

11 PROGRAMSKE FUNKCIJE – SINUMERIK 840D

V nadaljevanju je predstavljenih nekaj programskih funkcij, glavnih, pomožnih ter posebnih, ki se najpogosteje uporabljajo pri programiranju krmilnika Siemens Sinumerik 840D.

11.1 PODATKI O ORODJU

Glede na geometrijsko obliko obdelovanca stružimo in frezamo z različnimi orodji ter vrtamo z različno dolgimi vijačnimi svedri. Rezne konice teh orodij so med seboj zamaknjene, vse pa moramo pripeljati v isto točko. Zato moramo vsako orodje, ki se uporablja pri obdelavi, izmeriti v smeri posamezne osi (X, Y, Z) glede na točko pritrditve orodja *N*. Prav tako mora biti določen tip orodja, pri stružnih nožih pa še lega rezalnega roba. Polmer zaokrožitve rezila vnesemo za orodja, ki lahko uporabljajo kompenzacijo polmera orodja. Vsi ti podatki se potem shranijo v tako imenovane registre z oznako *D1 – D9* za posamezno orodje, ki jih nato kličevo v programu.

Pri uporabi revolverske glave oziroma bobna z orodji, ki omogoča vpetje 8 oziroma 10 ali več orodij, moramo z oznako *T* vpisati število, s katerim je določen zasuk revolverske glave na trenutni položaj – relativni premik. Pred vsako menjavo orodja odmaknemo orodje na varnostno razdaljo, da lahko stroj neovirano menja orodje, ne da bi prišlo do kolizije.

Če se orodje med obdelavo obrabi ali če ni bilo pravilno izmerjeno, kar ugotovimo z merjenjem obdelovanca, lahko to korekcijo vnesemo v ustrezne registre (*D1 – D9*) za pripadajoče orodje. Pripadajoča korekcija se bo prištela ali odštela od geometrijskih podatkov pripadajočega orodja relativno.

Oblika:

N... T4 D1

T4 pomeni številko orodja v vpenjalni pripravi, *D1* pa pripadajočo korekturo.

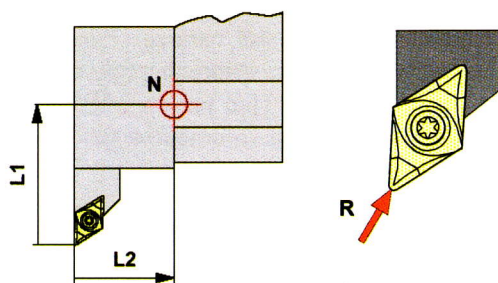
Podatki o orodju za tip **500**:

L1 – oddaljenost konice orodja od točke *N* v smeri osi *X* (kot polmer)

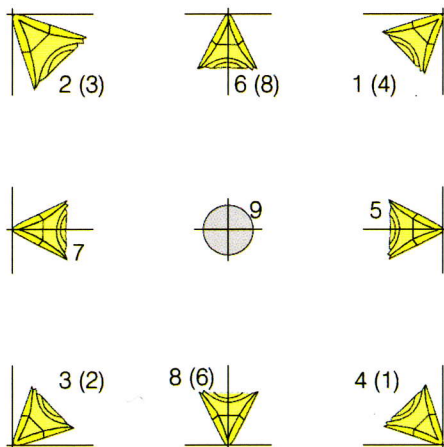
L2 – oddaljenost konice orodja od točke *N* v smeri osi *Z*

R – polmer zaokrožitve konice rezila

TIP 500



TIP	OPIS
500	Nož za grobo obdelavo
510	Nož za fino obdelavo
520	Nož za zarezovanje
530	Nož za odrezovanje
540	Nož za navoje

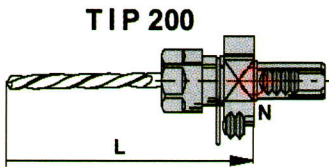


Vrednosti v oklepaju veljajo za stružnice, ki imajo orodje pred osjo *Z*

Slika 53: Meritve in tipi ter lega konice orodja pri struženju

Podatki o orodju za tip 200:

L – oddaljenost konice orodja od točke N v smeri določene osi glede na izbrano delovno ravnino (slika 55 – tabela Korekcije)

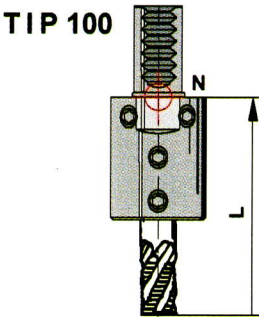


TIP	OPIS
200	Vijačni sveder
205	Sveder za vrtanje v polno
210	Vrtalna palica za razvrtavanje
220	Središčni sveder
230	Kotno grezilo
231	Ravno grezilo
240	Navojni sveder – standardni navoj
241	Navojni sveder – drobni navoj
242	Navojni sveder – Withworthov navoj
250	Povrtalo

Slika 54: Meritve in tipi orodij za vrtanje in vrezovanje navojev

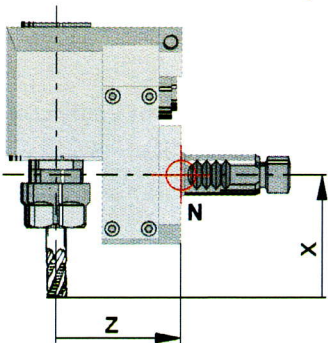
Podatki o orodju za tip 100:

L – oddaljenost konice orodja od točke N v smeri določene osi glede na izbrano delovno ravnino (slika 55 – tabela Korekcije)
R – polmer frezala



TIP	OPIS
100	Steblasto frezalo za utore
110	Krogelno frezalo
120	Čelno-valjasto (steblasto) frezalo
121	Steblasta frezala za grobo obdelavo
130	Kotno frezalo
131	Kotno frezalo za grobo obdelavo
140	Frezalna glava
145	Frezalo za navoje
150	Kolutno frezalo

Slika 55: Meritve in tipi orodij pri frezanju



KOREKCIJE	
Ravnina G17	L1 v Z-smeri L3 v X-smeri
Ravnina G18	L2 v X-smeri L3 v Z-smeri
Ravnina G19	L1 v X-smeri L2 v Z-smeri

Slika 56: Korekcije pri gnanih orodjih

11.2 ZGRADBA PROGRAMSKEGA STAVKA

Programiranje NC-strojev je standardizirano po DIN 66025. Ta standard opisuje uporabo posameznih programskih funkcij. Programske funkcije razdeli v dve skupini, in sicer:

- glavne programske funkcije,
- pomožne programske funkcije.

Program je zaporedje geometrijskih in tehnoloških ukazov, napisanih v obliki, ki jo razume krmilna enota posameznega CNC-stroja.

Program je sestavljen iz programskih stavkov, ki predstavljajo eno izmed operacij (pozicioniranje, delovni gib, stikalne funkcije ...). Stavek je sestavljen iz posameznih besed, ki pa predstavljajo vrsto opravil, potrebnih za eno operacijo (nastavitev števila vrtljajev, rezalne hitrosti, podajanja, koordinat, menjavo orodja, vklop hlajenja ...). Besede so sestavljene iz posameznih črk in niza števil s predznakom. Vrednosti koordinat X, Y in Z vnašamo v milimetrih.

Vsak program, ki ga včitamo ali uvozimo preko različnih medijev, mora vsebovati sledeče sklope:

- znak za začetek (%),
- zaporedje stavkov z ukazi in podatki,
- znak za konec programa.

Programu damo lahko tudi ime, ki mora biti sestavljeno iz niza alfanumeričnih ali numeričnih znakov ter zapisano takoj za znakom začetka programa.

%1234	številka (ime) programa
N0100 G01 X15 Z-17	stavek
Z-17	beseda
Z	znak
-17	številka s predznakom +/-
IME.MPF	ime glavnega programa (VAJA5.MPF)
IME.SPF	ime podprograma (OBLIKA5.SPF)

Pomen posameznih oznak

ANG	podatki o kotu v stopinjah
AP	polarni kot
AR	kot krožnega loka
CHF	posnetje
CR	polmer krožnega loka
D	korektura orodja (1 – 9)
F	podajanje
G	glavna programska funkcija
I, J, K	oddaljenost začetne točke krožnega loka do njegovega središča, korak navoja
M	pomožna programska funkcija
N	zaporedna številka stavka
P	znak (število) za ponovitev podprograma
R	aritmetični podatki
RND	zaokrožitev
RP	polarni polmer
S	vrtlina, rezalna hitrost vretena
T	številka orodja (1 – 32000)
X, Y, Z	koordinate osi gibanja +/-

11.3 POMOŽNE PROGRAMSKE FUNKCIJE

M0, M1 Programirana prekinitev

Z ukazom M0 (brezpogojna prekinitev izvajanja programa) ustavimo izvajanje dela programa. Glavno vreteno, podajanje in hlajenje se izklopijo. Zaslonska vrata lahko odpremo, ne da bi se vklopil alarm. Ponovno izvajanje nadaljujemo s pritiskom na tipko NC START.

M1 (pogojna prekinitev izvajanja programa) deluje podobno kot M0 samo, če je funkcija PROGRAMMED STOP potrjena.

M2, M30 Konec programa

Z ukazom M30 se izklopijo vsi pogoni, upravljanje pa se vrne na začetek programa. Ukaz M2 uporabljamo takrat, ko ne rabimo vračanja na začetek programa.

M3, M4, M5 Vrtenje glavnega vretena

Vreteno se vklopi, če je določeno število vrtljajev ali rezalna hitrost in če so zaslonska vrata zaprta. Pred tem obdelovanec pravilno vpnemo.

Ukaz M3 je vklop vretena z vrtenjem v desno (v smeri urnega kazalca).

Ukaz M4 je vklop vretena z vrtenjem v levo (v nasprotni smeri urnega kazalca).

Z ukazom M5 izklopimo vrtenje glavnega vretena. Na koncu programa se vrtenje vretena izklopi.

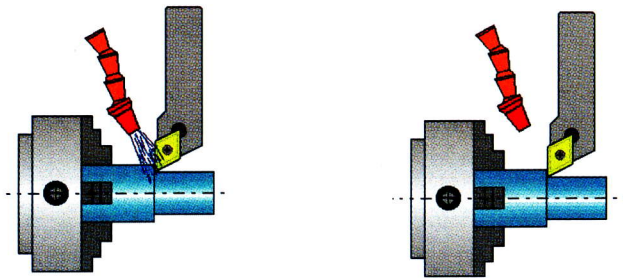


Slika 57: Vrtenje glavnega vretena na stružnici

M6 Menjava orodja

Z ukazom M6 izberemo orodje v revolverju/bobnu oziroma se revolver/boben zavrti na določeno pozicijo.

M8, M9 Vkllop in izklop hlajenja



Slika 58: Levo vklop in desno izklop hlajenja

M10, M11 Blokada vretena (delilne glave)

M10 blokirano vreteno (delilna glava)

M11 deblokirano vreteno (delilna glava)

M17 Konec podprograma

Ukaz M17 mora biti napisan v zadnjo vrsto podprograma kot zadnji ukaz. Lahko stoji samostojno ali pa skupaj z drugo funkcijo.

M20, M21 Gibanje konjička

M20 pomik konjička naprej

M21 pomik konjička nazaj

M23, M24 Aktiviranje lovilca izdelkov

M23 odpri lovilec obdelovancev

M24 zapri lovilec obdelovancev

M25, M26 Aktiviranje prijemalnih čeljusti

M25 odpri čeljusti

M26 zapri čeljusti

M27 Vrtenje delilne glave

Ukaz M27 zavrti delilno glavo delilnika za en korak oziroma kotno enoto.

M70 Pozicioniranje vretena

M71, M72 Vkllop in izklop izpuha

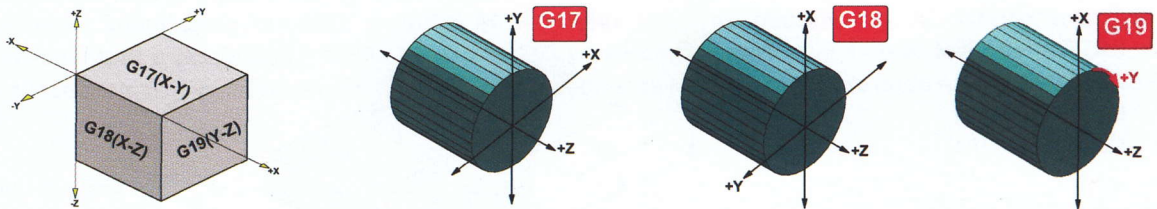
11.4 DELOVNE FUNKCIJE

G17, G18, G19 Izbira delovne ravnine

Osnovna delovna ravnina pri struženju je G18 (X, Z). Osnovna delovna ravnina pri frezanju je G17 (X, Y).

Os orodja in podajalno gibanje pri vrtanju sta pravokotna na delovno ravnino.

Oblika: N... G17/G18/G19



Slika 59: Delovne ravnine

G90 Absolutni način programiranja

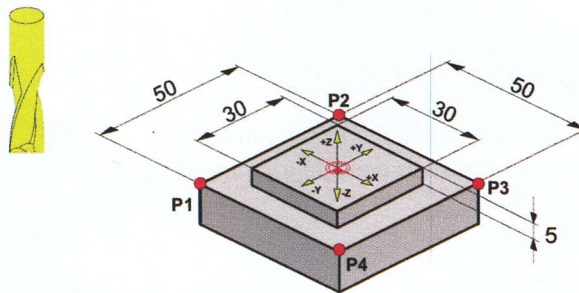
Absolutni način programiranja je programiranje v koordinatnem sistemu z nespremenljivim položajem koordinatnega izhodišča iz neke zamišljene nepremične točke na obdelovancu oziroma iz ničelne točke obdelovanca (W). Pri struženju vrednosti za koordinato X vnašamo kot premer. Posamezna koordinata je lahko programirana absolutno ali relativno brez predhodne zamenjave načina programiranja G90/G91.

Oblika: N... G90

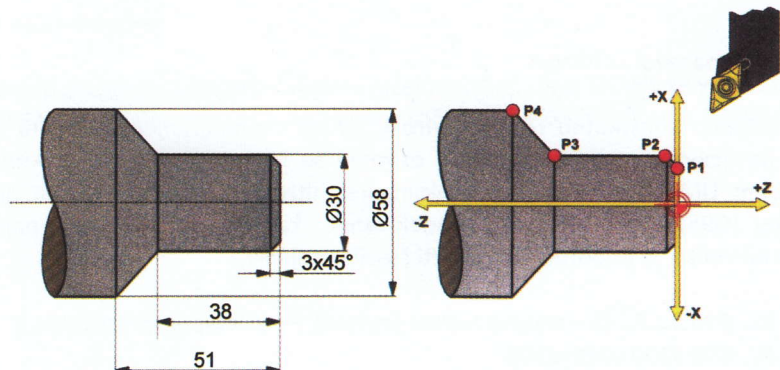
N... G0 X40 Y30 Z=IC(20) (koordinata Z je vnesena relativno)

N... G90 G0 X... Y... Z...

N05 G1 X-25 Y-25 Z-5 (P1)
N10 X-25 Y25 (P2)
N15 X25 Y25 (P3)
N20 X25 Y-25 (P4)



N10 G1 X24 Z0 (P1)
N15 X30 Z-3 (P2)
N20 Z-38 (P3)
N25 X58 Z-51 (P4)



Slika 60: Absolutni način programiranja

G91 Relativni (inkrementalni) način programiranja

Pri relativnem (inkrementalnem) načinu programiranja se posamezne vrednosti podajajo kot razlike med trenutnim in želenim položajem orodja. Pri struženju vrednosti za os X vnašamo kot polmer. Posamezna koordinata je lahko programirana absolutno ali relativno brez predhodne zamenjave načina programiranja G90/G91.

Oblika: N... G91

N... G0 X20 Y15 Z=AC(10) (koordinata Z je vnesena absolutno)

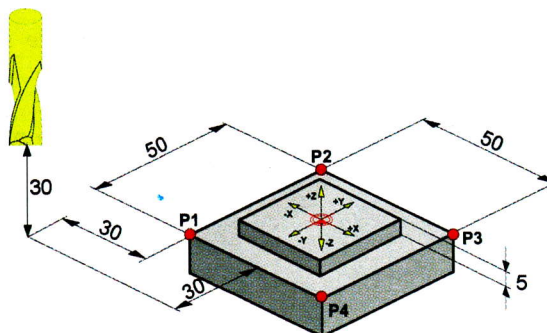
N... G91 G0 X... Y... Z...

N05 G1 X30 Y30 Z-30 (P1)

N10 X0 Y50 (P2)

N15 X50 Y0 (P3)

N20 X0 Y-50 (P4)

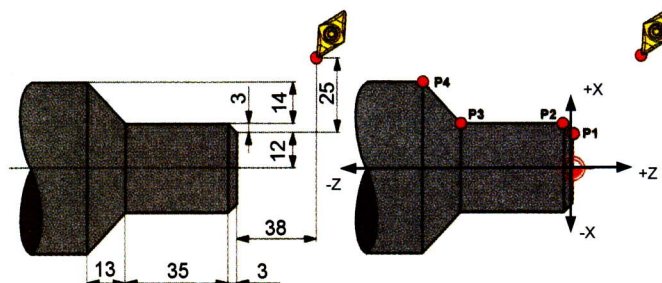


N10 G0 X-25 Z-38 (P1)

N15 G1 X3 Z-3 (P2)

N20 Z-35 (P3)

N25 X14 Z-13 (P4)



Slika 61: Relativni način programiranja

G94, G95 Funkcije za določitev načina podajanja

Z ukazom G94 bodo vse vrednosti za podajanje v mm/min.

Z ukazom G95 bodo vse vrednosti za podajanje v mm/vrtljaj.

Oblika: N... G94/G95 S... F...

S vrtilna hitrost [min^{-1}]

F podajanje

G96 Konstantna rezalna hitrost

Če uporabljamo konstantno rezalno hitrost, se bo z zmanjšanjem premera obdelovanca proti nič hitrost vrtenja vretena povečevala proti neskončnosti oziroma se bo povečevala do maksimalne hitrosti, ki jo omogoča stroj. S parametrom LIMS lahko omejimo maksimalno hitrost zaradi varnosti na nižje vrednosti. Podajanje se vnaša v mm/vrtljaj (G95). Če obdelujemo obdelovanec, katerega razlika med najmanjšim in največjim premerom je sorazmerno velika, je priporočljivo omejiti število vrtljajev.

Oblika: N... G96 S... F... (S – rezalna hitrost [m/min], F – podajanje [mm/vrtljaj])

N... G96 S100 LIMS=2500

G97 Konstantno število vrtljajev vretena

Z ukazom G97 prekličemo ukaz G96. Število vrtljajev vretena bo enako zadnjemu veljavnemu številu vrtljajev. Število vrtljajev vretena vnašamo v vrtljaji/min (min^{-1}).

Oblika: *N... G97 S...*

G53, G500 Premik premika ničelne točke

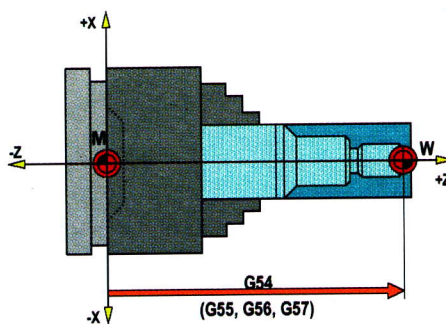
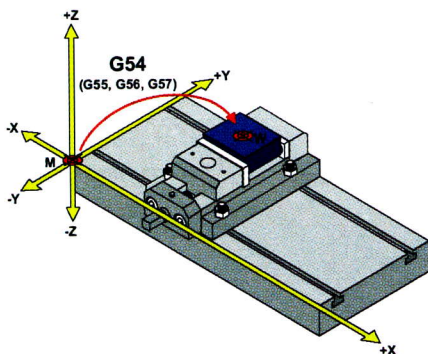
Strojna ničelna točka (*M*) je definirana v tovarni in je ni mogoče spreminjati. Ta točka pa tudi ni primerna za programiranje, zato jo s premaknitvijo prestavimo na novo pozicijo, ki nam bolj ustreza. Z ukazi G54/G55/G56/G57 premaknemo koordinatno izhodišče iz točke *M* v ničelno točko na obdelovancu *W*. Ničelno točko pa lahko premaknemo tudi z ukazi G505 – G599. Z ukazom G53 prekličemo premaknitve ničelne točke za določen stavek, z G500 pa vse premaknitve ničelne točke G54 – G599. Vsi podatki za koordinate točk se bodo nanašali na strojno ničelno točko.

Oblika: *N... G53*
N... G500

G54 – G57, G505 – G599 Premik ničelne točke

Za premaknitev ničelne točke so lahko definirane vrednosti, ki jih kličemo s posameznim ukazom. Vrednosti za posamezen premik izmerimo in vnesemo v krmilnik ter shranimo.

Oblika: *N... G54/G55/G56/G57*
N... G505 – G599

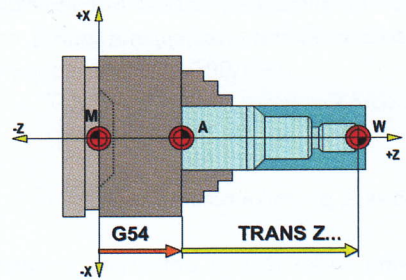
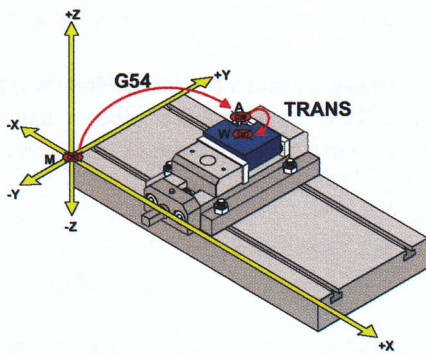


Slika 62: Premik ničelne točke

TRANS, ATRANS Programiran premik ničelne točke

Z ukazoma TRANS/ATRANS lahko dodatno programiramo premaknitev ničelne točke. Ukaz TRANS se vedno nanaša na aktualno ničelno točko G54 – G599, ATRANS pa na zadnjo veljavno ničelno točko G54 – G599 oziroma TRANS/ATRANS.

Oblika: *N... TRANS X... Y... Z...*
N... ATRANS X... Y... Z...



Slika 63: Premik ničelne točke z G54 in TRANS

ROT, AROT Programirana rotacija

Z ukazoma ROT/AROT lahko programiramo rotacijo koordinatnega sistema na obdelovancu okrog ene izmed osi X, Y, Z ali pa v izbrani ravnini.

ROT absolutna rotacija glede na G54 – G599

AROT dodatna rotacija glede na G54 – G599 ali TRANS/ATRANS

Oblika: N... ROT/AROT X... Y... Z...

N... ROT/AROT RPL=...

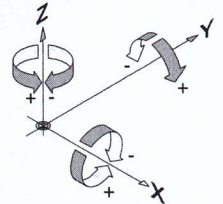
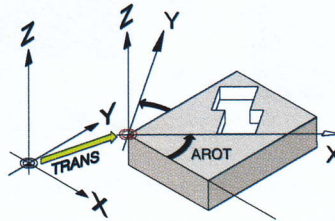
X, Y, Z rotacija v prostoru; os rotacije [°]

RPL rotacija v ravnini

N10 AROT Z30

ali

N10 AROT RPL=30



Slika 64: Rotacija koordinatnega sistema

SCALE, ASCALE Programiranje merila

SCALE/ASCALE omogočata spremembo merila za vsako os različno.

SCALE absolutna povečava glede na G54 – G599

ASCALE dodatna povečava glede na G54 – G599 ali TRANS/ATRANS

X, Y, Z merilo za posamezno os

Samo ukaz SCALE brez označbe osi prekine spremembo merila.

Oblika: N... SCALE/ASCALE X... Y... Z...

N05 G54

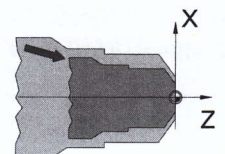
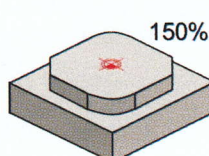
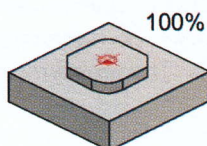
N10 TRANS X... Y... Z...

N15 ASCALE X1.5 Y1.5

N20 ...

N40 SCALE

N45 M30



Slika 65: Sprememba merila

MIRROR, AMIRROR Programiranje zrcaljenja

MIRROR/AMIRROR omogočata zrcaljenje oblike preko osi X, Y, Z.

MIRROR absolutno zrcaljenje glede na G54 – G599

AMIRROR dodatno zrcaljenje glede na G54 – G599 ali TRANS/ATRANS

X, Y, Z os zrcaljenja, vrednost predstavlja oddaljenost od osi zrcaljenja

Samo ukaz MIRROR brez označbe osi prekine spremembo merila.

Oblika: N... MIRROR/AMIRROR X... Y... Z...

;oblika v podprogramu L20

N05 G54

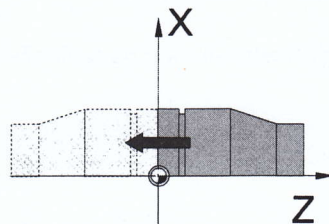
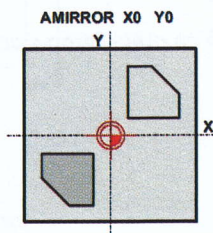
N...

N45 L20; oblika zgoraj desno

N40 AMIRROR X0 Y0

N45 L20

N50 MIRROR; preklic zrcaljenja



Slika 66: Zrcaljenje

G0 Hitri gib (pozicioniranje)

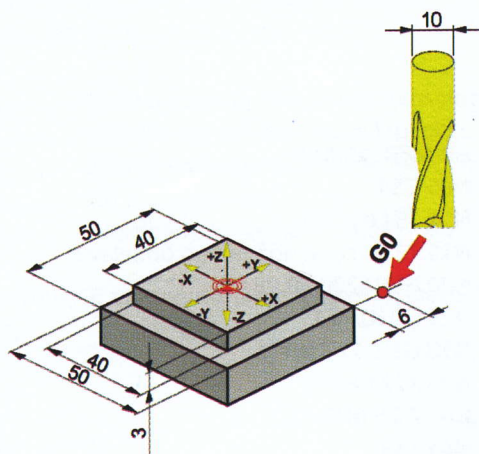
Hitri gib je linearni premik orodja z maksimalno hitrostjo iz trenutne do programirane končne točke. Maksimalna hitrost za posamezni stroj je definirana v tovarni in je ni mogoče spreminjati. S temi gibi skrajšamo čas obdelave.

Oblika: N... G0 X... Y... Z... (kartezično)

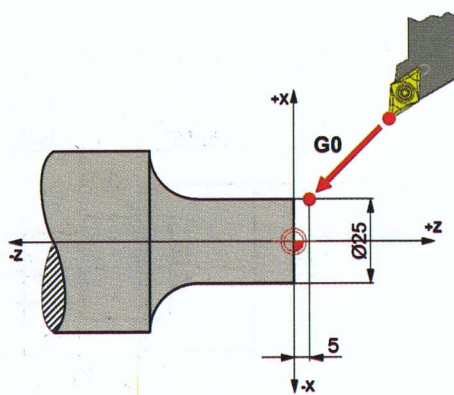
N... G0 AP... RP... (polarno)

AP polarni kot

RP polarni polmer



N10 G0 X25 Y31 Z-3



N5 G0 X25 Z5

Slika 67: Hitri gib

G1 Delovni gib (linearna interpolacija)

Delovni gib je linearno gibanje orodja s programirano hitrostjo (mm/min, mm/vrt) iz trenutne točke v programirano končno točko.

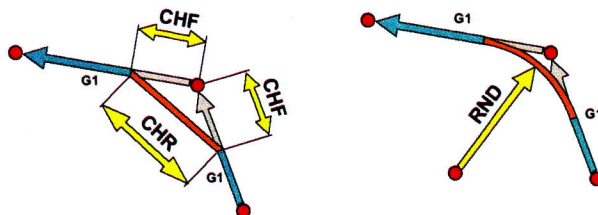
Oblika: $N... G1 X... Y... Z... F...$ (kartezično)

N... G1 AP... RP... (polarno)

N... G1 X... Y... Z... CHR=... posnetje

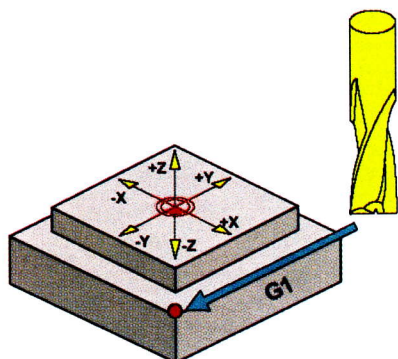
N... G1 X... Y... Z... CHF=... posnetje

N... G1 X... Y... Z... RND=... zaokrožitev

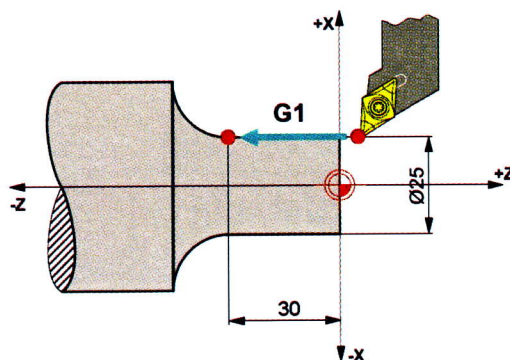


Pogojena zaokrožitev RNDM

Vsak naslednji oster prehod bo zaokrožen, dokler ga ne prekličemo s postavitvijo vrednosti **RNDM=0**.



N05 G1 X25 Y-25 Z-3

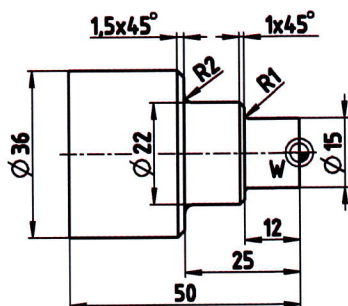


N20 G1 X25 Z-30

Slika 68: Delovni gib

Primer 1

Zapis programa za zaključni rez izdelka z uporabo ukazov G0 in G1



PRIMER_1S.MPF

N05 G54

N10 TRANS Z50

N15 T2 D1; Levi nož za fino obdelavo

N20 G96 S200 F0.08 M4

N25 G0 X15 Z1

N30 G1 Z-12 RND=1

N35 X22 CHF=1

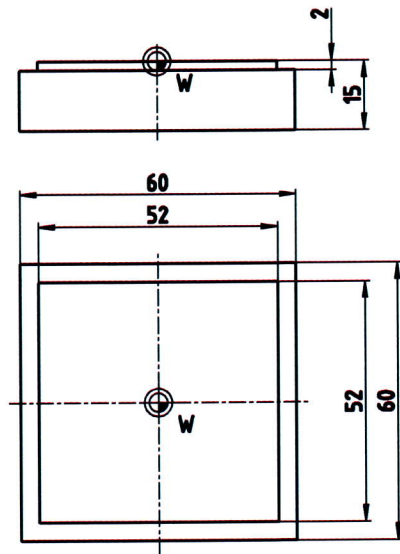
N40 Z-25 RND=2

N45 X33

N50 X37 Z-27

N55 G0 X50 Z40

N60 M30



PRIMER_1F.MPF

N05 G54

N10 TRANS X30 Y-30 Z5

N15 T2 D1 M6; Steblasto frezalo Ø8

N20 S2600 F250 M3

N25 G0 X-40 Y30 Z5

N30 Z-2

N35 G1 X30

N40 Y-30

N45 X-30

N50 Y30

N55 G0 Z40

N60 X0 Y60

N65 M30

G2, G3, CIP Krožna interpolacija

G2 je gibanje orodja po krožnici v smeri urnega kazalca.

G3 je gibanje orodja po krožnici v nasproti smeri urnega kazalca.

CIP je gibanje orodja po krožnici skozi podano točko.

Pri tem predpostavljamo, da se orodje že nahaja v začetni točki krožnice, programiramo pa končno točko krožnice. Velja pravilo, da se za določitev gibanja G2, G3 postavimo na pozitivno koordinato iz ravnine izvzete osi in gledamo proti koordinatnemu izhodišču.

Oblika: *N... G2/G3 X... Y... Z... I... J... K... - I, J, K relativno*

N... G2/G3 X... Y... Z... I=AC(..) J=AC(..) K=AC(..) - I, J, K absolutno

N... G2/G3 X... Y... Z... CR=±...

N... G2/G3 X... Y... Z... AR=...

N... G2/G3 I... J... K... AR=...

N... G2/G3 AP=... RP=... (polarno)

N... CIP X... Y... Z... I1=... J1=... K1=...

X, Y, Z končna točka krožnega loka (absolutno ali relativno)

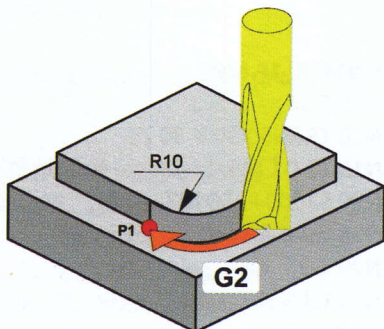
I, J, K oddaljenost začetne točke krožnega loka do njegovega središča (I→X, J→Y, K→Z)

CR polmer krožnega loka (če je lok manjši od 180° CR=+, lok večji od 180° CR=-)

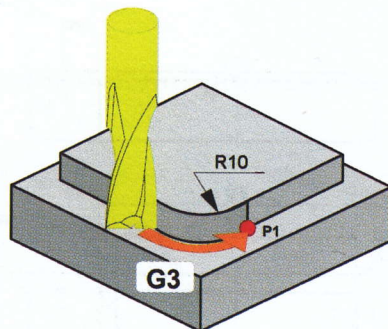
AR kot krožnega loka

I1, J1, K1 koordinate točke na krožnem loku

S parametrom CR ni mogoče programirati polnega kroga, medtem ko je s parametri I, J, K mogoče programirati tudi polni krog.

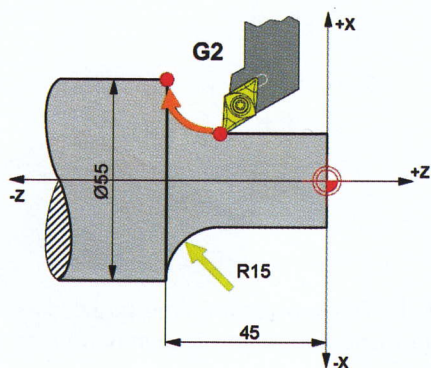


N20 G2 X... Y... CR=10

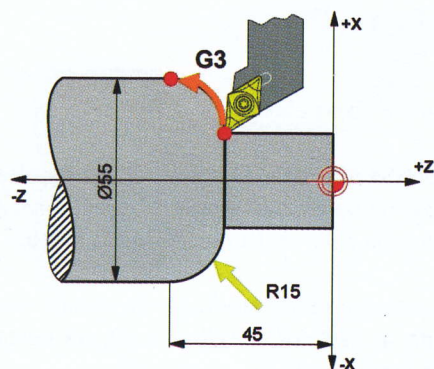


N20 G3 X... Y... CR=10

Slika 69: Gibanje orodja po krožnici (frezanje)

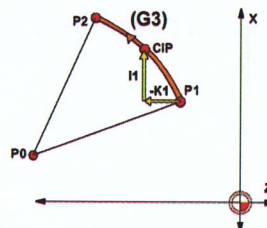
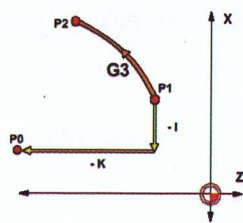
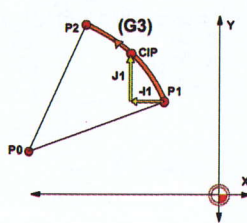
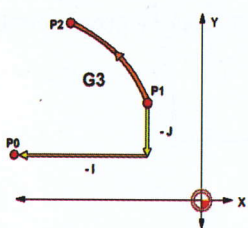
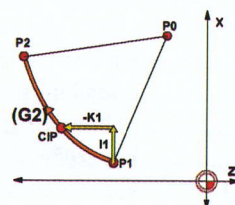
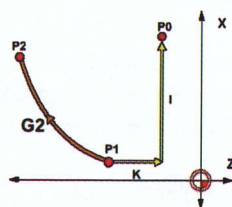
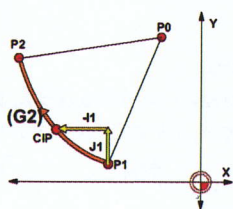
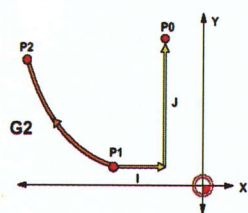


N20 G2 X55 Z-45 CR=15



N20 G3 X55 Z-45 CR=15

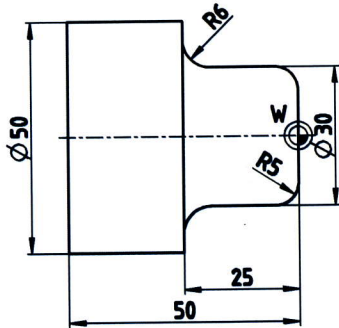
Slika 70: Gibanje orodja po krožnici (struženje)



Slika 71: Krožna interpolacija I, J, K, CIP (frezanje – levo G17, struženje – desno G18)

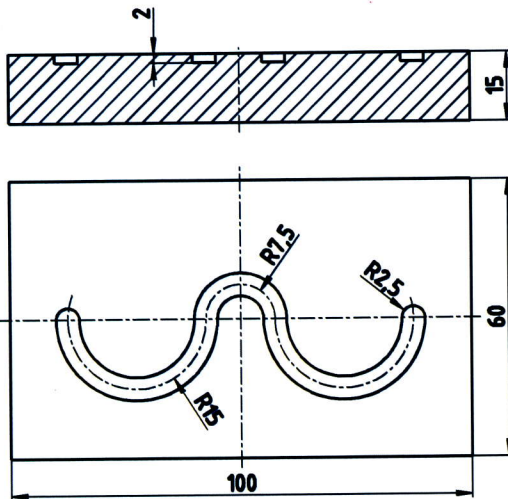
Primer 2

Primer zapisa programa za zaključni rez izdelka z uporabo ukazov G0, G1, G2 in G3



PRIMER_2S.MPF

```
N05 G54
N10 TRANS Z50
N15 T2 D1; Nož za fino obdelavo
N20 G96 S220 F0.1 M4 LIMS=3000
N25 G0 X-1 Z2
N30 G1 Z0
N35 X20
N40 G3 X30 Z-5 CR=5
N45 G1 Z-19
N50 G2 X42 Z-25 CR=6
N55 G1 X52
N60 G0 X70 Z10
N65 M30
```



PRIMER_2F.MPF

```
N05 G54
N10 TRANS X50 Y-30 Z10
N15 T4 D1 M6; Steblasto frezalo Ø5
N20 S3200 F200 M3
N25 G0 X-37.5 Y0 Z5
N30 G1 Z-2
N35 G3 X-7.5 Y0 CR=15
N40 G2 X7.5 Y0 CR=7.5
N45 G3 X37.5 Y0 CR=15
N50 G0 Z30
N55 X0 Y60
N60 M30
```

G110, G111, G112 Interpolacija s polarnimi koordinatami

Za določitev giba potrebujemo središče, polmer in kot. Središče podamo v kartezijskih ali polarnih koordinatah (X, Y, Z). Polmer vnašamo pod oznako *RP*, kot pa vnašamo pod oznako *AP* (v stopinjah). Vnos kotov je pozitiven, to je v nasprotni smeri urnega kazalca. Funkcije so uporabne, kadar programiramo izdelavo različnih oblik, npr. na konusu ali z gnanimi orodji.

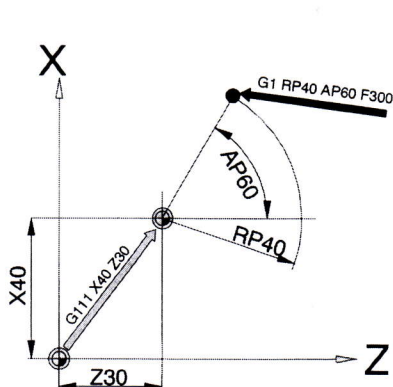
G110 Središče se nanaša na zadnji programiran položaj orodja.

G111 Središče se nanaša na zadnjo veljavno ničelno točko na obdelovancu.

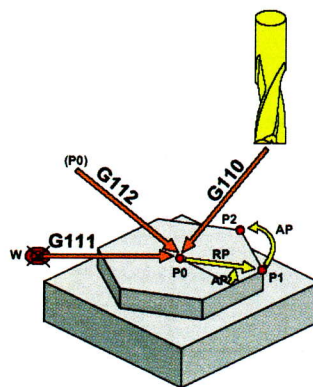
G112 Središče se nanaša na zadnje veljavno središče.

Oblika: *N... G110/G111/G112 X... Y... Z... (RP=... AP=...)*

Z G111 premaknemo središče na absolutni položaj 30, 40. G1 premakne orodje iz zadnje pozicije na položaj v polarnih koordinatah RP40, AP60. Kot se nanaša na os Z, ker je programirana v ukazu G111 prva.



N05 G111 Z30 X40
N10 G1 RP=40 AP=60 F300



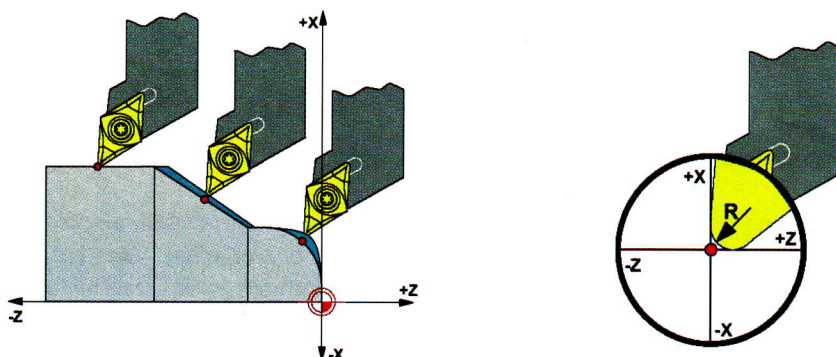
N55 G111 X... Y... Z... (P0)
N60 G0 RP=... AP=... (P1)
N65 G1 AP=... (P2)

Slika 72: Programiranje s polarnimi koordinatami (struženje – levo, frezanje – desno)

Kompenzacija polmera orodja

Na stružnicah običajno stružimo z orodji, ki imajo zaokrožen vrh rezila. Pri merjenju orodja se z vrhom rezila dotaknemo na dveh točkah. Pri tem dobimo koordinate, ki določajo teoretični vrh rezila. Pri vzdolžnem in prečnem struženju zaradi zaokrožitve vrha rezila ne pride do napak, ampak se le-te pojavijo pri struženju poševnin in okroglin, ker se teoretični vrh rezila premika po loku ali nagibu. Vrh rezila potuje po zamaknjeni poti od programirane, zato dimenzije obdelovanca ne bodo točne. Postopek upoštevanja zamaknitve poti imenujemo kompenzacija polmera orodja.

Podobno lahko vklopimo kompenzacijo polmera orodja tudi pri frezanju in si tako olajšamo programiranje oziroma določanje koordinat poti orodja. Krmilnik potem avtomatično prišteva ali odšteva polmer orodja k programirani poti orodja.



Slika 73: Odstopanja od programirane poti orodja

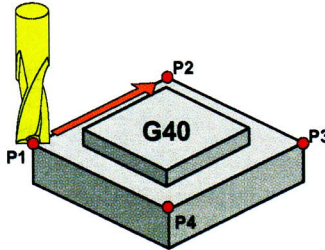
G40 Preklic kompenciacije polmera orodja

Z ukazom G40 prekličemo gibanje orodja levo oziroma desno od programirane poti. Orodje se giblje po programirani poti. Ukaz G40 je mogoče uporabljati le v kombinaciji z ukazoma G0 in G1 in je lahko v istem stavku kot G0 ali G1 ali pa v predhodnem stavku.

Oblika: *N... G40 G0/G1*

N... G40

N... G0/G1



Slika 74: Preklic upoštevavanja polmera orodja

G41, G42 Kompenciacija polmera orodja

Če je orodje (gledano v smeri obdelave) na levi strani programirane oblike, je izbrana leva kompenciacija polmera orodja G41.

Če je orodje (gledano v smeri obdelave) na desni strani programirane oblike, je izbrana desna kompenciacija polmera orodja G42.

Z G41/G42 potuje orodje po ekvidistantni poti glede na programirano pot. Razdalja je enaka polmeru orodja. Pred uporabo kompenciacije polmera je potrebno v registre vnesti polmer orodja oziroma polmer zaokrožitve ploščice. Ekvidistantno pot lahko določimo tudi z ukazom OFFN, kjer vnesemo odmik orodja.

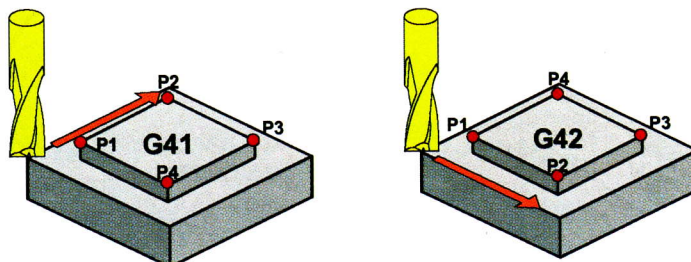
Menjava med G41 in G42 ne sme biti izvedena brez predhodnega preklica prejšnje kompenciacije polmera orodja G40.

Izbira kompenciacije polmera orodja je možna le v kombinaciji z G0 ali G1.

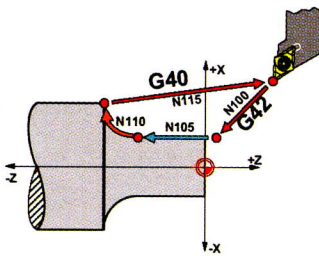
Sprememba korekcije orodja ni možna, dokler je v veljavi ukaz za kompenciacijo polmera orodja G41 ali G42.

Oblika: *N... G41/G42 G0/G1*

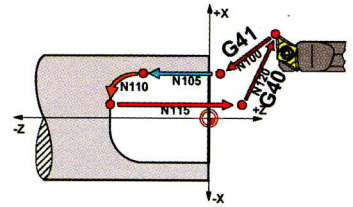
N... OFFN=...



Slika 75: Leva in desna kompenciacija polmera orodja (frezanje)



N10 G42 G0 X... Z...
 N15 G1 Z-...
 N20 G2 X... Z-... CR=...
 N25 G40 G0 X... Z...

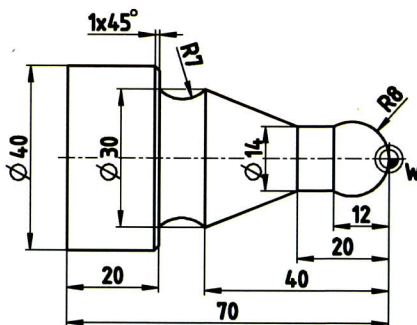


N10 G41 G0 X... Z...
 N15 G1 Z-...
 N20 G3 X... Z-... CR=...
 N25 G0 X... Z...
 N30 G40 G0 X... Z...

Slika 76: Leva in desna kompenzacija polmera orodja (struženje)

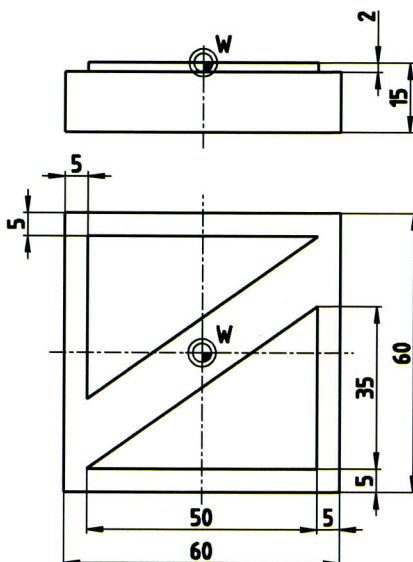
Primer 3

Primer zapisa programa za izdelek, ki je predhodno grobo obdelan, z uporabo ukazov G40 in G42



PRIMER_3S.MPF

N05 G54
 N10 TRANS Z70
 N15 T2 D1; Levi nož za fino obdelavo
 N20 G96 S200 F0.08 M4
 N25 G42 G0 X0 Z2
 N30 G1 Z0
 N35 G3 X14 Z-12 CR=8
 N40 G1 X14 Z-20
 N45 X30 Z-40
 N50 G2 X30 Z-50 CR=7
 N55 G1 X40 CHF=1
 N60 Z-51
 N65 G40 G0 X60 Z15
 N70 M30



PRIMER_3F.MPF

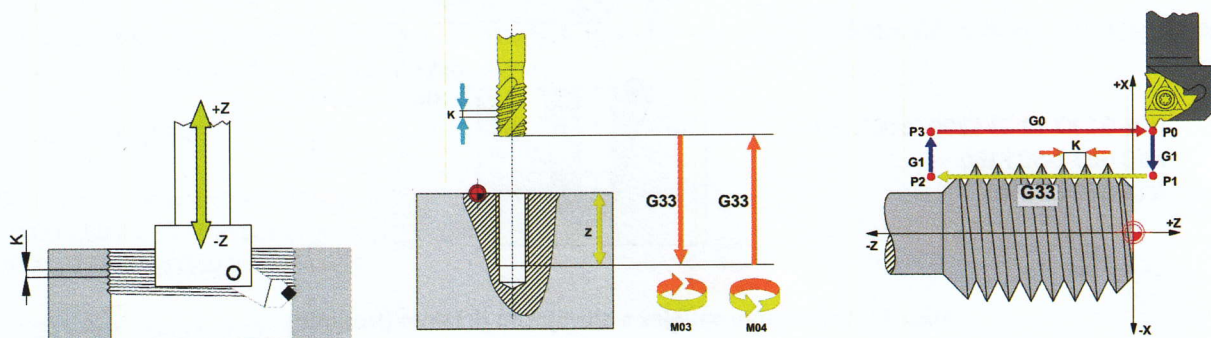
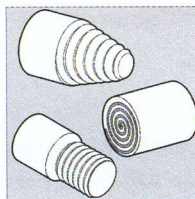
N05 G54
 N10 TRANS X30 Y-30 Z10
 N15 T4 D1 M6; Steblasto frezalo Ø10
 N20 S2500 F250 M3
 N25 G0 X-40 Y30 Z5
 N30 Z-2
 N35 G1 X30
 N40 Y-30
 N45 X-30
 N50 Y30
 N55 G0 Z2
 N60 X-35 Y-25
 N65 G42 Z-2
 N70 G1 X-25 Y-10
 N75 X30 Y28.5
 N80 X37 Y18.44
 N85 X-25 Y-25
 N90 G0 Z40
 N95 G40 X0 Y60
 N100 M30

G33 Izdelava navojev

S tem ukazom lahko stružimo ter frezamo notranje in zunanje navoje, vzdolžno, čelno in na konuse, ali pa navoje režemo. Korak navoja vnesemo glede na smer struženja/frezanja (čelno ali vzdolžno) s parametroma I ali K.

Oblika: N... G33 Z... K... (frezanje)
N... G33 X... Z... I/K... (struženje)

X, Z končna točka navoja
I, K korak navoja



Slika 77: Parametri ukaza G33

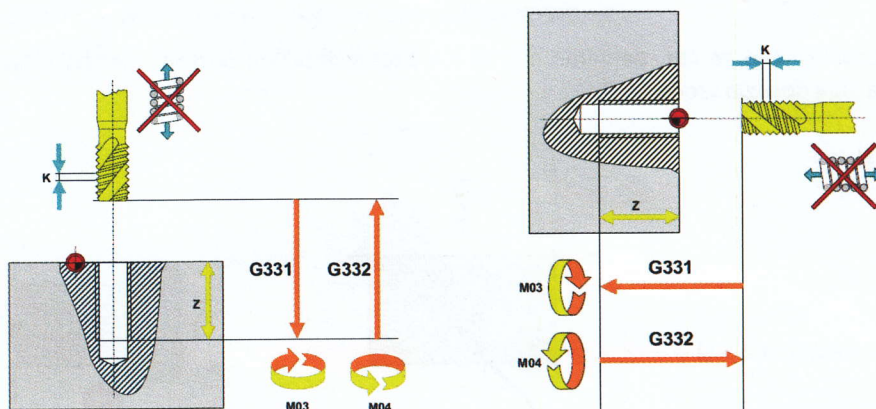
G331, G332 Vrezovanje navojev brez plavajočega držala

Z ukazom G331 režemo navoj do določene globine. Predhodno je potrebno pozicionirati vreteno z ukazom SPOS, zato mora stroj imeti pulzni generator.

Z ukazom G332 umaknemo orodje iz predhodno vrezanega navoja z ukazom G331. Smer vrtenja se spremeni avtomatično v nasprotno smer od smeri vrtenja vretena pri vrezovanju navoja.

Oblika: N... SPOS=...
N... G331 X... Z... K...
N... G332 X... Z... K...

X, Z končna točka navoja
I, K korak navoja (pozitivna vrednost – desni navoj, negativna vrednost – levi navoj)



Slika 78: Parametri ukaza G331, G332

G63 Vrezovanje navojev brez sinhronizacije

Ukaz je uporaben, kadar uporabljamo plavajoče držalo za navojne svedre ali navojne čeljusti. Tako vrezovanje kot odmik orodja iz izvrtine izvedemo z ukazom G63. Pri vrezovanju navojev moramo določiti podajanje:

$$F [\text{mm/min}] = S [\text{min}^{-1}] \times P [\text{mm/vrt}]$$

$$F [\text{mm/vrt}] = P [\text{mm/vrt}]$$

P korak navoja

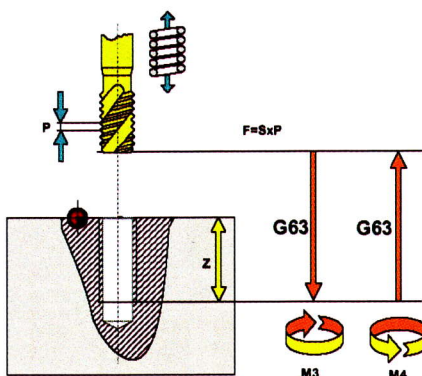
Oblika: N... G63 X... Y... Z... F... S...

Primer: $P = 0.8 \text{ mm}$, $S = 200 \rightarrow F = 160$

N05 G1 X2 Y2 Z3 S200 F1000 M3

N10 G63 Z-50 F160

N15 G63 Z3 M4



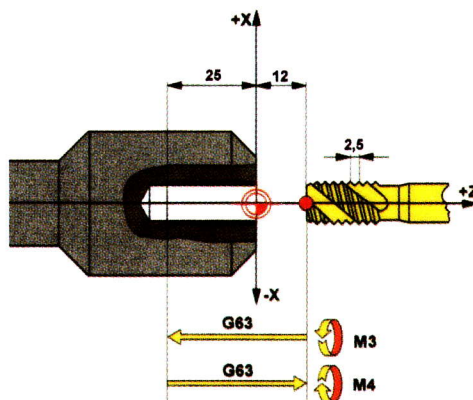
Slika 79: Vrezovanje navojev s plavajočim držalom (frezanje)

Primer: $P = 2.5 \text{ mm}$, $S = 200 \rightarrow F = 500$

N05 G1 X0 Z12 S200 F1000 M3

N10 G63 Z-25 F500

N15 G63 Z12 M4



Slika 80: Vrezovanje navojev s plavajočim držalom (struženje)

G4 Programiran zastoj orodja

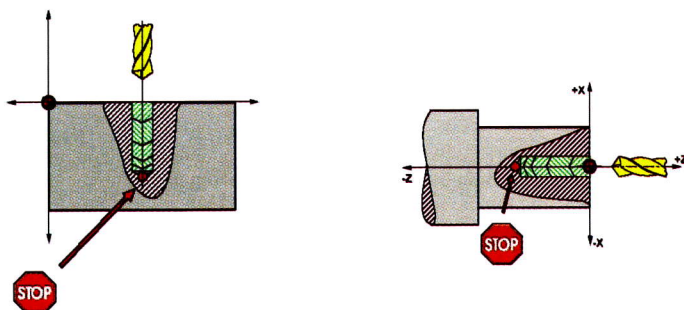
Gibanje orodja bo zaustavljeno za čas, definiran s S ali F v zadnji doseženi poziciji. Merjenje časa se začne, ko je podajanje prejšnjega giba doseglo vrednost 0.

Oblika: N... G4 F... [s]

N... G4 S... [vrt]

Primer:

N55 G4 F2.5 (zastoj za 2.5 s)



Slika 81: Programiran zastoj orodja

G9, G60, G601, G602, G603 Točno pozicioniranje

S temi ukazi določamo natančnost doseganja končnih točk gibanja in čas za začetek izvajanja naslednjega ukaza.

G9, G60 Točno pozicioniranje

Z ukazoma G9 in G60 aktiviramo ukaze G601, G602, G603. Ukaz G9 je aktiven samo v stavku, v katerem je zapisan, G60 pa, dokler ni preklican z ukazom G64 ali G641.

G601, G602 Ustavitev sprememb pri točnem pozicioniranju fino/grobo

Naslednji stavek bo obdelan potem, ko bo hitrost pomika v stavku z ukazom G9/G60 zmanjšana do mirovanja. Robovi ne bodo posneti, prehodi pa bodo ostri. Končni položaj je lahko določen s fino G601 ali z grobo toleranco G602.

G603 Ustavitev sprememb na koncu ustavitve interpolacije

Naslednji stavek bo izveden v trenutku, ko krmilnik izračuna podajanje 0 za določeno os. V tej točki se izvede podajanje v smeri druge osi, robovi bodo zaokroženi.

Oblika: N... G9/G60

N5 G602 ; Grobo pozicioniranje

N10 G0 G60 Z... ; Točno pozicioniranje, modalno

N20 X... Z... ; ukaz G60 je še aktiven

...

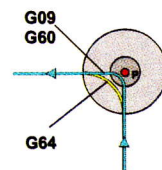
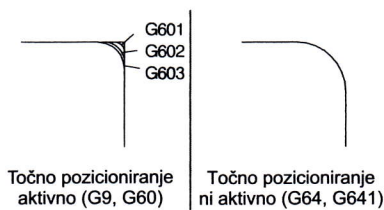
N50 G1 G601 ; Fino pozicioniranje

N80 G64 Z... ; Preklop v kontinuirano gibanje

...

N100 G0 G9 X... Z... ; Nemodalno

...



Slika 82: Načini pozicioniranja

G64, G641 Način kontinuiranega gibanja

Oblika bo obdelana s konstantnim podajanjem, kar prispeva k skrajšanju obdelovalnih časov in zaokroževanju ostrih robov ter prehodov orodja. Velikost zaokroževanja je odvisna od velikosti podajanja:

- večje podajanje → večji polmer zaokrožitve.

Z ukazom G641 lahko določimo velikost zaokroževanja robov.

Oblika: N... G64

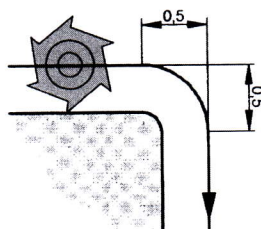
N... G641 ADIS=... (ADISPOS=...)

ADIS zaokroževanje za gibanje s programirano podajalno hitrostjo

ADISPOS zaokroževanje za gibanje s hitrim gibom

G641 ADIS=0.5

N05 G641 ADIS=0.5 G1 X... Z...



Slika 83: Način gibanja

G25, G26 Omejitev delovne površine/hitrosti vretena

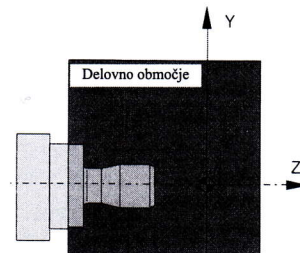
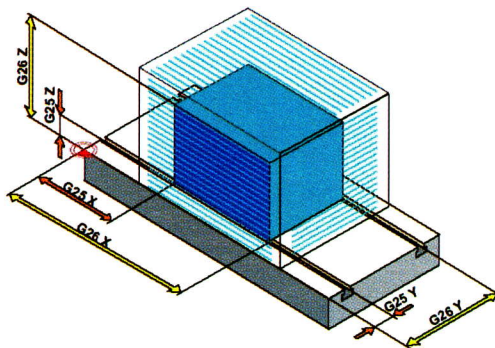
Z ukazom G25 omejimo spodnjo mejo površine oziroma hitrosti vretena, z ukazom G26 pa zgornjo mejo površine oziroma hitrosti. Z omejitvijo površine določimo meje, kjer se lahko orodje giblje.

Oblika: N... G25/G26 X... Y... Z...
N... G25/G26 S...

WALIMON vklop omejitve površine

WALIMOF izklop omejitve površine

N25 G25 X... Y... Z...
N30 G26 X... Y... Z...



Slika 84: Omejitev delovnega območja

G70 Mere v colah (Inch), G71 Mere v milimetrih

V colah oziroma milimetri bodo pretvorjene naslednje mere:

- koordinate X, Y, Z,
- parametri I, J, K, I1, J1, K1, CR,
- korak navoja,
- programirane premaknitve ničelnih točk TRANS, ATRANS,
- polarni polmeri RP.

Druge vrednosti, kot so podajanje, korekcije orodja ali premaknitve ničelnih točk, se preračunavajo v enotah, v katerih so bile vnesene.

G70/G71 naj bo definiran na začetku stavka, možna pa je tudi menjava G70/G71 med programom.

Oblika: N... G70/G71

G247, G248, DISR Oblika prehoda na konturo in izhoda z nje

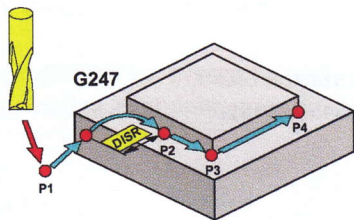
Da bi se izognili ostrim prehodom oziroma nezveznim konturam, je potrebno konture zapustiti oziroma prehajati nanje tangencialno. Na obdelovancu bo vidnih manj prehodov obdelave. Funkcije običajno uporabljamo skupaj s kompenzacijo polmera orodja oziroma konice orodja.

G247 prehod na konturo preko krožnega loka

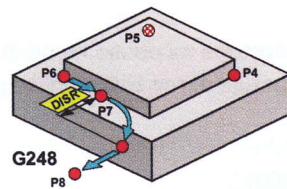
G248 zapustitev konture preko krožnega loka

Oblika: N... G247 G42 X... Y... Z... DISR=...

DISR polmer dostopa/izhoda na/s konture

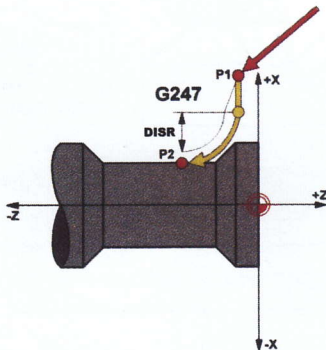


N50 G1 X... Y... Z... (P1)
N55 G247 G42 X... Y... DISR=... (P2)
N60 G1 X... Y... (P3)

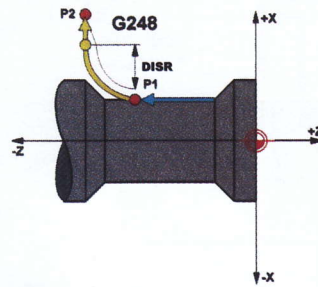


N150 G1 X... Y... Z... (P7)
N155 G248 G40 X... Y... DISR=... (P8)

Slika 85: Oblika prihoda in izhoda (frezanje)



N10 G0 G42 X... Z... (P1)
N15 G247 X... Z... DISR=... (P2)

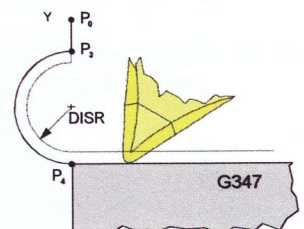
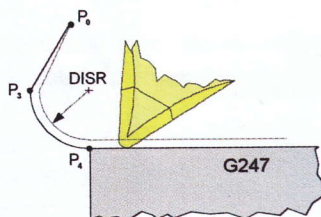
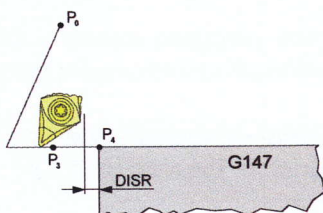


N10 G1 X... Z... (P1)
N15 G248 G40 X... Z... DISR=... (P2)

Slika 86: Oblika prihoda in izhoda (struženje)

Razen navedenih funkcij za dostop in izhod iz oblike (G247 in G248) so še naslednje funkcije, ki jih lahko uporabljamo za določanje načina dostopa orodja na obliko ter izhoda z nje:

- G140 mehak dostop in izhod
- G141 dostop in odhod z oblike z leve strani
- G142 dostop in odhod z oblike z desne strani
- G143 neposreden dostop in odhod z oblike glede na relativno pozicijo tangentne smeri
- G147 dostop preko ravne črte
- G148 odhod z oblike preko ravne črte
- G340 dostop in odhod z oblike v prostoru
- G341 dostop in odhod z oblike v ravnini
- G347 dostop preko polkroga
- G348 odhod z oblike preko polkroga
- G450 orodje se giblje okrog oglišča po krožnici, ki je enaka polmeru orodja
- G451 orodje se giblje okrog oglišča z ravnim iztekom in vtekom



Slika 87: Načini prihoda in izhoda z oblike

NORM, KONT Karakteristika dostopa

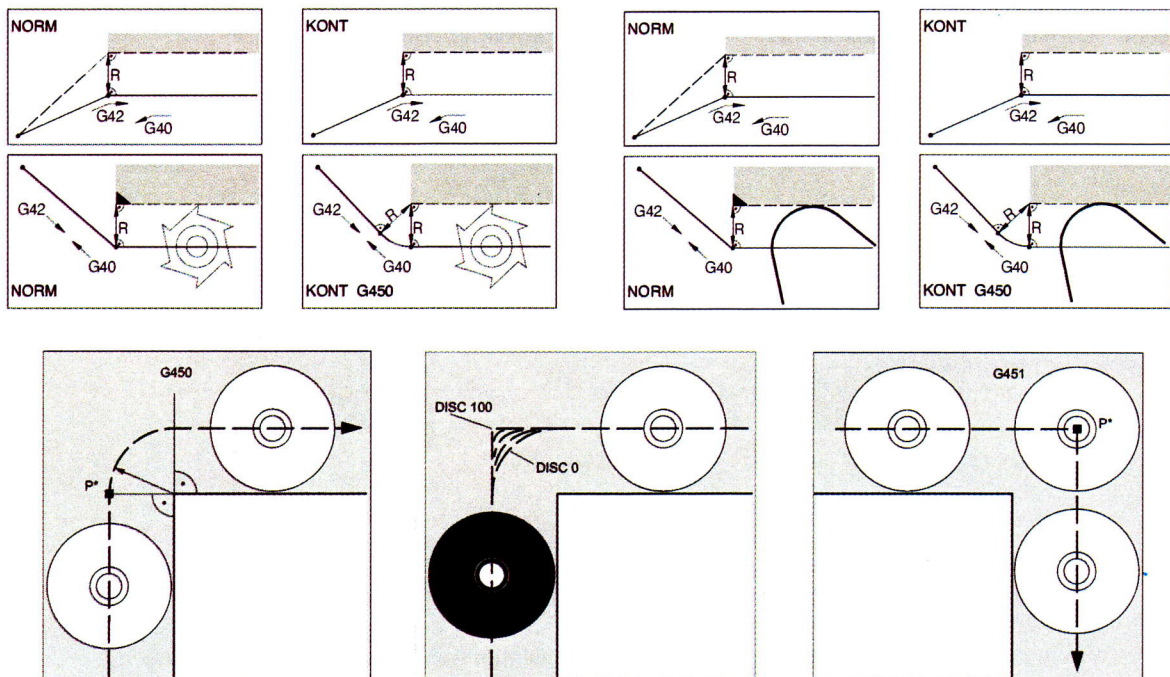
NORM Orodje dostopa na obliko ravno in pravokotno glede na startno točko.

KONT Orodje potuje okrog točke oblike glede na izbiro ukaza G450/G451.

Oblika: N... NORM

N... G450 DISC=...

N... G451



Slika 88: Karakteristika dostopa in izhoda

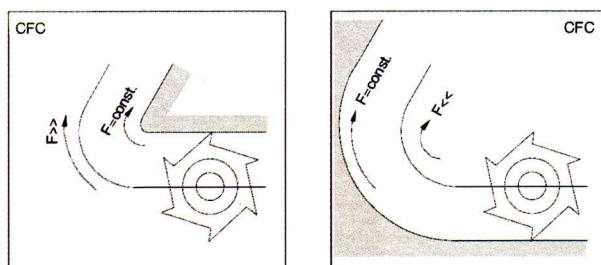
CFTCP, CFC, CFIN Optimizacija podajanja

Z vklopljenimi funkcijami G41/G42 se programirano podajanje običajno nanaša na središče polmera orodja oziroma zaokrožitve konice stružnega noža. Zato, npr. pri frezanju okroglin, prihaja do spremembe podajalne hitrosti na robu orodja, kar pa vpliva na kvaliteto površine. Karakteristiko podajanja oziroma podajalne hitrosti lahko določimo z naslednjimi ukazi:

CFTCP konstantna hitrost v središču orodja (Oblika konture ne vpliva na hitrost v središču orodja.)

CFC konstantna hitrost na obliki – privzeto (Podajalna hitrost središča orodja je večja, če se orodje nahaja na zunanji strani oblike, manjša pa, če je orodje na notranji strani oblike.)

CFIN konstantna hitrost na notranjem polmeru (Podajalna hitrost poti središča orodja se bo zmanjšala, če je orodje znotraj oblike. Orodje na zunanji strani oblike ne poveča hitrosti.)



Slika 89: Karakteristika podajanja

DIAMON, DIAMOF Vnašanje koordinate X

DIAMON koordinata X kot premer

DIAMOF koordinata X kot polmer

Delo s podprogrami

Pri obdelavi je potrebno nekatere faze ponavljati, ker je na izdelku več enakih oblik (utorov, žlebov ...) ali pa je globina za en prehod orodja prevelika. V takih primerih izdelamo enega ali več podprogramov. Podprogram mora predstavljati zaključeno celoto obdelave enega dela obdelovanca in ga lahko večkrat ponovimo.

Oblika: *PRIMER.SPF*

...

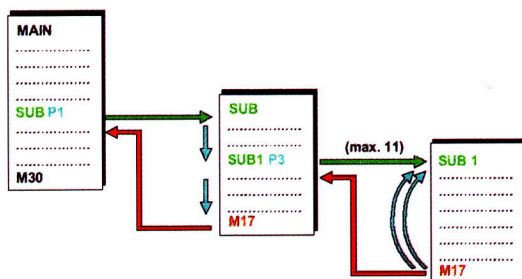
N... M17

Klicanje podprograma:

PRIMER P1

PRIMER ime podprograma

P1 število ponovitev podprograma (max. 99)



Številke in imena, rezerviranih za cikle, ne uporabljamo za podprograme.

MCALL Pogojno klicanje podprogramov

S to funkcijo se avtomatično včitavajo in izvršujejo podprogrami v vsakem naslednjem stavku z gibanjem orodja. Tako lahko programiramo izvajanje iste operacije na različnih pozicijah obdelovanca.

Preklic klicanja podprogramov izvedemo samo z ukazom MCALL ali pa s programiranjem novega klicanja pogojnega podprograma.

Oblika: *N... MCALL Vrtanje*

Primer:

```
N05 G0 X0 Y0
N10 MCALL TEST
N15 X10 Y10
N20 X50 Y50
N25 MCALL
```

MSG Programiranje sporočil

S programiranjem oziroma vnašanjem informacij omogočamo uporabniku razumevanje izvajanja oziroma postopek izdelave izdelka. Sporočilo je lahko dolgo do 124 znakov v dveh vrsticah in se izpiše na zaslon.

Sporočila v samem programu lahko dodajamo tudi tako, da za podpičjem (;) napišemo besedilo. To besedilo je namenjeno programerju za razložitev pomena določenih funkcij v programu in se ne izpiše na zaslon.

Oblika: *N... MSG("Vrtanje")* – izpiše na zaslon

N... T2 D1; Levi nož – informacija v samem programu

Spremenljivke in aritmetični parametri

Spremenljivke uporabljamo za povečanje fleksibilnosti programiranja.

Ločimo:

- uporabniško definirane spremenljivke,
- aritmetične parametre,
- sistemske spremenljivke.

Uporabniške in aritmetične spremenljivke določi uporabnik, sistemske pa so shranjene v krmilniku ter jih lahko uporabljamo v programu. Sistemske spremenljivke določajo obnašanje in stanje stroja ter krmilnika, začnejo pa s posebnim znakom (\$).

Spremenljivke so lahko:

- cela števila s predznakom (INT),
- realna števila (REAL),
- logične vrednosti (BOOL),
- znak po kodi ASCII (CHAR),
- besedilo (STRING),
- ime osi (AXIS)
- geometrični parametri za translacijo, rotacijo, merilo, zrcaljenje (FRAME).

Uporabniško definirane spremenljivke določi programer. Takšne spremenljivke lahko uporabljamo samo v programu, kjer so določene (lokalne spremenljivke), ali pa v vseh programih (globalne spremenljivke). Ime spremenljivke je lahko sestavljeno iz 32 znakov, pri tem pa morata biti prva dva znaka obvezno črki ali podčrtaj (_).

Oblika: *N... DEF INT Ime*
N... DEF INT ime=vrednost

Primer:

```
DEF REAL FFR, RFF, RFP=102, DPR=25,SDIS=2; Določanje spremenljivk in vrednosti
N10 GO FFR=300 RFF=1.5*FFR S500 M4
N20 G18 T1 D1 Z70 X50 Y105
N30 M6
N40 CYCLE85(RFP+3, RFP, SDIS, , DPR, ,FFR, RFF)
N50 M30

N10 DEF BOOL REZULTAT
N20 REZULTAT=ISFILE("TEST")
N30 IF(REZULTAT==FALSE)
N40 MSG("DATOTEKA NE OBSTAJA")
N50 M0
N60 ENDIF
```

Posredno (indirektno) programiranje omogoča univerzalno uporabo programa, kjer posamezne programske besede ali vrednosti zamenjamo s spremenljivkami določenega tipa. Posredno lahko programiramo vse programske besede razen številkih stavkov (N), glavnih funkcij (G) in podprogramov (L).

Primer:

```
G94 S2=2000 M2=3      (direktno programiranje števila vrtljajev glavnega vretena)

DEF INT STEV_VRT=2     (določitev številke vretenu)
G94 S[STEV_VRT]=2000 M[STEV_VRT]=3
```

Aritmetični parametri so spremenljivke, ki so vnaprej določene ali pa se izračunajo med izvajanjem programa. Aritmetične parametre lahko medsebojno povežemo s pomočjo aritmetičnih operacij in funkcij v enačbe. Parametre lahko povežemo tudi s pomočjo pogojnih stavkov (IF-ELSE-ENDIF), zank (LOOP-ENDLOOP, FOR-ENDFOR, WHILE-ENDWHILE, REPEAT-UNTIL), logičnih operatorjev, primerjalnih operatorjev (relacije, neenakosti).

Oblika: $N... Rn=...$

Primer:

```
N10 R1=R1+1
N20 R1=R2+R3 R4=R5-R6 R7=R8*R9
N30 R13=SIN(25.3)
...
N60 G1 X=R1 Z=R2 F300
N70 Z=R3
N80 X=-R4
N90 Z=-R7
...
N150 IF R10>=100 GOTOF SKOK
N160 IF (R10<50) AND ($AA_IM[X]>=17.5) GOTOF KONEC
```

Preskoki v programu

GOTOB Naslov

ali

GOTOF Naslov

Naslov:

GOTOB skok na določeno vrstico nazaj

GOTOF skok na določeno vrstico naprej

Naslov ime ciljne vrstice

Naslov: ciljna vrstica

Program se nadaljuje z obdelavo v ciljni vrstici.

Primer:

```
N10 GOTOF N40
...
N40 G1 X30 Y60
...
N100 SKOK:
...
N140 GOTOB SKOK
```

11.5 CIKLI ZA VRTANJE IN VREZOVANJE NAVOJEV

CYCLE81 Cikel za vrtanje, središčenje

Oblika: $N... CYCLE81(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR)$

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)

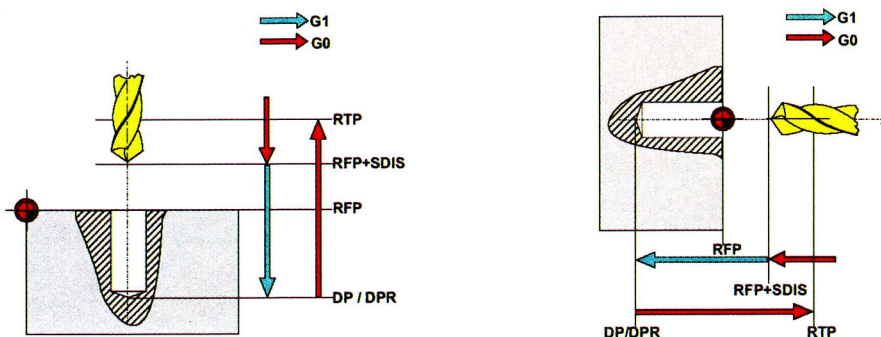
RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina vrtanja)

SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)

DP končna globina vrtanja – absolutno

DPR končna globina relativno glede na referenčno ravnino – brez predznaka

Programiramo lahko DP ali DPR. Če sta programirana oba, velja DPR. Predhodno je potrebno izbrati ustrezno ravnino.



Slika 90: Cikel vrtanja, središčenja

CYCLE82 Cikel za vrtanje, grezenje

Oblika: $N... CYCLE82(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DTB)$

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)

RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina vrtanja)

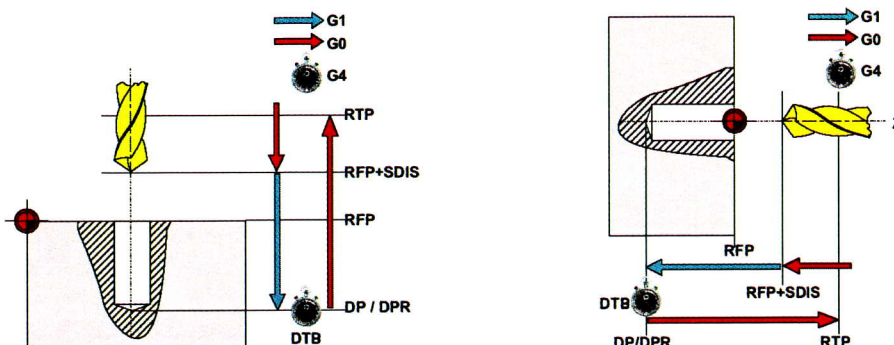
SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)

DP končna globina vrtanja – absolutno

DPR končna globina relativno glede na referenčno ravnino – brez predznaka

DTB čas zaustavitve na dnu izvrtine [s]

Programiramo lahko DP ali DPR. Če sta programirana oba, velja DPR. Predhodno je potrebno izbrati ustrezno ravnino.



Slika 91: Cikel vrtanja, grezenja

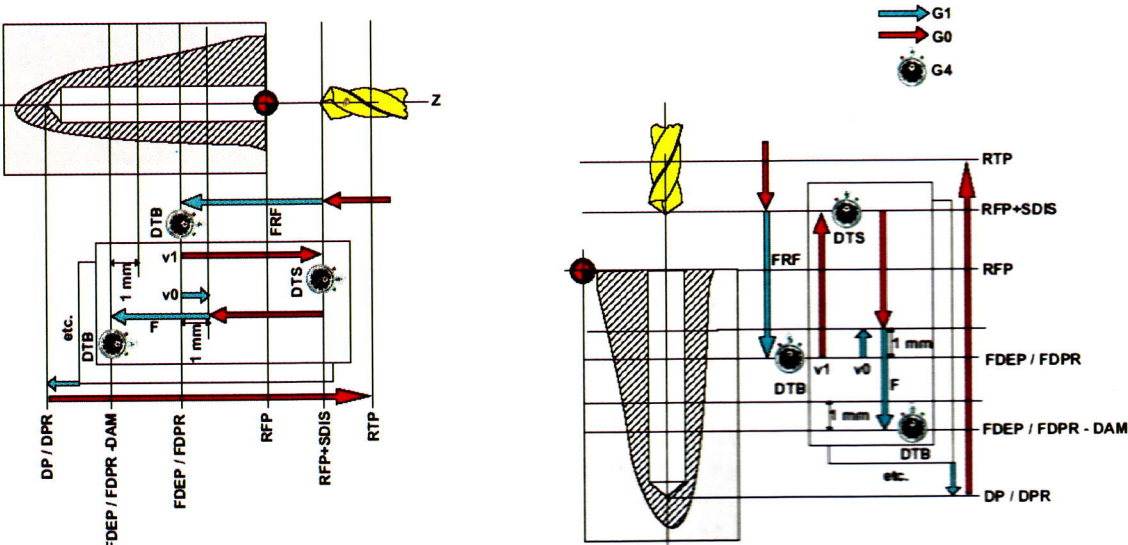
CYCLE83 Cikel za vrtanje globokih izvrtin

Oblika: N... CYCLE83(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,FDEP,FDPR,DAM,DTB,DTS,FRF,VARI,AXN,MDEP,VRT,DTD,DIS1)

- RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
- RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina vrtanja)
- SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
- DP končna globina vrtanja – absolutno
- DPR končna globina relativno glede na referenčno ravnino – brez predznaka
- FDEP globina prvega vrtanja – absolutno
- FDPR globina prvega vrtanja – relativno
- DAM vrednost zmanjševanja globine vrtanja
- DTB čas zaustavitve na dnu izvrtine [s]
DTB<0 število vrtljajev
DTB>0 število sekund
- DTS čas zastoja pred nadaljnjim vrtanjem [s]
- FRF faktor zmanjševanja podajanja po prvem vrtanju (0,001-1)
- VARI način vrtanja (VARI = 0 – prekinitev odrezka, VARI = 1 – čiščenje izvrtine)
- AXN izbira lege osi orodja

	G17	G18	G19
X	AXN=1	AXN=2	AXN=3
Y	AXN=2	AXN=3	AXN=1
Z	AXN=3	AXN=1	AXN=2

- MDEP minimalna globina vrtanja (Če je globina vrtanja po izračunu vrednosti zmanjševanja globine vrtanja manjša od minimalne globine, se vrtanje nadaljuje z minimalno globino posameznega vrtanja.)
- VRT višina odmika orodja pri prekinjanju odrezka. Če VRT=0, je odklik orodja 1 mm.
- DTD čas zaustavitve na končni globini izvrtine
DTD<0 število vrtljajev
DTD>0 število sekund
DTD=0 čas, definiran v DTB
- DIS1 razdalja od dna izvrtine pred nadaljnjim vrtanjem (pri VARI=1)
DIS1>0 programirana razdalja
DIS1=0 izračun krmilnika



Slika 92: Vrtanje globokih lukenj

CYCLE84 Togo vrezovanje navojev

Cikel omogoča vrezovanje zunanjih in notranjih navojev, kadar uporabljamo standardna držala (držala brez kompenzacije). Uporabljamo ga na strojih, ki omogočajo natančno ustavitev delovnega vretena (pulzni generator).

Programiramo MPIT (za normalne merske navoje) ali PIT (drobni metrski navoj).

Oblika: *N... CYCLE84(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DTB,SDAC,MPIT,PIT,POSS,SST,SST1,AXN,PTAB,TECH,VARI,DAM,VRT)*

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)

RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina vrtnja)

SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)

DP..... končna globina navoja – absolutno

DPR končna globina navoja relativno glede na referenčno ravnino – brez predznaka

SDAC smer vrtenja vretena po končanem ciklu (3 – desno, 4 – levo, 5 – stop)

MPIT korak navoja za normalni metrski navoj [3 (M3) – 48 (M48)]

PIT korak navoja [mm] (0,001-2000)

POSS pozicija vretena za natančno ustavitev pred začetkom cikla

SST hitrost vretena pri vrezovanju navoja

SST1 hitrost vretena pri umiku orodja

AXN izbira lege osi orodja

	G17	G18	G19
X	AXN=1	AXN=2	AXN=3
Y	AXN=2	AXN=3	AXN=1
Z	AXN=3	AXN=1	AXN=2

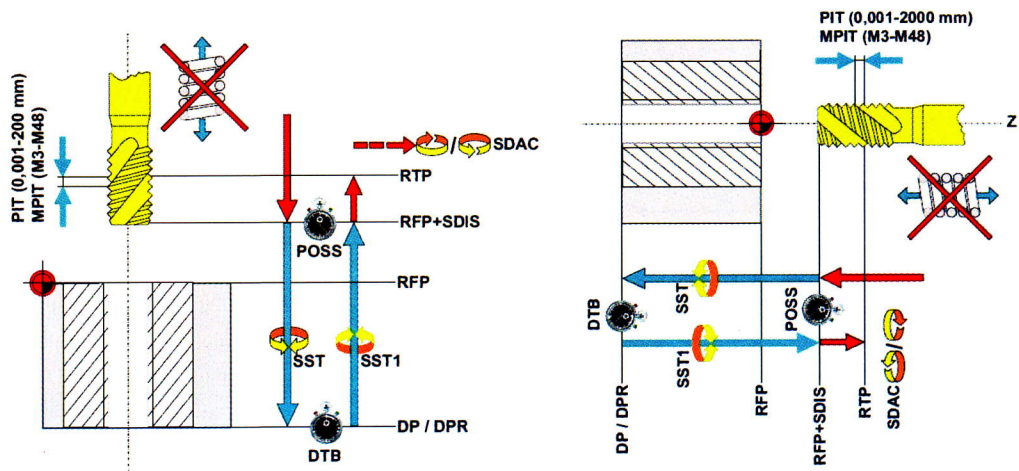
PTAB izbira enot za korak navoja pri PIT
0 – enako merskemu sistemu v programu
1 – korak [mm]
2 – korak [število navojev/inch]
3 – korak [inch/vrtljaj]

TECH tehnološke nastavitve
xxx0 – ustavitev, programirana kot pred ciklom
xxx1 – G601
xxx2 – G602
xxx3 – G603
xx0x – kontrola krmiljenja, programirana kot pred ciklom
xx1x – s kontrolo krmiljenja (FFWON)
xx2x – brez kontrole krmiljenja (FFWOFF)
x0xx – pospeševanje kot pred ciklom
x1xx – omejeno sunkovito pospeševanje osi
x2xx – hitro pospeševanje osi
x3xx – reducirano pospeševanje osi
0xxx – ponovno aktiviranje nastavitve vretena (MCALL)
1xxx – nastavitve ostanejo v kontroli pozicije (MCALL)

VARI način vrezovanja
0 – neprekinjeno vrezovanje
1 – globoko vrezovanje navojev s prekinitvijo odrezkov
2 – globoko vrezovanje navojev z odstranjevanjem odrezkov

DAM relativna globina vrezovanja navoja brez predznaka

VRT višina odmika orodja pri prekinjanju odrezka (Če VRT=0, je odmik orodja 1 mm.)



Slika 93: Parametri cikla za togo vrezovanje navojev

CYCLE840 Ciklično vrezovanje navojev

Cikel omogoča vrezovanje zunanjih in notranjih navojev, kadar uporabljamo plavajoče držalo za navojne svedre in navojne čeljusti.

Programiramo MPIT (za normalne merske navoje) ali PIT (drobni metrski navoj).

Oblika: *N... CYCLE840(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DTB,SDR,SDAC,ENC,MPIT,PIT,AXN,PTAB,TECH)*

SDR smer vrtenja vretena pri umiku orodja (0 – avtomatično, 3 – desno, 4 – levo)

SDAC smer vrtenja vretena po končanem ciklu (3 – desno, 4 – levo, 5 – stop)

ENC uporaba kodirnika (0 – uporabi, 1 – ne uporabi)

MPIT korak navoja za normalni metrski navoj [3 (M3) – 48 (M48)]

PIT korak navoja [mm] (0,001-2000)

AXN izbira lege osi orodja

	G17	G18	G19
X	AXN=1	AXN=2	AXN=3
Y	AXN=2	AXN=3	AXN=1
Z	AXN=3	AXN=1	AXN=2

PTAB izbira enot za korak navoja pri PIT

0 – enako merskemu sistemu v programu

1 – korak [mm]

2 – korak [število navojev/inch]

3 – korak [inch/vrtljaj]

TECH tehnološke nastavitve

Xx0 – ustavitev, programirana kot pred ciklom

Xx1 – G601

Xx2 – G602

Xx3 – G603

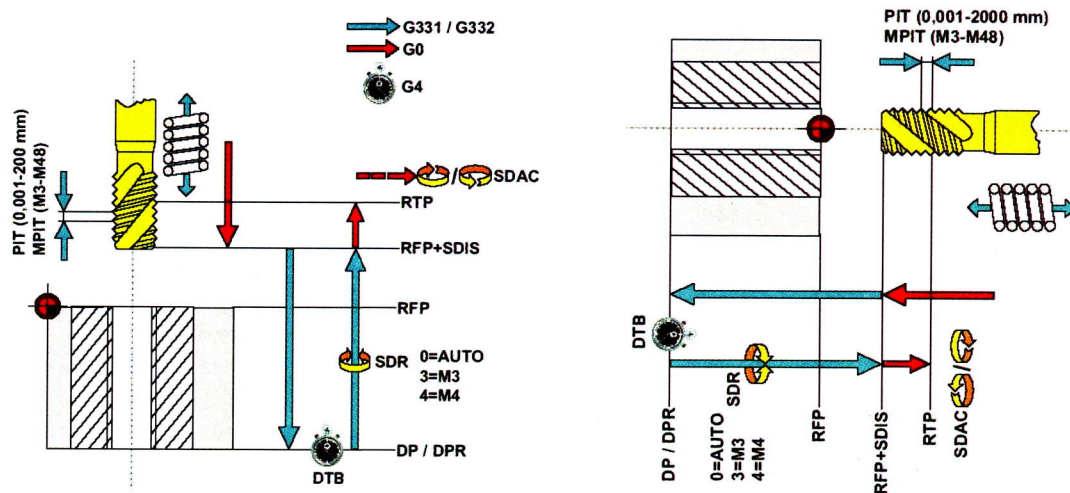
X0x – kontrola krmiljenja, programirana kot pred ciklom

X1x – s kontrolo krmiljenja (FFWON)

X2x – brez kontrole krmiljenja (FFWOFF)

0xx – točka zaustavitve pogona brez izračuna

1xx – točka zaustavitve pogona izračuna krmilnik



Slika 94: Cikel vrezovanja navojev s plavajočim držalom

CYCLE85 Izvrtalni cikel 1

Cikel deluje podobno kot cikel CYCLE82. Uporabljamo ga za povrtavanje. Predhodno izberemo ustrezno ravnino.

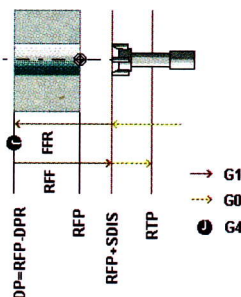
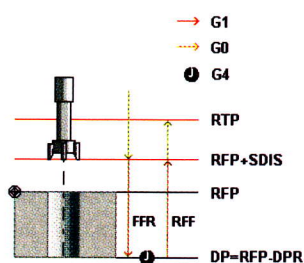
Razlika:

- podajalna hitrost ni zadnja programirana, ampak jo določimo s parametrom FFR;
- hitrost umika iz izvrtine ni hitri gib, ampak je določena s parametrom RFF.

Oblika: $N... CYCLE85(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, FFR, RFF)$

FFR podajalna hitrost

RFF hitrost umika iz izvrtine



Slika 95: Izvrtalni cikel 1

CYCLE86 Izvrtalni cikel 2

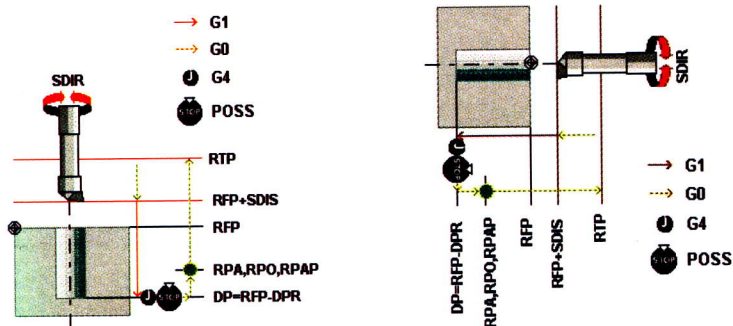
Cikel deluje podobno kot cikel CYCLE82, kot orodje pa uporabljamo vrtno palico za razvrtavanje z nožem. Uporabljamo ga za vrtanje izvrtin večjih premerov, stroj pa mora imeti pulzni generator za natančno ustavljanje vretena. Predhodno je potrebno izbrati ustrezno ravnino.

Razlika:

- smer vrtenja je določena s parametrom SDIR;
- na dnu izvrtine je določena zaustavitev vretena (POSS), tako da lahko odmaknemo vrtno glavo s parametri RPA, RPO, RPAP v smeri osi X, Y, Z. S tem se izognemo poškodb površine.

Oblika: $N... CYCLE86(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDIR, RPA, RPO, RPAP, POSS)$

SDIR smer vrtenja vretena (3 – desno, 4 – levo)
RPA odmik v smeri osi X – relativno s predznakom
RPO odmik v smeri osi Y – relativno s predznakom
RPAP odmik v smeri osi Z – relativno s predznakom
POSS položaj vretena za ustavitev vretena

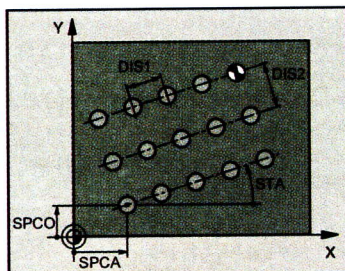


Slika 96: Izvrtalni cikel 2

CYCLE801 Mrežna razporeditev izvrtin

Oblika: *N... CYCLE801(SPCA,SPCO,STA1,DIS1,DIS2,NUM1,NUM2)*

STA1 kot glede na os X
DIS1 razdalja med stolpci – brez predznaka
DIS2 razdalja med vrsticami – brez predznaka
NUM1 število stolpcev
NUM2 število vrstic



Slika 97: Mrežna razporeditev izvrtin

HOLES1 Razporeditev izvrtin v vrsto

S to funkcijo razporedimo pozicije izvrtin v vrsto, izvrtine pa bodo izdelane z enim izmed ciklov za vrtnanje, določenih kot pogojni cikel.

Oblika: *N... HOLES1(SPCA,SPCO,STA1,FDIS,DBH,NUM)*

SPCA začetna točka v smeri osi X
SPCO začetna točka v smeri osi Y
STA1 kot vrste z izvrtinami glede na os X
FDIS razdalja prve izvrtine od začetne točke – relativno brez predznaka
DBH razdalja med izvrtinami – relativno brez predznaka
NUM število lukenj

HOLES2 Razporeditev izvrtin po krožnici

S to funkcijo razporedimo pozicije izvrtin po krožnici, izvrtine pa bodo izdelane z enim izmed ciklov za vrtnje, določenih kot pogojni cikel. Izvrtine so razporejene v nasprotni smeri gibanja urnega kazalca.

Oblika: $N... HOLES2(CPA,CPO,RAD,STA1,INDA,NUM)$

CPA središčna točka v smeri osi X

CPO središčna točka v smeri osi Y

RAD polmer krožnice

STA1 kot prve izvrtine glede na os X

INDA kot med izvrtinami (Če je INDA = 0, potem so izvrtine razporejene enakomerno.)

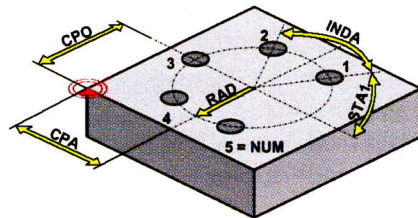
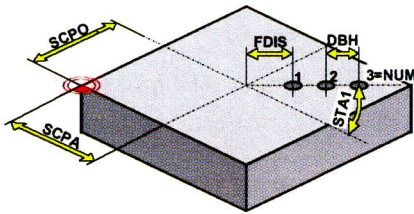
NUM število izvrtin

Primer:

MCALL CYCLE81(...) – pogojni klic cikla

HOLES2(...) – razporeditev izvrtin

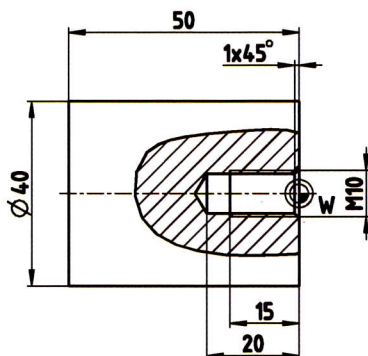
MCALL – preklic pogojnega cikla



Slika 98: Razpored izvrtin v vrsto HOLES1 in razpored izvrtin po krožnici HOLES2

Primer 4

Primer zapisa programa z uporabo ciklov za vrtnje in vrezovanje navojev



PRIMER_4S.MPF

N005 G54

N010 TRANS Z50

N015 G17

N020 T3 D1; Središčni sveder $\varnothing 12/90^\circ$

N025 G95 S1000 F0.1 M3

N030 G0 X0 Z5

N035 CYCLE81(5,0,2,-5,0)

N040 G0 Z60

N045 T4 D1; Sveder $\varnothing 8.5$

N050 G95 S1200 F0.15 M3

N055 G0 Z5

N060 CYCLE83(5,0,2,-22.45,0,-8,0,2,0,0,1,0,3,5,0,0,0)

N065 G0 Z60

N070 T5 D1; Navojni sveder M10

N075 G97 S200 M3

N080 G0 Z5

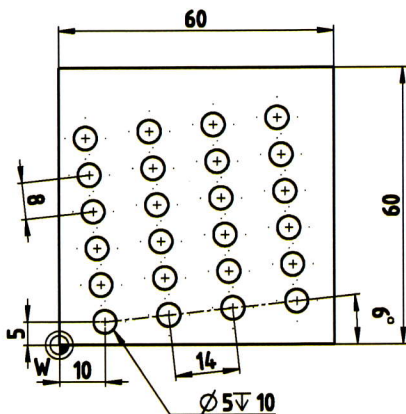
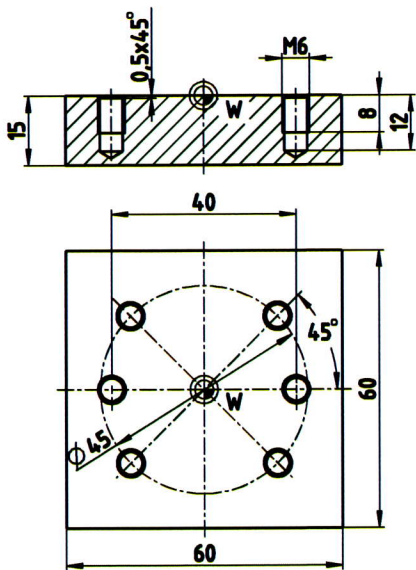
N085 CYCLE840(5,0,2,-18,0,2,0,5,0,10,0,3,,)

N090 G0 X50 Z60

N095 G18

N100 M30

N155 M30



N55 M30

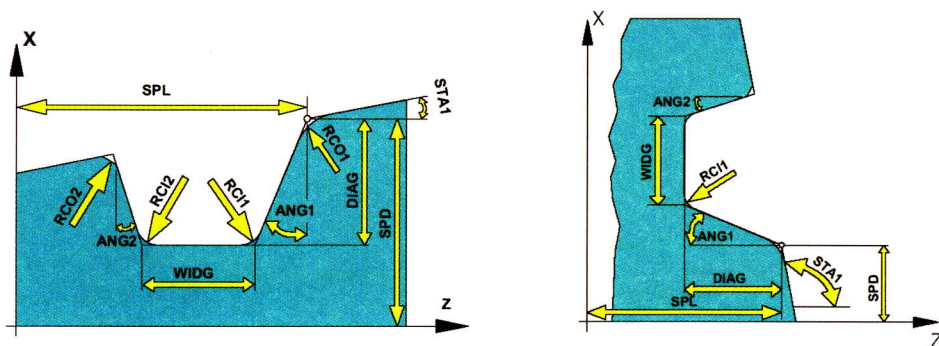
11.6 CIKLI ZA STRUŽENJE

CYCLE93 Zarezovanje

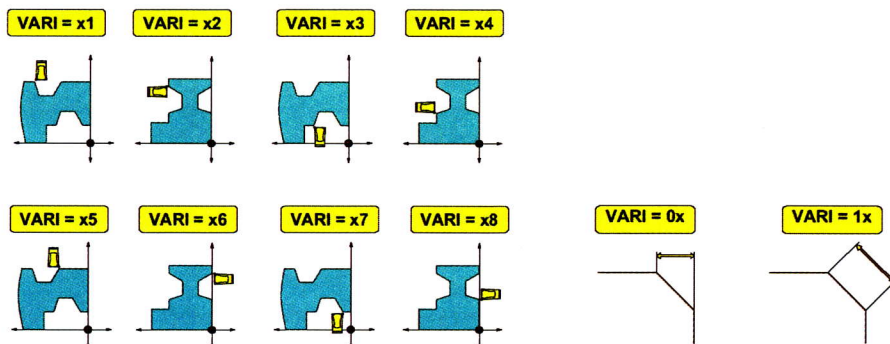
Cikel CYCLE93 omogoča izdelavo notranjih in zunanjih utorov ter žlebov na obodu in čelni strani. Pri vnosu podatkov o orodju vnesemo korekturi za oba rezalna robova, in sicer v sosednja registra (npr. D1 in D2). Cikel potem glede na pozicijo rezanja utora (leva ali desna stran) izbere ustrezen register ter ga aktivira.

Oblika: $N... CYCLE93(SPD,SPL,WIDG,DIAG,STA1,ANG1,ANG2,RCO1,RCO2,RCI1,RCI2,FAL1,FAL2,IDEP,DTB,VARI,VRT)$

SPD začetna točka v smeri osi X brez predznaka
SPL začetna točka v smeri osi Z
WIDG širina utora na dnu brez predznaka
DIAG globina utora glede na startno točko brez predznaka
STA1 kot med obliko in osjo ($0^\circ - 180^\circ$)
ANG1 kot nagiba boka na strani začetka brez predznaka ($0^\circ - 89,999^\circ$)
ANG2 kot nagiba boka na nasprotni strani brez predznaka ($0^\circ - 89,999^\circ$)
RCO1 polmer (+) / posnetje (-) na robu utora na strani začetka utora
RCO2 polmer (+) / posnetje (-) na robu utora na nasprotni strani začetka utora
RCI1 polmer(+) / posnetje (-) na dnu utora na strani začetka utora
RCI2 polmer (+) / posnetje (-) na dnu utora na nasprotni strani začetka utora
FAL1 dodatek za končno obdelavo na dnu utora
FAL2 dodatek za končno obdelavo za boke utora
IDEP globina posameznega prehoda orodja brez predznaka
DTB čas zaustavitve na dnu utora [s]
VARI način obdelave
VRT višina odmika orodja pri prekinjanju odrezka (Če $VRT=0$, je odmik orodja 1 mm.)



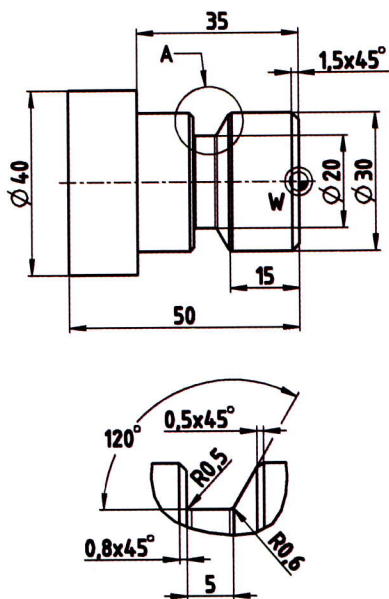
Slika 99: Parametri cikla zarezovanja



Slika 100: Možnosti parametra VARI

Primer 5

Zapis programa za izdelek, ki je grobo obdelan, z uporabo ukaza za ciklično zarezovanje, s predhodno izvedeno fino obdelavo



PRIMER_55.MPF

N05 G54

N10 TRANS Z50

N15 T2 D1; Levi nož za fino obdelavo

N20 G96 S200 F0.08 M4

N25 G0 X-1 Z1

N30 G1 Z0

N35 G1 X30 CHF=1.5

N40 G1 Z-35

N45 X42

N50 G0 X60 Z-20

N55 T4 D1; Nož za zarezovanje b=3

N60 G96 S100 F0.06 M4

N65 G0 X35 Z-20

N70 CYCLE93(30,-15,5,5,,30,,,-0.5,-0.8,0.6,0.5,,,2,0.5,5,0)

N75 G0 X60 Z10

N80 M30

CYCLE94 Žlebljenje

Cikel CYCLE94 omogoča izdelavo zunanjih in notranjih žlebov po DIN 509 oblike E in F za premere obdelovanca, večje od 3 mm. Dovoljena so orodja z lego konice 1, 2, 3, 4. Če pri podatkih o orodju vnesemo tudi vrednost za prosti kot, bo to krmilnik upošteval pri izdelavi žleba. V primeru nemogoče izdelave z določenim orodjem bo izdelava kljub temu izvršena z določenimi napakami v obliki žleba. Uporabljajo se lahko samo orodja z lego konice 1, 2, 3, 4.

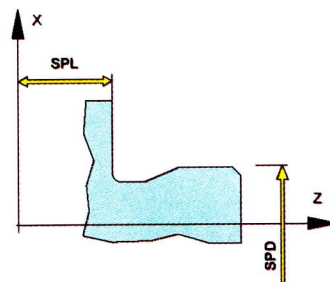
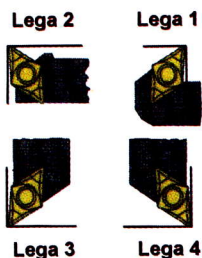
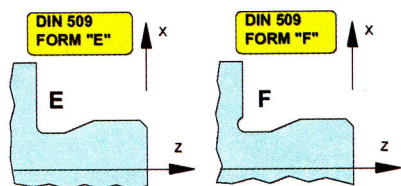
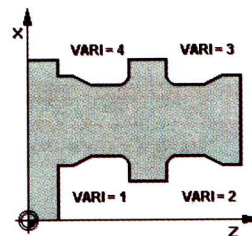
Oblika: N... CYCLE94(SPD,SPL,FORM,VARI)

SPD startna točka v smeri osi X brez predznaka

SPL startna točka v smeri osi Z

FORM oblika žleba (E, F)

VARI položaj žleba



Slika 101: Parametri cikla žlebljenja

CYCLE95 Cikel za grobo in fino obdelavo

Ciklična obdelava je lahko zunanja ali notranja, vzdolžna ali prečna, groba ali fina ali pa kombinacija obeh. Oblika konture mora biti določena v podprogramu z ukazi G1, G2, G3. Pri zunanjem struženju mora biti orodje pred klicanjem cikla izven največjega premera, določenega v podprogramu, pri notranji obdelavi pa znotraj najmanjšega premera. Če pri podatkih o orodju vnesemo tudi vrednost za prosti kot, bo to krmilnik upošteval pri izdelavi vrezov.

Oblika: N... CYCLE95(NPP,MID,FALZ,FALX,FAL,FF1,FF2,FF3,VARI,DT,DAM,VRT)

NPP ime podprograma oblike izdelka ("IME")

MID maksimalna globina posameznega prehoda orodja

FALZ dodatek za končno obdelavo v smeri osi Z brez predznaka

FALX dodatek za končno obdelavo v smeri osi X brez predznaka

FAL dodatek za končno obdelavo v obeh smereh enako paralelno k obliki

FF1 podajanje za grobo obdelavo brez zastruženj

FF2 podajanje za grobo obdelavo pri zastruženju

FF3 podajanje za fino obdelavo

VARI način obdelave (1...12)

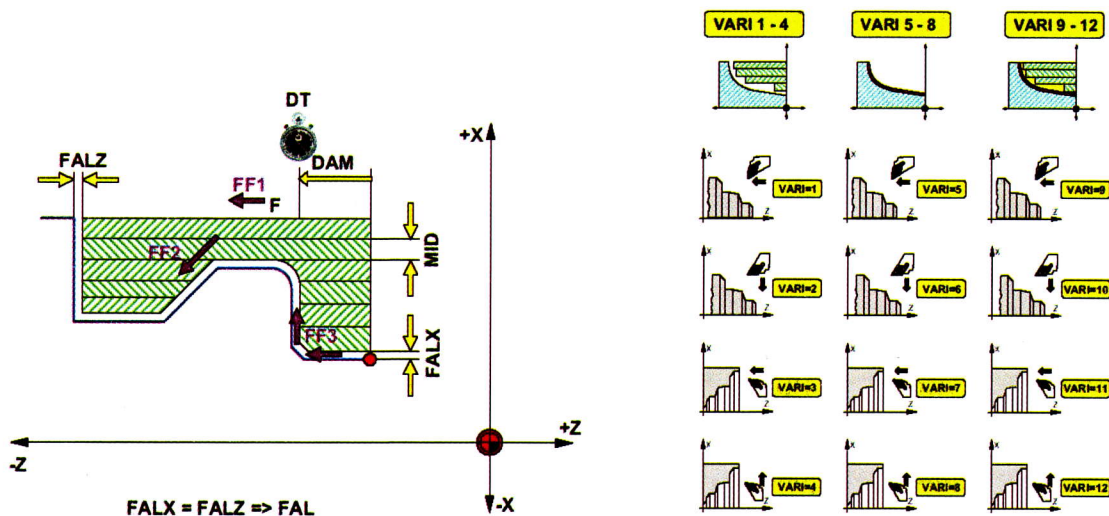
0xx – z vračanjem orodja po obliki

1xx – brez vračanja orodja po obliki (Možnost nastanka ostankov materiala.)

DT čas zaustavljanja za lomljenje odrezkov pri grobi obdelavi

DAM dolžina poti orodja pred prekinjanjem odrezka (DAM = 0 – brez prekinitve)

VRT višina odmika orodja od oblike pri povratnem gibu (Če VRT=0, je odmik orodja 1 mm.)



Slika 102: Parametri cikla grobe in fine obdelave

VARI	Vzdolžno/Prečno	Zunaj/Znotraj	Tip obdelave
1	Vzdolžno	Zunaj	Groba
2	Prečno	Zunaj	Groba
3	Vzdolžno	Znotraj	Groba
4	Prečno	Znotraj	Groba
5	Vzdolžno	Zunaj	Fina
6	Prečno	Zunaj	Fina
7	Vzdolžno	Znotraj	Fina
8	Prečno	Znotraj	Fina
9	Vzdolžno	Zunaj	Kompletna
10	Prečno	Zunaj	Kompletna
11	Vzdolžno	Znotraj	Kompletna
12	Prečno	Znotraj	Kompletna

Tabela 1: Možnosti parametra VARI

Primer 6

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo ukazov za ciklično grobo in fino notranje struženje

PRIMER_6S.MPF

N005 G54

N010 TRANS Z55

N015 T2 D1; Levi nož

N020 G96 S180 F0.1 M4

N025 G0 X52 Z0

N030 G1 X-1

N035 G0 X55 Z60 M5

N040 G17

N045 T8 D1; Središčni sveder

N050 G95 S1000 F0.15 M3

N055 G0 X0 Z5

N060 CYCLE81(5,,2,-3,0)

N065 G0 Z70

N070 T7 D1; Sveder Ø14

N075 G95 S1000 F0.12 M3

N080 G0 Z5

N085 CYCLE83(5,0,2,-44,0,-10,0,2,0,0,1,0,3,5,0,0,0)

N090 G0 Z70 M5

N095 G18

N100 T5 D1; Nož za notranje struženje

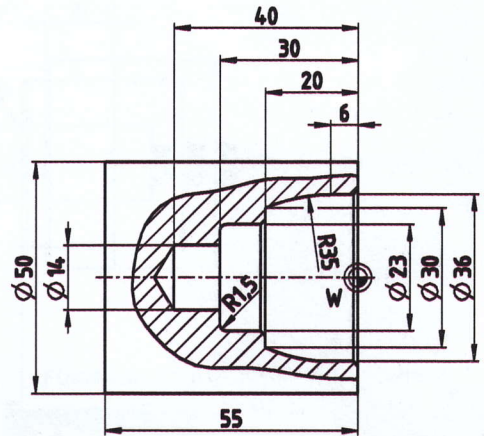
N105 G96 S160 LIMS=3000 F0.12 M4

N110 G0 X12 Z2

N115 CYCLE95("OBLIKA_6S",3,0,0,0.1,0.2,0.1,0.08,11,0,0,0)

N120 G0 X70 Z30

N125 M30



Nekotirana posnetja 1x45°

OBLIKA_6S.SPF

N05 G1 X38 Z0

N10 X36 Z-1

N15 Z-6

N20 G3 X30 Z-20 CR=35

N25 G1 X23 CHF=1

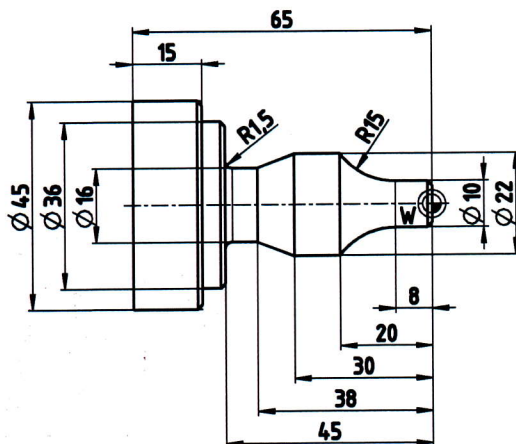
N30 Z-30 RND=1.5

N35 X14

N40 M17

Primer 7

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo ukazov za ciklično grobo in fino zunanje struženje



Nekotirani robovi posneti 1x45°

PRIMER_7S.MPF

N05 G54

N10 TRANS Z65

N15 T2 D1; Levi nož za fino obdelavo

N20 G96 S180 F0.1 M4

N25 G0 X47 Z0

N30 G1 X-1

N35 G0 X47 Z3

N40 CYCLE95("OBLIKA_7S",2,0.2,0.1,0,0.2,0.1,0.08,9,0,0,0)

N45 G0 X60 Z50

N50 M30

OBLIKA_7S.SPF

N05 G1 X8 Z0

N10 X10 Z-1

N15 Z-8

N20 G2 X22 Z-20 CR=15

N25 G1 Z-30

N30 X16 Z-38

N35 Z-45 RND=1.5

N40 X36 CHF=1

N45 Z-50

N50 X45 CHF=1

N55 Z-51

N60 M17

CYCLE96 Žleb za iztek navoja

S tem ciklom lahko programiramo žleb za iztek navoja po standardu DIN 76 oblike A, B, C, D za metrske navoje M3 – M68 po ISO standardu. Dovoljena so orodja z lego konice 1, 2, 3, 4. Če pri podatkih o orodju vnesemo tudi vrednost za prosti kot, bo to krmilnik upošteval pri izdelavi izteka. V primeru nemogoče izdelave z določenim orodjem bo izdelava kljub temu izvršena z določenimi napakami v obliki žleba.

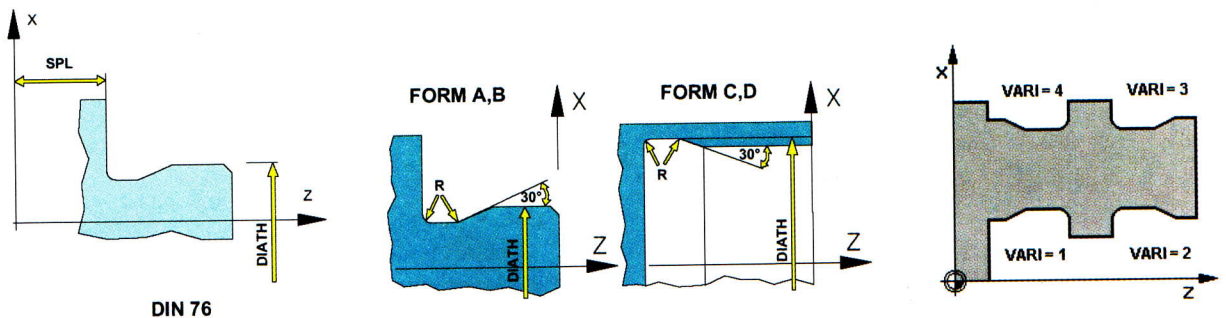
Oblika: $N... CYCLE96(DIATH, SPL, FORM, VARI)$

DIATH imenski premer navoja

SPL začetna točka v smeri osi Z

FORM oblika žleba (A – za zunanje navoje, B – za zunanje navoje kratka oblika, C – za notranje navoje, D – za notranje navoje kratka oblika)

VARI položaj žleba



Slika 103: Parametri žleba za iztek navoja

CYCLE97 Ciklično struženje navojev

S ciklom CYCLE97 lahko režemo tako notranje kot zunanje navoje, vzdolžno in na konuse, kakor tudi večkratne navoje ter leve in desne (M3 – M60). Način podajanja orodja določimo s parametrom IANG. (IANG = 0 – pravokotno, IANG = polovici kota vzpona vijačnice – pod kotom, IANG = negativna vrednost – z leve in desne strani po boku)

Programiramo PIT (drobni metrski navoj) ali MPIT (za normalne metrske navoje).

Oblika: $N... CYCLE97(PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NUMTH, VRT)$

PIT korak navoja brez predznaka

MPIT imenski premer navoja za normalne metrske navoje (3 – 60)

SPL startna točka navoja v smeri osi Z

FPL končna točka navoja v smeri osi Z

DM1 začetni premer navoja

DM2 končni premer navoja

APP vtek orodja brez predznaka

ROP iztek orodja brez predznaka

TDEP globina navoja brez predznaka ($0,613435 \times P$) – metrski navoji

FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka

IANC kot podajanja v globino (0, 30, -30)

NSP kot začetka vijačnice prvega navoja pri večkratnih navojih brez predznaka

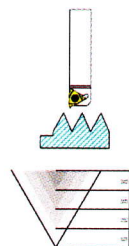
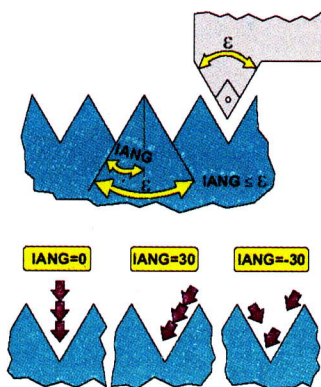
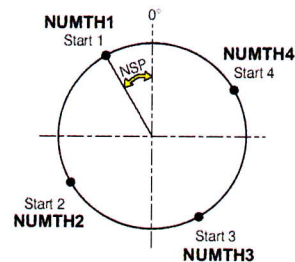
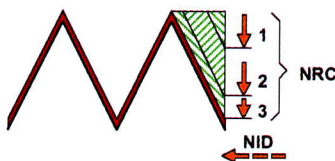
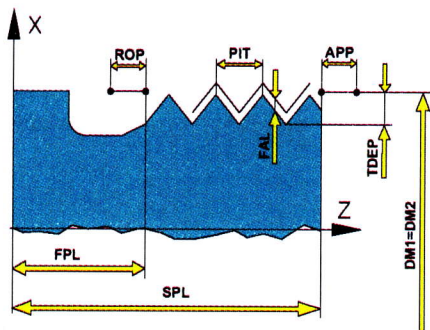
NRC število prehodov orodja za grobo izdelavo

NID število rezov za končno obdelavo

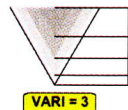
VARI način struženja navoja (1 – 4)

NUMTH število navojev

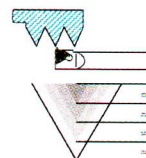
VRT višina odmika orodja od oblike pri povratnem gibu (Če VRT=0, je odmik orodja 1 mm.)



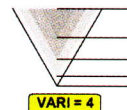
VARI = 1



VARI = 3



VARI = 2



VARI = 4

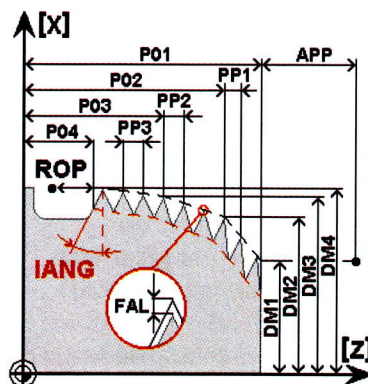
Slika 104: Parametri cikla struženja navojev

CYCLE98 Struženje verižnih navojev

Ukaz omogoča struženje vzdolžnih in koničnih verižnih navojev, kjer je lahko posamezen korak različen.

Oblika: *N... CYCLE98(PO1,DM1,PO2,DM2,PO3,DM3,PO4,DM4,APP,ROP,TDEP,FAL,IANG,NSP,NRC,NID,PP1,PP2,PP3,VARI,NUMTH,VRT)*

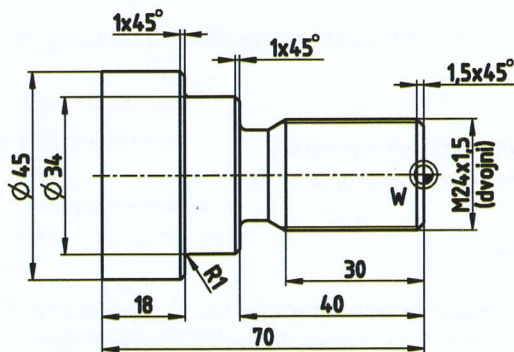
PO1 začetna točka navoja v smeri osi Z
DM1 premer navoja na začetku
PO2 prva vmesna točka navoja v smeri osi Z
DM2 premer navoja v prvi vmesni točki
PO3 druga vmesna točka navoja v smeri osi Z
DM3 premer navoja v drugi vmesni točki
PO4 končna točka navoja v smeri osi Z
DM4 premer navoja na koncu
PP1 korak prvega navoja
PP2 korak drugega navoja
PP3 korak tretjega navoja



Slika 105: Parametri cikla verižnih navojev

Primer 8

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo ukazov za ciklično grobo in fino zunanje struženje, cikla za iztek navoja ter cikla za struženje navoja



Žleb za iztek navoja po SIST ISO 3508 (DIN 76 T1)

PRIMER_8S.MPF

N05 G54

N10 TRANS Z70

N15 T2 D1; Levi nož za fino obdelavo

N20 G96 S180 F0.15 M4

N25 G0 X47 Z0

N30 G1 X-1

N35 Z1

N40 G0 X47

N45 CYCLE95("OBLIKA_8S",2,0,0,0.1,0.2,0.1,0.04,9,0,0,0)

N50 CYCLE96(24,-40,"A",3)

N55 G0 X60 Z40 M5

N60 T6 D1; Nož za navoje

N65 G95 S1000 M3

N70 G0 X28 Z5

N75 CYCLE97(3,,0,-30,24,24,3,3,0.92,0.1,30,0,6,2,3,2,0)

N80 G0 X60 Z60

N85 M30

OBLIKA_8S.SPF

N05 G1 X21 Z0

N10 X24 Z-1.5

N15 Z-40

N20 X34 CHF=1

N25 Z-52

N30 X45 CHF=1

N35 Z-53

N40 M17

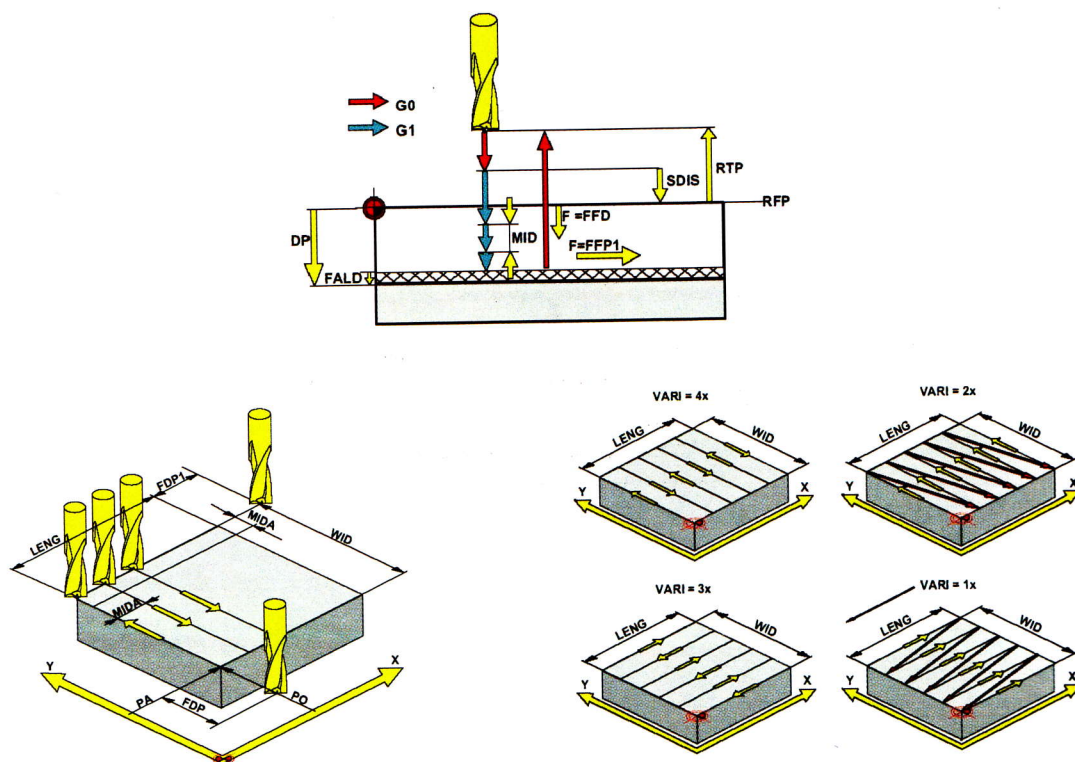
11.8 CIKLI ZA FREZANJE

CYCLE71 Čelno frezanje

S ciklom lahko čelno poravnavamo pravokotne površine na grobo in fino. Cikel ne uporablja kompenzacije polmera orodja.

Oblika: N... CYCLE71(RTP,RFP,SDIS,DP,PA,PO,LENG,WID,STA,MID,MIDA,FDP,FALD,FFP1,VARI,FDP1)

- RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
- RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)
- SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
- DP končna globina frezanja – absolutno
- PA začetna točka, abscisa (X) – absolutno
- PO začetna točka, ordinata (Y) – absolutno
- LENG dolžina prve stranice (X)
- WID dolžina druge stranice (Y)
- STA kot med stranico v smeri abscise in osjo ravnine (os X) 0° – 180°
- MID maksimalna globina posameznega podajanja v globino brez predznaka
- MIDA maksimalna širina podajanja pri poravnavi v ravnini brez predznaka
- FDP vtek orodja v ravnino – relativno brez predznaka
- FALD dodatek za končno obdelavo – relativno
- FFP1 podajanje pri obdelavi površine
- VARI način obdelave
- x1 – grobo
 - x2 – fino
 - 1x – vzporedno z absciso v eni smeri
 - 2x – vzporedno z ordinato v eni smeri
 - 3x – vzporedno z absciso v obe smeri
 - 4x – vzporedno z ordinato v obe smeri
- FDP1 iztek orodja iz ravnine podajanja – relativno brez predznaka



Slika 106: Parametri cikla čelnega frezanja

CYCLE72 Frezanje oblike

S tem ciklom lahko programiramo frezanje poljubne oblike, opisane v podprogramu.

Oblika: *N... CYCLE72(KNAME,RTP,RFP,SDIS,DP,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,VARI,RL,AS1,LP1,FF3,AS2,LP2)*

KNAME ime podprograma oblike ("IME")

FAL dodatek za končno obdelavo ob straneh brez predznaka

FFD podajalna hitrost v globino

VARI način frezanja

xx1 – groba do dodatka za končno obdelavo

xx2 – fina

x0x – prehod z G0

x1x – prehod z G1

0xx – izhod na koncu oblike do RTP

1xx – izhod na koncu oblike do RTP+SDIS

2xx – izhod na koncu oblike za SDIS

3xx – brez izhoda

RL frezanje oblike (40 – po obliki, 41 – orodje levo od oblike, 42 – orodje desno od oblike)

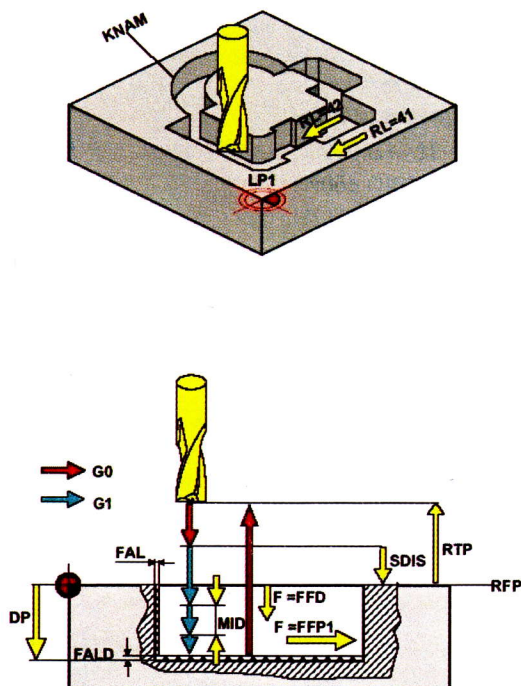
AS1 način dostopa xx (x1 – ravna linija, x2 – polkroga, x3 – četrtine kroga,
0x – dostop/izhod v ravnini, 1x – dostop/izhod po privzeti poti)

LP1 dolžina (preko ravne črte) ali polmer (preko loka) dostopa na obliko

FF3 podajanje ob vračanju in podajanje ob vmesnem pozicioniranju v ravnini

AS2 način izhoda xx (x1 – ravna linija, x2 – polkroga, x3 – četrtine kroga)

LP2 dolžina (preko ravne črte) ali polmer (preko loka) izhoda iz oblike



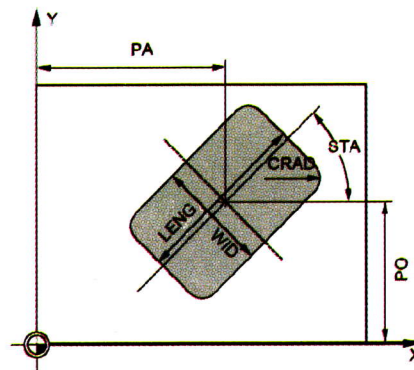
Slika 107: Frezanje oblike

CYCLE76 Frezanje štirioglatega čepa

S to funkcijo lahko izdelamo štirioglate čepa. Prihod orodja na obliko poteka vedno preko polkrožnega loka.

Oblika: *N... CYCLE76(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,LENG,WID,CRAD,PA,PO,STA,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,CDIR,VARI,AP1,AP2)*

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)
SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
DP globina čepa – absolutno
DPR globina čepa relativno glede na referenčno ravnino brez predznaka
LENG dolžina čepa brez predznaka
WID širina čepa brez predznaka
CRAD polmer zaokrožitve v kotih čepa brez predznaka
PA središče čepa v smeri osi X
PO središče čepa v smeri osi Y
STA kot čepa glede na os X
MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka
FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka
FALD dodatek za končno obdelavo na dnu brez predznaka
FFP1 podajanje pri grobi obdelavi
FFD podajanje pri vkopavanju
CDIR smer frezanja (0 – istosmerno frezanje, 1 – protismerno frezanje, 2 – v smeri urnega kazalca, 3 – v nasprotni smeri urnega kazalca)
VARI način obdelave (1 – groba obdelava do dodatka za končno obdelavo, 2 – fina obdelava)
AP1 dolžina temelja čepa brez predznaka
AP2 širina temelja čepa brez predznaka



Slika 108: Parametri cikla CYCLE76

CYCLE77 Frezanje okroglega čepa

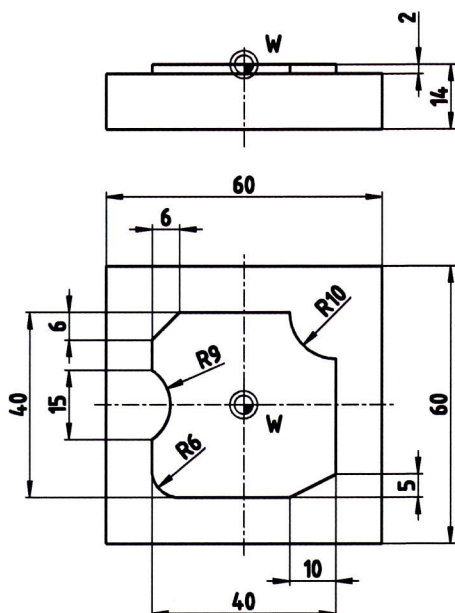
S to funkcijo lahko izdelamo okrogle čepa. Prihod orodja na obliko poteka vedno preko polkrožnega loka.

Oblika: *N... CYCLE77(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,PRAD,PA,PO,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,CDIR,VARI,AP1)*

PRAD polmer okroglega čepa

Primer 12

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo cikla 71 in 72



PRIMER_12F.MPF

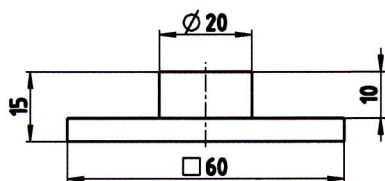
N05 G54
 N10 TRANS X30 Y-30 Z10
 N15 T8 D1 M6; Steblasto frezalo $\varnothing 16$
 N20 S2000 F200 M3
 N25 G0 X-50 Y-30 Z10
 N30 CYCLE71(5,1,1,0,-30,-30,60,60,0,2,14,9,0,300,31,5)
 N35 G0 X30 Y40
 N40 Z-2
 N45 G1 Y-30
 N50 X-30
 N55 Y30
 N60 X30
 N65 G0 Z10
 N70 X0 Y50
 N75 CYCLE72("OBLIKA_12F",10,0,2,2,2,0,0,180,100,11,41,2,10,0,2,10)
 N80 G0 Z20
 N85 X-50 Y50
 N90 M30

OBLIKA_12F.SPF

N05 G1 X0 Y20
 N10 X10
 N15 G3 X20 Y10 CR=10
 N20 G1 Y-15
 N25 X10 Y-20
 N30 X-20 Y-20 RND=6
 N35 Y-7.5
 N40 G3 Y7.5 CR=9
 N45 G1 Y20 CHF=6
 N50 X0 Y20
 N55 M17

Primer 13

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo cikla za izdelavo čepov



PRIMER_13F.MPF

N05 G54
 N10 TRANS X30 Y-30 Z11
 N15 T2 D1 M6; Steblasto frezalo $\varnothing 10$
 N20 S2500 F250 M3
 N25 G0 X30 Y60 Z5
 N30 CYCLE77(10,,2,-10,0,20,,,2,0,0,250,100,2,1,25)
 N35 G0 Z20
 N40 X0 Y80
 N45 M30

CYCLE90 Frezanje navojev

S tem ciklom lahko z ustreznim orodjem frezamo notranje in zunanje ter leve in desne navoje. Kot orodje lahko uporabljamo stružni nož za struženje notranjih navojev.

Oblika: $N... CYCLE90(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DIATH,KDIAM,PIT,FFR,CDIR,TYPH,CPA,CPO)$

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)

RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)

SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)

DP dolžina navoja – absolutno

DPR dolžina navoja relativno glede na referenčno ravnino brez predznaka

DIATH imenski premer navoja

KDIAM premer stebra/izvrtine

PIT korak navoja

FFR podajalna hitrost (na spiralni poti)

CDIR smer frezanja (2 – G2, 3 – G3)

TYPH vrsta navoja (0 – notranji navoj, 1 – zunanji navoj)

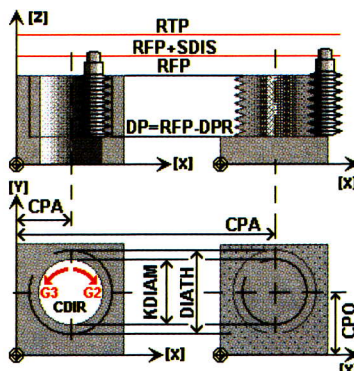
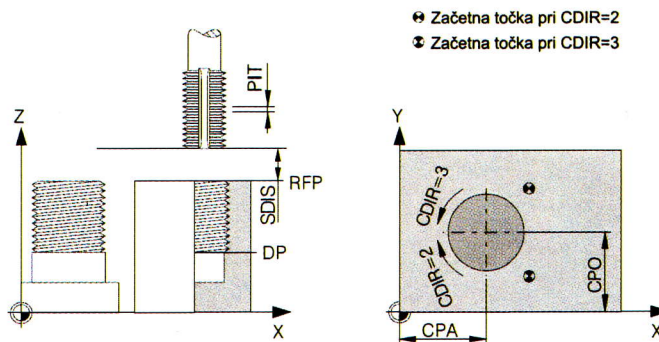
notranji navoj: začetna točka je v sredini navoja

zunanji navoj: začetna točka pri CDIR = 2: $X > CPA$, $Y > CPO$

začetna točka pri CDIR = 3: $X > CPA$, $Y < CPO$

CPA središče navoja v smeri osi X

CPO središče navoja v smeri osi Y



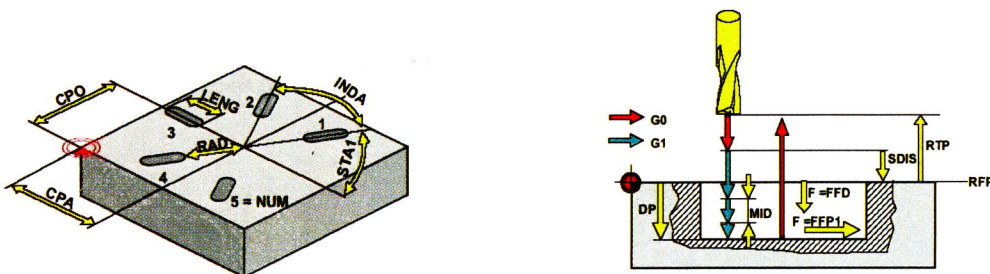
Slika 109: Frezanje navojev

LONGHOLE Razvrstitev utorov po krožnici

S to funkcijo lahko izdelamo utore, razvrščene v vrsti ali po krožnici, katerih širina je enaka premeru orodja, ta pa mora biti vnesen v register podatkov o orodju. Orodje mora omogočati freziranje takih utorov (frezalo za uture – brez središčne izvrtine). Optimalno pot izdelave utorov najde krmilnik sam.

Oblika: *N... LONGHOLE(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,NUM,LENG,CPA,CPO,RAD,STA1,INDA,FFD,FFP1,MID)*

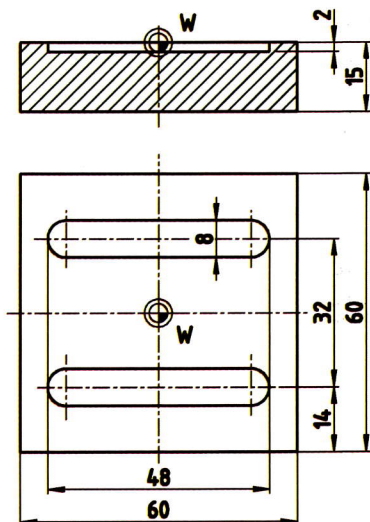
- RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina freziranja)
SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
DP globina utora – absolutno
DPR globina utora relativno glede na referenčno ravnino brez predznaka
NUM število utorov
LENG dolžina utora
CPA središče krožnice v smeri osi X
CPO središče krožnice v smeri osi Y
RAD polmer notranje krožnice
STA1 začetni kot glede na os X
INDA kot med utori (INDA = 0 – utori bodo razdeljeni enakomerno po krožnici)
FFD podajalna hitrost v globino
FFP1 podajalna hitrost pri frezanju utora
MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka



Slika 110: Razvrstitev utorov po krožnici

Primer 14

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo cikla LONGHOLE



PRIMER_14F.MPF

```
N05 G54
N10 TRANS X30 Y-30 Z5
N15 T2 D1 M6; Steblasto frezalo Ø8
N20 S2500 F200 M3
N25 G0 X0 Y0 Z10
N30 LONGHOLE(5,0,1,-2,0,1,48,-24,16,0,0,0,100,200,2)
N35 LONGHOLE(5,0,1,-2,0,1,48,-24,-16,0,0,0,100,200,2)
N40 G0 Z30
N45 X0 Y60
N50 M30
```

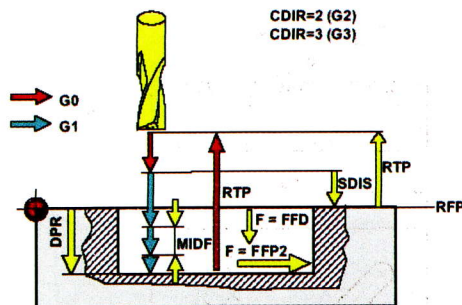
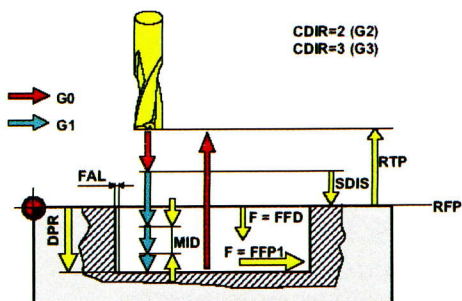
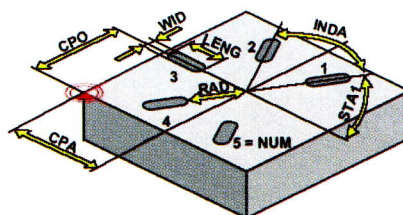
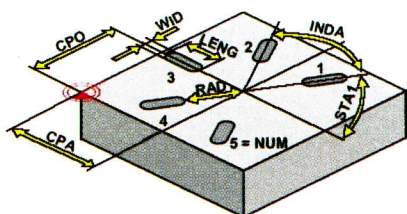
SLOT1 Frezanje žlebov, razvrščenih po krožnici

S to funkcijo lahko izdelamo žlebove, razvrščene po krožnici, katerih širina je večja kot je premer orodja, vendar manjša od dvakratnega premera orodja. Orodje mora omogočati frezanje takih žlebov (frezalo za utore – brez središčne izvrtine).

Oblika: *N... SLOT1(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,NUM,LENG,WID,CPA,CPO,RAD,STA1,INDA,FFD,FFP1,MID,CDIR,FAL,VARI, MIDF,FFP2,SSF,FALD,STA2)*

NUM število žlebov
 LENG dolžina žleba
 WID širina žleba brez predznaka
 CPA središče krožnice v smeri osi X
 CPO središče krožnice v smeri osi Y
 RAD polmer notranje krožnice
 STA1 začetni kot glede na os X
 INDA kot med žlebovi (INDA = 0 – žlebovi bodo razdeljeni enakomerno po krožnici)
 FFD podajalna hitrost v globino
 FFP1 podajalna hitrost pri frezanju žleba
 MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka
 CDIR smer frezanja (2 – G2, 3 – G3)
 FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka
 VARI način frezanja
 x0 – groba in fina
 x1 – groba do dodatka za končno obdelavo
 x2 – fina
 MIDF maksimalna globina za fino obdelavo brez predznaka
 FFP2 podajanje pri fini obdelavi
 SSF vrtilna hitrost pri fini obdelavi
 FALD dodatek za končno obdelavo na dnu žleba
 STA2 maksimalen kot vkopavanja

0x – v globino pravokotno z G0
 1x – v globino pravokotno z G1
 3x – vkopavanje z G1



Slika 111: Parametri cikla SLOT1

SLOT2 Frezanje krožnih žlebov

S to funkcijo lahko izdelamo krožne žlebove, katerih širina je večja, kot je premer orodja, vendar manjša od dvakratnega premera orodja. Orodje mora omogočati frezanje takih žlebov (frezalo za utor – brez središčne izvrtine).

Oblika: $N... \text{SLOT2}(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, NUM, AFSL, WID, CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, FFD, FFP1, MID, CDIR, FAL, VARI, MIDF, FFP2, SSF)$

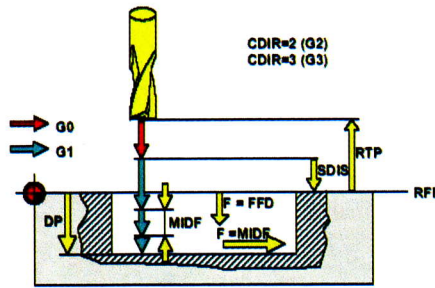
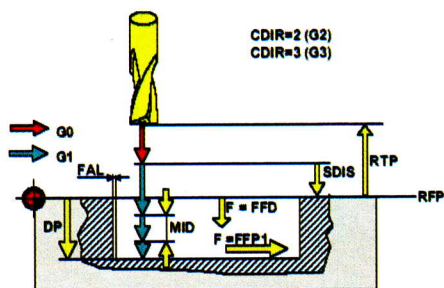
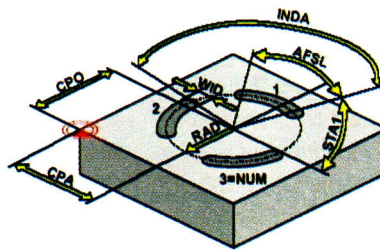
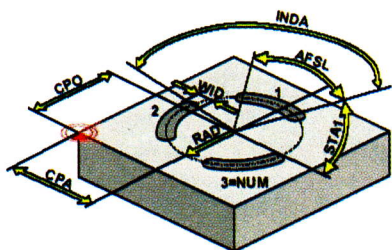
AFSL kot krožnega loka pri dolžini utora brez predznaka

VARI način frezanja

0 – groba in fina

1 – groba do dodatka za končno obdelavo

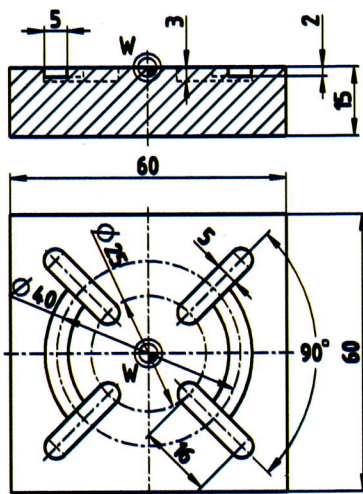
2 – fina



Slika 112: Parametri cikla SLOT2

Primer 15

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo cikla SLOT1 in SLOT2



PRIMER_15.MPF

N05 G54

N10 TRANS X30 Y-30 Z10

N15 T3 D1 M6; Steblasto frezalo Ø4

N20 S3000 F250 M3

N25 G0 X0 Y0 Z10

N30 SLOT2(5,0,1,-2,0,2,90,5,0,0,20,-45,180,100,
200,2,3,0,1,0,3,200,4000)

N35 SLOT1(5,0,1,-3,0,4,21,5,,,10,45,0,100,
200,2,3,0,1,10,4,200,4000,0,-180)

N40 G0 Z30

N45 X0 Y50

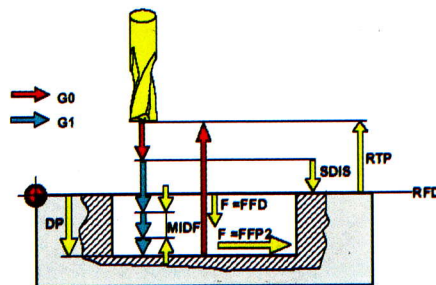
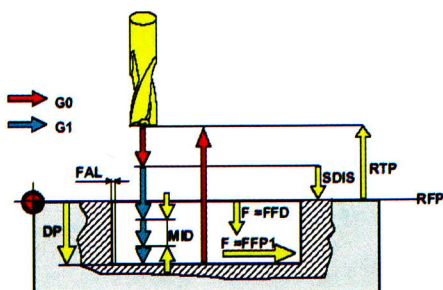
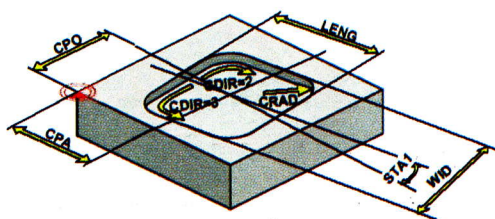
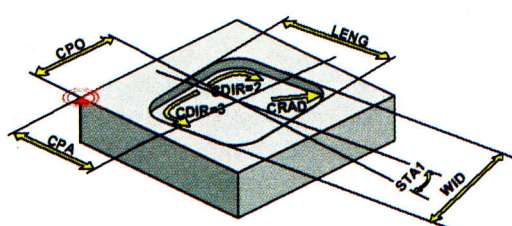
N50 M30

POCKET1 Frezanje štirikotnega žepa

S to funkcijo lahko izdelamo štirioglate žepe, katerih obdelava poteka od središča proti zunanosti. Dolžina in širina žepa morata biti večji od premera orodja. Frezalo mora imeti prečno rezilo (frezalo za utoke).

Oblika: N... POCKET1(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,LENG,WID,CRAD,CPA,CPO,STA1,FFD,FFP1,MID,CDIR,FAL,VARI,
MIDF,FFP2,SSF)

RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)
SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
DP globina žepa – absolutno
DPR globina žepa relativno glede na referenčno ravnino brez predznaka
LENG dolžina štirioglatega žepa brez predznaka
WID širina štirioglatega žepa brez predznaka
CRAD polmer zaokrožitve v kotih štirioglatega žepa brez predznaka
CPA središče žepa v smeri osi X
CPO središče žepa v smeri osi Y
STA1 kot žepa glede na os X
FFD podajalna hitrost v globino
FFP1 podajalna hitrost pri frezanju žepa
MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka
CDIR smer frezanja (2 – G2, 3 – G3)
FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka
VARI način frezanja
0 – groba in fina do končne mere
1 – groba do dodatka za končno obdelavo
2 – fina od dodatka za končno obdelavo do končne mere
MIDF maksimalna globina za fino obdelavo brez predznaka
FFP2 podajanje pri fini obdelavi
SSF vrtilna hitrost pri fini obdelavi



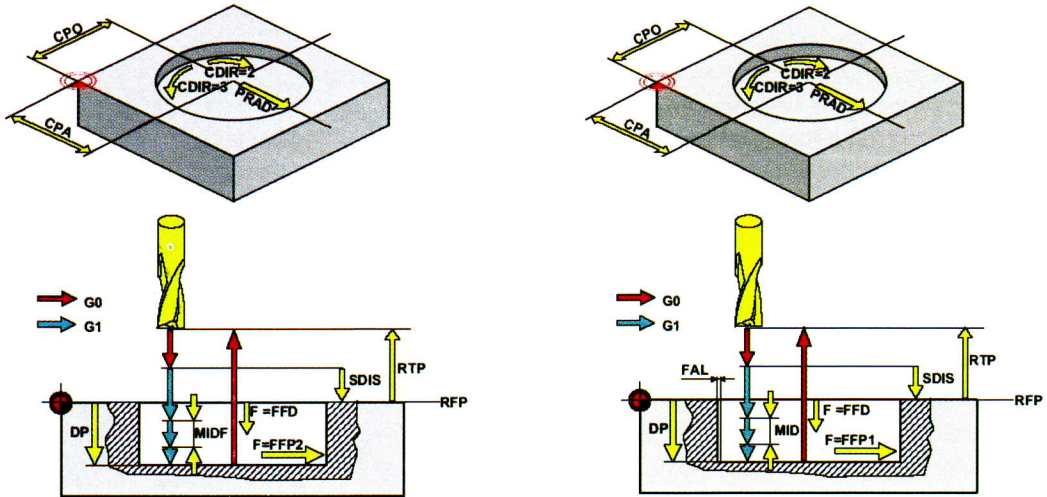
Slika 113: Parametri cikla POCKET1

POCKET2 Frezanje krožnega žepa

S to funkcijo lahko izdelamo krožne žepe, katerih obdelava poteka od središča proti zunanosti. Premer krožnega žepa mora biti večji od premera orodja. Frezalo mora imeti prečno rezilo (frezalo za utore).

Oblika: *N... POCKET2(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,PRAD,CPA,CPO,FFD,FFP1,MID,CDIR,FAL,VARI,MIDF,FFP2,SSF)*

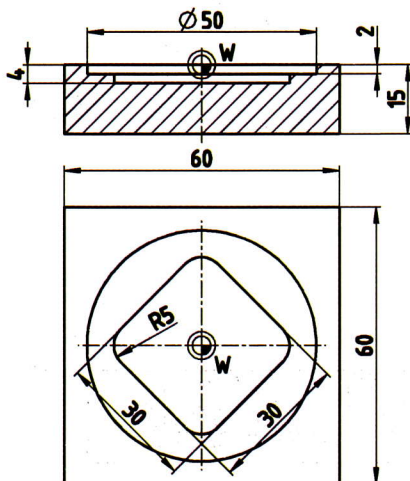
PRAD polmer krožnega žepa



Slika 114: Parametri cikla POCKET2

Primer 16

Zapis programa za izdelek na spodnji skici z uporabo cikla POCKET



PRIMER_16F.MPF

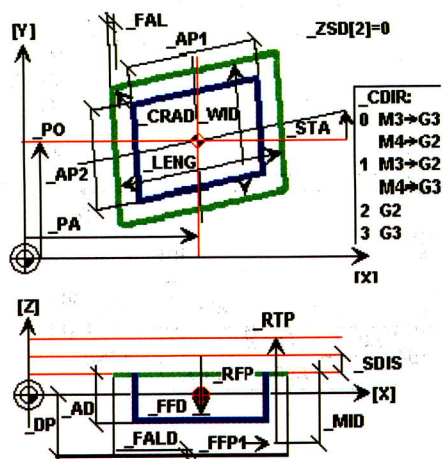
```
N05 G54
N10 TRANS X30 Y-30 Z10
N15 T4 D1 M6; Steblasto frezalo Ø10
N20 S2500 F200 M3
N25 G0 X0 Y0 Z10
N30 POCKET2(5,0,1,-2,0,25,0,0,100,250,1.5,
            3,0.1,0,2,200,3000)
N35 G0 Z30
N40 T3 D1 M6; Steblasto frezalo Ø4
N45 S3000 F200 M3
N50 Z10
N55 POCKET1(30,-2,1,-4,0,30,30,5,0,0,45,100,
            250,2,3,0.1,0,4,200,4000)
N60 X0 Y80
N65 M30
```

POCKET3 Frezanje posebnih štirikotnih žepov

Ukaz je podoben ciklu POCKET1. Obdelava žepa se začne vedno iz središča s predhodnim frezanjem v globino. Način frezanja v globino določimo v parametru VARI.

Oblika: *N... POCKET3(RTP,RFP,SDIS,DP,LENG,WID,CRAD,PA,PO,STA,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,CDIR,VARI,MIDA,AP1,AP2,AD,RAD1,DP1)*

- RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
- RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)
- SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
- DP globina žepa – absolutno
- LENG dolžina štirioglatega žepa brez predznaka
- WID širina štirioglatega žepa brez predznaka
- CRAD polmer zaokrožitve v kotih štirioglatega žepa brez predznaka
- PA središče žepa v smeri osi X
- PO središče žepa v smeri osi Y
- STA kot žepa glede na os X
- MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka
- FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka
- FALD dodatek za končno obdelavo na dnu žepa
- CDIR smer frezanja
0 – enaka smer kot smer vrtenja orodja (M3 – G3, M4 – G2)
1 – nasprotna smer kot je smer vrtenja orodja (M3 – G2, M4 – G3)
2 – G2
3 – G3
- VARI način frezanja (xx)
x1 – frezanje do dodatka za končno obdelavo
x2 – fina obdelava
0x – pravokotno do središča žepa z G0
1x – pravokotno do središča žepa z G1
2x – vkopavanje po spirali
3x – vkopavanje z oscilacijo vzdolž osi X
- MIDA maksimalna globina za fino obdelavo brez predznaka
- AP1 groba dolžina žepa
- AP2 groba širina žepa
- AD groba globina žepa
- RAD1 polmer spiralnega vkopavanja
- DP1 globina podajanja na posamezen vrtljaj spirale pri vkopavanju



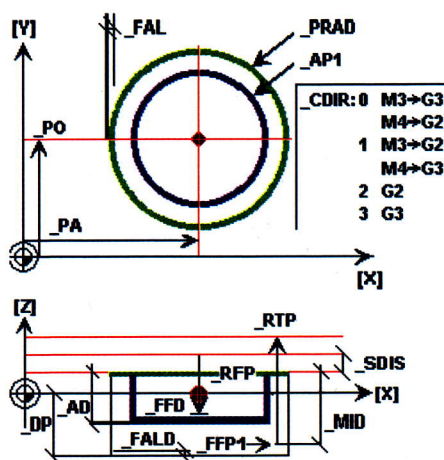
Slika 115: Parametri cikla POCKET3

POCKET4 Frezanje posebnih krožnih žepov

Ukaz je podoben ciklu POCKET2. Obdelava žepa se začne vedno iz središča s predhodnim frezanjem v globino. Način frezanja v globino določimo v parametru VARI.

Oblika: N... POCKET4(RTP,RFP,SDIS,DP,PRAD,PA,PO,MID,FAL,FALD,FFP1,FFD,CDIR,VARI,MIDA,AP1,AD,RAD1,DP1)

- RTP ravnina odmika orodja – absolutno (Po koncu cikla se orodje vrne na to ravnino, ki mora biti nad referenčno ravnino.)
- RFP referenčna ravnina – absolutno (začetna ravnina frezanja)
- SDIS varna razdalja – brez predznaka (Od varne razdalje naprej se orodje giblje z delovnim gibom.)
- DP globina žepa – absolutno
- PRAD polmer krožnega žepa
- PA središče žepa v smeri osi X
- PO središče žepa v smeri osi Y
- MID maksimalna globina posameznega podajanja brez predznaka
- FAL dodatek za končno obdelavo brez predznaka
- FALD dodatek za končno obdelavo na dnu žepa
- FFP1 podajalna hitrost pri frezanju žepa
- FFD podajalna hitrost v globino
- CDIR smer frezanja
0 – enaka smer kot smer vrtenja orodja (M3 – G3, M4 – G2)
1 – nasprotna smer kot smer vrtenja orodja (M3 – G2, M4 – G3)
2 – G2
3 – G3
- VARI način frezanja (xx)
x1 – frezanje do dodatka za končno obdelavo
x2 – fina obdelava
0x – pravokotno do središča žepa z G0
1x – pravokotno do središča žepa z G1
2x – vkopavanje po spirali
3x – vkopavanje z oscilacijo vzdolž osi X
- MIDA maksimalna globina za fino obdelavo brez predznaka
- AP1 grobi premer žepa
- AD groba globina žepa
- RAD1 polmer spiralnega vkopavanja
- DP1 globina podajanja na posamezen vrtljaj spirale pri vkopavanju



Slika 116: Parametri cikla POCKET4