

MAHO 700S

13/2 41000

Programmeerhandleiding MAHO 700S

G.J.G. van de Molengraft

WPA Rapport 0712

april 1989



Inhoudsopgave:

Onderwerp:	Blz.
Technische gegevens	1
Programma woorden	3
Algemeen	3
Deelprogramma-nummer	4
Regelnummer (N)	5
Wegvoorwaarden	5
Programmeersleutel voor MAHO CNC 432	6
Koordinaten en bewegingsrichtingen	8
De coördinaten	8
Inch/metrische ingave	8
Maatingave absoluut (G90)	9
Maatingave incrementeel (G91)	10
Nulpunten en nulpuntverschuivingen	11
Machine referentiepunt - Machine nulpunt	11
Programmanulpunt - Werkstuknulpunt	11
Gereedschapskorrektie	13
Gereedschapswissel	13
Vlakkeuze met G17, G18 of G19	13
Bevelen voor de verticale kop	14
Bewegingsopdrachten	14
Positioneren in ijlgang (G0)	14
Lineaire interpolatie (G1)	16
Cirkulaire interpolatie (G2 of G3)	17
Bewegingsrichtingen	17
Cirkelradius (R)	17
Cirkelmiddelpunt-coördinaten (I, J, K)	18
Hele cirkel	19
Gereedschapsradius-korrektie	20
Begin van de radiuskorrektie	21
Wissen van de radiuskorrektie	22
Sprong en herhaalfunctie (G14)	26
Spiegelen (G72, G73)	28

Onderwerp:	Blz.
Hulpinformaties	30
Definitie	30
Voeding (F)	30
Toerental hoofdspil (S)	30
Gereedschap (T)	30
Hulp-functies (M)	30
Puntdefinitie (G78)	31
Cycli	34
Kamers en spiebanen die onder een hoek staan	35
Overzicht cycli	36-37
Onderprogramma (MACRO)	38
De meettaster	39
Aantastrichting	39
Werken met de meettaster	40
Meetcycli (G45, G46)	40
Programmering van een meetcyclus	41
Cirkelmeting (G46)	42
Meten van een hoek	43
Bepalen werkstuknulpunt	45

MAHO MH 700 S

De MH 700S is een universele frees en boormachine met een universele gereedschapwisselaar, voorzien van een 5-assige contourbesturing, de CNC 432 van de firma Philips. Voor het positioneren in de assen X, Y en Z beschikt de machine over lineaire meetsystemen en voor de assen A en B over rotatie meetsystemen.

Technische gegevens:

Machine bereik:

langs	X-as	700mm
vertikaal	Y-as	500mm
dwars	Z-as	600mm
rondtafel	B-as	n * 360 gr.
zwenkas	A-as	-20 tot +45 gr.

Hoofdspil :

aandrijving: regelbare wisselstroommotor met een vermogen van 10 kW
toerentallenreeks: 20-6300 omw/min
toerentallen: trappeloos regelbaar binnen 4 reeksen.

Freesspillen:

automatisch weg te draaien verticale freeskop
gereedschapsconus ISO 40
gereedschapsopspanning hydro-mechanisch

Aanzetbewegingen:

individuele gelijkstroomaandrijving, per as regelbaar.
aanzetsnelheid in X, Y en Z: 1-4000 mm/min
A en B-as: 1-3000 graden/min

IJlgang:

X en Z-as	12 m/min
Y-as	10 m/min
B-as	15 omw/min
A-as	16 gr/sec

Meetsysteem:

X, Y en Z-as:	inkrementeel - lineair.
A en B-as:	inkrementeel - roterend.
oplossend vermogen:	X, Y en Z-as 0.001 mm. A en B-as 0.001 graad.

Gereedschapwisselaar:

aantal gereedschappen in het magazijn: 36

Tafel:

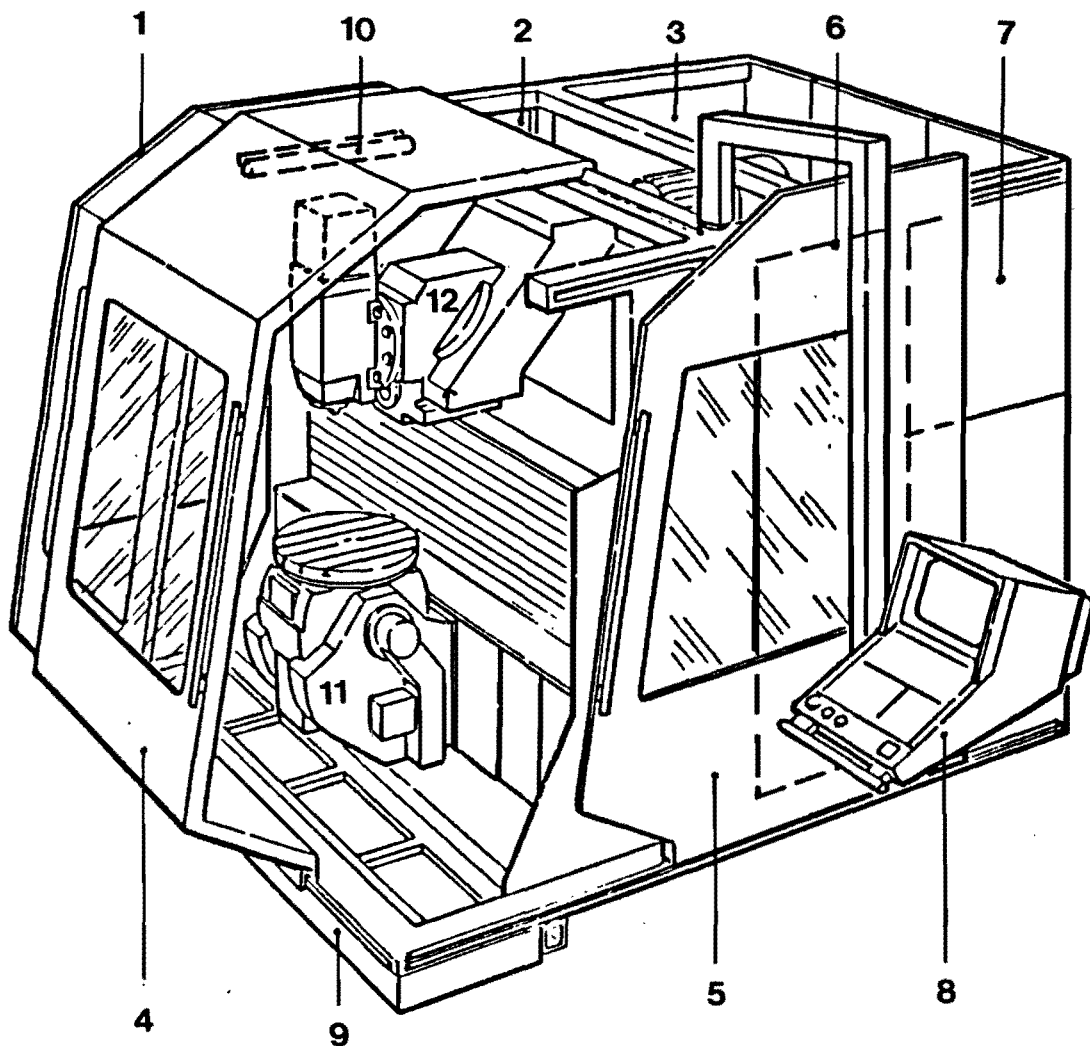
zwenk-rond-tafel, diameter 520mm

Besturing:

Philips CNC 432 contourbesturing met beeldscherm

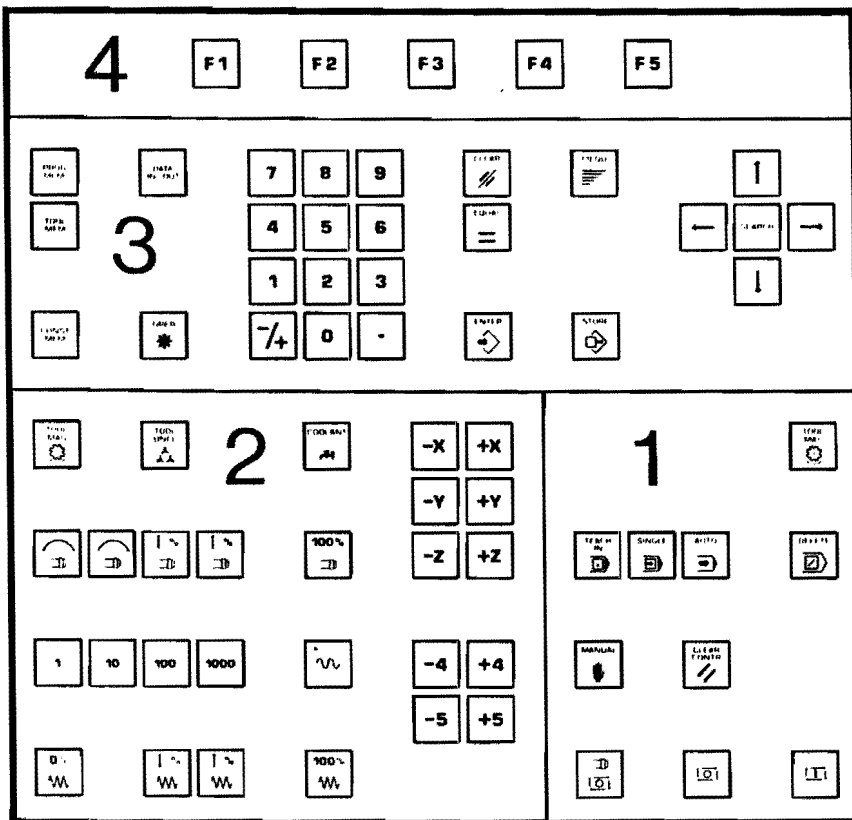
Gewicht:

machine compleet ongeveer 8500 kg.



De MAHO 700 S

1. Schuifdeur rechts
2. Toegangsluik hydrauliek
3. Toegangsluik ventielblok hydrauliek, pneumatiek
4. Schuifdeur voor
5. Schuifdeur links
6. Toegangsluik koelmiddelleidingen en gereedschapwisselaar
7. Toegangsluik gereedschapmagazijn en centraalsmering
8. Bedieningspaneel en beeldscherm
9. Koelvloeistof reservoir
10. Verlichting
11. Kantelbare rondtafel
12. Kantelbare vertikale kop



Het bedieningspaneel.

- 1 Keuze van werkwijze
- 2 Werken met handbediening
- 3 Bedieningsveld voor het programmeren
- 4 Functietoetsen

Programmawoorden.

Algemeen

Bij de MH 700S wordt het ingaveformaat in adres-schrijfwijze gebruikt, dat wil zeggen dat elk woord van een regel bestaat uit een adresletter en een getal met meerdere cijfers.

- Voorbeeld : X-42.16
- Betekenis: X het adres
 - het voorteken
 42 waarde voor de decimaalpunt
 . de decimaalpunt.
 16 waarde na de decimaalpunt.

Leidende nullen kunnen bij alle woorden weggelaten worden. Bij woorden, die met een decimaalpunt

geschreven worden vervallen de daarna komende nullen. Indien een dergelijk woord zonder decimaalpunt geschreven wordt, wordt aangenomen dat de decimaalpunt zich bevindt na het laatst ingegeven getal.

De woorden van een programma-regel worden bij voorkeur in een bepaalde volgorde ingegeven.

De besturing verwerkt variabele regel-lengten. Dit betekent, dat het aantal woorden per regel verschillend kan zijn. Alle adressen met uitzondering van N, P, en E mogen telkens slechts eenmaal in een regel voorkomen.

Er zijn woorden die meerdere regels werkzaam blijven en wel zolang ze niet door een woord dat in de zelfde groep hoort wordt opgeheven. Dat wordt uitgedrukt door te zeggen; dat woord is **MODAAL**.

Woorden die niet modaal zijn, dus alleen per regel werkzaam, moeten in elke regel waar ze nodig zijn opnieuw geprogrammeerd worden.

De woorden, die weginformaties inhouden bestemmen de gereedschapsbaan. Deze woorden kunnen een voorteken (+ of -) bevatten. Indien geen voorteken geprogrammeerd is, wordt aangenomen dat de waarde positief is.

In de navolgende tabel zijn de adressen weergegeven. De gegevens hebben betrekking op metrische maatingave.

Adres	aanduiding	aantal	
		voor teken	aantal cijfers voor teken na het dec. teken
N	Programmanummer		7
N	Regelnummer		4
G	Wegvoorwaarde		2
P	Puntdefinitie		2
X	Weginformatie X-as	+/-	4
Y	Weginformatie Y-as	+/-	4
Z	Weginformatie Z-as	+/-	4
A	Weginformatie 5 ^e -as	+/-	4
B	Weginformatie 4 ^e -as	+/-	4
R	Radius cirkelboog	+/-	4
I	Middelpunt (X-richting)	+/-	4
J	Middelpunt (Y-richting)	+/-	4
K	Middelpunt (Z-richting)	+/-	4
L	Lengte polarkoördinaat	+/-	4
F	Voeding in mm/min		4
F	Voeding in mm/omw		2
S	Spindeltoerental		4
T	Gereedschapnummer		2
M	Hulp/schakel functies		2
E	Parameternummer		2
C	Machinekonstante		7

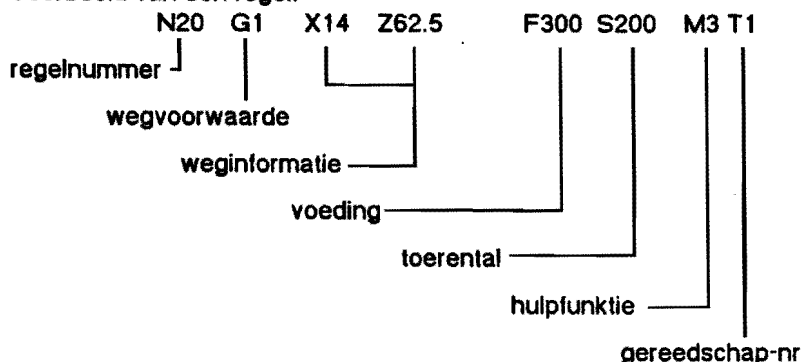
Deelprogramma-nummer

Het is mogelijk meer dan een deelprogramma in het geheugen op te slaan. Elk programma moet beginnen met een nummer groter dan 9000, bijvoorbeeld **N9001**, **N97010**, **N995525** enz, tot een maximum van 7 cijfers. Deze regel wordt als programma-identificatie gebruikt. Een onderprogramma of **MACRO** wordt op dezelfde manier geïdentificeerd.

Regelnummer N.

Het eerste woord van een regel is het blok- of regelnummer. Elke regel moet een uniek eigen regelnummer hebben. . Hoewel ongebruikelijk, kunnen regelnummers wel in iedere gewenste volgorde gebruikt worden. Het programma wordt afgewerkt in de volgorde waarin de regels zijn ingegeven. Bij programma-ingave aan de CNC 432 wordt na ingave van het eerste regelnummer het volgende automatisch door de besturing aangemaakt; bijvoorbeeld na N10 volgt automatisch N11. Het hoogst toelaatbare regelnummer is N8999.

Voorbeeld van een regel:



Wegvoorwaarden

Het tweede woord van een regel is de wegvoorwaarde. Hier worden informatie over gereedschapbewegingen, verklaring van het gebruikte koördinatensysteem enz. gegeven. De wegvoorwaarden behoren tot een bepaalde groep woorden, die onderling elkaar niet beïnvloeden. Er is altijd maar een functie van een groep werkzaam. Een functie wordt uitgeschakeld indien een andere functie uit dezelfde groep geprogrammeerd wordt. Bij het inschakelen van de besturing wordt telkens een wegvoorwaarde uit elke groep automatisch ingesteld. Die betreffende functies zijn in de programmeersleutel aangegeven.

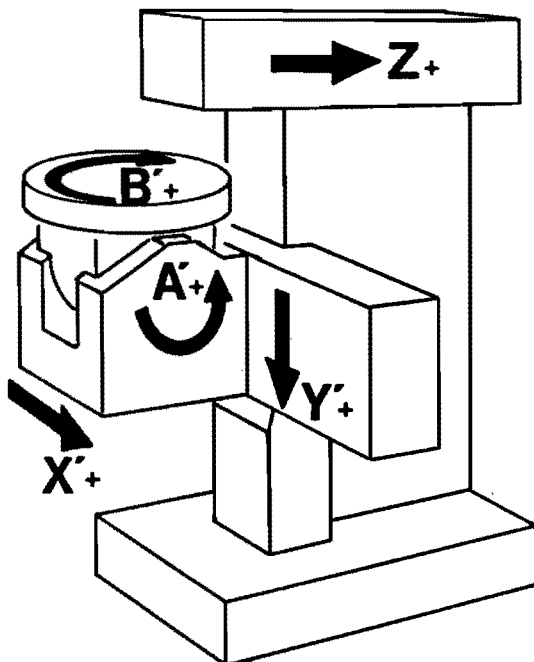
Programmeersleutel voor MAHO CNC 432

ADRES	CODE	BETEKENIS EN VERKLARING
% PM		programmabegin en geheugentoevoeging
N N	9001-9999999 1-8999	deel- en onderprogrammanummer regelnummer
G	0 * 1 2 3	ijlgang lineaire interpolatie cirkelinterpolatie, rechtsom cirkelinterpolatie, linksom
G	4 **	pauze (0.1 - 983 seconde)
G	11 **	polarkoördinaten, hoekafronding, fase-overgang
G	14 **	sprongbevel en herhaalfunctie
G	17 * 18 19	vlakkeuze XY, horizontaal vlakkeuze XZ, vertikaal vlakkeuze YZ, horizontaal 90 gedraaid
G	22 ** 29 **	onderprogramma oproep beperkt sprongbevel in onderprogramma
G	40 * 41 42 43 44	geen radiuscorrectie radiuscorrectie, links radiuscorrectie, rechts radiuscorrectie, tot radiuscorrectie, over
G	51 52	wissen van G-52 verschuiving RESET AXIS activeren
G	53 * 54 55 56 57 58 59	nul-punt verschuiving wissen nul-punt verschuiving 1 nul-punt verschuiving 2 nul-punt verschuiving 3 nul-punt verschuiving 4 nul-punt verschuiving 5 nul-punt verschuiving 6
G	70 71 *	inch maat ingavesysteem metrisch maat ingavesysteem
G	72 * 73	geen spiegelbeeld bewerking spiegelbeeldbewerking
G	77 ** 78 **	gatencirkeldefinitie puntdefinitie

ADRES	CODE	BETEKENIS EN VERKLARING
G	79 **	cyclusoproep
G	81 83 84 85 86 87 88 89	boorcyclus diepboorcyclus lapcyclus ruimcyclus uitdraaicycclus kamerfreescyclus spiebaanfreescyclus cirkelkamerfreescyclus
G	90 * 91	absoluutmaat programmeren inkrementeel programmeren
G	92 93	nulpuntverschuiving inkrementeel nulpuntverschuiving absoluut
G	94 * 95	voeding in mm/min voeding in mm/omw
X Y Z A B R I J K D	+/- 9999.999 +/- 9999.999 +/- 9999.999 +/- 9999.999 +/- 9999,999 +/- 9999.999 +/- 9999.999 +/- 9999.999 +/- 9999.999 0 - 360	weginformatie in mm. weginformatie in mm. weginformatie in mm. weginformatie in graden weginformatie in graden cirkelradius in mm. cirkelmiddelpunt in X-richting cirkelmiddelpunt in Y-richting cirkelmiddelpunt in Z-richting hoekpositie hoofdspil
P	0 - 99	puntdefinitie
F S T	0 - 4000 20 - 6300 0 - 99	voeding in mm/omw. of mm/min. hoofdspiltoerental in omw/min. gereedschapnummer
M	0 ** 3 4 5 6 ** 8 9 13 14 19 30 ** 53 54 66 **	programma-stop hoofdspil rechtsom hoofdspil linksom hoofdspil stop gereedschapwissel met terugtrekking koelmiddel aan koelmiddel uit spil rechtsom koelmiddel aan spil linksom koelmiddel aan georiënteerde spindelstop einde programma vertikale kop wegdraaien (G17) vertikale kop indraaien (G18) gereedschapwisseling
E	0 - 99	parameters in het onderprogramma

Tekenverklaring: * = wordt actief bij inschakelen van de besturing
** = alleen per regel werkzaam

Koördinaten en bewegingsrichtingen.



Het koördinatensysteem van de MAHO 700S

Als we het rechthoekig koördinaten-systeem bekijken lijkt het betrekkelijk eenvoudig te bepalen in welke richting de hoofdassen bewegen. Op een NUBE-freesmachine zijn er echter bepaalde afspraken nodig om de bewegingsrichting van de hoofdassen eenduidig vast te kunnen stellen. Bij een NUBE-freesmachine staan we achter de machine, of beter gezegd we kijken vanuit het gereedschap. Hoewel het gereedschap meestal niet alle bewegingen zelf uitvoert, bij deze machine beweegt de freestafel in de X-as en de Y-as, is, om eenduidig de bewegingsrichting vast te kunnen leggen, afgesproken dat het gereedschap altijd relatief beweegt ten opzichte van het werkstuk. Als we daarvan uit gaan en het koördinaten systeem op bovenstaand figuur bekijken, zien we dat de X-as positief naar rechts, de Y-as positief naar boven en de Z-as positief naar achteren beweegt. In de tekening staan de bewegingen van de freestafel als accent-bewegingen, X' is zo'n tafelfbeweging. Het wordt dan ook wel duidelijk waarom bovenstaande afspraken zo belangrijk zijn. De draaiing van de B-as is getekend als een B' beweging, het gereedschap "draait" de andere kant op ! De positieve relatieve draairichting is dus linksom, tegen de wijzers van de klok in.

De koördinaten.

Behalve de askeuze en richting wordt ook de weg die moet worden afgelegd geprogrammeerd. Voor de beweging van een as wordt het voorteken en adres X, Y, Z, B en A aangevuld met een waarde. De ingave wordt, decimaal, in mm. respectievelijk in graden geschreven. Een geprogrammeerde waarde van X-1.23 betekent een verplaatsing van de X-as naar de positie -1.23 mm. De kleinste afstand die geprogrammeerd kan worden is 0.001mm., de grootste afstand 9999.999 mm. Bij draai-assen (B-as) is de kleinste programmeerbare weg 0.001 graad en de grootste waarde 9999.999 graden.

Inch/metrische ingave.

De mogelijkheid bestaat geometrische waarden in inches of millimeters in te geven. De hiervoor noodzakelijke berekeningen worden door de besturing automatisch uitgevoerd. De functies zijn modaal werkzaam.

Ze worden aangeroepen door de volgende G-functies:

G 70: De geprogrammeerde coördinaten zijn in inch maten.

G 71: De geprogrammeerde coördinaten zijn in millimeters aangegeven

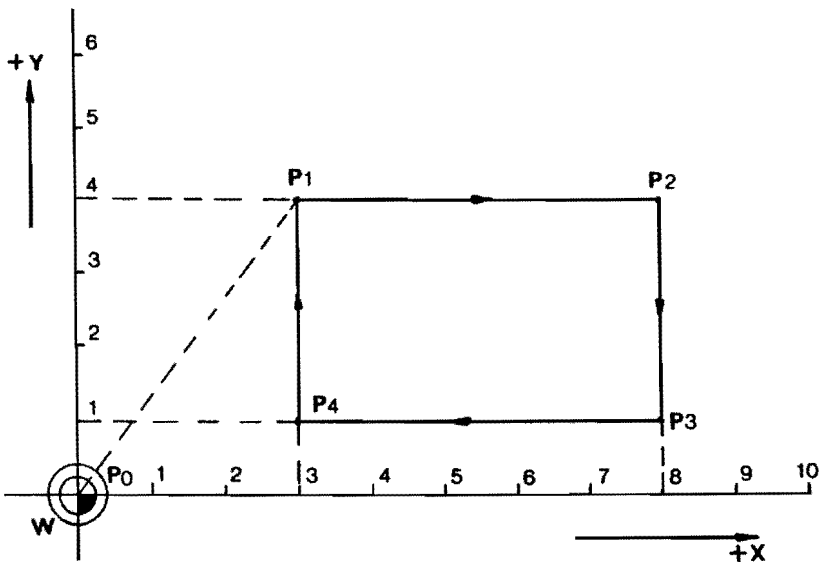
Opgelet ! - Het hele programma moet met het eenmaal gekozen eenheidsysteem uitgevoerd worden. Een verandering binnen het programma is niet geoorloofd, het gereedschappenbestand wordt dan namelijk gewist en moet opnieuw worden ingegeven.

Maatingave absoluut (G90).

Bij absolute maten, ook wel kantmaten genoemd, wordt het eindpunt van de gereedschapsbaan ingegeven ten opzichte van het gekozen coördinaten-nulpunt. De coördinatenwaarde kan voor elke as in het plus- of min-bereik liggen. De maximum te programmeren waarde is afhankelijk van het werkbereik van de machine en de positie van het gekozen coördinaten-nulpunt.

Absolute maatingave wordt door de wegvoorwaarde G90 vastgelegd. Deze G-functie is modaal en kan alleen door G91 worden opgeheven. Bij het programma-begin wordt G90 automatisch actief.

Voorbeeld voor absolute maatingave:



Startpunt P0, gereedschapsbeweging in ijlgang naar P1 en met voeding via P2, P3 en P4 naar P1.

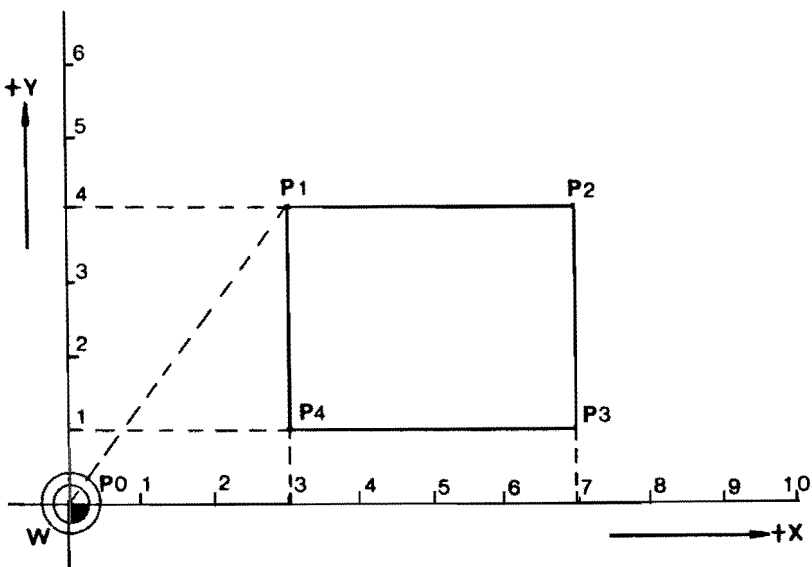
Programma:	N1	G90		
	N2	G0	X3	Y4
	N3	G1	X7	F100
	N4			Y1
	N5		X3	
	N6			Y4

Inkrementele maatingave (G91).

Bij inkrementele maten, ook wel kettingmaten genoemd, wordt bij ingave de eindpositie van het gereedschap bepaald vanuit de aktuele (huidige) positie van het gereedschap. Het voorteken geeft de richting van de beweging aan.

Inkrementele maatingave wordt door de wegvoorwaarde G91 aangegeven. Deze G-functie is modaal en blijft werkzaam tot zij door G90 wordt opgeheven. De besturing werkt intern met absolute maten, die betrekking hebben op het in het programma vastgelegde nulpunt. Hierdoor bestaat de mogelijkheid om binnen een programma zo vaak als nodig van inkrementele op absolute maatvoering, en omgekeerd, over te gaan.

Voorbeeld van inkrementele maatingave:



Startpunt P0 gereedschap in ijlgang naar P1 en met voeding via P2, P3 en P4 naar P1.

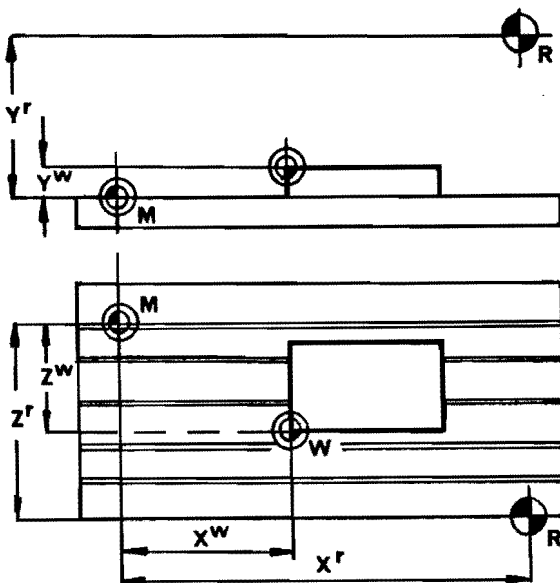
Programma:

N1	G90	X0	Y0	
N2	G91			
N3	G0	X3	Y4	
N4	G1	X4		F100
N5			Y-3	
N6		X-4		
N7			Y3	

Nulpunten en nulpuntverschuivingen.

Voor het deelprogramma zijn drie punten aan de machine van belang:

- 1 Machine referentiepunt. Symbol:
- 2 Machinenulpunt. Symbol:
- 3 Werkstuk/programma-nulpunt. Symbol:



Nulpunten en referentiepunt.

Machine referentiepunt - Machine nulpunt.

Bij het starten van de machine moeten eerst de referentie-nulpunten op het meetsysteem gepasseerd worden voordat er met de machine gewerkt kan worden. In de besturing kunnen wel programma's ingegeven worden. Als de referentie-punten worden bereikt, wordt in de besturing het nulpunt bepaald. De software eindschakelaars worden ingesteld samen met het werkbereik van de machine. De referentie-punten liggen bij iedere as op het maximale bereik zodat bij het bereiken van de referentie-punten de machine in alle assen op de grootst mogelijke positieve waarden staat. Bij levering van de besturing worden de afstanden van het referentie-punt tot het machine-nulpunt bepaald en in het machine-konstantegeheugen opgeslagen. Deze waarden, X=690, Y=490 en Z=590 mm bij de MAHO 700 S, worden nu door de besturing overgenomen. Het machine-nulpunt ligt op deze afstanden van het referentie-punt verwijderd. De besturingerekend die waarden en het machine-nulpunt is bekend.

Programmanulpunt - Werkstuknulpunt.

Na het opspannen van het werkstuk wordt het "nulpunt" bepaald. Dat gebeurt door het werkstuk voor iedere asrichting in zijn nulpunt te toucheren. De waarden die op dat moment in de digitale uitlezing van het meetsysteem staan, zijn de verplaatsingen die plaats moeten vinden, immers alle waarden zijn op dat moment nog aangegeven ten opzichte van het machinenulpunt. Om met de tekeningmaten te kunnen werken moeten we nu de oorsprong van het coördinatensysteem, wat nog op het machinenulpunt ligt, verschuiven naar het werkstuknulpunt. Voor iedere as moeten nu de betreffende coördinaatwaarden in het "nulpunt-geheugen" ingegeven worden. In dat geheugen zijn 9 plaatsen beschikbaar om nulpuntverschuivingen te benoemen.

G-53:

Daarin staan de vaste coördinaat waarden:

X 0 Y 0 Z 0 A 0 B 0

Hiermee kunnen in het programma geactiveerde nulpuntverschuivingen worden teruggezet naar het machinenulpunt. Daarmee wordt kenbaar gemaakt dat de nulpuntverschuiving in alle assen nul is, dus werkstuknulpunt is machinenulpunt. Bij het opstarten van de machines wordt G-53 actief.

G-54 / G-59:

Hebben allemaal dezelfde functie. De coördinatenwaarden van de nulpuntverschuiving worden in het nulpuntgeheugen ingegeven door middel van het toetsenbord. Bijvoorbeeld:

G54 X 174.672 Y 83.596 Z 123.4 B 45. A 0

De betekenis is duidelijk, voor alle assen zijn de afstanden gedefinieerd van het werkstuknulpunt ten opzichte van het machinenulpunt. Die ingevulde waarden kunnen in een programma actief gemaakt worden door het gedefinieerde adres G-54 op te roepen. De besturing verrekent dan de coördinaatwaarden die in dat adres ingegeven zijn. Het machinenulpunt wordt op dat moment verschoven naar het opgeslagen werkstuknulpunt. Deze verschuiving is modaal en blijft actief zolang het door het oproepen van een van de adressen G55-G59 wordt veranderd of door G53 wordt opgeheven.

G-92 / G-93:

Werkstuknulpunten die benoemd zijn door G53 tot en met G59 kunnen verschoven worden door de adressen G92 en G93. De getalwaarden van de verschuiving moeten met het adres in het deelprogramma worden geschreven. G92 is een inkrementele verplaatsing en heeft betrekking op het voorgaande nulpunt. G93 is een absolute verplaatsing en heeft altijd betrekking op het werkstuknulpunt.

G-51:

De verschuiving van G52 wordt gewist en wordt teruggezet naar het machinenulpunt. De coördinatenwaarden bij G51 zijn:

X 0 Y 0 Z 0 A 0 B 0

Dat zijn vaste waarden en kunnen niet veranderd worden.

G-52:

Nulpuntverschuiving voor handbediend werken. Bij het toucheren van werkstuk om de positie van de nulpunten te bepalen kunnen de coördinatenwaarden direkt in de besturing worden gezet door de toets < RESET AXIS > te bedienen. De nulpuntverschuiving is direkt actief en de waarden worden automatisch in het nulpuntgeheugen onder het adres G52 opgeslagen. Deze verschuiving kan niet in een programma worden opgeroepen. Bij het opnieuw inschakelen van de machine kan G52 geactiveerd worden door het adres G52 in de TEACH IN mode (gegevens ingave zonder geheugen opslag) op te roepen. Als van te voren een nulpunt verschuiving G54-G59 is geactiveerd, dan is G52 vanaf die verschuiving werkzaam. Zorg dat G53 actief is als men het werkstuknulpunt wil bepalen via de toets < RESET AXIS > .

Opletten!

G52 kan niet door G53 opgeheven worden, na het gebruiken van G52 altijd G51 activeren!

Gereedschapskorrektie.

Om met tekeningmaten te kunnen werken en daarbij onafhankelijk te zijn van de gereedschapsmaten, is de besturing uitgerust met een gereedschappengeheugen, hierin zijn gereedschapslengte en -radius onder een T-nummer (tool) ingegeven en opgeslagen.

In het programma wordt door het aanroepen van het T-adres met bijbehorend nummer de gereedschaps-afmetingen overgenomen uit het gereedschappengeheugen en gerekend met de ingegeven bewegingsopdrachten.

Om de lengte van gereedschappen te kunnen bepalen, wordt de spilneuslengte 0 genoemd. Die 0-waarde wordt gevonden door bij het bepalen van het werkstuknulpunt in de hoogte-as met de spilneus het werkstuk te toucheren en de waarde die het meetsysteem dan aangeeft in het nulpuntgeheugen in te geven (G54-G59).

Als we de hoogte-as Y noemen en we programmeren nu $Y=0$ dan zou de spilneus het werkstuk net raken. Vervolgens kunnen we nu de gereedschappen die we willen gebruiken in de spilneus zetten en de afstand meten van de spilneus tot aan de punt van het gereedschap. Dit kan met een **gereedschap-voorinstelapparaat** of met de digitale uitlezing van het meetsysteem gebeuren. De radius kan direct aan het gereedschap worden gemeten. De gemeten waarden zijn de correcties die in het gereedschappengeheugen ingegeven en opgeslagen worden. In het gereedschappengeheugen kunnen de afmetingen van 99 gereedschappen worden opgeslagen.

Gereedschapswissel.

Bevelen:

- T0 : gereedschap terugzetten in magazijn (met M6),
- T1 tot T36 : automatisch wisselen (met M6),
- T37 tot T99 : handbediend wisselen (met M66).

In het gereedschappenmagazijn van de MH 700S is plaats voor 36 gereedschappen. Die gereedschappen kunnen automatisch in de hoofdspil worden geplaatst respectievelijk worden teruggezet in het magazijn. Door het benoemen van het gereedschap met T1 tot T36 wordt aangegeven welk gereedschap er in de hoofdspil gezet moet worden.

Het bevel **M6** zorgt automatisch voor de acties en bewegingen die daarvoor nodig zijn zoals:

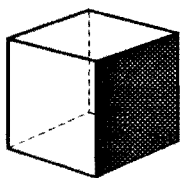
- De hoofdspil wordt stopgezet en op een vaste rotatiepositie gestopt, de koeling wordt onderbroken.
- Het verplaatsen van alle assen zodat er ruimte ontstaat om zonder botsingsgevaar te kunnen wisselen.
- Het eventueel in de hoofdspil aanwezige gereedschap wordt door een robotarm teruggezet in het magazijn.
- Het gekozen gereedschap wordt in de hoofdspil geplaatst.
- Programma wordt weer vervolgd en alle voorgaande modale bevelen worden weer actief.

Vlakkeuze met G17, G18 of G19.

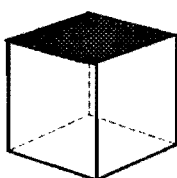
Als we het rechthoekig coördinatensysteem bekijken en parallel langs een as kijken, zien we een vlak. Beschouwen we die as als de as waarin het gereedschap zit, dan is het vlak het bewerkingsvlak. De MAHO 700S is een horizontale machine met de mogelijkheid om een verticale freeskop te gebruiken en die verticale kop ook nog eens 90 graden te verdraaien. We kunnen dus in drie vlakken werken. Zo hoort bij een bewerking evenwijdig aan:

- het X-Y vlak en de freesspil evenwijdig aan de Z-as de opdracht **G17**,
- het X-Z vlak en de freesspil evenwijdig aan de Y-as de opdracht **G18**,
- het Y-Z vlak en de freesspil evenwijdig aan de X-as de opdracht **G19**.

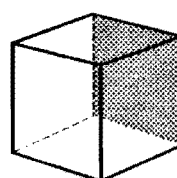
Deze vlakkeuze zullen we in het begin van ieder programma moeten maken, om de besturing te laten



vlak XY
G17



vlak XZ
G18



vlak ZY
G19

weten hoe het de gereedschapskorrektie moet verrekenen, in het vlak met de radius en in de richting van de gereedschapsas met de freeslengte.

Bevelen voor de verticale kop.

M53: Automatisch wegdraaien van de verticale kop in zijn neutrale positie.

M54: Automatisch indraaien van de verticale kop in zijn actieve positie.

Door het gebruik van M53/M54 kan de verticale kop programmagesturd, dus zonder onderbreking van het programma met bijvoorbeeld M0, in werk- of neutrale positie gezet worden. Bij het begin van een programma is het zinvol om M53/M54 te programmeren na de regel die de vlakkeuze aangeeft (G17-G18). Hierdoor kan de verticale kop onafhankelijk van de actuele toestand in de juiste positie worden gebracht.

Als in het verdere verloop van het programma, een vlakwissel met de opdracht voor de vlakkeuze en het daarbij behorende nieuwe werkstuknulpunt plaatsvindt, moet het daarbij behorende vertikaalkop-bevel M53/M54 in een aparte regel geschreven worden.

Bij het begin van een programma of als het bevel M53/M54 gegeven wordt mag er geen gereedschap in de hoofdspil gespannen zijn. Als er in het programma een vlakwissel plaatsvindt moet het gereedschap uit de hoofdspil worden gehaald met de opdracht T0 M6.

Verder zorgen de bevelen M53/M54 voor onderdrukking van de spilbevelen M3, M4, M13 en M14, en de koelsmiddelbevelen M7 en M8. Na uitvoering worden alle voorheen gegeven modale bevelen weer actief.

Bewegingsopdrachten.

Bewegingsopdrachten behoren tot een groep van vier bevelen namelijk:

- G0:** positioneren in ijlgang,
- G1:** lineaire interpolatie,
- G2:** circulaire interpolatie in negatieve draairichting,
- G3:** circulaire interpolatie in positieve draairichting.

Ieder bevel uit deze groep is modaal en kan alleen door een bevel uit dezelfde groep worden opgeheven. Bij het opstarten van de machine of een programma is G0 actief.

Positioneren in ijlgang (G0).

G0 is een bewegingsopdracht om vanuit de huidige positie in ijlgang te verplaatsen naar de volgende positie. Ingegeven waarden kunnen inkrementeel of absoluut zijn naargelang het gekozen maatsysteem. De coördinaten van alle assen kunnen in een regel geschreven worden, bijvoorbeeld:

G0 X50 Y100 Z80 B45.

Aangezien de besturing in ijlgang maximaal twee assen gelijktijdig beweegt is er in de besturing een voorkeur van bewegings-volgorde ingebouwd, in het kort "**positionerings-logica**". De volgorde van bewegen is zo gekozen dat er een minimale kans op botsingen tussen gereedschap en werkstuk of opspanmiddelen bestaat. De vaste bewegingsvolgorde hangt af van de richting waarin de gereedschapsas zich beweegt, positief of negatief, en wordt in de hierna volgende tabellen weergegeven.

a) de gereedschapas beweegt in negatieve richting, de positioneringslogica is:

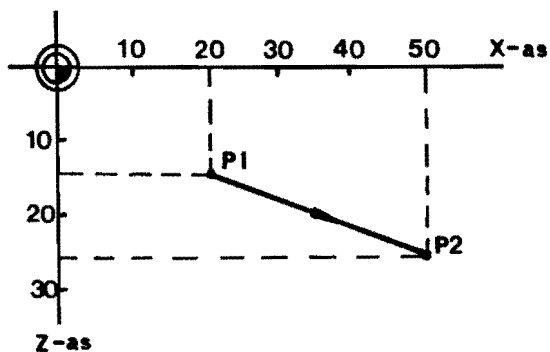
Bewegings- volgorde	G17	G18	G19
1	A en B-as	A en B-as	A en B-as
2	X en Y	X en Z	Y en Z
3	Z-as	Y-as	X-as

b) de gereedschapas beweegt in positieve richting, de positioneringslogica is:

Bewegings- volgorde	G17	G18	G19
1	Z-as	Y-as	X-as
2	X en Y	X en Z	Y en Z
3	A en B-as	A en B-as	A en B-as

In beide gevallen wordt bij gelijktijdig verplaatsen van de 2 assen in het hoofdvlak lineair geïnterpoleerd.

Voorbeeld:



G18 is werkzaam, het gereedschap bevindt zich in de Y-as.

Het gereedschap wordt van P1 naar P2 gepositioneerd. Bij absolute maatingave wordt deze verplaatsingsbeweging als volgt geprogrammeerd:

```
N40 G0 X50 Y10 Z25
```

De gereedschapas beweegt in negatieve richting van Y30 naar Y10.

Aan de machine worden de volgende bewegingen uitgevoerd:

- Een simultane verplaatsing van de X-as en de Z-as van punt 1 naar punt 2.
- Een beweging in de Y-as naar Y10.

Bij positionering van P2 naar P1 is de programmaregel:

```
N50 G0 X20 Y30 Z15
```

Nu zijn de bewegingen:

- Een beweging in de Y-as naar Y30
- Een gelijktijdige beweging in de X-as en de Z-as van punt 2 naar punt 1.

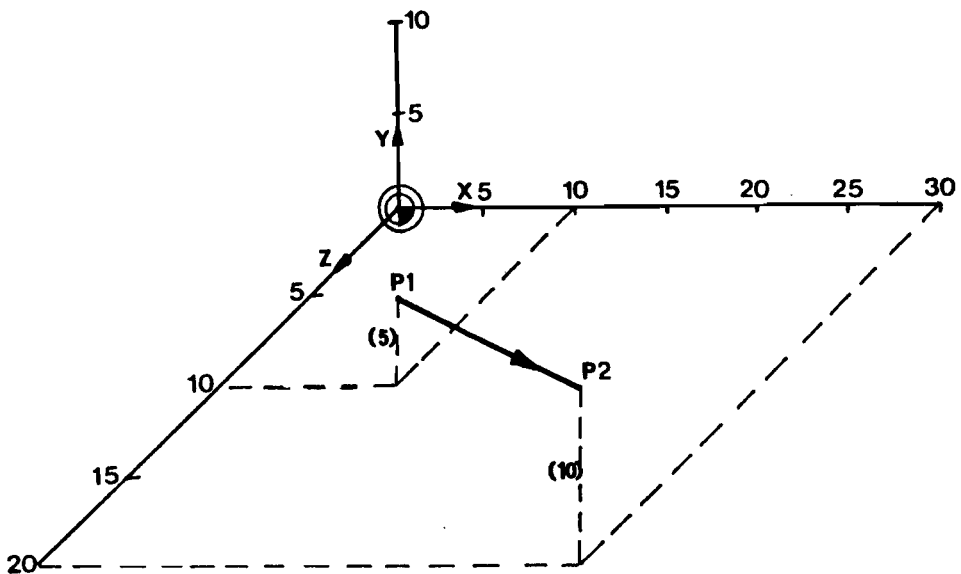
Lineaire interpolatie (G1).

Bij lineaire interpolatie, geprogrammeerd door de functie G1, beweegt het gereedschap zich via een rechte baan van de huidige positie naar het geprogrammeerde eindpunt. De ingegeven waarden kunnen inkrementeel of absoluut zijn afhankelijk van het gekozen maatsysteem. De vereiste voeding langs de rechte baan wordt met het adreswoord F geprogrammeerd.

Maximaal 3 coördinaten kunnen in een G1 regel worden geprogrammeerd. Als de drie hoofdassen, X, Y en Z, geprogrammeerd zijn wordt een rechte baan in de ruimte geïnterpoleerd (driedimensionale interpolatie). De geprogrammeerde voeding is gelijk aan de snelheid waarmee die baan wordt afgelegd. Bij een draaiïngsas verrekent de besturing de voeding in graden/min.

Opmerking: Er mogen nooit meer dan 3 assen gelijktijdig geprogrammeerd worden.

Voorbeeld 3D interpolatie.



Het gereedschap beweegt met een voeding van 100 mm/min van punt P1 (10,5,10) naar punt P2 (30,10,20). Bij absolute maatingave wordt deze verplaatsing als volgt geprogrammeerd:

```
N9 G1 X30 Y10 Z20 F100
```

Circulaire interpolatie (G2 en G3).

Bij circulaire interpolatie, geprogrammeerd door de adres-woorden **G2** en **G3** beweegt het gereedschap van de huidige positie via een cirkelboog naar de geprogrammeerde positie. De voeding wordt met het adreswoord **F** geprogrammeerd.

Een regel voor cirkelinterpolatie dient de volgende informatie te bevatten:

- de bewegingsrichting (G2/G3)
- het eindpunt van de cirkelboog
- de radius van de cirkel of,
- het cirkelmiddelpunt.

In het laatste geval wordt de cirkelradius uit de posities van het middelpunt en het beginpunt berekend. De maximale radius die geprogrammeerd mag worden bedraagt 9999.999 mm.

Bewegingsrichtingen.

De cirkelinterpolatie wordt steeds in een vlak uitgevoerd dat parallel loopt ten opzichte van een met **G17**, **G18** of **G19** geprogrammeerd hoofdvlak, b.v. het **XY**-vlak, **XZ**-vlak of het **YZ**-vlak.

In de beschrijving van het rechthoekig, rechtsdraaiend assenstelsel is al aandacht besteed aan draairichtingen. Draairichtingen worden in een programma aangegeven door de adreswoorden **G2** en **G3**. Kijkend vanuit het gereedschap naar het bewerkingsvlak, en er vanuitgaande dat het gereedschap alle bewegingen uitvoert, staat **G2** voor rechtsdraaiend (met de wijzers van de klok mee) en **G3** voor linksdraaiend (tegen de wijzers van de klok in). Dit lijkt tegenstrijdig met het assenstelsel, immers bij een rechtsdraaiend assenstelsel was de afspraak dat we vanuit de oorsprong in positieve richting van een as zouden kijken en de draaiing rechtom positief is.

Als we de **Y**-as als hoogte-as kiezen en dan vanuit het gereedschap langs die as kijken blijkt dat we in de negatieve richting langs de **Y**-as op het **XZ**-vlak kijken. Leggen we de draaiings-as op het **XZ**-vlak, dan is de positieve draaiing linksom.

Dat is nu wat in de praktijk geldt:

- | | |
|-----------|--|
| G2 | Draairichting negatief (-); met de wijzers van de klok mee. |
| G3 | Draairichting positief (+); tegen de wijzers van de klok in. |

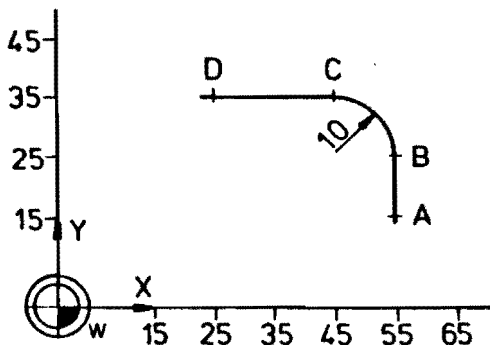
Cirkelradius (R).

De radius van een cirkelboog met een hoek kleiner dan 180 graden kan met het adreswoord **R** geprogrammeerd worden.

Als de hoek van de cirkelboog groter is dan 180 graden kan men of:

- de cirkelboog in stukken verdelen met hoeken < 180 graden
- gebruik maken van de cirkelboog-definitie met opgave van het cirkelmiddelpunt.

Voorbeeld:



De cirkelboog wordt als volgt geprogrammeerd:

```

N1 G0 X55 Y15
N2 G1 Y25 F200
N3 G3 X45 Y35 R10
N4 G1 X25
    
```

Verklaring:

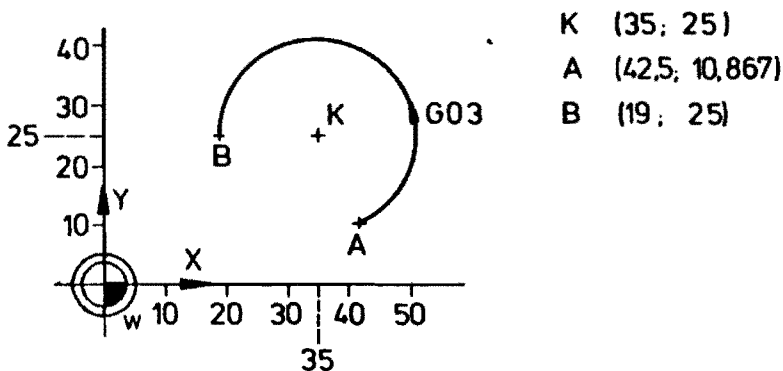
- N1 : punt A is het beginpunt
- N2 : eindpunt van de rechte lijn, punt B, tevens beginpunt van de cirkelboog
- N3 : cirkelboog tegen de klok in (G3) met het eindpunt C en de radius 10
- N4 : eindpunt D van de rechte lijn.

Cirkelmiddelpunt-koördinaten (I, J, K).

De koördinaten van het cirkelmiddelpunt worden met de woorden I, J, of K geprogrammeerd. I is de positie van het middelpunt in X, J in Y en K in Z richting. Bij absolute maatingave worden de koördinaten van het cirkel-middelpunt ten opzichte van het werkstuknulpunt geprogrammeerd. Bij inkrementele maatingave worden de afstanden van het beginpunt van de cirkelboog tot het cirkelmiddelpunt geprogrammeerd. Er moeten twee cirkelmiddelpunt-koördinaten geprogrammeerd worden:

- I en J voor een cirkel in het XY-vlak
- I en K voor een cirkel in het XZ-vlak
- J en K voor een cirkel in het YZ-vlak

Voorbeeld:



Bij absolute maatingave wordt de cirkelboog als volgt geprogrammeerd:

```

N10 G1 X42.5 Y10.867 F200
N11 G3 X19 Y25 I35 J25
    
```

Verklaring:

- N10 : punt A is het beginpunt van de cirkelboog
- N11 : cirkelboog tegen de wijzers van de klok in, met eindpunt B en cirkelmiddelpunt K

Bij inkrementele maatvoering ziet dit deel van het programma er als volgt uit:

```

N10 G1 X42.5 Y10.867 F200
N11 G91
N12 G3 X-23.5 Y14.133 I-7.5 J14.133
    
```

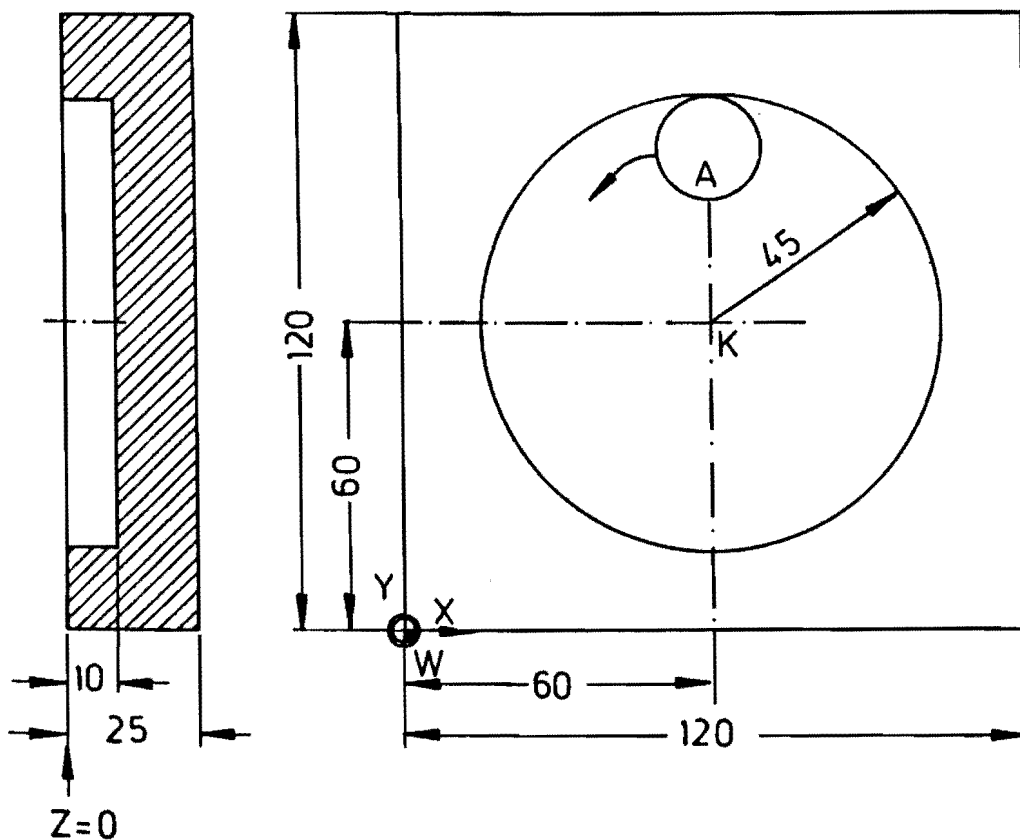
Verklaring:

- N10 : punt A, het beginpunt van de boog met absolute maten geprogrammeerd
- N11 : bevel voor inkrementele maatvoering
- N12 : een cirkelboog tegen de wijzers van de klok in, met eindpunt B. Door de inkrementele maatvoering zijn de coördinaten van eindpunt en middelpunt gegeven ten opzichte van punt A, het voorteken bepaalt de richting.

Hele cirkel.

Een hele cirkel wordt geprogrammeerd door alleen de cirkel-middelpunten op te geven. Het beginpunt (waar het gereedschap op dat moment staat) is ook het eindpunt. De radius wordt door de besturing automatisch uit het begin-punt en middelpunt berekend.

Voorbeeld: Frezen van een hele cirkel zonder radiuscorrectie.



De in het figuur getoonde ronde gat moet met een frees van 20 mm gefreesd worden, er is al voorgefreesd. Het deelprogramma kan er als volgt uitzien:

```

%PM
N9001
N1  G17          T1    M6
N2  G0          X60   Y90   Z2    S1000 M3
N3  G1          Z-10  F100
N4          Y95
N5  G3          I60   J60
N6  G1          Y90
N7  G0          Z100  M30
    
```

Verklaring:

- N1 : Vlakkeuze XY, gereedschap T1 moet nog in de hoofdspil gezet worden (M6).
- N2 : Hoofdspil wordt aangezet, draairichting rechtsonder met een toerental van 1000 omw/min, het gereedschap beweegt in ijlgang naar de startpositie
- N3 : Het gereedschap gaat met voeding in de diepte
- N4 : Het gereedschap nadert de kontour. Let er op dat het freesmiddelpunt berekend en geprogrammeerd is.
- N5 : De hele cirkel wordt linksom gefreesd.
- N6 : Het gereedschap verwijderd zich van de cirkel.
- N7 : Het gereedschap wordt uit de boring teruggetrokken.

Gereedschapsradius-korrektie.

Bij het frezen moet de gereedschapsbaan gedefiniëerd worden. De programmeur moet bij verplaatsingsbewegingen de gereedschapsbaan berekenen en in het deelprogramma schrijven. Door middel van de gereedschapsradiuskorrectie van de besturing is het mogelijk tekeningmaten te programmeren en de berekening van de gereedschapsbaan, de aquidistante, aan de besturing over te laten. Grondslag voor deze berekeningen is de in het gereedschapsgeheugen opgeslagen radius van het gereedschap. De feitelijke waarde van de gereedschapsradius wordt niet in het programma opgevoerd, zodat elke gewenste radius kan worden gebruikt.

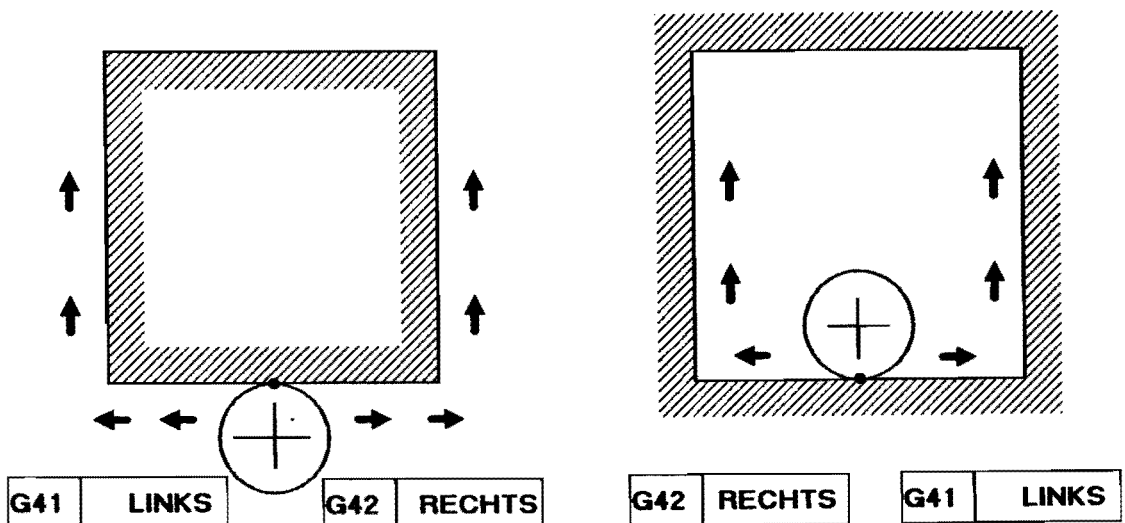
Vijf functies van de afstandvoorwaarden, **G40**, **G41**, **G42**, **G43** en **G44**, staan voor de radiuskorrectie ter beschikking en vormen samen een gemeenschappelijke groep. De eventueel actieve functie is modaal en blijft werkzaam tot zij door een andere functie van dezelfde groep opgeheven wordt.

G40 : geen radiuskorrectie.
 Alle geprogrammeerde posities zijn posities van het gereedschapsmiddelpunt.
G40 wordt automatisch werkzaam bij:

- het inschakelen van de besturing
- het bedienen van de toets <CLEAR CONTROL>
- het programmeren van een vaste bewerkingscyclus
- programma-einde M30

G41 : radiuskorrectie links.
 Het gereedschap blijft links van de kontour, kijkend in de richting waarin het gereedschap beweegt.

G42 : radiuskorrectie rechts.
 Het gereedschap blijft rechts van de kontour.



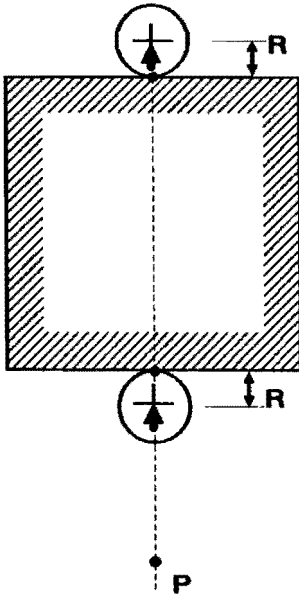
G43 : radiuscorrectie "tot".

Vermindert de af te leggen weg met de radius van het gereedschap.

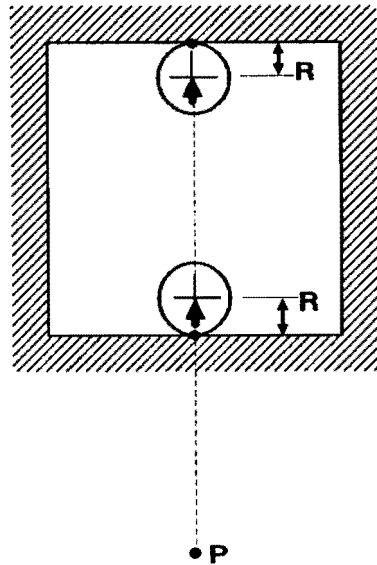
G44: radiuscorrectie "over".

Vermeedert de af te leggen weg met de radius van het gereedschap.

G44 OVER



G43 TOT



G43 TOT

G44 OVER

Punt A : Startpunt gereedschap

Punt B : Geprogrammeerd eindpunt.

Punt B': Positie van het gereedschapsmiddelpunt.

Opmerkingen:

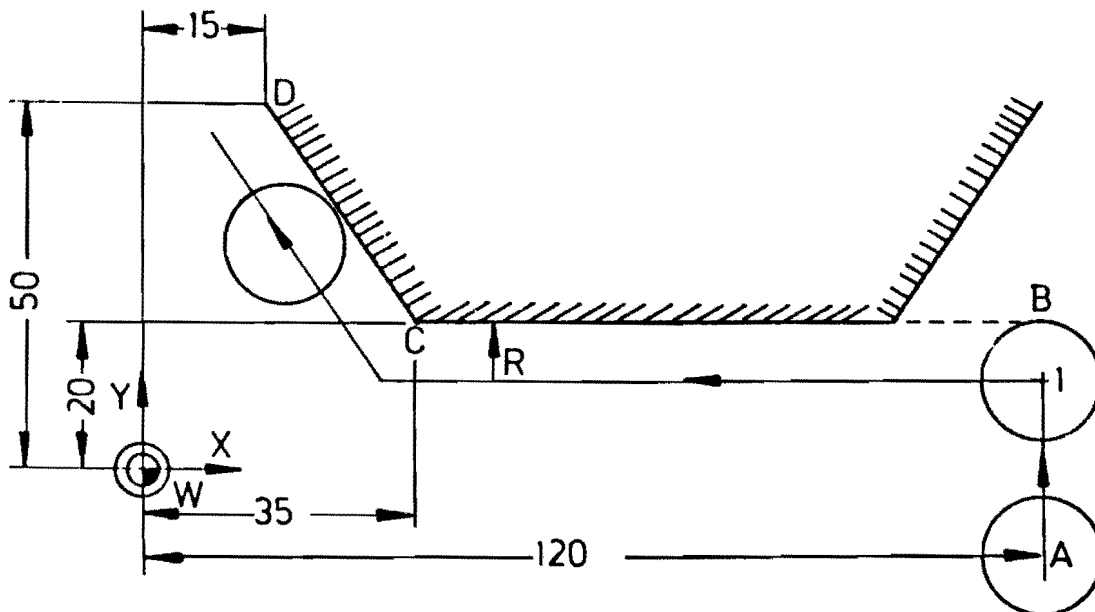
1. Door de functie G17, G18 en G19 wordt het vlak waarin de freesradiuscorrectie werkzaam is bepaald.
2. De gereedschapsradius wordt altijd positief ingegeven.
3. Indien de equidistante baan geprogrammeerd is kan een eventuele afwijking van de nominale radius van de frees gecorrigeerd worden door een correctiewaarde in het geheugen in te geven, De correctie van de geprogrammeerde banen wordt gerealiseerd door het toevoegen van G41/42, G43/44 instructies aan het programma. Deze correctiewaarde kan "+" zijn bij een gereedschap met overmaat en "-" bij een gereedschap met ondermaat ten opzichte van de nominale waarde.

Begin van de radiuscorrectie.

Bij het begin van een contour moet met behulp van G43/G44 het gereedschap op de equidistante baan gebracht worden, dit moet altijd onder een hoek van 90 graden plaatsvinden, dit om fouten bij het begin van de contour te voorkomen.

Het gereedschap moet bij het aanroepen van G43/G44 meer dan de afmeting van de radius van de contour verwijderd zijn, de correctie wordt met de af te leggen weg verrekend. Die verplaatsing wordt naargelang het verpaatsingsbevel dat actief is uitgevoerd.

Voorbeeld: Benaderen van de contour met G43.



Het programma voor het bereiken van de contour bij punt B met een freesdiameter van 20 mm:

```

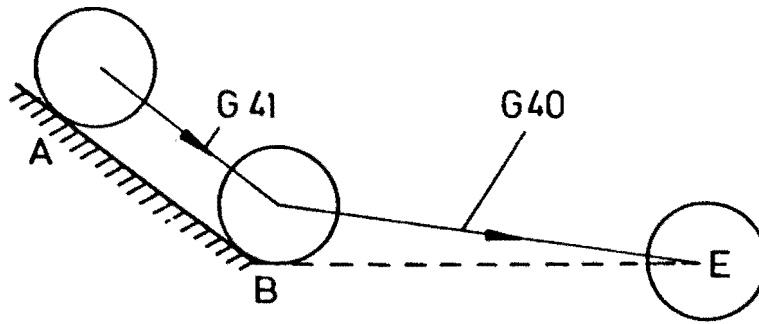
N40 G0      X120   Y-15
N41 G43     Y20
N42 G1
N43 G41     X35
N44         X15    Y50
  
```

Verklaring:

- N40 : Het gereedschap beweegt naar het beginpunt A
- N41 : programmering van het gereedschapsmiddelpunt wordt opgeheven en het gereedschap beweegt "tot" aan het werkstuk.
- N43 : de freesbewegingen links van de contour op de equidistante baan.

Wissen van de radiuscorrectie.

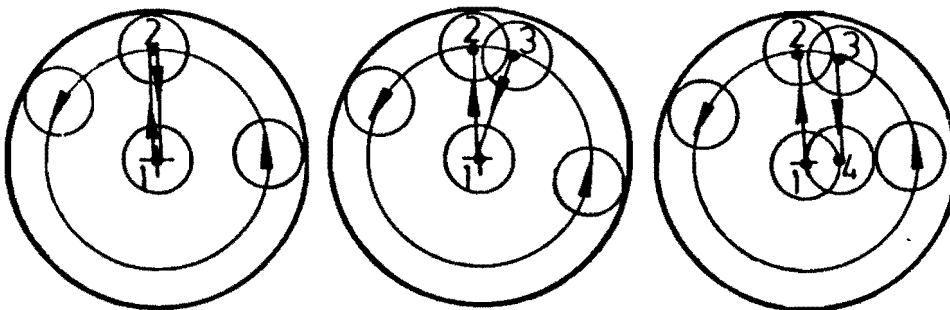
De automatische berekening van de gereedschapsbaan wordt door het adreswoord G40 opgeheven. Het bevel G40 heeft geen verplaatsing tot gevolg. Als G40 werkzaam wordt moet er een positie van het gereedschapsmiddelpunt geprogrammeerd worden. Het gereedschap beweegt via het laatste gekorrigeerde bevel, dat als snijpunt is berekend, direct naar het als eindpunt geprogrammeerde gereedschapsmiddelpunt. Dit wordt nader toegelicht aan de hand van de volgende figuur.



Verklaring:

Tijdens het frezen is de radiuscorrectie G41 (links) actief. De besturing berekent het snijpunt van de gecorrigeerde gereedschapsbewegingen AB en BE en het gereedschap gaat naar dat punt toe. Bij punt B wordt de correctie gewist en het gereedschap beweegt met zijn middelpunt naar punt E.

Drie mogelijkheden voor het frezen van een cirkel met behulp van de radiuscorrectie:



1

2

3

```
N3 G0 X0 Y0 Z0
N4 G43 Y30
N5 G41
N6 G03 X0 Y30 I0 J0
N7 G40
N8 G01 X0 Y0
```

```
N3 G0 X0 Y0 Z0
N4 G43 Y30
N5 G41
N6 G03 X0 Y30 I0 J0
N7 G1
N8 G40 X0 Y0
```

```
N3 G0 X0 Y0 Z0
N4 G43 Y30
N5 G41
N6 G03 X0 Y30 I0 J0
N7 G1 X0 Y0
N8 G40
```

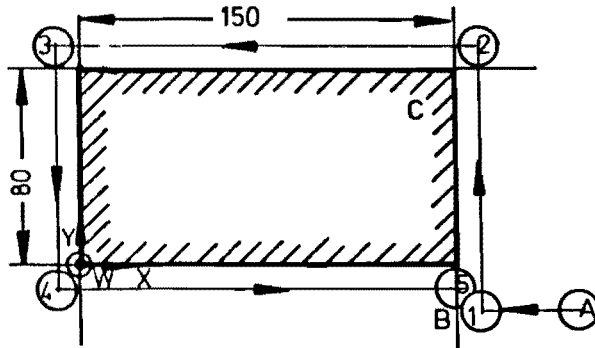
Verklaring:

1. Na de cirkelbeweging wordt de radiuscorrectie uitgeschakeld, de besturing berekent geen snijpunt op punt 2 en freest met het gereedschapsmiddelpunt naar dit punt.
2. Na de cirkelbeweging wordt op punt 2 een snijpunt berekend, in regel N8 wordt de radiuscorrectie gewist en het gereedschap gaat terug naar het cirkelmiddelpunt.
3. Na de cirkelbeweging blijft G41 actief en het gereedschap gaat links van de punten 2 en 1, naar punt 4.

Opmerking: Alleen bij 1 wordt de volledige cirkelbeweging op de aquadistante baan afgemaakt. Dit is dan ook de enige manier waarop de radiuscorrectie moet worden gebruikt.

Voorbeelden voor radiuscorrectie:

Voorbeeld 1 : omtrekfrezen.



Van het afgebeelde werkstuk wordt de omtrek gefreesd.

Het deelprogramma luidt:

```
%PM
N9001
N1  G17                T1    M6
N2  G0      X200  Y-20  Z-5  S500  M3
N3  G43      X150
N4  G1                F150
N5  G42                Y80
N6      X0
N7      Y0
N8      X150
N9  G40
N10 G0      Z200      M30
```

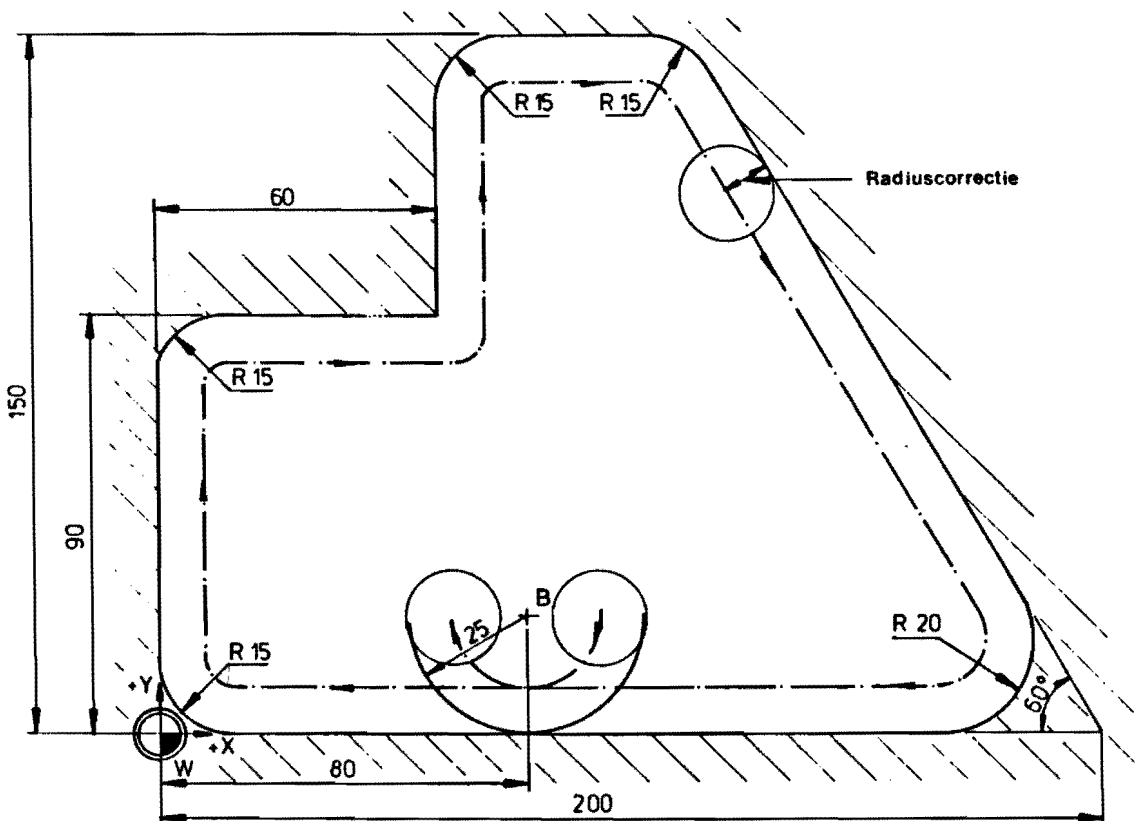
Verklaring:

- N1 : het gereedschap wordt ingespannen
- N2 : in ijlgang naar de startpositie (punt A)
- N3 : het gereedschapsmiddelpunt bereikt punt 1
- N4 : de voedingsbeweging begint, voeding 150 mm/min
- N5 : het gereedschap beweegt rechts van de kontour en gaat voorbij Y80
- N6 : het gereedschap beweegt in X-richting en gaat voorbij X0
- N7 : het gereedschap beweegt in Y-richting en gaat voorbij Y0
- N8 : het gereedschap beweegt in X-richting en gaat voorbij X150
- N9 : einde van de radiuscorrectie
- N10 : in ijlgang terug en programma-einde.

Voorbeeld 2: Vormfrezes.

De kamer is al voorgefreest en moet alleen nog nagefreest worden. Voor de afloop van het programma moet de radius van het gereedschap 1 (10mm) in het gereedschappengeheugen ingegeven worden. Ook onontbeerlijk voor de afloop van het programma is het werkstuk- of programmanulpunt, wat we tot nu toe nog niet gebruikt hebben. In dit geval zetten we de coördinaten van het programmanulpunt onder G54 in het nulpuntgeheugen.

In het programma wordt in regel 1 het gereedschap in de hoofdspil gezet en in regel 2 het werkstuknulpunt door het aanroepen van G54 actief gemaakt. Daarna wordt het gereedschap in ijlgaang naar de startpositie bewogen. De hoofdspil start met 1000 omw/min (rechtsomdraaiend M3). Voor het inlopen en verlaten van de kontour maken we gebruik van een cirkel. In regel 4 beweegt het gereedschap naar het beginpunt van de inloopcirkel. Van regel 7 tot regel 20 beweegt het gereedschap rechts van de kontour. De gereedschapskorrektie wordt in regel 21 gewist en in regel 22 wordt het gereedschap uit de kamer teruggetrokken en het programma met M30 afgesloten.



Voorbeeld 2.

Het programma:

```

%PM
N9003
N1 G17 T1 M6
N2 G54
N3 G0 X80 Y25 Z0 S1000 M3
N4 G1 Z-10 F500
N5 G43 X105
N6 G42
    
```

N7	G2	X80	Y0	R25
N8	G1	X15		
N9	G2	X0	Y15	R15
N10	G1	Y75		
N11	G2	X15	Y90	R15
N12	G1	X60		
N13			Y135	
N14	G2	X75	Y150	R15
N15	G1	X104.737		
N16	G2	X117.728	Y142.5	R15
N17	G1	X182.68	Y30	
N18	G2	X165.36	Y0	R20
N19	G1	X80		
N20	G2	X55	Y25	R25
N21	G40			
N22	G0		Z200	M30

Sprong en herhaalfunctie: G14.

Met de functie G14 kan een sprong naar elk gewenst regelnummer in het deelprogramma uitgevoerd worden, daarna wordt een bepaald aantal regels herhaald en weer naar de oorspronkelijke regel teruggesprongen. Het aantal herhalingen kan gekozen worden.

Regelopbouw: N100 G14 N1=10 N2=20 J2

Verklaring :

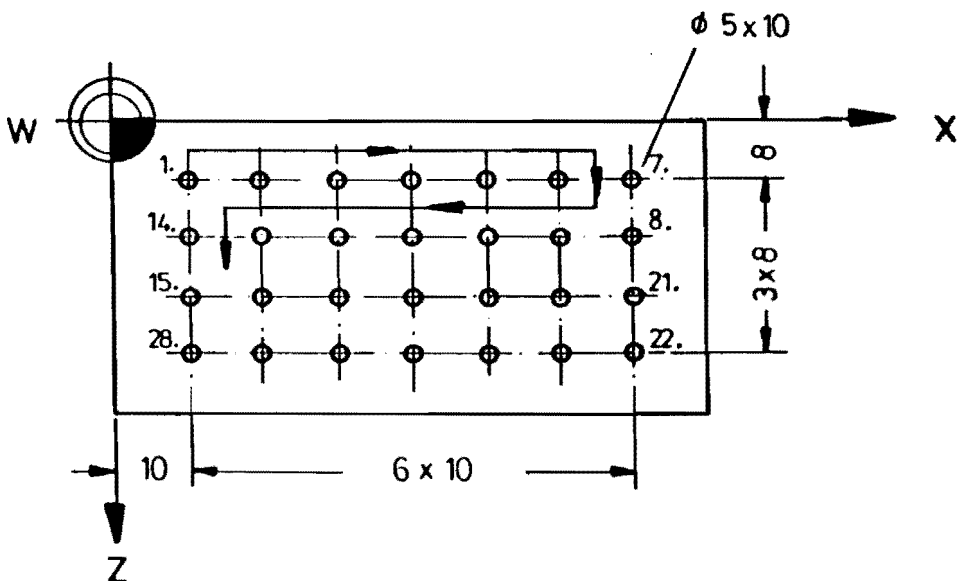
G14 : herhalingsopdracht

N1 : het eerste regelnummer van de herhaling

N2 : het laatste regelnummer van de herhaling

J : het aantal herhalingen.

Voorbeeld: gatenpatroon centeren en boren.



Het deelprogramma kan er als volgt uitzien:

%PM

N9001

N1	G18	T1 (centerboor)				M6
N2	G54					
N3	G81	Y2	Z-2.5	F100	S1000	M3
N4	G79	X10	Y0	Z8		
N5	G91					
N6	G79	X10				
N7	G14	N1=6		J5		
N8	G79			Z8		
N9	G79	X-10				
N10	G14	N1=9		J5		
N11	G79			Z8		
N12	G14	N1=6	N2=10	J1		
N13	G90					
N14		T2 (spiraalboor 5mm)				M6
N15	G81	Y2	Z-10	F150	S1200	M3
N16	G14	N1=4	N2=13	J1		
N17	G00		Y100			M30

Verklaring:

- N1 : vlakkeuze XZ en centerboor inspannen
- N2 : Werkstuknulpunt actief
- N3 : boorcyclus gedefiniëerd
- N4 : boorcyclus oproepen en eerste positie boren
- N5 : omschakelen op inkrementele maatvoering
- N6 : verplaatsing in X ingeven en tweede positie boren
- N7 : sprong naar regel 6 en 5 maal herhalen
- N8 : verplaatsing in Z en boring uitvoeren
- N9 : verplaatsing in X en boring uitvoeren
- N10 : sprong naar regel 9 en 5 maal herhalen
- N11 : verplaatsing in Z en boring uitvoeren
- N12 : sprong naar regel 6 en 1 maal inclusief regel 10 herhalen
- N13 : omschakelen naar absolute maatvoering
- N14 : centerboor wisselen voor spiraalboor
- N15 : boorcyclus gedefiniëerd
- N16 : hele cyclus herhalen met spiraalboor
- N17 : gereedschap terugtrekken en einde programma.

Opmerking:

Als er maar een regel herhaald wordt kan de ingave N2= weggelaten worden.

G14 kan tot 3 maal "verpakt" worden, dat wil zeggen dat in een herhaling een nieuwe herhaling geschreven kan worden.

Spiegelen: G72, G73.

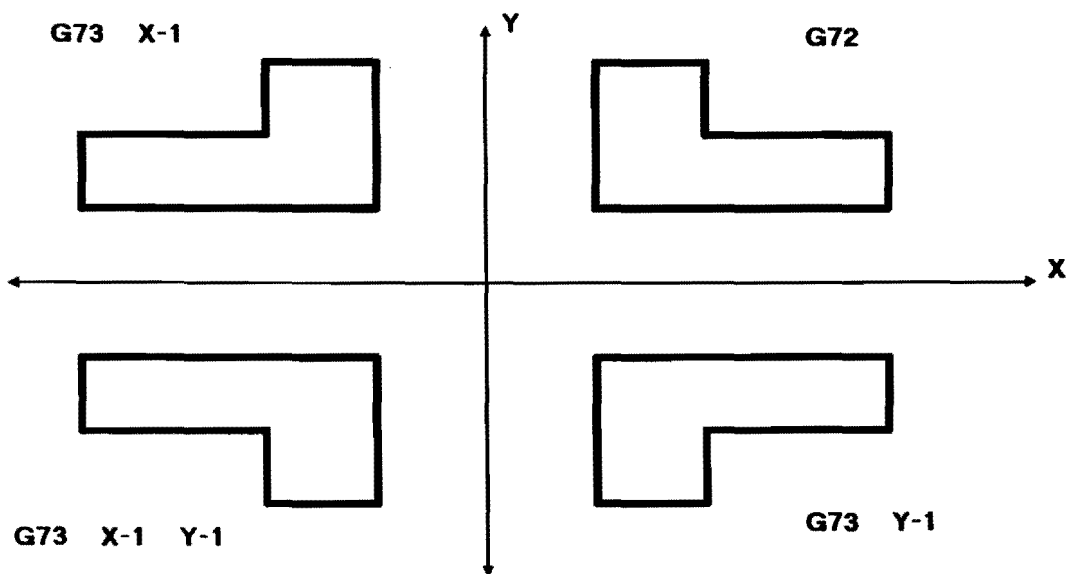
Met de functie G73 kan in alle vier assen gespiegeld worden door de functie G73 met de overeenkomstige as en negatief voorteken in te geven. Door verschuiving van de assen (werkstuk-nulpunt) kan op iedere willekeurige plaats van het werkstuk gespiegeld worden.

- X-1 spiegelen in X
- Y-1 spiegelen in Y
- Z-1 spiegelen in Z
- B-1 spiegelen in B

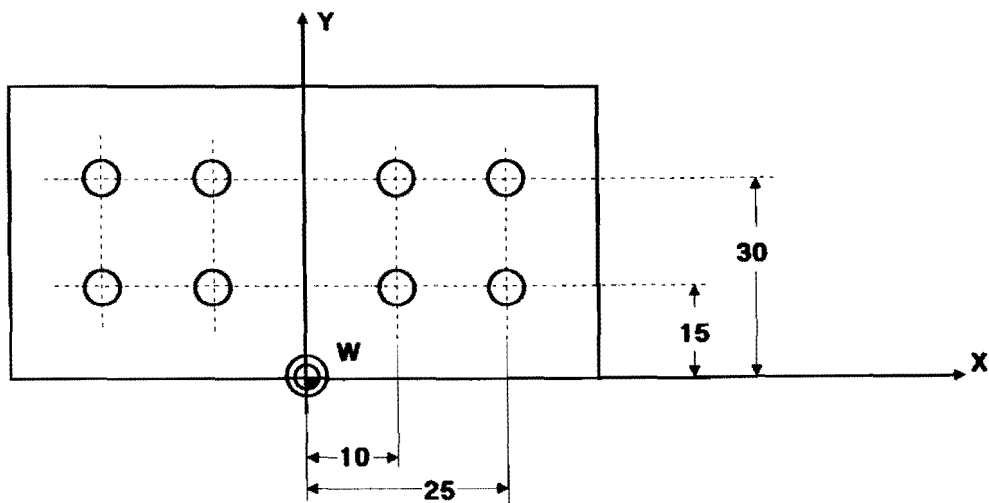
De spiegelfunctie kan opgeheven worden door:

- per as met G73 en de overeenkomstige as met positief voorteken.
- b.v. G73 X+1
- met G72 voor alle assen gelijktijdig.

Overzicht voor de twee hoofdvlakassen:



Voorbeeld van het boren van 2 gatenpatronen.



Het programma:

%PM

N9001

N1	G17				T1	M6
N2	G54					
N3	G81	Y2	Z-10	F150	S1000	M3
N4	G79	X10	Y30	Z0		
N5	G79	X25	Y30	Z0		
N6	G79	X25	Y15	Z0		
N7	G79	X10	Y15	Z0		
N8	G73	X-1				
N9	G14	N1=4	N2=7	J1		
N10	G72		Z100			M30

Verklaring:

N1 : gereedschap gewisseld

N2 : Werkstuknulpunt actief

N3 : boorcyclus gedefiniëerd

N4-N7 : de vier gaten worden na elkaar geboord

N8 : spiegelen in de X-as

N9 : sprong naar regel 4 en 1 maal regel 4 tot en met regel 6 herhalen. De X-adressen worden nu in spiegelbeeld uitgevoerd.

N10 : spiegelen wordt uitgeschakeld, gereedschap terugtrekken en einde programma.

Hulpinformaties.

Definitie:

Hulpinformaties zijn nodig om de door de gereedschapsbewegingen gedefiniëerde bewegingsafloop te voorzien van alle gegevens die nodig zijn voor het vervaardigen van een produkt (technologie). Tot de hulpinformaties behoren voeding (F), toerental (S), gereedschap (T) en schakelfuncties (M) zoals gereedschapswissel, draairichting hoofdspil, koelmiddelbevelen enz.

Voeding: (F)

in mm/min (G94),
of mm/omw (G95).

De waarde die aan een voeding wordt gegeven wordt onder het adreswoord F benoemd. Afhankelijk van de G-functie die actief is kan de F-waarde twee betekenissen hebben:

G94 **F20** geeft een aanzet van 20 mm/min
G95 **F20** geeft een aanzet van 20 mm/omw

Bij het wisselen van G94 naar G95 en omgekeerd moet in dezelfde regel een nieuwe voedingswaarde (F) geprogrammeerd worden.

Opmerkingen:

- bij het opstarten van een programma is G94 actief.
- de grootste voedingswaarde bij G94 is 3000 mm/min, bij G95 30 mm/omw.
- de kleinste voedingswaarde bij G94 is 0.1 mm/min, bij G95 0.001 mm/omw.
- bij het bewerken van binnencirkels (G2/G3) met radiuscorrectie, wordt de voeding berekend voor de contour. Bij buitencirkels vindt geen omrekening plaats en is de voeding gelijk aan de verplaatsings-snelheid van de middelpuntsbaan

Toerental hoofdspil (S).

Het toerental wordt onder het adres S met een getal van maximaal 4 cijfers geprogrammeerd. Voorafgaande nullen kunnen worden weggelaten. Het toerental wordt direct in omw/min ingegeven (hele waarden), en ligt tussen een maximum toerental van S6000 en een minimum toerental van S20.

Gereedschap (T).

Het gereedschap wordt onder het adres T met een getal van maximaal 2 cijfers geprogrammeerd. Het gereedschapnummer (T) wordt op 2 manieren gebruikt:

- voor het opslaan van de gereedschapsmaten in het gereedschapgeheugen.
- om in het deelprogramma aan te geven met welk gereedschap gewerkt wordt. In het gereedschappengeheugen moet de lengte en de radius van het gereedschap benoemd worden , bijvoorbeeld: T12 L30.023 R11.96

Er kunnen 99 gereedschappen in het gereedschappengeheugen worden opgeslagen.

Hulp- functies (M).

M0 : stopbevel.

Programmaonderbreking en stoppen van de machinebewegingen, na het beëindigen van de regel waarin M0 is ingegeven. Hoofdspil en koelmiddeltoevoer worden gestopt. Het programma loopt na het indrukken van de starttoets weer verder, de hoofdspil en het koelmiddel worden weer ingeschakeld.

M3 : Rechtsomdraaien van de hoofdspil.

Wordt meestal samen met het S-woord (toerental) in het begin van een programma in een regel geprogrammeerd. Voordat de eventuele gereedschapsbewegingen in dezelfde regel uitgevoerd worden, zal de spil rechtsomdraaiend ingeschakeld worden met het geprogrammeerde toerental. M3 is modaal en kan alleen door een ander spilbevel opgeheven worden.

M4 : Linksomdraaien van de hoofdspil.

Heeft dezelfde werking als M3 in tegenovergestelde draairichting.

M5 : Spilstop.

Deze functie stopt de hoofdspil als alle bevelen in dezelfde regel afgewerkt zijn. Het bevel blijft actief tot het door een ander spilbevel (M3 of M4) opgeheven wordt.

M6 : Automatisch wisselen gereedschap op een vaste positie voor T0 tot T36.

Bij dit bevel worden de sleden in ijlgang teruggetrokken naar het gereedschapswisselpunt, dit zorgt voor de de nodige ruimte teneinde botsing tussen gereedschap en werkstuk te voorkomen.

M66 : Handbediend wisselen gereedschap op een geprogrammeerde positie voor T37 tot T99.

De plaats waarop de gereedschapswissel gebeurt wordt in de voorgaande regel geprogrammeerd. Het programma wordt onderbroken en de hoofdspil gestopt. met de hand kan er dan een gereedschap gewisseld respectievelijk in de hoofdspil gezet worden. De besturing verlangt een wissel en de klemming van het gereedschap moet gelost en weer geklemd worden voordat de besturing het programma vrij geeft voor verdere afloop. Na het wisselen kan het programma vervolgd worden door de starttoets te bedienen.

M8 : Koelmiddel aan.

Deze M-functie stelt de koelvloeistoftoevoer in werking. Bij gereedschapswissel wordt de toevoer tijdelijk onderbroken. M8 is modaal en blijft werkzaam totdat de functie M9 (koelmiddel uit) wordt geprogrammeerd.

M9 : Koelmiddel uit.

De koelmiddeltoevoer wordt afgesloten als alle verplaatsingen in dezelfde regel zijn uitgevoerd.

M13 : Rechtsomdraaien hoofdspil en koelvloeistof aan.

Gezamenlijke opdracht van M3 en M8.

M14 : Linksomdraaien hoofdspil en koelvloeistof aan.

Gezamenlijke opdracht van M4 en M8.

M30 : Programma-einde.

Programma-einde en stopzetten van de machinebewegingen, nadat de programmaregel, waarin M30 is ingegeven, is afgewerkt. De besturing springt terug naar de eerste programmaregel.

Puntdefinitie G78.

Punten op een tekening kan men een symbolische betekenis gegeven zoals: P1, P2 tot en met P99. Van deze betekenis wordt een lijst gemaakt samen met hun absolute coördinaatwaarden in X, Y en Z (eventueel A en B), betrokken op het werkstuknulpunt.

Bij het definiëren kan er per regel maar een punt ingegeven worden b.v.

N5 G78 P1 X100 Y50 Z0.

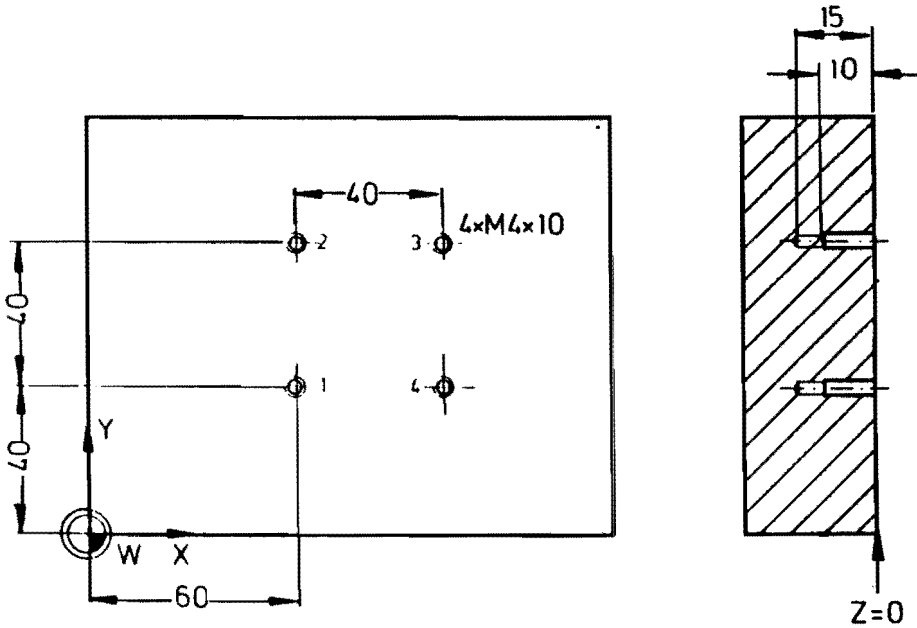
De symbolische betekenis van P1 wordt met de coördinaat-waarden opgeslagen in het geheugen. Later in het programma kunnen de ingegeven posities geprogrammeerd worden door alleen het P-nummer op te roepen, maximaal 4 per regel, bijvoorbeeld:

N12 G1 P1 P6 P14 P2.

De opgegeven punten worden in de volgorde waarin ze geprogrammeerd zijn afgewerkt. Hetzelfde geldt voor G79 (cyclusoproep), de vooraf geactiveerde cyclus wordt in alle punten in opgegeven volgorde afgewerkt. Bij G77 (gatenpatroon op een cirkelboog) kan het middelpunt door een P-woord gedefiniëerd worden.

Voorbeeld:

De vier gaten in het werkstuk worden met P1, P2, P3 en P4 aangeduid.



Deelprogramma:

N1	G78	P1	X60	Y40	Z0	
N2	G78	P2	X60	Y80	Z0	
N3	G78	P3	X100	Y80	Z0	
N4	G78	P4	X100	Y40	Z0	
N5	G17	T1	M6	(centerboor)		
N6	G56					
N7	G81	Y2	Z-2	F100	S500	M3
N8	G79	P1	P2	P3	P4	
N9		T2	M6	(spiraalboor 3.2 mm)		
N10	G81	Y2	Z-15	F200	S1000	
N11	G79	P4	P3	P2	P1	
N12		T3	M6	(machinetap M4)		
N13	G84	Y5	Z-10	F390	S560	
N14	G79	P1	P2	P3	P4	
N15			Z200			M30

Verklaring:

N1-N4 : de punten P1 tot en met P4 worden gedefiniëerd.

N5 : vlakkeuze G17 en centerboor in de hoofdspil zetten met gebruik van het vaste wisselpunt.

N6 : werkstuknulpunt actief.

N7 : de boorcyclus voor de centerboor wordt gedefiniëerd.

N8 : boorcyclus oproepen en de centergaten worden in volgorde van ingave geboord.

N9 : wisselen gereedschap.

N10 : de cyclus voor het boren definiëren.

N11 : vier gaten boren in volgorde van ingave.

N12 : boor wisselen voor tap M4.

N13 : tapcyclus definiëren.

N14 : gaten tappen.

N15 : terugtrekken gereedschap en programma-einde.

Cycli.

Een cyclus is een complete bewerkingsopdracht in een regel. Dikwijls terugkerende bewerkingen zijn als een cyclus ondergebracht in een G-functie.

Voor boorbewerkingen zijn de volgende cycli beschikbaar:

- G81** : Boren.
- G83** : Diepboren.
- G84** : Tappen.
- G85** : Ruimen.
- G86** : Nabewerken (kotteren).

Voor freesbewerkingen:

- G87** : Kamer (recht met afgeronde hoeken).
- G88** : Spiebaan.
- G89** : Kamer (cirkelvormig).

Deze cycli kunnen bij het programmeren veel tijd en moeite besparen omdat ze met één G-functie zorgen voor de :

- gewenste bewerkingsvolgorde
- bewegingsopdrachten voor het gereedschap
- eventueel benodigde technologie.

Met de functie **G79** kan de gedefiniëerde cyclus opgeroepen worden. De positie waarop de cyclus uitgevoerd wordt moet met coördinaat-waarden in dezelfde regel geprogrammeerd worden,

b.v. G79 X85 Y54 Z0

Een G79-regel wordt als volgt afgewerkt:

- positioneren van het gereedschap op het punt dat in de G79-regel is geprogrammeerd
- uitvoeren van de laatst geprogrammeerde cyclus, rekening houdend met de gereedschapsafmetingen.

De cyclus kan met G79 op iedere gewenste positie herhaald opgeroepen worden. De programma-opbouw moet zo zijn dat er tussen de cyclusoproep en cyclusdefinitie die verwerkt moet worden, geen andere cyclus staat.

De woorden in een bevelenset van een definitie-regel kunnen een andere betekenis hebben dan in het deelprogramma. Zo is bijvoorbeeld bij een boorcyclus:

- X: pauzetijd
- Y: veiligheidsafstand
- I : boorstapdiepte
- J: terugtrekafstand.

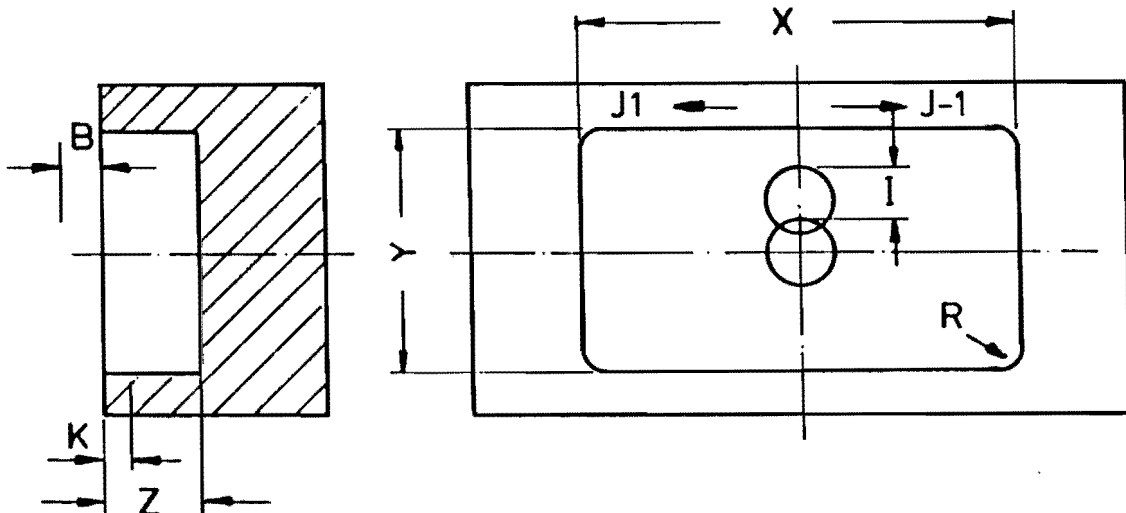
Ook is de betekenis van een woord in alle cycli eenduidig en onafhankelijk van het vlak waarin gewerkt wordt. Voor alle cycli geldt dat het Z-woord betrekking heeft op de diepte. Bij G87 (kamerfreesen) worden de afmetingen van de kamer met het X en het Y-woord aangegeven. Dit is geheel volgens de vlakkeuze G17 (gereedschap Z-as). Als we echter in G18 (gereedschap Y-as) werken is de bevelenset hetzelfde maar de bewegingen zijn anders n.l.:

- X-woord is afmeting parallel aan de X-as
- Y-woord is afmeting parallel aan de Z-as
- Z-woord is diepte parallel aan de Y-as.

Voor de betekenissen van alle andere woorden wordt verwezen naar het cycli overzicht op blz. 36 en blz. 37 .

Voorbeeld : Cyclus **G87**.

De freescyclus G87 wordt gebruikt om een rechthoekige kamer met afgeronde hoeken te frezen. In een G79 regel wordt de cyclus opgeroepen en het kamermiddelpunt geprogrammeerd. Bij de afwerking van deze regel gaat het gereedschap in ijjgang naar de geprogrammeerde positie en begint met het uitfrezen van de kamer.



De volgende woorden heeft men in een G87-regel nodig om de kamer en zijn bewerkingstafloop te definiëren. De uitleg heeft betrekking op vlakkeuze G17 (gereedschap Z-as).

- X-woord : afmeting parallel aan de X-as. Het X-woord heeft geen voorteken.
- Y-woord : afmeting parallel aan de Y-as, bij G18 de Z-as. Het Y-woord heeft geen voorteken.
- Z-woord : totale diepte van de kamer, het voorteken is altijd negatief.
- B-woord : veiligheidsafstand, inkrementele waarde gemeten vanaf het bovenvlak van de kamer, het voorteken is altijd positief.
- I-woord : snijbreedte van de frees in %. I75 betekent dat maximaal 75% van de freesdiameter gebruikt wordt. Indien geen I-woord geprogrammeerd is wordt I83 aangenomen (machinekonstante).
- J-woord : J1 of niet geprogrammeerd betekent meelopend frezen. J-1 is tegenlopend frezen.
- K-woord : diepte van een enkele snede, als de kamer in meerdere diepte-stappen bewerkt moet worden.
- R-woord : radius van de hoeken, het is duidelijk dat de freesradius gelijk aan of kleiner dan de R-waarde moet zijn.

Andere woorden zoals F, S, T en M kunnen in een G87-regel, en natuurlijk ook bij de overige cycli, bijgevoegd worden.

Kamers en spiebanen die onder een hoek staan.

Het is ook mogelijk een rechthoekige kamer of een spiebaan die een hoek maakt met het assenstelsel te frezen met behulp van de voornoemde cycli. Dit kan door toevoeging van het B1= -woord bij cyclusoproep G79.

De hoek (in graden) wordt achter het B1= -woord ingegeven. Bij 0 graden worden de rechthoek en de spiebaan parallel aan de coördinaat-as van het werkvlak gefreesd, de 0 graden hoek hoeft niet te worden geprogrammeerd. De referentie-as is in de vlakken G17 en G18 de positieve X-as. De draairichting kan door het voorteken worden bepaald (- rechtsom, + linksom). De rotatie vindt plaats om het coördinatenpunt dat in G79 is geprogrammeerd.

Voorbeeld in het vlak G17:

G79 X85 Y40 Z0 B1=-45

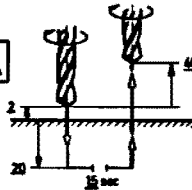
de opgeroepen cyclus wordt rechtsom draaiend onder een hoek van 45 graden gefreesd op positie X85 Y40 Z0.

3.3 Bohrzyklus G81 mit Zyklusaufruf G79

Bohrzyklus G81

G81-Satz:
G81 (X15) Y2 Z-20 (B40) E... S... M...

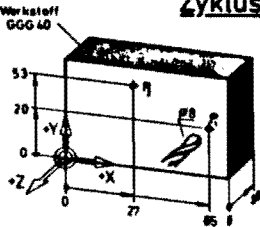
Sicherheits-
abstand
 Rückzugs-
abstand
 Verweilzeit Bohrungstiefe



Zyklusaufruf G79

Im G79-Satz wird die Position programmiert, an welcher der zuletzt angegebene Zyklus abgearbeitet werden soll:

N3 G81...
 N4 G79 X65 Y20 Z0
 N5 G79 X27 Y53 (Z0)
 N6...



% PM					
N 9003					
N 1	G17				T1 M66
N 2	G54				
N 3	G81		Y 2	Z -33	F200 S1200 M3
N 4	G79	X 65	Y 20	Z 0	
N 5	G79	X 27	Y 53		
N 6	G0			Z 100	
N 7		X 0	Y 0		M 30

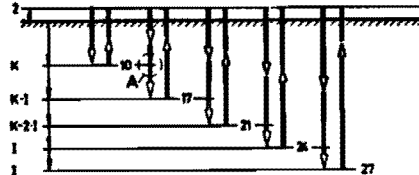
3.4 Tieflochbohren G83

Für das Tieflochbohren stehen 2 Möglichkeiten zur Verfügung:
 1. Vollständiger Rückzug aus der Bohrung (Entspannen)
 Erkennung: Im G83-Satz ist kein J-Wert programmiert.

G83-Satz:
N...G83 Y2 Z-27 I3 K10 F... S... M...

siehe G81 Reduzierwert Tiefe der ersten Bewegung

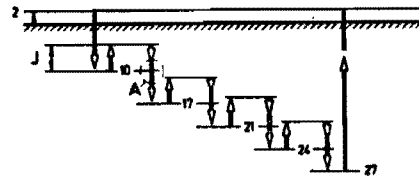
Ablauf:



2. Rückzug um einen programmierten Abstand (J-Wert)

G83-Satz:
N...G83 Y2 Z-27 I3 J5 K10 F... S... M...

jeweiliger Rückzugsabstand



3.5 Gewindebohren G84

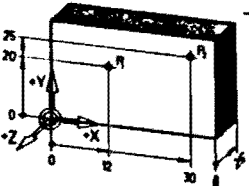
G84-Satz (ohne X und B):

N...G84 Y5 Z-30 F665 S950

Beachten Sie:

- Größerer Sicherheitsabstand Y als bei G81 / G83
- S-Wert ergibt sich aus d und v (Gewindeschneiden: $v = 10 \frac{mm}{min}$)

③ F-Wert = Gewindesteigung x Drehzahl
 $F = 0,7 \text{ mm} \cdot 950 \frac{1}{min}$
 $F = 665 \frac{mm}{min}$



An den Positionen P1 und P2 sollen M6-Gewindebohrungen (durchgehend) angebracht werden.

Stellen Sie das Teilprogramm auf (ohne Zentrieren):

% PM					
N 9006					
N 1	G17				T1 (Bohrer ø5mm) M66
N 2	G54				
N 3	G83		Y 2	Z - 27	I2 J0,3 K6 F100 S1200 M3
N 4	G79	X12	Y20	Z 0	
N 5	G79	X30	Y25		
N 6					T2 (M6-Gewindebohrer) M6
N 7	G84		Y 5	Z - 30	F530 S530
N 8	G79	X30	Y25	Z 0	
N 9	G79	X12	Y20		
N 10	G0			Z 100	
N 11	G0	X 0	Y 0		M 30

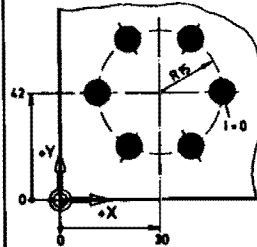
3.7 Bohrungen auf einem Lochkreis: Zyklus G77

In einem G77-Satz werden Bohrungen definiert, die sich in einem gleichbleibenden Abstand auf einem Lochkreis befinden.

G77-Satz ("Vollkreis"):

N...G77 X30 Y42 Z0 R15 I0 J6

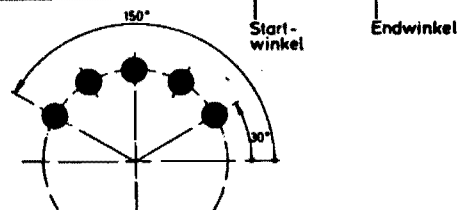
Kreismitelpunkt in X
 Werkstückebene
 Kreismitelpunkt in Y
 Radius des Kreises
 Startwinkel
 Anzahl der Bohrungen



% PM					
N 9008					
N 1	G17				T1 M66
N 2	G54				
N 3	G81		Y 2	Z - 8	F100 S800 M3
N 4	G77	X30	Y42	Z 0	R15 I0 J6
N 5	G0			Z 200	
N 6		X 0	Y 0		M 30

G77-Satz (allgemein):

N...G77 X...Y...Z...R... I30 J5 K150



4.2 Taschenfräszyklus G87

G87-Satz: N...G87 X60 Y50 Z-20 B2 R10 (I70)(J-1) K5 F...S...M...

Abmessung der Tasche parallel zur X Achse
Gesamttiefe der Tasche
Eckenradius (R-Wert) [Fräseradius!]
Gegenläufigen (kein J-Wert Gleichläufigen)

Abmessung der Tasche parallel zur Y Achse
Sicherheitsabstand
Schnittbreite des Fräsers in % des d (kein I-Wert I=83)
Tiefe jedes einzelnen Schnittes

G18 parallel zur Z Achse!

Vorschubgeschwindigkeit: $0.099 \cdot F$ Wert

% PM					
N 9013					
N1	G17				T1 M66
N2	G54				
N3	G87	X 60	Y 50	Z - 20	B2 R10 K5 F60 S500 M13
N4	G79*	X 45	Y 35	Z 0	
N5	G0			Z 100	
N6		X 0	Y 0		M 30

* In dem G79-Satz wird der Taschenmittelpunkt programmiert!

4.3 Nutenfräszyklus G88

G88-Satz: N...G88 X15 Y35 Z-15 B2 (J-1) K5 F...S...M...

Abmessung der Nut parallel zur X Achse
Gesamttiefe der Nut
siehe G87

Abmessung der Nut parallel zur Y Achse
Sicherheitsabstand
Tiefe jedes einzelnen Schnittes

G18 parallel zur Z Achse!

Zyklus Teil 1 (Langsbewegungen in der Nutmitte) dann Zyklus Teil 2 (Umfangsbewegung)

Eintrittspunkte
wenn die Nut parallel zur X Achse liegt

% PM					
N 9015					
N1	G17				T1 M66
N2	G54				
N3	G88	X 15	Y 35	Z - 15	B2 K5 F100 S950 M13
N4	G79*	X 20	Y 18	Z 0	
N5	G0			Z 100	
N6		X 0	Y 0		M 30

* In dem G79-Satz wird der Eintrittspunkt programmiert!

4.4 Kreistaschenfräszyklus G89

G89-Satz: N...G89 Z-15 B2 R20 (I70)(J-1) K5 F...S...M...

Sicherheitsabstand
Gesamttiefe der Tasche
Z auch bei G18
Radius der Tasche
siehe G87
Tiefe jedes einzelnen Schnittes

% PM					
N 9017					
N1	G17				T1 M66
N2	G54				
N3	G89			Z - 15	B2 R20 K5 F80 S800 M13
N4	G79*	X 35	Y 35	Z 0	
N5	G0			Z 100	
N6		X 0	Y 0		M 30

* In dem G79-Satz wird der Taschenmittelpunkt programmiert!

Programmierschlüssel MAHO CNC 432

G-Funktionen

M-Funktionen

- G 0 Eilgang
- 1 Geradeninterpolation
- 2 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
- 3 Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn
- G 4 Verweilzeit
- G14 Sprungbefehl und Wiederholfunktion
- G17 Ebene XY, horizontal
- 18 Ebene XZ, vertikal
- 19 Ebene YZ
- G22 Unterprogramm-Aufruf
- 29 Bedingter Sprungbefehl im UP
- G40 Keine Radiuskorrektur
- 41 Radiuskorrektur links
- 42 Radiuskorrektur rechts
- 43 Radiuskorrektur bis
- 44 Radiuskorrektur über
- G53 Keine gespeicherte Nullpunktverschiebung
- 54-57 Gespeicherte NP-Verschiebungen 1-4
- G70 Zoll-Eingabesystem
- 71 Metrisches Eingabesystem
- G72 Keine Spiegelbildbearbeitung
- 73 Spiegelbildbearbeitung
- G77 Lochkreisdefinition
- 78 Punktdelinition
- G79 Zyklusaufruf
- G81 Bohrzyklus
- 83 Tieflochbohrzyklus
- 84 Gewindebohrzyklus
- 85 Reibzyklus
- 86 Ausdrehzyklus
- G87 Taschenfräszyklus
- 88 Nutenfräszyklus
- 89 Kreistaschenfräszyklus
- G90 Bezugsmaß-Programmierung
- 91 Kettenmaß-Programmierung
- G92 NP-Verschiebung Inkrementell
- 93 NP-Verschiebung absolut
- G94 Vorschub in mm/min
- 95 Vorschub in mm/U
- M 0 Programm Stop
- M 3 Arbeitsspindel-Rechtslauf
- 4 Arbeitsspindel-Linkslauf
- 5 Arbeitsspindel-Stop
- M 6 Werkzeugwechsel mit automatischem Rückzug
- M 7 Kühlmittel Nr. 2 Ein
- 8 Kühlmittel Nr. 1 Ein
- 9 Kühlmittel Aus
- M10 NC-Rundtisch geklemmt
- 11 NC-Rundtisch gelöst
- M13 Arbeitsspindel-Rechtslauf und Kühlmittel Ein
- 14 Arbeitsspindel-Linkslauf und Kühlmittel Ein
- M19 Orientierter Spindelstop (nur Maschinen-Center)
- M20 zusätzliche M-Funktion (maschinenspezifisch)
- M30 Programm-Ende
- M46 Werkzeugwechsel bei beliebiger Position
- 60 Palettenwechsel
- 66 Werkzeugwechsel von Hand
- 67 Werkzeugkorrekturwechsel

Onderprogramma (MACRO).

Een onderprogramma is een apart programma dat, eenmaal geprogrammeerd, in een daarvoor gereserveerd gedeelte van het geheugen wordt opgeslagen.

Het onderprogramma kan actief gemaakt worden door het in een werkstukprogramma of ander onderprogramma op te roepen. Een onderprogramma is herkenbaar door het symbool **%MM**.

Een onderprogramma begint met een programma-nummer >9000. Alle regels die normalerwijze in een gewoon programma geprogrammeerd kunnen worden, kunnen ook in een onderprogramma worden opgenomen.

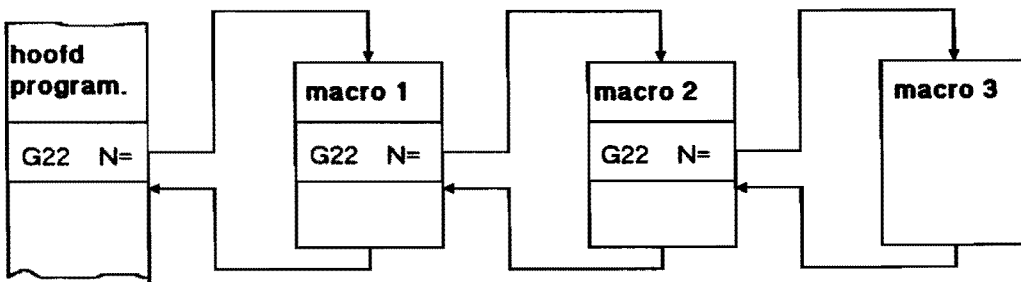
Een onderprogramma wordt in het werkstukprogramma of in een ander onderprogramma via de functie G22 en het gewenste onderprogramma-nummer opgeroepen.

Bijvoorbeeld: N50 G22 N=9001

Het onderprogramma met het nummer 9001 wordt opgeroepen.

In een regel waarin een onderprogramma wordt opgeroepen mogen geen andere functies worden ingegeven.

Onderprogramma's kunnen maximum 8 keer "verpakt" worden, dat betekent dat in een onderprogramma een ander onderprogramma opgeroepen wordt en in deze weer een ander onderprogramma enz.



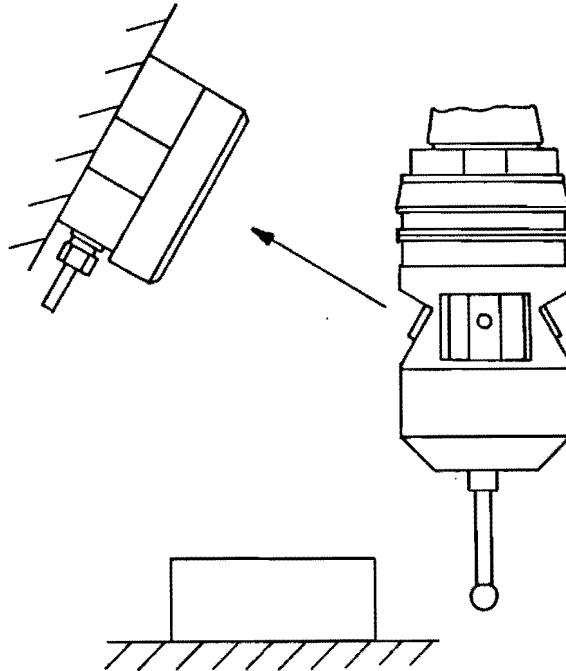
Schematische voorstelling van het samenstellen van 3 onderprogramma's.

Verklaring:

In het hoofdprogramma wordt de eerste Macro opgeroepen. Deze Macro wordt tot de volgende Macro-oproep afgewerkt en dan naar de tweede Macro gesprongen. De tweede Macro-oproep wordt afgewerkt tot de derde Macro wordt opgeroepen. Als de derde Macro beëindigd is wordt er naar de tweede Macro teruggesprongen, tot het einde afgewerkt, naar de eerste teruggesprongen en als die afgewerkt is terug naar het hoofdprogramma dat dan verder afgelopen wordt.

De meettaster.

De MH 700S is uitgerust met een meettaster van het fabrikaat Heidenhain, type TS 511, en is een schakelende 3D taster. De meettaster wordt als een gereedschap in de hoofdspil gezet. Als het werkstuk wordt aangeraakt en er een gedefiniëerde taststift verplaatsing plaats vindt, wordt er een schakelsignaal gegeven dat de besturing via een software programma verwerkt. De signaal overdracht wordt verzorgd door een infra-rood zend- en ontvang systeem.



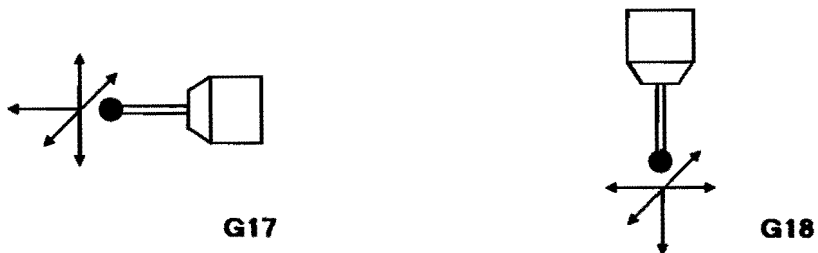
De meettaster

Het meettaststelsel kan gebruikt worden voor het meten van:

- de hoek van een werkstukvlak, deze hoek kan men korrigeren door middel van de rondtafel.
- werkstuk nulpunten.
- de toleranties op bewerkte onderdelen.
- middelpunt en radius van een gat of as.

Aantastrichting.

De taststift kan in zijwaartse richting en in de hoogte verplaatsen en komt na het meten automatisch terug in de nulstand.

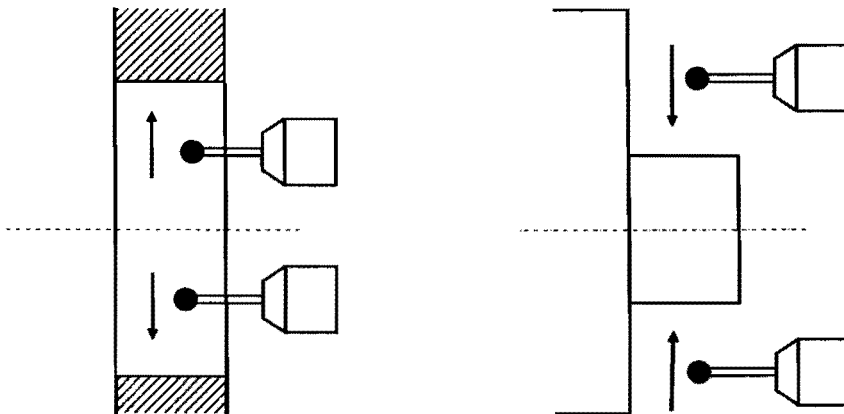


meetrichting

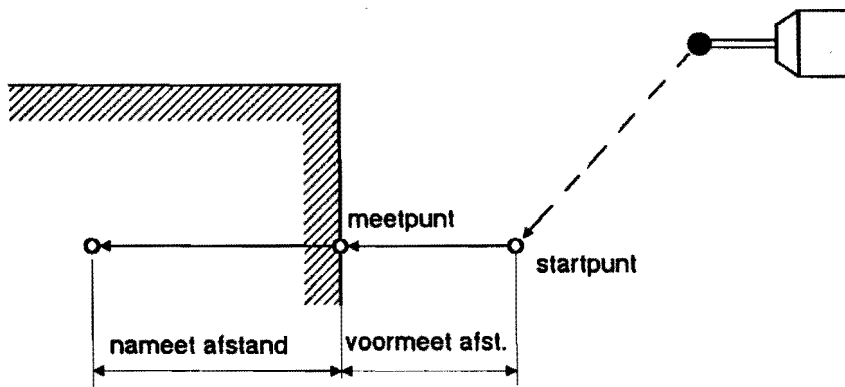
Werken met de meettaster.**Meetcycli (G45, G46).**

Meetcycli zijn vast geprogrammeerde meetopdrachten die in de besturing zijn ingebouwd. Binnen een werkstukprogramma zijn twee verschillende meetcycli mogelijk:

- Puntmeting **G45**
- Cirkelmeting **G46**

**Meten van een punt op een werkstuk****Meten van een gat****Meten van een as****Opmerking:**

Tijdens het meten met G45 of G46 is de signaaloverdracht van de meettaster actief. Een toerental (S) en M3, M4, M13 en M14 mogen niet actief zijn zolang de meettaster is ingespannen.



Afloop van een meetcyclus:

- ijlgbeweging naar het startpunt, dit ligt op een vaste afstand van het opgegeven meetpunt, de z.g. voormeetafstand (5 mm). Die afstand kan ook in de G45 regel geprogrammeerd worden.
- op het startpunt wordt perslucht ingeschakeld teneinde het meetoppervlak te reinigen.
- meetbeweging met meetsnelheid in de geprogrammeerde as-richting tot een maximale afstand van het geprogrammeerde meetpunt, de zogenaamde nameetafstand. In het traject voormeetafstand - nameetafstand moet het meetpunt gevonden worden anders volgt een foutmelding en wordt het programma onderbroken. De meetsnelheid is vast ingesteld op 2 m/min.
- als de meettaster het oppervlak toucheert, wordt de actuele positie van het meetsysteem overgenomen en gaat de meettaster met ijlgb terug naar het startpunt.
- de deltawaarde (gemeten waarde - programmeerde waarde) wordt intern opgeslagen en kan voor correctie van nulpuntverschuivingen of gereedschapscorrecties gebruikt worden. Ook de meetrichting wordt opgeslagen. De gemeten actuele positie kan direct in het NC programma verwerkt worden.

Programmering van een meetcyclus.

Puntmeting G45.

G45 is alleen werkzaam in de regel waarin hij is geprogrammeerd. De volgende adressen kunnen worden gebruikt:

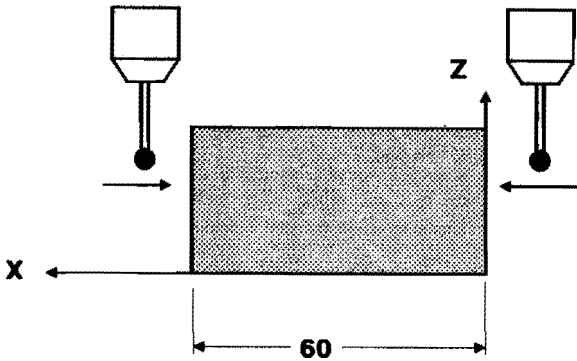
X, Y, Z, B (P)	Geeft de coördinaten van het punt waarop de meting uitgevoerd wordt. Dit punt kan ook met puntdefinitie (P) of met parameters (E) geprogrammeerd worden.
I, J, K, L	Bepaalt de as en de richting (+ of -) waarin de taster moet bewegen. I staat voor de X-as, J staat voor de Y-as., K staat voor de Z-as en L staat de voor B -as. Met behulp van deze waarde wordt berekend waar de beweging met meetsnelheid moet beginnen.
X1=	Voormeetafstand. Als deze niet wordt geprogrammeerd wordt een vaste waarde aangenomen, deze is in de machineconstante vastgelegd (10mm).
N=	Definiëerd het puntnummer waar de gemeten positie opgeslagen wordt.
E	Definiëerd het parameternummer waar de gemeten positie opgeslagen wordt.

De tasterafmetingen zelf worden onder een T adres (bij de MH 700S adres T1) in het gereedschapsgeheugen opgeslagen en in een G45 regel verwerkt.

Voorbeeld:

De meeltaster bevindt zich in de horizontale spil (G17).

Meten van een punt in de X-richting.



In positieve richting:

G45 X0 Y20 Z20 I 1 N=1

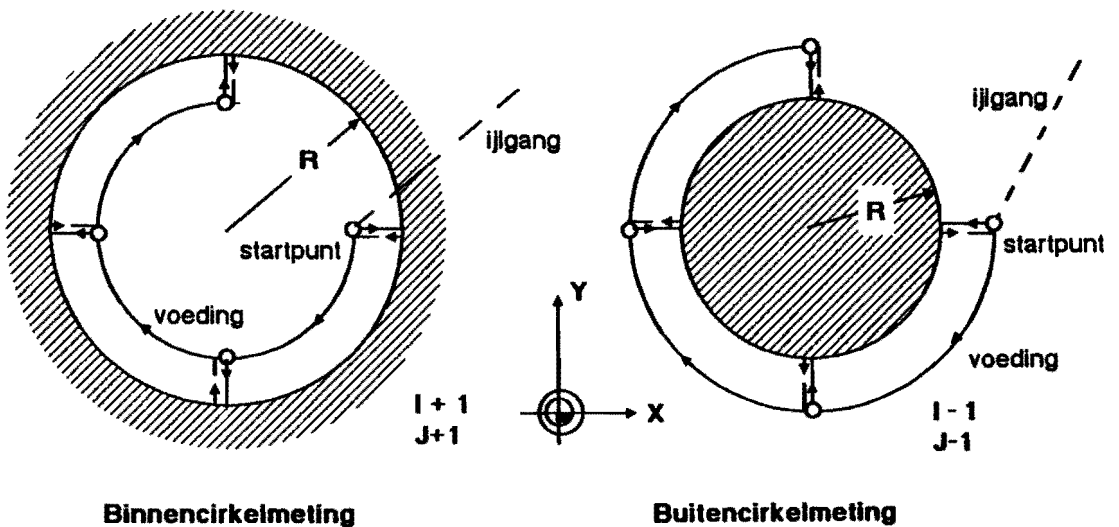
In negatieve richting:

G45 X60 Y20 Z20 I-1 N=2

Opmerking: de meeltaster werkt alleen op drukbelasting, bij G17 kan er in de positieve Z-richting niet gemeten worden.

Cirkelmeting G46.

Meten van een volledige cirkel, binnen of buitenwerks, gebeurt door middel van een 4-punts meting. G46 is per regel werkzaam.



Binnencirkelmeting

Buitencirkelmeting

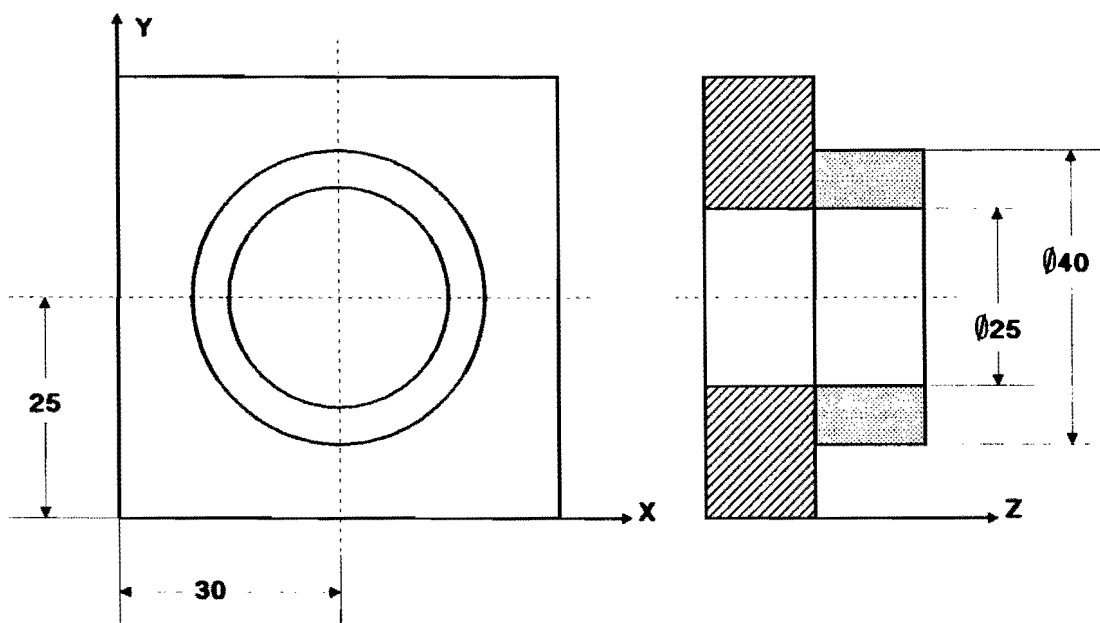
Adressen:

- X, Y, Z, B, (P) koördinaten van het cirkelmiddelpunt. Kan ook als puntdefinitie (P) ingegeven worden.
- I, J, K, L de richting van de meetbeweging (zie G45).
- R cirkelradius zodat het werkelijke middelpunt en delta-R (gemeten R - geprogrammeerde R) berekend kan worden.
- X1 = voormeet afstand.
- N = puntnummer waar de middelpuntkoördinaten opgeslagen moeten worden.
- E parameternummer waar de radius van de gemeten cirkel wordt opgeslagen.
- F voeding tussen de 4 meetpunten.

De berekende delta-waarde wordt intern opgeslagen en kunnen gebruikt worden om in een G49 of G50 regel verwerkt te worden.

Voorbeeld:

Meten van een cirkel.



Inwendig meten:

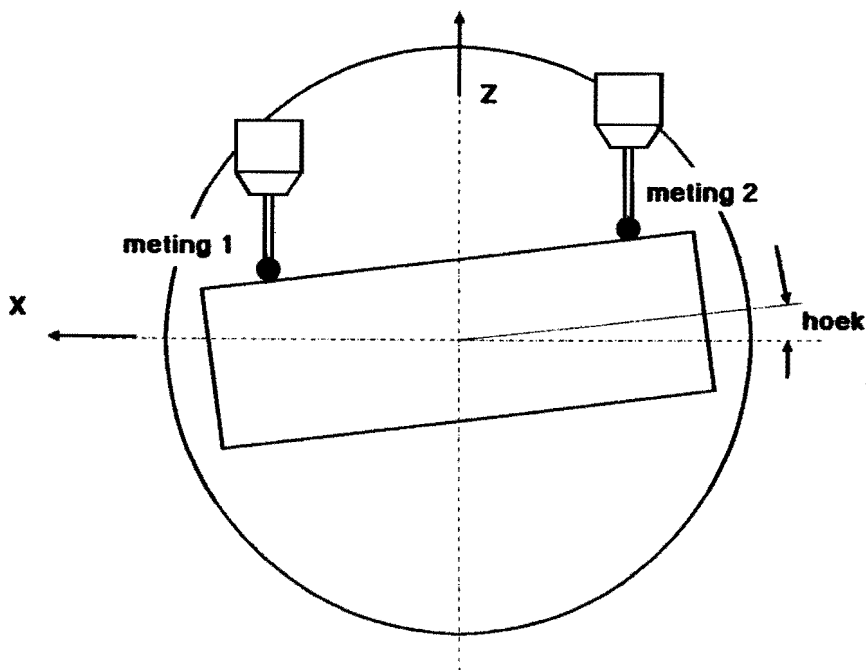
G46 X30 Y25 Z20 R12.5 I1 J1 F3000 E1 N=1

Uitwendig meten:

G46 X30 Y25 Z20 R20 I-1 J-1 F3000 E2 N=2

Meten van een hoek.

Het werkstuk wordt op de rondtafel gespannen en moet met de meettaster parallel aan de X-as uitgericht worden. Daarvoor moet de meettaster 2 punten aan het werkstuk meten en de rondtafel in de goede hoekpositie versteld worden.



Het programma ziet er als volgt uit:

```

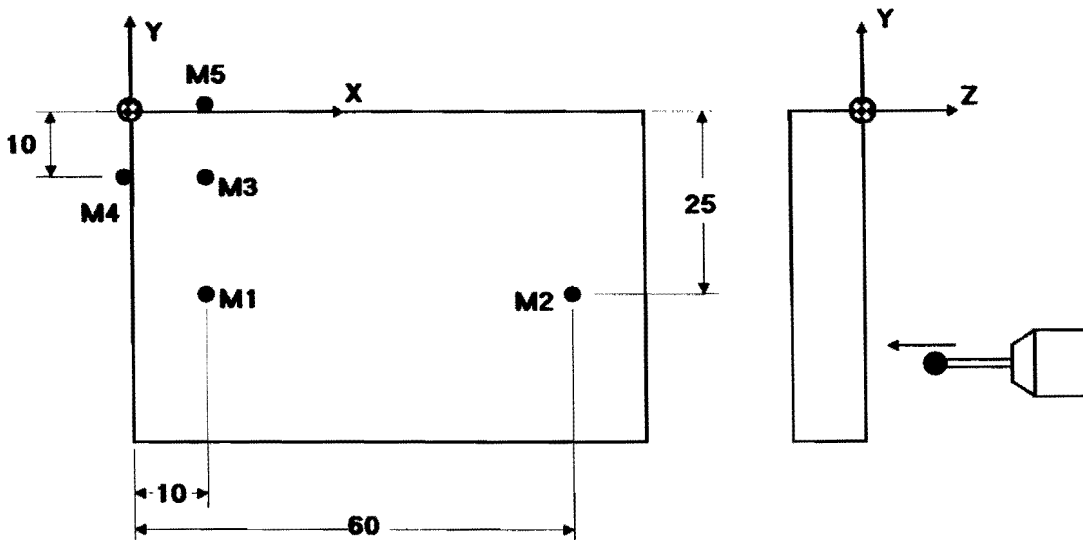
N17001
N1  G17    T0    M6
N2  G54
N3
N3      M53
N4      T1    M6    (meettaster)
N5      D10   M19
N6  G45   X50   Y0   Z20   B0   K-1  N=1
N7  G45   X-50  Y0   Z20           K-1  N=2
N8  G50           B1           N=54
N9  G54
N10 G0           Z100  B0   M30

```

Verklaring:

- N1 : vlakkeuze en eventueel ingespannen gereedschap terugzetten in het magazijn.
- N2 : werkstuknulpunt.
- N3 : vertikaalkop in goede positie draaien.
- N4 : meettaster in de hoofdspil inspannen, de lengte en radius zijn in het gereedschappen-geheugen ingegeven.
- N5 : geörienteerde spindelstop met verdraaiing van de hoofdspil naar een hoek van 10 graden, dit in verband met een goede verbindingtussen de infrarood zender-ontvanger.
- N6-7: twee meetpunten op het werkstuk worden aangetast, gemeten en de waarde als puntdefinitie in P1 en P2 vastgelegd.
- N8 : uit de gemeten waarden wordt een nulpunt-verschuiving in B-as berekend en in G54 opgeslagen.
- N9 : aktiveren van de gekorrigeerde G54.
- N10 : meettaster terugtrekken, B-as op 0 graden draaien en einde programma.

Bepalen werkstuknulpunt.



Met behulp van de meetpunten M1 tot M5 kan het werkstuknulpunt vastgelegd worden, waarbij M1 en M2 voor de hoekbepaling van de rondtafel dienen. Het betreffende werkstuknulpunt (G54) moet van te voren met een nauwkeurigheid van $\pm 3\text{mm}$ vastgelegd worden in verband met de voormeetafstand en met moet in nulpuntverschuiving G54 aan de machine ingetoetst worden.

Het programma kan er als volgt uitzien.

```

N18001
N1  G17    T0                M6
N2  G54
N3
N4          T1                M53
N5          D10               M6
N6  G45    X10   Y-25   Z0   B0   K-1  (Meetpunt 1)
N7  G45    X60   Y-25   Z0   K-1      (Meetpunt 2)
N8  G50
N9  G54
N10
N11 G45    X10   Y-10   Z0   K-1      (Meetpunt 3)
N12 G45    X0    Y-10   Z-10  I1     (Meetpunt 4)
N13
N14 G45    X10   Y0    Z-10  J-1     (Meetpunt 5)
N15
N16 G50    X1    Y1    Z1    N=54
N17 G54
N18 Verder verloop programma
    
```


Verklaring:

N1-N10: zie meten van een hoek.

N11 : meten van de Z-as.

N12 : meten van de X-as.

N13 : meetgereedschap terugtrekken om botsing te vermijden.

N14 : meten van de Y-as.

N15 : meettaster terugtrekken.

N16 : de verschilwaarden van de drie gemeten posities worden in G54 gerekend.

N17 : het gekorrigeerde nulpunt wordt geactiveerd.