF kojom se isključuje ciklus. |
|---|--|

Programer može da menja redosled tačaka u prethodno definisanim skupovima tačaka dodavanjem, u naredbu GOTO/skup_tacaka, pomoćnih reči iz APT-rečnika kao što su:

- INVERSE je APT-reč koja se zadaje u naredbi GOTO/ ... iza kose crte i definiše obrnut redosled tačaka pri kretanju u odnosu na redosled tačaka u prethodno definisanom skupu naredbom PATTERN/...
- AVOID je APT-reč koja se koristi za definisanje odmicanja alata duž ose z za vrednost dz (prva vrednost iza AVOID. Odmicanje se izvodi posle svake tačke navedene iza vrednosti dz. Tačke su zadate rednim brojevima iz zadatog skupa tačaka.
- RETAIN je APT-reč koja se primenjuje u GOTO/... naredbi za definisanje samo onih tačka iz zadatog skupa u kojima se vrši pozicioniranje alata).
- OMIT je APT-reč koja se primenjuje u GOTO/... naredbi za definisanje samo onih tačka iz zadatog skupa u kojima se ne vrši pozicioniranje alata.
 - THRU je APT-reč koja se primenjuje u GOTO/... naredbi za definisanje dijapazona tačaka iz navedenog skupa tačaka (navodi se prva i poslednja tačka iz dijapazona). THRU se primenjuje samo u slučaju potrebe navođenja većeg broja tačaka primenom RETAIN ili OMIT.

Primeri primene naredbi za pozicioniranje pri definisanju kretanja iz tačke u tačku.

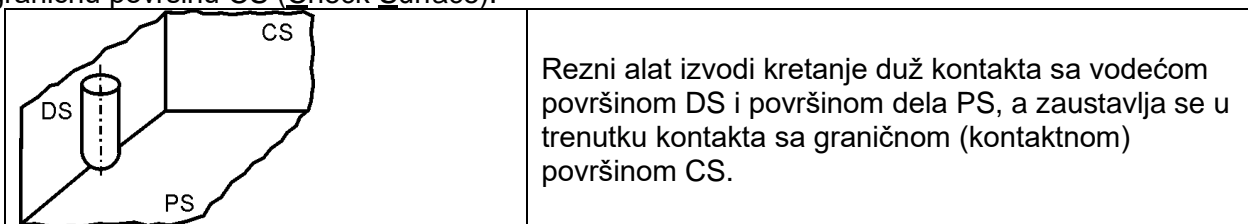
| | | |
|--|--|--|
| <p><u>Primer:</u></p> <pre> FROM/SP GOTO/P1 GODLTA/30,40,0 GODLTA/-15 GODLTA/15 GOTO/SP ... </pre> | | <p><u>Primer pzicioniranja po skupu tačaka:</u></p> <pre> ... PAT1=PATTERN/P1,P8,8 CYCLE/... GOTO/PAT1,INVERS CYCLE/OFF ... </pre> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>PAT1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>MODIFIKOVAN SKUP</p> </div> </div> |
|--|--|--|

8.2.9.2. Naredbe za definisanje kontinualnog kretanja

Naredbe za kontinualno kretanje se primenjuju za definisanje putanje alata pri obradi konture radnog predmeta. U ovu grupu naredbi spadaju:

- GO/...** - naredba za definisanje početnog kretanja.
- GO***/...** - naredba za definisanje nastavka kretanja.
- TO***,GO***/...** - naredba za definisanje nastavka kretanja proširena pomoćnim rečima za definisanje odnosa alata prema vodećoj površini.

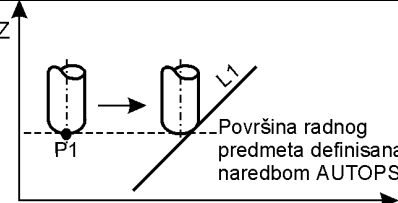
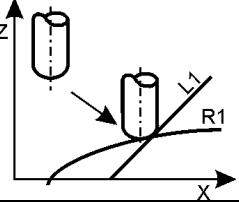
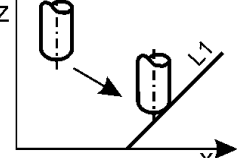
Za pozicioniranje i kretanje alata u prostoru u opštem slučaju potrebno je definisati tri površine za upravljanje (slika 5) i to: vodeću površinu DS (Drive Surface), površinu dela PS (Part Surface) i graničnu površinu CS (Check Surface).



Slika 5. Prikaz površina za upravljanje kretanjem alata

Vodeća površina-DS je površina sa kojom je alat stalno u kontaktu unutar zadate tolerancije za vreme izvođenja određenog zahvata mašinske obrade. Ova površina se navodi u naredbama za kretanje alata, preko simbola dodeljenih površinama u naredbama kojima je prethodno definisana geometrija dela, ili se pak vodeća površina može da bude definisana u naredbi za kretanje preko neke od naredbi za definisanje površine koja se navodi u zagradi.

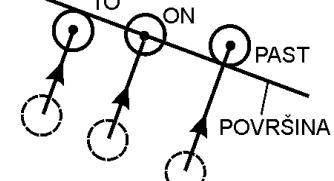
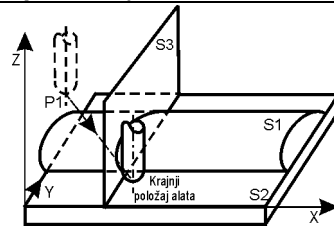
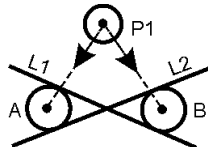
Površina dela-PS je druga površina sa kojom je alat takođe stalno u kontaktu unutar zadate tolerancije za vreme izvođenja određenog zahvata mašinske obrade. U praksi se uobičajeno kaže da je to površina kojom se definiše dubina rezanja. Površina dela definisana u naredbi **GO/...** ostaje aktuelna sve dok ne bude zamenjena na jedan od sledećih načina:

| | |
|--|---|
| <p>1. Navođenjem nove površine dela u narednoj GO/... naredbi.</p> | |
| <p>2. Definisanjem nove površine dela (PS) naredbom: AUTOPS</p> <p>Definiše ravan paralelna xy-ravni na rastojanju koje odgovara z-koordinati trenutne pozicije vrha alata.</p> | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><u>Primer:</u></p> <p>... FROM/P1 AUTOPS GO/TO,L1 ...</p> </div> </div> |
| <p>3. Definisanjem nove površine dela (PS) naredbom: PSIS/površ</p> | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><u>Primer:</u></p> <p>... PSIS/L1 GO/TO,R1 ...</p> </div> </div> |
| <p>4. Ignorisanje postojeće površine dela naredbom: NOPS</p> | <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><u>Primer:</u></p> <p>... NOPS GO/TO,L1 ...</p> </div> </div> |

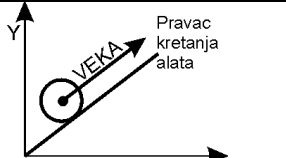
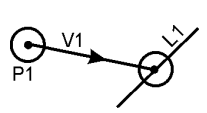
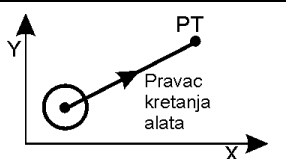
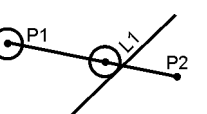
Granična površina-CS služi programeru da tačno definiše položaj alata u odnosu na vodeću površinu i površinu radnog predmeta. Alat u toku kretanja zadržava definisan odnos sa površinom dela (PS) i vodećom površinom (DS) sve dok ne dotakne zadatu graničnu površinu (CS). Ova površina se navodi u naredbama za početno kontinualno kretanje alata i u naredbama za nastavak kretanje alata, preko simbola dodeljenih površinama u naredbama kojima je prethodno definisana geometrije dela, ili se pak granična površina definiše u naredbi za kretanje preko neke od naredbi za definisanje površine koja se tad navodi u zagradi.

Naredba za definisanje početnog kontinualnog kretanja

Ako želimo da uputimo alat u neki poseban položaj u odnosu na prvi par površina tad koristimo naredbu **GO/...** koja ima opšti format u obliku:

| | |
|---|---|
| $GO/ \left[\begin{matrix} TO \\ ON \\ PAST \end{matrix} \right] , \text{površ1} \left[\begin{matrix} TO \\ ON \\ PAST \end{matrix} \right] , \text{površ2} \left[\begin{matrix} TO \\ ON \\ PAST \end{matrix} \right] , \text{površ3}$ | Naredba za definiciju početnog kretanje alata prema tri površine na konturi. |
| Podacima u formatu naredbe iza kose crte (/): 1. Pomoćne reči (modifikatori) koje u naredbama za kontinualno kretanje definišu položaj alata prema površinama: | |
| <ul style="list-style-type: none"> TO - alat je periferijom u kontaktu sa prednje strane površine. ON - alat je sa osom na površini. PAST-alat je periferijom u kontaktu sa zadnje strane površine. |  |
| 2. Oznake: površ1- DS (vodeća površina), površ2- PS (površina dela) i površ3- CS (granična površina) | |
| Primer primene naredbe GO/... navođenjem tri površine iza kose crte. |  <p><u>Primer</u> ... FROM/P1 GO/TO,S1,TO,S2,PAST,S3 ...</p> |
| Primeri GO/... naredbi sa zadavanjem dve površine iza kose crte. | <p><u>Primer za A:</u> ... FROM/P1 GO/TO,L2,PAST,L1 ...</p>  <p><u>Primer za B:</u> ... FROM/P1 GO/TO,L1,PAST,L2 ...</p> |

Primenom **GO/...** naredbi kretanje se odvija najkraćim putem do navedenih površina. U nekim slučajevima **GO/...** naredba može proizvesti alternativne prilaze navedenim površinama kod podjednake udaljenosti polazne tačke iz koje počinje kretanje do naznačenih površina. U ovakvim slučajevima, kad su ista rastojanja, APT procesor ne može da proceni kojim pravcem treba obaviti kretanja prema tim površinama i tad je neophodno izvršiti preciziranje pravca kretanja da bi ono bilo jednoznačno. Ovaj problem može biti rešen na dva načina i to promenom početne pozicije ili korišćenjem jedne od sledećih naredbi: **INDIRV/...** (definiše kretanje u pravcu vektora) ili **INDIRP/...** (definiše kretanje u pravcu tačke). Naredbe **INDIRV/...** i **INDIRP/...** se pišu ispred naredbe **GO/...** *Formati* naredbi **INDIRV/...** i **INDIRP/...** imaju oblik kako je opisano u tabeli.

| | | | |
|---|---|--|--|
| Naredba za definisanje pravca kretanja alata prema datoj površini u pravcu zadatog vektora. | $INDIRV/ \left\{ \begin{matrix} x, y \\ x, y, z \\ \text{vektor} \end{matrix} \right\}$ | Gde je: <ul style="list-style-type: none"> x, y, z - predstavljaju komponente vektora, <i>vector</i> - predstavlja oznaku prethodno definisanog vektor. | |
|  | <u>Primer1:</u> ... INDIRV/VEKA ... |  | <u>Primer2:</u> ... GOTO/P1 INDIRV/V1 GO/ON,L1 ... |
| Naredba za definisanje pravca kretanja prema zadatoj tački. | $INDIRP/ \left\{ \begin{matrix} x, y \\ x, y, z \\ \text{tačka} \end{matrix} \right\}$ | Gde je: <ul style="list-style-type: none"> x, y, z - predstavljaju koordinate tačke, <i>tačka</i> - oznaka prethodno definisane tačke. | |
|  | <u>Primer1:</u> ... INDIRP/PT ... |  | <u>Primer2:</u> ... GOTO/P1 INDIRP/P2 GO/TO,L1 ... |

Definisanje nastavka kontinualnog kretanja

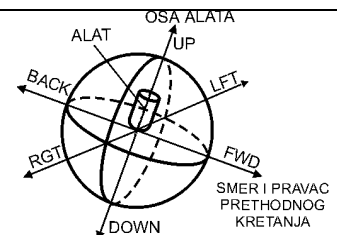
Naredbom početnog kontinualnog kretanja uspostavlja se kontakt alata sa konturom radnog predmeta, a iza toga sledi definisanje naredbe za nastavak kontinualnog kretanja. APT glagoli koji se koriste u naredbama za nastavak kretanja su: *GOLFT*, *GOFWD*, *GOUP*, *GORG*, *GOBACK* i *GODOWN* služe za definisanje smeru nastavka kontinualnog kretanja alata duž vodeće i granične površine u odnosu na prethodnu putanju. Svaki od pomenutih smerova ima širok opseg zahvatanja gotovo celu hemisferu. Format ovih naredbi ima oblik:

| | | |
|---|--|---|
| $\left. \begin{array}{l} \text{GOLFT} \\ \text{GORG} \\ \text{GOUP} \\ \text{GODOWN} \\ \text{GOFWD} \\ \text{GOBACK} \end{array} \right\} / \text{ vod - površ}$ | $\left. \begin{array}{l} \text{TO} \\ \text{ON} \\ \text{PAST} \\ \text{TANTO} \\ \text{DSTAN} \\ \text{PSTAN} \end{array} \right\} [n, \text{INTOF},] \text{ kontr - površ}$ | Naredba za definiciju nastavka kontinualnog kretanje alata. |
|---|--|---|

Napomene o podacima u naredbi iza kose crte (/):

1. Glagoli koji u naredbama za nastavak kontinualnog kretanja definišu pravac kretanja alata duž vodeće površine su:

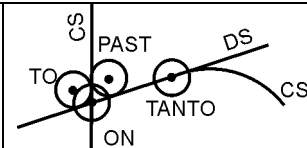
- **GOLFT**-idi levo
- **GORG**-idi desno
- **GOFWD**-idi napred
- **GOBACK**-idi nazad
- **GOUP**-idi gore
- **GODOWN**-idi dole



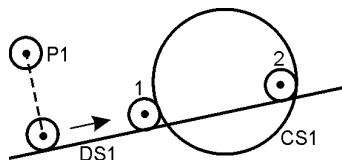
2. Oznake **vod-površ** i **kontr-površ** definišu se sledeće površine: **vod-površ- DS** (vodeća površina) i **kontr-površ- CS (granična površina)**

3. Pomoćne reči (modifikatori) koje u naredbama za nastavak kontinualnog kretanja definišu položaj alata prema graničnoj površini:

- *TO*, *ON* i *PAST* - imaju isto značenje kao i u naredbi *GO/...*
- *TANTO*-alat tangentan na graničnu površinu



4. Skalar **n** (ceo broj) i pomoćna reč (modifikator) **INTOF** definišu koliko puta alat preseca graničnu površinu (kontr-površ) u naredbi za nastavak kontinualnog kretanja.



Primer:
 ...
 FROM/P1
 GO/TO,DS1
 GOLFT/TO,1,INTOF,CS1
 ...

Kao što je već ranije spomenuto druga površina zadata u naredbi *GO/...* ostaje aktuelna i za kontrolu kretanja alata u naredbama za nastavak kontinualnog kretanja. Međutim, ima slučajeva kada je neophodno površinu radnog predmeta definisanu u naredbi početnog kretanja zameniti novom površinom. U nastavku su dati primeri.

| | | |
|---|--|--|
| <p><u>Primer 1:</u> ... FROM/P1 GO/TO,S1 GOLFT/S1,TO,PL1 ...</p> | | <p><u>Primer 2:</u> ... FROM/P1 GO/TO,S1 GORG/S1,TO, PL2 ...</p> |
| <p><u>Primer 1:</u> ... FROM/P1 GO/ON,PL1 GORG/PL1,TANTO,S1 GOFWD/S1,ON,PL2 ...</p> | | <p><u>Primer 2:</u> ... FROM/P1 GO/ON,PL1 GORG/PL1,TANTO,S1 GOBACK/S1,TO,PL3 ...</p> |

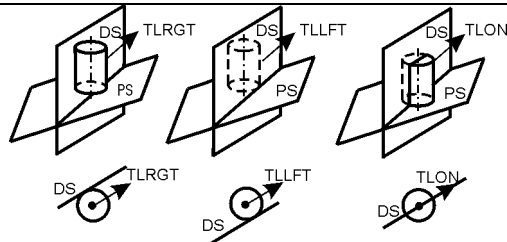
Naredbe konturnog kretanja sa rečima za eksplicitno definisanje pozicije alata prema površinama za upravljanje

Da bi nov programer mogao što lakše da definiše naredbe za nastavak kontinualnog kretanja alata pri obradi radnog predmeta, neophodno je definisati dve grupe APT-reči kojima se definiše relativni položaj alata u odnosu na različite kontrolne površine. Primenom ovih reči u naredbama za nastavak kontinualnog kretanja, dobija se proširen oblik naredbi čiji opšti format ima oblik:

| | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|
| $\left\{ \begin{array}{l} \text{TLLFT} \\ \text{TLRGT} \\ \text{TLON} \end{array} \right\}$ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{TLOFPS} \\ \text{TLOFPS} \end{array} \right\}$ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{GOLFT} \\ \text{GORGT} \\ \text{GOUNP} \\ \text{GODOWN} \\ \text{GOFWD} \\ \text{GOBACK} \end{array} \right\}$ / vod - površ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{TO} \\ \text{ON} \\ \text{PAST} \\ \text{TANTO} \\ \text{DSTAN} \\ \text{PSTAN} \end{array} \right\}$ | $\left\{ n, \text{INTOF}, \right\}$ gran - površ | Naredba za definiciju nastavka kontinualnog kretanje alata sa rečima za eksplicitno definisanje odnosa alata prema kontrolnim površinama |
|---|--|--|---|--|--|

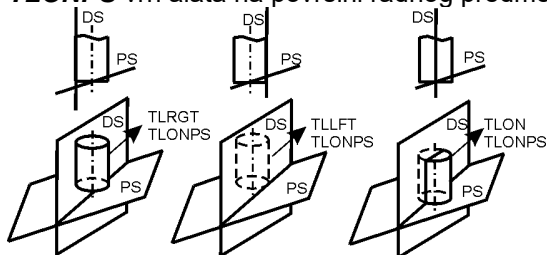
1. U APT-reči pomoću kojih se definiše odnos alata prema vodećoj površini, posmatrano iz pravca prethodnog kretanja ubrajaju se:

- **TLRGT**-alat desno od vodeće površine.
- **TLLFT**-alat levo od vodeće površine.
- **TLON**-vrh alata na vodećoj površini

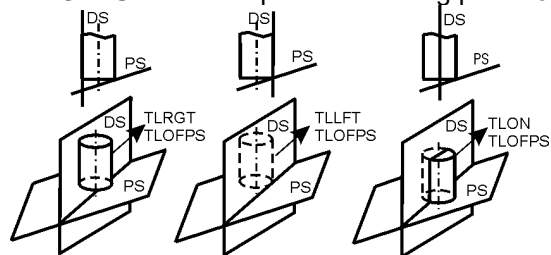


2. U grupu APT-reči pomoću kojih se definiše odnos alata prema površini radnog predmeta, posmatrano iz pravca prethodnog kretanja spadaju:

TLOFPS-vrh alata na površini radnog predmeta



TLOFPS-alat iznad površine radnog predmeta



8.2.10. DEFINISANJE PUTANJE ALATA

U APT-programu se svi geometrijski elementi definišu u matematičkom smislu (na primer prave u intervalu od $-\infty$ do $+\infty$, krug u intervalu od 0° do 360° itd. Izbor naredbi kojima se definiše kretanje alata i definisanje sekvence tih naredbi u APT-programu, praktično predstavlja definisanje putanje kojom se alat kreće za vreme obrade radnog predmeta na mašini.

Putanje alata mogu biti različitog oblika i dužina, a definišu se nakon definisanja geometrijskih elemenata na radnom predmetu.

U APT-jeziku, u zavisnosti od tipa naredbi koje se primenjuju za definisanje kretanja, nastaju tri tipa putanja alata i to:

- Kontinualna putanja alata (detalniji opis u tački 8.2.10.1),
- Putanja alata tačka po tačka (detalniji opis u tački 8.2.10.2),
- Kombinovana putanja alata kod obrade složenijih delova (Najveći broj programa sadrži naredbe za kontinualno kretanje alata i naredbe za kretanje tačka po tačka.) i
- Definisanje putanje alata pomoću pozivanja specijalnih rutina (APT rutina pomoću naredbe *POCKET/...*). Više informacija o primeni *POCKET/...* naredbe u literaturi [1].

8.2.10.1. Definisanje kontinualne putanje alata

Kretanje alata kontinualnom putanjom je složenije u odnosu na kretanje alata tačka po tačka, zbog toga što alat za vreme kretanja vrši rezanje materijala. Alat se u toku kretanja vodi pomoću odgovarajućih kontrolnih površina koje treba da budu prethodno definisane, za vreme definisanja geometrije dela. Primer sekvence naredbi u APT-programu, kojom se definiše kontinualna putanja, dat je u nastavku.

8.11. NAPREDNE FORME ZA PROGRAMIRANJE U APT-JEZIKU

Ovde se daje kratak prikaz naprednih formi programiranja u APT-jeziku bez ulaženja u detalje (detaljni opis dat u literaturi [1]) kao što su:

- Definisane programske cikluse i podprograme:
 - Programski ciklusi sadrže sekvencu naredbi ograničenu sa naredbama *LOOPST* - *LOOPND*.
 - Podprogrami (makroi) koji sadrže sekvencu naredbi ograničenu parom naredbi *MACRO-TERMAC* i u programu se pozivaju naredbom *CALL/...*
- Definisane transformacije:
 - transformacija geometrije iz lokalnog u referentni koordinatni sistem,
 - skaliranje koordinata definisanih u nekom koordinatnom sistemu,
 - kopiranje podataka segmenta definisane geometrije,
 - transformacija položaja ose alata kod višeosnih mašina alatki (4 i više osa) itd.
- Definisane ose alata u sekvencama kretanja pri obradi na višeosnim (4 ili 5) NUMA:
 - Definisane promene fiksne ose alata pomoću *GOTO/...* i *GODLTA/...* naredbi.
 - Definisane orijentacije ose alata pomoću naredbe *TLAXIS/....*

8.12. STRUKTURA APT-PROGRAMA

Programske naredbe moraju da budu napisane u logičkom redosledu. Nemoguće je npr. opisati kretanje alata, a da prethodno nisu definisani alat i geometrijski elementi koji formiraju konturu gotovog dela. APT-program ima sledeći logički redosled naredbi:

1. *PARTNO/* Naziv gotovog dela ili broj crteža.
2. *MACHIN/* Naziv postprocesora i broj verzije.
3. Naredbe za definisanje geometrijskih elemenata koji formiraju konturu gotovog dela.
4. Naredbe za definisanje tolerancija.
5. Naredbe za definisanje alata.
6. Naredbe za definisanje početnog položaja alata.
7. Naredbe za definisanje režima rezanja (n, vs ili s) i sredstva za hlađenje.
8. Naredbe za pozicioniranje alata prema radnom predmetu.
9. Naredbe za definisanje putanje alata.
10. Naredbe za zaustavljanje glavnog vretena i isključenje sredstva za hlađenje.
11. *FINI* Definiše kraj programa.

U APT jeziku postoje neka opšta pravila kojih se treba pridržavati:

- U programu APT-reči treba da budu zapisane velikim slovima.
- Između svake dve reči ili broja treba da stoji jedan od interpunkcijskih znakova: *,* ili *=* ili */*.
- Na kraju naredbe ne sme da stoji interpunkcijski znak.
- U naredbama interpunkcijski znak tačka se koristi samo kao decimalni tačka.
- Blanko znak može da bude ubačen ili izostavljen (nema razlike između toga da li je napisano *GO LFT* ili *GOLFT*). Izuzetak čine neke reči kao što je na primer *PARTNO*.
- Simbol (simboličko ime) ne može da bude reč iz APT-rečnika.
- Simboli mogu da budu neka kombinacija slova i brojeva, ne duža od šest karaktera s tim što prvi karakter mora biti slovo.
- Kroz program nije potrebno voditi računa o tome da li je blanko znak umetnut ili izostavljen unutar simboličkog imena (npr. *LIN2* može da bude napisano na početku programa, a *LIN 2* je isto ime u nekoj drugoj naredbi).
- Definisane geometrijskog elementa i dodeljivanje simbola treba da bude urađeno pre primene simbola kojim se on označava u naredbama za druge geometrijske elemente ili u naredbama za definisanje kinematike. Zbog toga se preporučuje da se pre naredbi za definisanje putanje alata definiše geometrija radnog predmeta.
- U naredbama za definisanje putanje alata vodi se računa o trenutnoj poziciji alata. To jest alat se kreće desno ili levo kao da programer stoji iza alata i usmerava ga duž željene putanje.
- Znak *\$* se koristi u slučaju kada jedna naredba ne može da bude zapisana u jednom redu pa je neophodno preneti je u naredni red ili redove.
- Znak *\$\$* se koristi u slučaju kada je potrebno dati komentar u programu. Posle znaka *\$\$* procesor ne tretira zapis kao naredbu.

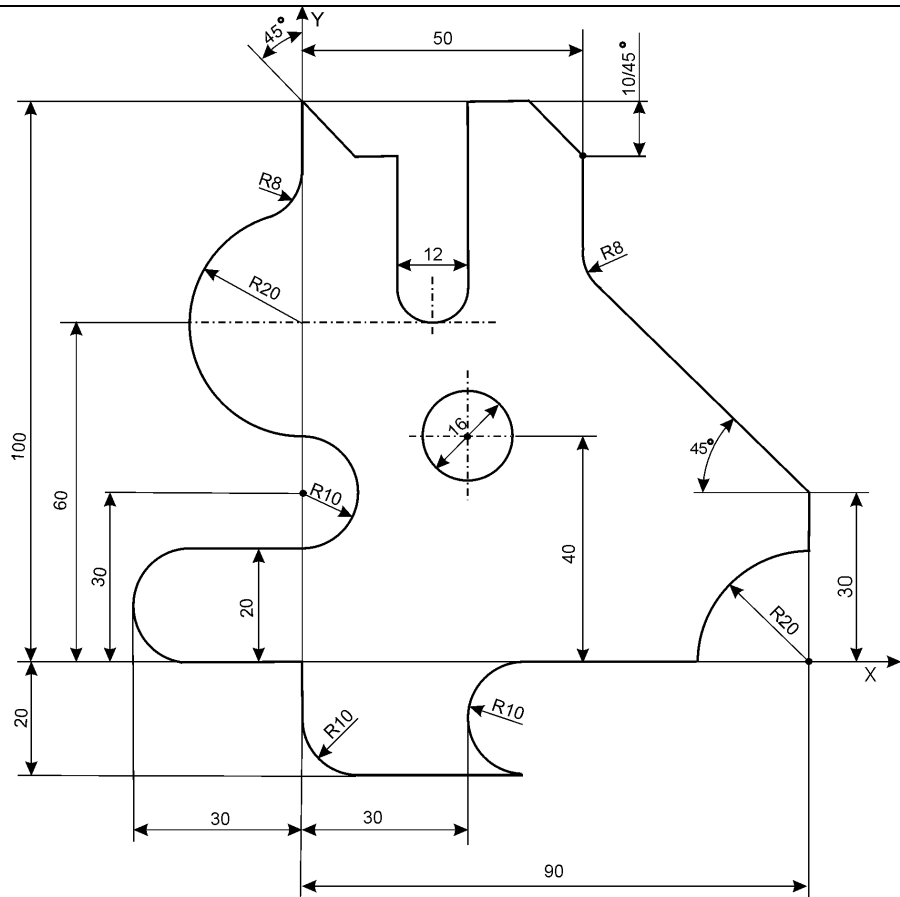
8.12.1. PRIMER

Postavka zadatak:

Napisati program u APT- jeziku za grubu obradu spoljašnje konture i bušenje otvora $\varnothing 16$ mm na delu datom na slici 1.

Obrada spoljašnje konture se izvodi glodalom prečnika $d=8$ [mm], koje ima broj obrta $n=1400$ [o/min] i brzinu pomoćnog kretanja $v_s=200$ [mm/min] kao i bušenje otvora burgijom $d=16$ [mm], koja ima broj obrta $n=400$ [o/min] i kreće se korakom $s_o=0.5$ [o/min].

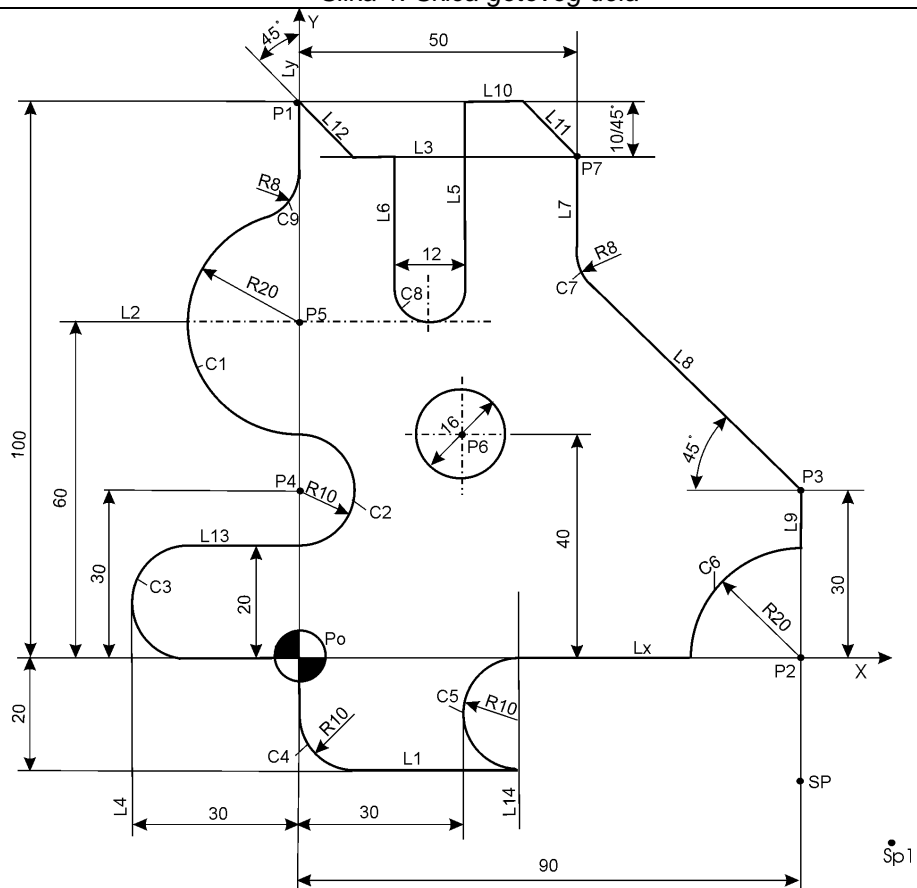
Napomena:
Debljina dela je 10 [mm].



Slika 1. Skica gotovog dela

Rešenje zadatka:

Na slici 2. su prikazani simboli kojima se identifikuju svi geometrijski elementi potrebni za definisanje putanje alata u odnosu na obradak, a u cilju formiranja tražene konture gotovog dela i na njemu izbušenog otvora prema postavci zadatka.



Slika 2. Prikaz simbola geometrijskih elemenata

a) **APT- program**

| | |
|--|---|
| PARTNO/PRIMER2(ISPITNIZADATAK) MACHIN/MMPOST,1,UNIT,3 CLPRNT ZSURF/15 \$\$OPISGEOMETRIJE P0=POINT/0,0 P1=POINT/0,100 P2=POINT/90,0 P3=POINT/90,30 P4=POINT/0,30 P5=POINT/0,60 P6=POINT/30,40 P7=POINT/50,90 LX=LINE/0,0,100,0 LY=LINE/P0,PERPTO,LX L1=LINE/PARLEL,LX,YSMALL,20 L2=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,60 L3=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,90 L4=LINE/PARLEL,LY,XSMALL,30 L5=LINE/P6,PARLEL,LY L6=LINE/PARLEL,L5,XSMALL,12 L7=LINE/P7,PARLEL,LY L8=LINE/P3,ATANGL,135 L9=LINE/P3,PERPTO,LX L10=LINE/PARLEL,L3,YLARGE,10 L11=LINE/P7,ATANGL,135 L12=LINE/P1,ATANGL,-45 L13=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,20 L14=LINE/PARLEL,LY,XLARGE,40 C1=CIRCLE/CENTER,P5,RADIUS,20 C2=CIRCLE/CENTER,P4,RADIUS,10 C3=CIRCLE/XLARGE,L4,YLARGE,LX,RADIUS,10 C4=CIRCLE/XLARGE,LY,YLARGE,L1,RADIUS,10 C5=CIRCLE/XLARGE,L5,YSMALL,LX,RADIUS,10 C6=CIRCLE/CENTER,P2,RADIUS,20 C7=CIRCLE/XLARGE,L7,YLARGE,L8,RADIUS,8 C8=CIRCLE/XSMALL,L5,YLARGE,L2,RADIUS,6 C9=CIRCLE/XSMALL,LY,YLARGE,OUT,C1,RADIUS,8 SP=POINT/90,-20 SP1=POINT/150,-50 \$\$KINEMATIKA OBRAD INTOL/0.01 OUTTOL/0.01 CUTTER/8 FROM/SP1 SPINDL/400,CLW RAPID GOTO/SP RAPID GODLTA/-17 AUTOPS | \$\$KINEMATIKA NASTAVAK OBRAD FEDRAT/200 GO/TO,LX COOLNT/ON TLLFT,GOLFT/LX GOFWD/C5 GOFWD/L1 GORGT/L14 GORGT/L1 GOFWD/C4 GOFWD/LY GOLFT/LX GOFWD/C3 GOFWD/L13 GOFWD/C2 GOFWD/C1 GOFWD/C9 GOFWD/LY GORGT/L12 GOLFT/L3 GORGT/L6 GOFWD/C8 GOFWD/L5 GORGT/L10 GORGT/L11 GORGT/L7 GOFWD/C7 GOFWD/L8 GORGT/L9 GORGT/C6,PAST,LX GODLTA/2,0,0 RAPID GOTO/SP1 SPINDL/OFF COOLNT/OFF \$\$BUSENJE CUTTER/16 FROM/SP1 SPINDL/400,CLW RAPID GOTO/P6 FEDRAT/0.5,IPR GODLTA/-20 RAPID GODLTA/20 GOTO/SP1 SPINDL/OFF END FINI |
|--|---|

c) Procesorski izlaz - CLDATA

PERSONAL APT**MASTER MILL POSTPROCESSOR V2.5
PARTNO/PRIMER2(ISPITNIZADATAK) 10-Jun-02

```
=====
MACHIN/MMPOST,1,UNIT,3
CLPRNT
ZSURF/15
$$OPISGEOMETRIJE
P0=POINT/0,0
P1=POINT/0,100
P2=POINT/90,0
P3=POINT/90,30
P4=POINT/0,30
P5=POINT/0,60
P6=POINT/30,40
P7=POINT/50,90
LX=LINE/0,0,100,0
LY=LINE/P0,PERPTO,LX
L1=LINE/PARLEL,LX,YSMALL,20
L2=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,60
L3=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,90
L4=LINE/PARLEL,LY,XSMALL,30
L5=LINE/P6,PARLEL,LY
L6=LINE/PARLEL,L5,XSMALL,12
L7=LINE/P7,PARLEL,LY
L8=LINE/P3,ATANGL,135
L9=LINE/P3,PERPTO,LX
L10=LINE/PARLEL,L3,YLARGE,10
L11=LINE/P7,ATANGL,135
L12=LINE/P1,ATANGL,-45
L13=LINE/PARLEL,LX,YLARGE,20
L14=LINE/PARLEL,LY,XLARGE,40
C1=CIRCLE/CENTER,P5,RADIUS,20
C2=CIRCLE/CENTER,P4,RADIUS,10
C3=CIRCLE/XLARGE,L4,YLARGE,LX,RADIUS,10
C4=CIRCLE/XLARGE,LY,YLARGE,L1,RADIUS,10
C5=CIRCLE/XLARGE,L5,YSMALL,LX,RADIUS,10
C6=CIRCLE/CENTER,P2,RADIUS,20
C7=CIRCLE/XLARGE,L7,YLARGE,L8,RADIUS,8
C8=CIRCLE/XSMALL,L5,YLARGE,L2,RADIUS,6
C9=CIRCLE/XSMALL,LY,YLARGE,OUT,C1,RADIUS,8
SP=POINT/90,-20
SP1=POINT/150,-50
$$KINEMATIKAOBRAD
INTOL/0.01
OUTTOL/0.01
CUTTER/8
FROM/SP1
FROMPOSITION/XYZ=150.0000-50.000015.0000
SPINDL/400,CLW
N0005G71
N0010S00400M21
N0015M03
RAPID
GOTO/SP
N0020G00X90.Y-20.Z15.
RAPID
GODLTA/-17
N0025Z-2.
AUTOPS
FEDRAT/200
GO/TO,LX
N0030G01Y-4.F200.
```

COOLNT/ON
N0035M08
TLLFT,GOLFT/LX
N0040X40.
GOFWD/C5
N0045G03X34.Y-10.I40.J-10.
N0050X40.Y-16.I40.J-10.
GOFWD/L1
N0055G01X44.
GORGT/L14
N0060Y-24.
GORGT/L1
N0065X10.
GOFWD/C4
N0070G02X-4.Y-10.I10.J-10.
GOFWD/LY
N0075G01Y-4.
GOLFT/LX
N0080X-20.
GOFWD/C3
N0085G02X-34.Y10.I-20.J10.
N0090X-20.Y24.I-20.J10.
GOFWD/L13
N0095G01X0.
GOFWD/C2
N0100G03X6.Y30.I0.J30.
N0105X0.Y36.I0.J30.
GOFWD/C1
N0110G02X-24.Y60.I0.J60.
N0115X-6.8571Y82.9996I0.J60.
GOFWD/C9
N0120G03X-4.Y86.8328I-8.J86.8328
GOFWD/LY
N0125G01Y109.6569
GORGT/L12
N0130X11.6569Y94.
GOLFT/L3
N0135X22.
GORGT/L6
N0140Y66.
GOFWD/C8
N0145G03X24.Y64.I24.J66.
N0150X26.Y66.I24.J66.
GOFWD/L5
N0155G01Y104.
GORGT/L10
N0160X41.6569
GORGT/L11
N0165X54.Y91.6569
GORGT/L7
N0170Y73.3137
GOFWD/C7
N0175G03X55.1716Y70.4853I58.J73.3137
GOFWD/L8
N0180G01X94.Y31.6569
GORGT/L9
N0185Y15.4919
GORGT/C6,PAST,LX
N0190G03X90.Y16.I90.J0.
N0195X74.Y0.I90.J0.
N0200X74.5081Y-4.I90.J0.
GODLTA/2,0,0
N0205G01X76.5081

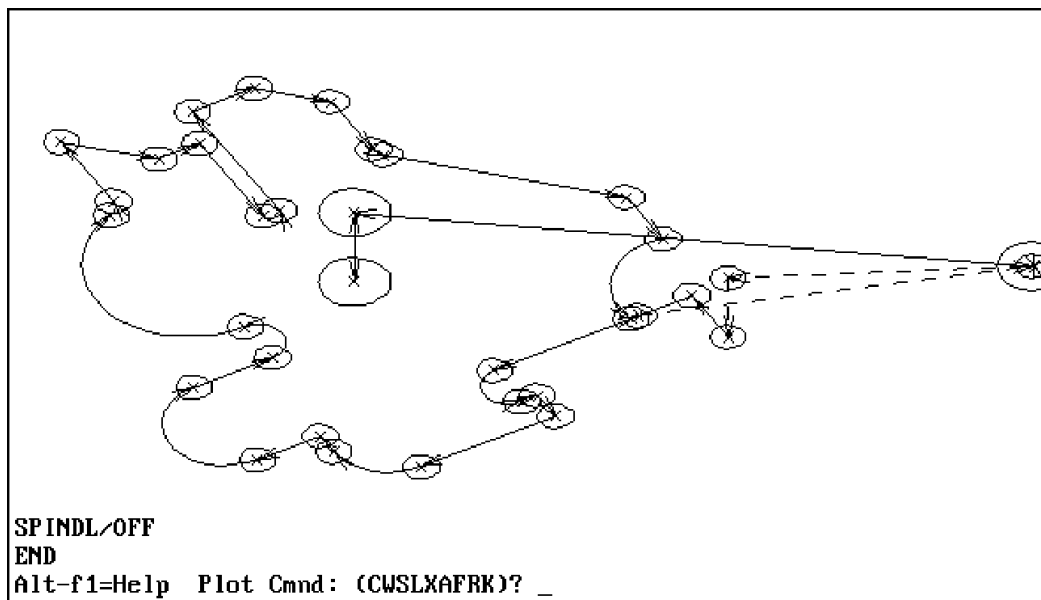

```

RAPID
GOTO/SP1
N0210G00X150.Y-50.Z15.
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
N0215M05
N0220M09
$$BUSENJE
CUTTER/16
FROM/SP1
FROMPOSITION/XYZ=150.0000-50.000015.0000
SPINDL/400,CLW
N0225S00400M21
N0230M03
RAPID
GOTO/P6
N0235X30.Y40.
FEDRAT/0.5,IPR
GODLTA/-20
N0240G01Z-5.F5080.
RAPID
GODLTA/20
N0245G00Z15.
GOTO/SP1
N0250G01X150.Y-50.F200.
SPINDL/OFF
END
N0255M05
N0260M02
FINI
Machinetime=3.04Min                Tapelength=2.19Meters

```

d) Grafička provera putanje alata

Na slici 3. dat prikaz ekrana nakon grafičke provere putanje alata sa raspoloživim softverom.



Slika 3 Prikaz putanje alata pri obradi spoljašnje konture i bušenju otvora

LITERATURA:

- [1] Bojanic, P., Puzović, R., Programiranje numericki upravljanih mašina alatki APT- jezik, Mašinski fakultet, Beograd, izdanje 2010 ili 2002. (UDŽBENIK– SKRIPTARNICA MF).

