

Beschrijving van een CAD/CAM proces op het Unigraphics II systeem

Citation for published version (APA):

Heintjes, T. B. (1991). *Beschrijving van een CAD/CAM proces op het Unigraphics II systeem*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA1167-1168). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1991

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

**Beschrijving van een CAD/CAM proces
op het Unigraphics II systeem**

**T.B. Heintjes
WPA rapportnr. 1167**

Verslag onderzoeksopdracht.

**Technische Universiteit Eindhoven,
Faculteit der Werktuigbouwkunde,
Vakgroep Produktietechnologie en -Automatisering,
Sectie Specifieke Produktiemiddelen.**

**Afstudeerhoogleraar: Prof.Ir. J.M. van Bragt
Begeleiders: Ing. J.J.M. Schrauwen
Dhr. F.G. Soers**

Eindhoven, augustus 1991.

Opdrachtomschrijving

Onderzoekopdracht: T.B. Heintjes

Afstudeerhoogleraar: Prof. Ir. J.M. van Bragt

Begeleiders: Ing. J.J.M. Schrauwen
Dhr. F.G. Soers

Onderwerp: De Manufacturing Operations module van het Unigraphics II V7.0 CAD/CAM systeem.

Inleiding:

De vakgroep WPA beschikt, ten behoeve van geavanceerd computergesteund ontwerpen, over een Unigraphics II CAD/CAM systeem. Tevens beschikt de vakgroep over een numeriek bestuurd, vijf-assige MAHO 700S freesbank.

Senden (1990) heeft een koppeling tussen deze twee systemen gerealiseerd.

Een integraal ontwerp- en fabricageproces kan met behulp van deze twee systemen plaatsvinden.

Er bestaat echter geen goede literatuur die het totale ontwerp- en fabricageproces van produkten beschrijft.

Opdracht:

Raak vertrouwd met het Unigraphics II systeem door middel van een cursus. Bestudeer aansluitend het werk van Senden (1990). Analyseer vervolgens het CAD/CAM proces, volgens welk produkten met dit systeem ontworpen en gefabriceerd kunnen worden.

Schrijf een handleiding die gebruikt kan worden door toekomstige gebruikers van de Manufacturing Operations module.

Noteer de bevindingen in een verslag.

Samenvatting

De vakgroep WPA van de faculteit der Werktuigbouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven, beschikt over het Unigraphics II V7.0 CAD/CAM systeem van fabrikant McDonell Douglas.

R. Senden heeft in 1990 een koppeling gerealiseerd tussen het Unigraphics II systeem en een MAHO 700S CNC freesmachine.

Om deze koppeling te testen zijn onder andere een aantal testproducten vervaardigd. Vervolgens is een handleiding geschreven voor het gebruik van de Manufacturing Operations module. Deze module zet de geometrische informatie uit de ontwerpmodules om in informatie die door de freesbank gelezen kan worden. Tevens wordt in deze module informatie, in de vorm van gereedschappen en bewerkingsparameters, toegevoegd.

Het gebruik van de door Senden geschreven handleiding levert echter problemen op. Op veel punten is de handleiding niet duidelijk genoeg. Vooral voor mensen die weinig ervaring met het Unigraphics II systeem hebben, en/of weinig ervaring met CAD en CAM in het algemeen, is deze handleiding een onvoldoende leidraad.

Tijdens dit onderzoek is het deel van Sendens werk dat betrekking heeft op het ontwerp- en fabricagegedeelte opnieuw in beschouwing genomen.

Vervolgens is, aan de hand van een voorbeeldprodukt, het ontwerp- en fabricage-traject in fasen ingedeeld.

Hierna is een nieuwe handleiding geschreven.

Dit verslag geeft een beeld van het onderzoek en bevat informatie over het in fasen verdeelde CAD/CAM traject dat plaatsvindt in de Unigraphics II omgeving.

De bijbehorende handleiding geeft gedetailleerde informatie over het gebruik van de Manufacturing Operations module.

Summary

The section Production Engineering and Automation of the EUT faculty of Mechanical Engineering has a McDonell Douglas Unigraphics II V7.0 CAD/CAM system at its disposal. R. Senden has coupled this Unigraphics II system with a MAHO 700S milling machine. In order to test this coupling, a number of testproducts have been made. Furthermore a manual has been written for the users of the Manufacturing Operations module.

This module converts the geometrical information from the design modules into information that can be read by the milling machine, namely a NC-file. Also other information, especially process parameters, is added by using this module.

However, the use of Senden's manual is not without problems. At many points the manual is not clear enough. Especially for people who have few experience with the Unigraphics II system, or with CAD/CAM in general, this manual is an insufficient guide.

During this research, the part of Senden's work that bears relation to design and manufacturing, has been further examined. After this a new manual has been written.

This report describes this research and contains information about the CAD/CAM process in the Unigraphics II environment.

The accompanying manual gives the detailed information about the use of the Manufacturing Operations module.

Voorwoord

De vakgroep WPA beschikt over een Unigraphics II CAD/CAM systeem en over een MAHO 700S numeriek bestuurd freesbank.

Senden (1990) heeft een koppeling tussen deze twee systemen gerealiseerd.

In het kader van mijn onderzoekopdracht heb ik het ontwerp- en fabricageproces, dat met behulp van deze twee systemen plaatsvindt, geanalyseerd. Speciale aandacht ging hierbij uit naar de mogelijkheden van de Manufacturing Operations module van Unigraphics II.

Mijn bevindingen zijn genoteerd in dit verslag. Tevens heb ik een handleiding geschreven voor het gebruik van de Manufacturing Operations module, die als een leidraad voor toekomstige gebruikers van deze module moet gaan fungeren.

Ik wil graag mijn begeleiders, Ing. J.J.M. Schrauwen en Dhr. F.G. Soers, bedanken voor hun hulp en adviezen.

Tevens gaat mijn dank uit naar mijn medestudenten uit de CAD-ruimte en uit het Laboratorium voor Besturingstechnologie, die mij bij het onderzoek en het schrijven van het verslag met raad en daad terzijde hebben gestaan.



Tom Heintjes

Inhoudsopgave

Opdrachtomschrijving	2
Samenvatting	3
Summary	4
Voorwoord	5
1 INLEIDING	7
2 AANPAK VAN HET ONDERZOEK	8
3 EEN KORTE BESCHRIJVING VAN EEN CAD/CAM PROCES IN HET UNIGRAPHICS II SYSTEEM	10
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15
LITERATUUR	16
GLOSSARIUM	17
BIJLAGEN	21
Bijlage 1 - Projectstrategie	22
Bijlage 2 - CAD, CAM en CAD/CAM	25
2.1 Inleiding	25
2.2 CAD	25
2.3 CAM	25
2.4 CAD/CAM	26
2.5 De fasen bij totstandkoming van produkten	26

Hoofdstuk 1 - inleiding

De vakgroep WPA beschikt over een McDonell Douglas Unigraphics II V7.0 CAD/CAM systeem.

Dit Unigraphics II systeem (voortaan aangeduid met UG II) is onderdeel van een integraal ontwerp- /fabricage- /meetsysteem van de vakgroep WPA. Producten kunnen worden ontworpen op het UG II systeem, direct daarna vervaardigd op een numeriek bestuurd, 5-assige freesbank en vervolgens gecontroleerd worden op bereikte nauwkeurigheid in het Laboratorium voor Lengtemeting.

Het is de bedoeling de gebruiker van de Manufacturing Operations module van het UG II systeem vertrouwd te maken met de manier waarop dit systeem het vervaardigingsproces geleidelijk aan opbouwt. Om die reden is een handleiding geschreven (WPA rapportnr. 1168). De handleiding is onderverdeeld in drie delen, te weten:

- 1 een globale schets van die modules van het CAD/CAM-systeem, die relevant zijn voor het ontwerpen en fabriceren van producten. Het UG II systeem biedt veel meer mogelijkheden, in de vorm van andere modules, deze zijn in deze context echter niet relevant.
- 2 een globale beschrijving van het gehele proces dat doorlopen wordt: van ontwerpen tot de uiteindelijke vervaardiging.
Er wordt vermeld welke invloedsfactoren en beperkingen er zijn.
- 3 en als laatst, aan de hand van een voorbeeld, een volledige, gedetailleerde beschrijving van bovengenoemd proces.

In dit verslag wordt in hoofdstuk 2 beschreven hoe het onderzoek is aangepakt. In hoofdstuk 3 wordt kort op een rij gezet hoe het gehele ontwerp- en fabricagetraject er uit ziet. Dit hoofdstuk komt in grote lijnen overeen met hoofdstuk 3 van de handleiding.

Hoofdstuk 2 - aanpak van het onderzoek.

Tijdens dit onderzoek is de Projectstrategie van Prof. van Bragt gehanteerd. Deze projectstrategie is een hulpmiddel om projecten, waar nog geen ervaring mee opgedaan is, zoals bijvoorbeeld bij het ontwerpen van een prototype, tot een goed einde te brengen binnen de daarvoor gestelde grenzen. Bij deze grenzen kan men denken aan budgetten, tijdslijmieten en dergelijke.

De projectstrategie is echter ook een probaat hulpmiddel bij het uitvoeren van gewone projecten.

Een samenvatting van [Lit. 1, Projectstrategie] is opgenomen in bijlage 1 van dit verslag.

De strategie waarmee een project dient te worden aangepakt, bestaat uit drie delen: een Oriëntatiefase (O), een Planfase (P) en een Uitvoeringsfase (U).

Een goede uitvoering van een project vergt een goed plan. Een goed plan vergt een goede oriëntatie. De drie delen worden opgevat als verwerkingsprocessen. De oriëntatie vormt de invoer voor het planproces. Het plan vormt de invoer voor het uitvoeringsproces.

Hieronder is vermeld welke acties in welk deel van het project zijn ondernomen.

Oriëntatiefase

- Het volgen van een CAD-cursus, met als doel het leren omgaan met het Unigraphics II systeem.
- Aansluitend het bestuderen van het werk van Senden (1990), om vertrouwd te raken met de Manufacturing Operations module.
- In combinatie met het voorgaande punt het opnieuw ontwerpen van het produkt van Senden, en het opnieuw genereren van de bijbehorende gereedschapbanen.
- Het afronden van het vak 'Numerieke Besturing' uit trimester 3.3, teneinde een goed inzicht te krijgen in het programmeren in G-codes en een daadwerkelijke vervaardiging van een produkt op de MAHO 700S freesbank mee te maken.

Planfase

- Inventariseren van de punten van kritiek op Sendens handleiding, punten, die volgen uit het zelf ontwerpen van het produkt en de gereedschapbanen.
- Het opstellen van een concept voor de nieuw te schrijven handleiding.

Uitvoeringsfase

- het opnieuw, nu volledig correct en in de juiste volgorde, ontwerpen van een produkt en genereren van de technologische informatie. Vervolgens het aanmaken van de NC-file, behorende bij het produkt, en het fabriceren van het produkt op de MAHO freesbank. Hierbij zullen problemen aan het licht komen, die tot op dat moment nog niet geconstateerd werden.
- Het op basis van de opgedane ervaring, en aan de hand van het in de planfase gemaakte concept voor de handleiding, schrijven van de nieuwe handleiding.

Vervolgens worden de bevindingen genoteerd in een verslag.

Hoofdstuk 3 - een globale beschrijving van het CAD/CAM proces.

In het gehele CAD/CAM proces, dat met behulp van het UG II systeem en de MAHO 700S freesbank gerealiseerd kan worden kunnen een aantal stappen onderscheiden worden. Deze stappen zijn:

- 1- het ontwerpen van het produkt
- 2- het opslaan van de geometrische informatie
- 3- het genereren van de technologische informatie in de vorm van gereedschapbanen, in combinatie met de correcte invulling van de bijbehorende parameter-menu's
- 4- het genereren van de NC-file
- 5- het oproepen van de NC-file in de werkplaats
- 6- de werkvoorbereiding
- 7- het fabriceren van het produkt.

Achtereenvolgens zullen bovengenoemde zeven stappen beschreven worden. Het is niet de bedoeling om gedetailleerd de dialoog met UG II te beschrijven, dit komt aan de orde in de handleiding, behorende bij dit verslag, waar tot in detail wordt uitgewerkt hoe een proefprodukt tot stand is gekomen. Wel wordt bij elke stap vermeld wat de rol in het totale proces is, en welke beperkingen er eventueel zijn.

STAP 1 - Het ontwerpen van het produkt.

Dit gebeurt m.b.v. de Modeling- en eventueel de Design/Drafting module van UG II. De Modeling module geeft de mogelijkheid om massieve onderdelen te ontwerpen. Op die manier weet het systeem exact op welke plaatsen zich al dan niet materiaal bevindt. De Design/Drafting module wordt gebruikt om 'wireframe entities' te genereren. Wireframe entities zijn punten, lijnen, cirkels e.d..

De ontwerper heeft, voordat hij gaat tekenen, een idee in zijn hoofd over hoe het produkt er uit moet komen te zien. Hij dient echter met bepaalde beperkingen rekening te houden. Deze beperkingen vinden hun oorsprong in de uiteindelijke vervaardiging van het produkt. Met de CAD-module kan men nagenoeg alles ontwerpen, er zijn echter veel zaken niet realiseerbaar. Het CAD-systeem geeft hiervoor geen waarschuwing, de ontwerper dient zelf te verifiëren of dat wat hij ontwerpt ook gemaakt kan worden.

Zo is bijvoorbeeld een beperking het aantal en soort gereedschappen dat zich in de gereedschapbibliotheek 'FREES' (zie handleiding bijlage 4, overzicht FREES) bevindt. Deze bibliotheek is een verzameling gereedschappen die aanwezig zijn in het gereedschapmagazijn van de MAHO 700S freesbank die zich in het Laboratorium voor Numerieke Besturing bevindt. Een andere beperking is de maximale hoek die de draaitafel kan maken bij het aansturen van de A-as (zie Handleiding bijlage 1, technische gegevens MAHO 700S). Bij het stapsgewijs ontwerpen van het produkt moet men zich dus steeds afvragen of hetgeen gewenst is ook realiseerbaar is.

STAP 2 - Het opslaan van de geometrische informatie.

Het ontwerp van het produkt is nu klaar. We verlaten de Modeling module. Bij het verlaten van de module bestaat de mogelijkheid om het produkt als zodanig op te slaan: d.w.z. de geometrische informatie wordt opgeslagen. Het resultaat is een zogenaamde 'part-file'. Het is nu mogelijk om de Manufacturing Operations module aan te roepen. De Manufacturing Operations module is de module waar de technologische informatie van het CAM-proces gegenereerd wordt. Deze technologische informatie bestaat uit gereedschapbanen, snijsnelheden, aanzetsnelheden, enz. In het dialoogvenster komt dan een mededeling dat, om deze Manufacturing Operations module te gebruiken, een 'active part' nodig is. Nadat de naam van de gewenste part-file is ingegeven, kan gestart worden met het genereren van gereedschapbanen.

STAP 3 - Paramettermenu's en gereedschapbanen.

Deze stap is het zwaartepunt van het totale CAD/CAM proces. Er worden gereedschapbanen gegenereerd en de bijbehorende technologische informatie moet op correcte wijze worden ingevoerd. Er staat een beperkt aantal gereedschappen ter beschikking. Deze gereedschappen, met bijbehorende snijsnelheden en toerentallen, zijn ondergebracht in de gereedschapbibliotheek 'FREES'. Deze bibliotheek is op te roepen in de Manufacturing Operations module. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om zelf een gereedschap te definiëren. In de bibliotheek FREES zijn alleen die gereedschappen ondergebracht, die zich ook werkelijk in het gereedschapmagazijn van de MAHO 700S freesbank bevinden. Het genereren van een gereedschapbaan gaat als volgt: eerst wordt een machinenulpunt gekozen. Ten opzichte van dit nulpunt worden de oriëntatie van het gereedschap en de coördinaten van de gereedschapbaan ingegeven. Vervolgens wordt het type van bewerking gekozen: bewerken van een vlak, boren van een gat enz. Daarna dient het vlak van bewerking gekozen te worden, dit gaat d.m.v. aanpicken met de muis. Als dit allemaal gebeurd is, verschijnt het paramettermenu in beeld. In dit paramettermenu moeten een aantal zaken worden ingevuld: de manier van in- en uitlopen, het materiaaloverschot dat eventueel moet blijven staan voor een nabewerking, enz. Voor een uitvoerige beschrijving zie hoofdstuk 4 van de handleiding. Als uiteindelijk alle waarden zijn ingevuld, kan een simulatie uitgevoerd worden. Vanuit verschillende aanzichten kan men bekijken of de bewerking verloopt zoals men wenst. Als dit het geval is, kan de gereedschapbaan worden opgeslagen en kan men doorgaan met een andere bewerking of teruggaan naar het hoofdmenu. Het zal duidelijk zijn dat voor het correct opstellen van een gereedschapbaan, reeds in deze fase exact bekend moet zijn hoe de vervaardiging zal gaan verlopen.

STAP 4 - Het genereren van de NC-File.

Alle informatie die in de gereedschapbanen en in de paramettermenu's is opgeslagen, wordt weggeschreven in een CLS-file (Cutter Location Source File). Deze file is geschreven in Fortran, en bevat het gehele programma in een machine-onafhankelijk

formaat. Deze file bevat nog veel simulatiecommando's die niet relevant zijn voor het fabricagetraject. Daarom wordt de CLS-file eerst door een préprocessor gestuurd, welke deze commando's verwijdert. Het resultaat is een CL-file (Cutter Location File). Deze file bevat alleen nog de geometrische en technologische informatie van het produkt en de bewerkingen. Aangezien er een groot aantal machinebesturingen bestaat, is het noodzakelijk om de machine-onafhankelijke CL-file om te schrijven naar een ISO-code 'dialect', dat bij de betreffende specifieke machinebesturing past. De ISO-code, ook wel G-code genoemd, is de programmeertaal voor de NC-file. Een postprocessor is een 'vertaler' die de CL-file omzet in deze ISO-code.

De werkwijze van vertalen van het UG II systeem verloopt als volgt:

eerst wordt de CLS-file door de Manufacturing Operations module gegenereerd. Vervolgens wordt deze CLS-file naar een in het systeem aanwezige préprocessor gestuurd. Het resultaat is de CL-file. De CL-file is, in tegenstelling tot de CLS-file, geen text-file, en kan niet worden gelezen. De CL-file wordt op zijn beurt naar één van de zeven in het systeem aanwezige postprocessors gestuurd die de file omzet in de NC-file. Het is noodzakelijk dat er meerdere postprocessors zijn, omdat er ook een aantal verschillende 'bewerkingsomgevingen' zijn. Deze bewerkingsomgeving wordt bepaald door de volgende grootheden:

- het aantal benodigde bewerkingsassen: 3, 4 of 5.
- het vlak van bewerking, uitgedrukt in de coördinaatassen X, Y en Z.
- gebruikmaking van de horizontale of de verticale bewerkingspil.

In UG II kan men in principe kiezen uit twee ISO-code dialecten: APT (Automatically Programmed Tools) en Standard-APT. Het WPA UG II systeem biedt alleen de mogelijkheid om Standard-APT te gebruiken. Voor uitgebreidere informatie over de postprocessors en de ISO-code dialecten, zie bijlage 5 van de handleiding.

STAP 5 - Het oproepen van de NC-file.

De NC-file is nu klaar, en bevindt zich op UG II niveau in het systeem. De file moet verzonden worden naar de werkplaats. De PC die gekoppeld is met de MAHO 700S kan communiceren met de VAX-stations. De NC-file moet dus eerst van UG II-niveau naar VAX-niveau worden gebracht. Dit gebeurt met behulp van de File Utilities module. Als dit is gebeurd kan in de werkplaats de NC-file worden opgeroepen. Het is mogelijk om op de PC, die gekoppeld is aan de MAHO 700S, de 3- en 4-assige bewerkingen te simuleren. Dit geldt echter niet voor de 5-assige bewerkingen.

STAP 6 - De werkvoorbereiding.

Werkvoorbereiding houdt de volgende vier punten in:

- het bepalen van het werkstuknulpunt,
- bepalen hoe het uitgangsmateriaal wordt opgespannen,
- keuze van de gereedschappen en de bewerkingsvolgorde,
- rekening houden met de consequenties van de materiaalkeuze.

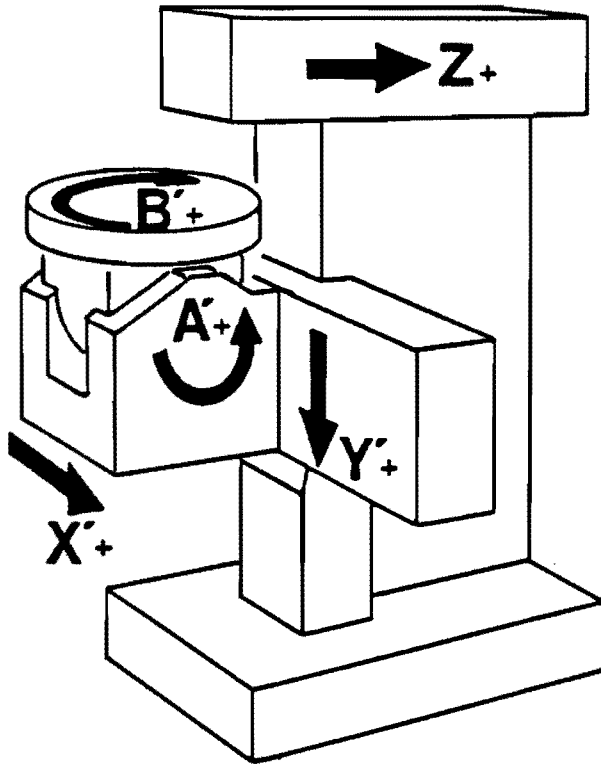
Ten aanzien van deze vier punten kunnen twee stadia van de werkvoorbereiding onderscheiden worden: ten eerste het nemen van beslissingen t.a.v. bovenstaande vier zaken, en ten tweede het uitvoeren ervan. De eerste stap wordt genomen vóór het ontwerpen van het produkt aangezien deze stap bepaalt hoe het produkt er uit gaat zien. De tweede stap geschiedt vóór het fabriceren van het produkt, het uitgangsmateriaal moet op de juiste manier worden opgespannen, de exacte positie van het werkstuknulpunt moet worden gemeten en de gereedschappen dienen in het gereedschapmagazijn aanwezig te zijn.

STAP 7 - Het fabriceren van het produkt.

Dit gebeurt in het Laboratorium voor Numerieke Besturing in de W-Hal. De MAHO 700S die hier staat is een 5-assig bestuurd freesmachine. Voor de technische gegevens, en het gebruikte coördinatensysteem, zie bijlage 1 van de handleiding. Een 5-assige besturing van een bewerkingscentrum biedt de mogelijkheid om tegelijkertijd te transleren over 3 assen en te roteren om 2 assen. Hierdoor is het mogelijk om de frees steeds loodrecht op een dubbelgekromd oppervlak te positioneren. De baan die langs dit dubbelgekromd oppervlak gevolgd wordt hierbij opgedeeld in zeer kleine lijnstukjes of cirkeltjes. Men kan deze 5-assige freesbank natuurlijk ook gebruiken om 2½-D werkstukken te maken. In dat geval worden gewoon de A-as en de B-as, of alleen de A-as niet gebruikt. De A-as en de B-as zijn de rotatie-assen.

Na eventueel simuleren van de bewerkingen op de PC naast de freesbank, wordt de NC-file opgeroepen in de besturingscomputer van de MAHO 700S. Vervolgens wordt het produkt volledig automatisch vervaardigd.

Voor de goede orde worden op de volgende pagina de coördinaatassenrichtingen van de MAHO 700S freesbank in een afbeelding verduidelijkt.



Figuur 2.1 - de coördinaatassen van de MAHO 700S freesbank.

Hoofdstuk 4 - conclusies en aanbevelingen.

Naar aanleiding van het onderzoek zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het Unigraphics II Version 7.0 CAD/CAM systeem is een volledig, goed functionerend systeem voor het ontwerpen en fabriceren van produkten.
- De door Senden gerealiseerde koppeling van het Unigraphics II systeem met de MAHO 700S uit het Laboratorium voor Numerieke Besturing voldoet goed, voor zover het de postprocessors MAHO-B en MAHO5Z betreft. Het omzetten van informatie uit de CLS-file in een NC-file gebeurt nagenoeg probleemloos. Er is geen onderzoek gedaan naar het functioneren van de andere 5 postprocessors.
- De geconstateerde problemen bij de omzetting van CLS-file in NC-file komen voort uit softwarefouten. Deze fouten worden bestudeerd door McDonnell Douglas.

De volgende aanbevelingen zijn te maken:

- Bij installatie van Unigraphics II Version 8.0 dient geïnventariseerd te worden welke veranderingen in de Manufacturing Operations module zijn aangebracht. Deze veranderingen kunnen bij de handleiding gevoegd worden.
- Het is zinvol om verder onderzoek te doen naar de mogelijkheden om op het Unigraphics II systeem een automatische gereedschapkeuze te installeren. Deze keuze moet volgen uit de geometrie van het produkt dat als part-file wordt ingevoerd in de Manufacturing Operations module, en uit het selecteren van een bepaald deel van het produkt bij het aanmaken van een gereedschapbaan.
- Tevens kan er onderzoek gedaan worden naar het automatisch kiezen van een postprocessor bij het genereren van een NC-file. Deze keuze dient gemaakt te worden aan de hand van de in de gereedschapbanen gebruikte bewerkingskop, bewerkingsvlak en aantal gebruikte bewerkingsassen.
- De gereedschapbibliotheek FREES bevat een vast aantal gereedschappen. Het aantal en de volgorde van de gereedschappen in het gereedschapmagazijn in de MAHO 700S freesbank verschilt echter nogal. De mogelijkheden om een vaste, standaardinstelling voor dit gereedschapmagazijn te realiseren dienen onderzocht te worden. Tevens kan onderzocht worden of er in de gereedschapbibliotheek FREES de mogelijkheid is om per gereedschap verschillende voedingen en aanzetsnelheden te definiëren, afhankelijk van het te bewerken uitgangsmateriaal.

Literatuur

- 1 Bragt, J.M. van, Projectstrategie. T.U. Eindhoven, 1990. Dictaatnr. 4679.
- 2 Kaas, E.A., Stakenborg, M.J.L., CAD/CAM/CAE in de werktuigbouw. Kluwer, Deventer, 1990.
- 3 Molengraft, G.J.G. van de, Programmeerhandleiding MAHO 700S. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0712, 1989.
- 4 Senden, R, Realiseren van een CAD/CAM-koppeling. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0930, 1990.
- 5 Manual UG Solids, McDonell Douglas Corporation, 1989.
- 6 Manual Manufacturing operations, McDonell Douglas Corporation, 1989.
- 7 UG Solids Beta-training workbook, V7.0 Beta Release, McDonell Douglas Corporation, Juli 1989.
- 8 Verboon, R.I., Feature modeling met het UG II CAD systeem, integratie van CAD en CAM d.m.v.grondvormen. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0685, 1989.
- 9 Manual GPM System Operation, McDonell Douglas Corporation, 1991.

Glossarium

In onderstaande lijst worden een aantal termen, die gebruikt worden in de handleiding, nader verklaard. De termen zijn in alfabetische volgorde gerangschikt. Bij het kiezen van de verklaring is rekening gehouden met de omgeving waarin hier wordt gewerkt, dat wil zeggen dat sommige verklaringen specifiek gericht zijn op Unigraphics II. Deze verklarende woordenlijst is overgenomen uit de handleiding die hoort bij dit verslag. Het is daardoor mogelijk dat er enige termen vermeld worden die niet zijn terug te vinden in het verslag.

aanpicken

Het m.b.v. de muis selecteren van een item.

absolute coordinate system (ACS)

Dit is het absolute coördinatensysteem. Het is het coördinatensysteem t.o.v. waarvan alle andere coördinatensystemen gedefinieerd worden. Zie ook bijlage 8 van de handleiding: overzicht coördinatensystemen.

boundary

Een begrenzingslijn. Er bestaan solid-boundaries en wireframe-boundaries. De eerste worden gegenereerd na aanpicken van een solid-vlak, de laatste na aanpicken van een wireframe-entity.

CAD

Staat voor Computer Aided Drafting of Computer Aided Design. De eerste term wordt gebruikt bij 2-D ontwerpen, de tweede term bij 2½-D of 3-D ontwerpen.

Beide termen houden in: tekenen met behulp van de computer.

CAM

Staat voor Computer Aided Manufacturing, ofwel computer gesteund fabriceren. Dit fabriceren houdt in zowel het genereren van de technologische informatie, hetgeen resulteert in de NC-file, als wel het verwerken van deze informatie door het besturingssysteem van de NC-machine.

CL-file

Staat voor Cutter Location file. Het is dezelfde file als de CLS-file, met dit verschil dat de simulatiecommando's, die verder voor de fabricage niet relevant zijn, zijn verwijderd door de préprocessor.

CLS-file

Dit is de Cutter Location Source File. De file bevat alle tot op dat moment gegenereerde informatie t.a.v. het produkt en de bewerkingen. Tevens zijn in deze file nog de simulatiecommando's aanwezig. De file is geschreven in een machine-onafhankelijk formaat.

concave

Een hoek wordt concaaf genoemd als, van bovenaf tegen een vlak van een solid aangekeken, het er tegenaan gelegen vlak naar boven loopt.

convex

Een hoek wordt convex genoemd als, van bovenaf tegen een vlak van een solid aangekeken, het er tegenaan gelegen vlak naar beneden loopt.

default

Is een standaardinstelling van een parameter. Bij aanroepen van de parameter is de defaultwaarde ingevuld. Vervolgens kan deze defaultwaarde, indien gewenst, veranderd worden.

design

Zie [CAD]

drafting

Zie [CAD]

drive curve

Is een bewerking waarbij het gereedschap een curve volgt of aan een curve raakt. Deze curven mogen alle curven zijn die met UG II te maken zijn.

entity

Deze term kan omschreven worden met: onafhankelijk 'bouwelementje' voor een tekening. Een entity kan een punt, lijn of vlak zijn.

feature

Een feature wordt door Verboon [lit.8], gedefinieerd als: 'een verspaningsfeature is een set van informatie die de plaats, oriëntatie en geometrie bepaalt van een volume materiaal dat verspaand moet worden, waarbij dit volume zodanige kenmerken heeft dat na het verspanen een vorm met een constructieve betekenis ontstaan is'. Een feature beschrijft dus altijd een negatief volume.

geometrische informatie

Hiermee wordt bedoeld: alle informatie die een tekening of een solid-ontwerp bevat met betrekking tot afmetingen, posities, oriëntaties, het assenstelsel, kleuren van de lijnen, enz. Alles wat het produkt tot het produkt maakt, zonder dat er bewerkingen op zijn uitgevoerd, schaar ik onder de geometrische informatie.

gereedschapbaan (toolpath)

Dit is een exact gedefinieerde bewerking aan een produkt. Gereedschap, parameters, locatie van de bewerking en het type bewerking is allemaal eenduidig vastgelegd.

machine coordinate system (MCS)

Het MCS is het coördinatensysteem ten opzichte waarvan alle Tool paths en alle parameters gedefinieerd worden. Default is het MCS gelijk aan het absolute coördinatensysteem. Zie ook bijlage 8 van de handleiding: overzicht coördinatensystemen.

machinenulpunt

Dit is het snijpunt van de assen van het ACS. Het machinenulpunt is dat punt t.o.v. welk alle gegevens worden geregistreerd en verwerkt.

materiaaloverschot (stock)

Dit is de hoeveelheid materiaal die blijft staan na het voorfrezen. Bij het nafrezen wordt deze resterende hoeveelheid verwijderd. Het materiaaloverschot bedraagt, wil men een goede oppervlaktekwaliteit krijgen, niet meer dan 0.5 mm.

maximale snedediepte

De maximale snedediepte van een frees wordt bepaald met behulp van de vuistregel: maximale snedediepte bedraagt $0.3 \times D$, waarbij D de diameter van de frees is.

nafrezen

Is de freesbewerking waarbij het materiaaloverschot wordt verwijderd. Nafrezen gebeurt als men een goede oppervlaktekwaliteit of een bepaalde tolerantie wil bereiken.

NC-file

Dit is een file waarin alle informatie staat die noodzakelijk is om een produkt te fabriceren op een numeriek bestuurd freesbank. Dit is geometrische informatie en technologische informatie.

parametermenu

Dit is een dialoogmenu van het UG II systeem, waarin de parameters uit de parameterset worden ingevuld.

parameterset

Dit is een verzameling bewerkingsparameters, die samen eenduidig vastleggen hoe de bewerking er uit komt te zien.

point to point

Is een bewerking die vanuit één punt in één richting geschiedt. Deze richting is mag willekeurig gekozen worden.

postprocessor

Een postprocessor is een conversieprogramma dat de gereedschapbaaninformatie uit de CL-file vertaalt naar G-codes, behorend bij een bepaalde machine.

préprocessor

Een préprocessor is een conversieprogramma dat een CLS-file omzet naar een CL-file. De simulatiecommando's uit de CLS-file worden verwijderd zodat alleen de voor het fabriceren relevante informatie overblijft.

reference coordinatesystem (RCS)

Het RCS is een coördinatensysteem dat als referentie dient. Parameters worden gespecificeerd t.o.v. het MCS, en opgeslagen samen met een copie van het RCS. Bij draaiing of verplaatsing van het RCS veranderen de parameters mee, ze hoeven niet opnieuw gedefinieerd te worden. Default is het RCS gelijk aan het absolute coördinatensysteem. Zie ook bijlage 8 van de handleiding: overzicht coördinatensystemen.

solid modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van massieve onderdelen.

spaanvolume

Dit is een grootte die aangeeft hoeveel materiaal een frees kan bewerken. Het spaanvolume bedraagt: [oppervlak van de frees] x [snedediepte]. Het oppervlak van de frees bedraagt $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$ en de snedediepte bedraagt $0.3 \times D$.

standaardvorm

Zie feature.

stock (materiaaloverschot)

Zie [materiaaloverschot].

surface modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van oppervlakken.

technologische informatie

Dit zijn alle bewerkingsparameters en commando's die vastleggen hoe een produkt bewerkt wordt, en parameters die bepalen hoe de simulatie van deze bewerkingen er op het beeldscherm uit ziet.

toolpath (gereedschapbaan)

Zie [gereedschapbaan].

voorfrezes

Is het snel wegfrezes van veel materiaal. Als de randen van de te frezen kamer of gat nauwkeurig getolereerd zijn, of aan bepaalde oppervlaktekwaliteiteisen moeten voldoen, dan is een nauwkeuriger nafreesbewerking nodig.

veiligheidsvlak

Is een fictief vlak juist boven het vlak van bewerking. Het gereedschap nadert in ijlgang het veiligheidsvlak en gaat van hieruit met aanzetsnelheid het werkstuk binnen.

work coordinate system (WCS)

Het WCS is het coördinatensysteem dat gebruikt wordt bij het ontwerpen van Parts. Zie ook bijlage 8 van de handleiding: overzicht coördinatensystemen.

werkstuknulpunt

Wordt hier gebruikt als snijpunt van de assen van het Work Coordinate System.

wireframe modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van lijnen, punten en krommen.

Bijlagen

Bijlage 1 - projectstrategie	22
Bijlage 2 - CAD, CAM en CAD/CAM	25

BIJLAGE 1 - Projectstrategie.

(Samenvatting van [Lit.1, Projectstrategie]).

Inleiding

Een project is een geheel van besluiten en activiteiten, dat ten doel heeft een tevoren globaal gedefinieerd resultaat op een van tevoren vastgesteld tijdstip te verwezelijken.

Projecten die moeten leiden tot een nog niet eerder bereikt resultaat (b.v. een prototype) blijken niet gemakkelijk beheersbaar. De snelle verandering van de omgeving waarin projecten zich in de tegenwoordige tijd afspelen, doet vrezen, dat deze onbeheersbaarheid zal toenemen. Om deze reden is door Professor van Bragt opnieuw nagedacht over methoden en faseringen van projecten.

Het blijkt dat bestaande projectmanagementmethoden niet of niet voldoende in staat zijn om het gereedschap te leveren voor de eisen waaraan innovatieve processen moeten voldoen. Er is sprake van een grillig op en neer springen van de aandacht op de verschillende niveau's van de besluitvorming. Vandaar dat voor een nieuwe benadering is gekozen, namelijk het systematisch indelen van deze aandacht. Het idee hierbij is een project als golfverschijnsel in de organisatie te behandelen. De medewerkers in de organisatie worden op een zeker moment in het kader van een project aangestoten, ze doen 'iets' aan het project, en het is hen alweer gepasseerd. Zij hebben hun buurman in de organisatie aangestoten, die op zijn beurt aan het werk gaat. Dit idee wordt als uitgangspunt genomen voor het verder denken over Projectstrategie.

Basisprincipe van de Projectstrategie

Bij de ontwikkeling van de nieuwe werkwijze wordt er van uit gegaan dat een project in een zoals hierboven beschreven golfbeweging wordt doorlopen. Het komt er op neer dat hierdoor de besluitvorming 'top-down' plaatsvindt; het project wordt opgedeeld in steeds kleinere modules, totdat alle besluiten genomen zijn en vastgelegd. Hiermee eindigt het creatieve gedeelte van het project en begint de realisatiefase.

De realisatiefase zal zich nu vermoedelijk precies in de omgekeerde volgorde afspelen; vanuit de vastgelegde besluiten worden de laatste, kleinste modules uit het creatieve traject gerealiseerd, deze vervolgens samengesteld tot de modules behorend bij de daaraan voorafgaande stap in het creatieve traject, enzovoorts. Dit eindigt als de grootste modules van het project zijn samengevoegd tot het met het project beoogde eindresultaat. Het blijkt dat ook hier een chaotisch op en neer springen van de aandacht is. Het doel is hierbij echter anders dan bij andere projectmanagement-methoden: de aandacht voor detailniveau wordt slechts gegeven voor zover nodig voor de besluitvorming die hoort bij de te zetten stap.

Principe van de projectstrategie

Elk (eenmalig) project vangt aan met een opdracht en eindigt (hopelijk) met de gerealiseerde doelstelling. Om een project goed uit te voeren moet de vraag worden beantwoord: hoe zal het worden uitgevoerd. Er moet dus een plan worden gemaakt. Een goed plan vergt voldoende informatie over het project. Dus, voordat je een plan kunt maken, zul je altijd moeten starten met een oriëntatie om de voor het plan benodigde informatie te achterhalen.

**Samengevat: Een goede uitvoering vereist een goed plan.
 Een goed plan vereist een goede oriëntatie.**

Een project zal daarom steeds moeten bestaan uit een oriëntatie-, een plan- en een uitvoeringsproces.

Deze processen worden aangeduid met O, P en U. Doordat we de activiteiten nadrukkelijk als processen beschouwen (er is invoer, die wordt verwerkt, en daardoor ontstaat uitvoer), kunnen hierop ook principes worden toegepast die gebruikt worden om processen te beheersen.

De volgende algemene beschrijvingen van de drie basisprocessen zijn nu te geven:

Oriëntatie: Beantwoord de, met het oog op het komende planproces, relevante vragen.
Plan: Bepaal hoe de uitvoering zal zijn.
Uitvoering: Voer het plan uit.

Methode

1 het oriëntatieproces (O).

Het resultaat van het oriëntatieproces dient als ingang van het daarop volgende planproces. Dit betekent dat de nadere precisering van de opdracht en de nadere gegevens die beschikbaar komen, voldoende gedetailleerd moeten zijn voor het planproces dat men denkt te gaan uitvoeren, maar ook weer niet té gedetailleerd.

De gedetailleerdheid van de projectstructuur die het planproces zal gaan opleveren, bepaalt dus mede de noodzakelijke gedetailleerdheid van het oriëntatieproces.

2 het planproces (P).

Het resultaat van het planmaken is de ingang voor het uitvoeren van het plan. Dit betekent dat gedurende het planmaken de oorspronkelijke, enkelvoudige opdracht wordt ingedeeld in een aantal kleinere, samenhangende opdrachten. Het aantal en de gedetailleerdheid van de via het planmaken omschreven nieuwe deelopdrachten maken deel uit van de strategievraag: hoe groot moet een planstap zijn?

De onderdelen van het planproces worden als volgt omschreven:

- het zoeken van mogelijkheden (Po)
- het kiezen, (Pp), de risico-analyse
- specificeren (Pu) en de faalkansanalyse.

3 het uitvoeringsproces (U)

Logischerwijs zite het uitvoeringsproces er als volgt uit:

- capaciteitsvraag (Uo)
- uitvoeringsplan (Up)
- uitvoering (Uu).

Om nu het hele proces beheerst te laten verlopen, moeten er meet- en regelacties worden ingevoerd. Dit kan door middel van terug- en vooruitkoppeling.

BIJLAGE 2 - CAD,CAM en CAD/CAM.

2.1 - Inleiding

De begrippen CAD en CAM komen voort uit een groeiend gebruik van computers als ondersteunend hulpmiddel bij het ontwerpen en fabriceren van (werktuigbouwkundige) produkten. De aanduiding CA staat voor 'Computer Aided'. De computer speelt tegenwoordig een grote rol bij het ontwerpen en fabriceren, maar tegelijkertijd dient vastgesteld te worden dat het een hulpmiddel blijft. De menselijke creativiteit, deskundigheid en verantwoordelijkheid blijven de factoren die van doorslaggevende betekenis zijn bij ontwerp- en fabricageprocessen.

2.2 - CAD

De term CAD heeft twee verschillende betekenissen, namelijk Computer Aided Drafting en Computer Aided Design. De eerste term wordt gebruikt voor tweedimensionaal computergesteund tekenen. De tweede term wordt gebruikt voor driedimensionaal computergesteund tekenen.

Computer Aided Drafting:

met behulp van de computer worden op een beeldscherm tweedimensionale tekeningen gemaakt. De computer is te beschouwen als een 'slim tekenbord'. Tekeningen kunnen sneller worden gemaakt, ze zijn makkelijker te wijzigen en bovendien zijn een aantal gebruikersvriendelijke functies aan te wenden. Tot deze functies kunnen spiegelen, automatische maatinvoering, verplaatsen e.d. gerekend worden.

Computer Aided Design:

is een manier van vormgeven in drie dimensies. Produkten kunnen worden vormgegeven met lijnen, oppervlakken en massieve onderdelen. De voordelen zijn evident: het driedimensionale plaatje dat de ontwerper van een produkt in zijn hoofd heeft, kan driedimensionaal worden weergegeven. Er hoeft niet een 'vertaling' naar twee dimensies te worden gemaakt. Bovendien kunnen allerlei analyses op het ontwerp worden losgelaten, aangezien exact bekend is hoe de configuratie van het produkt is, dit is met name het geval bij solid modeling (ontwerpen met massieve onderdelen).

2.3 - CAM

CAM staat voor Computer Aided Manufacturing. CAM is te onderscheiden in twee delen. Ten eerste houdt CAM in het genereren van technologische informatie, naar aanleiding van het produktontwerp. Er kunnen gereedschappen worden geselecteerd

waarmee vervolgens gereedschapbanen worden ontworpen, toleranties, snijsnelheden, bewerkingsvolgorde en allerlei andere noodzakelijke informatie worden opgeslagen. Al deze informatie komt uiteindelijk terecht in een NC-file.

Het tweede deel beslaat het uiteindelijk fabriceren van het ontworpen produkt. De NC-file vormt de basis voor de besturing van de NC-machine, die het produkt vervaardigt. De fabricage verloopt geheel automatisch, alleen het uitgangsmateriaal hoeft te worden opgespannen en de benodigde gereedschappen dienen in het gereedschapmagazijn aanwezig te zijn. Met deze vorm van computergesteund berekenen van de gereedschapbaan is het mogelijk produkten te maken die met conventionele produktiemethoden niet te fabriceren zijn.

2.4 - CAD/CAM

CAD/CAM houdt in het koppelen van CAD en CAM. De geometrie die is vastgelegd in het CAD-proces, wordt op hetzelfde systeem gebruikt om als basis voor de CAM module te dienen. In deze CAM module wordt dan de technologische informatie toegevoegd die noodzakelijk is voor het fabricageproces. CAD/CAM koppeling kan ontstaan door koppeling van een CAD- en een CAM systeem, maar er zijn ook geïntegreerde CAD/CAM systemen. Op deze manier is het mogelijk om zeer snel produkten te ontwerpen en fabriceren, waarbij dit ontwerpen fabricagegericht is. Bij het ontwerpen van zowel produkt als gereedschapbanen wordt rekening gehouden met de eventuele (specifieke) beperkingen die inherent zijn aan het fabricageproces.

2.5 - De fasen bij totstandkoming van produkten

Het ontwerpen van 'werktuigbouwkundige produkten' is een ruim begrip. Het werktuigbouwkundig produkt kan een zeer klein onderdeel van bijvoorbeeld een machine zijn, maar het kan ook een totaal werktuigbouwkundig systeem zijn, bijvoorbeeld een complete automobiel.

In het totale ontwerp- en fabricageproces kunnen, in de meest algemene zin, een aantal fasen worden onderscheiden. Deze fasen zijn:

- de conceptfase,
- de optimalisatiefase,
- de detailleringfase,
- de werkvoorbereidingfase,
- de fabricagefase.

De conceptfase

In deze fase wordt globaal vastgelegd hoe het produkt er uit moet komen te zien. Er worde nog geen specifieke eisen, zoals bijvoorbeeld maten, gesteld. De beschouwingen zijn voornamelijk van kwalitatieve aard.

De optimalisatiefase

Binnen de gestelde grenzen uit de conceptfase wordt het ontwerp verder uitgewerkt. Technische, economische en andere beperkingen worden in beschouwing genomen. Het resultaat van deze fase is dat een of meerdere ontwerpen globaal vastliggen. In deze ontwerpen zijn in grote lijnen de technische gegevens, afmetingen, materiaal e.d. vastgelegd.

De detailleringfase

In deze fase worden alle ontbrekende geometrische gegevens vastgelegd. Het ontwerp wordt gecompleteerd met complete maatvoering, toleranties, oppervlaktekwaliteiten, e.d. Na deze fase is alle informatie aanwezig die nodig is om het produkt te fabriceren.

De werkvoorbereidingsfase

Hier worden de ontbrekende technologische gegevens vastgelegd, zoals keuze van bewerkingsmachines, keuze van gereedschappen, bewerkingsvolgorde, voedingen, aanzetsnelheden, e.d. Al deze informatie, in combinatie met de informatie uit de ontwerp- en detailleringfase, wordt samengevoegd tot een geheel in de NC-file.

De fabricagefase

Na opspanning van het uitgangsmateriaal en in gereedheid brengen van de bewerkingsmachines, wordt op basis van de NC-file het produkt vervaardigd. Na verificatie van de kwaliteit van het eindprodukt kan het produkt worden afgeleverd.

~~02-158905~~

**Handleiding voor het gebruik van de
Manufacturing Operations module uit het
Unigraphics II systeem**

**T.B. Heintjes
WPA rapportnr. 1168**

Handleiding, behorende bij het verslag van de onderzoeksoopdracht.

**Technische Universiteit Eindhoven,
Faculteit der Werktuigbouwkunde,
Vakgroep Produktietechnologie en -Automatisering,
Sectie Specifieke Produktiemiddelen.**

**Afstudeerhoogleraar: Prof.Ir. J.M. van Bragt
Begeleiders: Ing. J.J.M. Schrauwen
Dhr. F.G. Soers**

Eindhoven, augustus 1991.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	4
2	EEN KORTE BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE UG II MODULES	5
3	EEN GLOBALE BESCHRIJVING VAN HET GEHELE CAD/CAM PROCES	7
4	DE VERVAARDIGING VAN EEN PRODUKT	11
4.1	Inleiding	11
4.2	Het ontwerpen en het opslaan van de geometrische informatie	12
4.2.1	Stap 1 - het ontwerpen van het produkt	12
4.2.2	Stap 2 - het opslaan van de geometrische informatie	15
4.3	Stap 3 - Het genereren van de technologische informatie	16
4.3.1	MCS, bewerkingstype, bewerkingsvlak en gereedschap	16
4.3.2	Het parametermenu	21
4.3.3	De overige 3- en 4-assige bewerkingen	28
4.3.4	De 5-assige bewerking	44
4.4	Stap 4 - Het genereren van de NC-file	46
4.5	Stap 5 - Het oproepen van de NC-file in de werkplaats	47
4.6	Stap 6 - De werkvoorbereiding	49
4.7	Stap 7 - Het fabriceren van het produkt	51
	LITERATUUR	52
	GLOSSARIUM	53
	BIJLAGEN	57
	Bijlage 1 - Technische gegevens van de MAHO 700S	58
	1.1 technische gegevens	58
	1.2 coördinatensysteem en bewegingsrichtingen	59
	1.3 de coördinaten	59
	Bijlage 2 - Programmeersleutel voor MAHO CNC 432	61
	Bijlage 3 - Overzicht van de bewerkingen aan het produkt	64

Bijlage 4 - De gereedschapbibliotheek 'FREES'	65
4.1 freesgereedschappen	65
4.2 boorgereedschappen	66
Bijlage 5 - Postprocessors in UG II	68
Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files	70
6.1 de CLS-file P10.CLS	71
6.2 de CLS-file P10x.CLS	92
6.3 de NC-file P10.NC	97
6.4 de NC-file P10x.NC	106
Bijlage 7 - Overzicht postprocessorcommando's	111
Bijlage 8 - Overzicht coördinatensystemen	115
Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen	117

Hoofdstuk 1 - inleiding

Deze handleiding behoort bij de Manufacturing Operations module van het Unigraphics II systeem van fabrikant McDonell Douglas.

Het Unigraphics II systeem (voortaan aangeduid met UG II) is onderdeel van een integraal ontwerp- /fabricage- /meetsysteem van de vakgroep WPA. Producten kunnen worden ontworpen op het UG II systeem, direct daarna vervaardigd op een numeriek bestuurd, 5-assige freesbank en vervolgens gecontroleerd worden op bereikte nauwkeurigheid in het Laboratorium voor Lengtemeting.

Het is de bedoeling de gebruiker van de Manufacturing Operations module vertrouwd te maken met de manier waarop dit systeem het vervaardigingsproces geleidelijk aan opbouwt. De handleiding is onderverdeeld in drie delen, te weten:

- 1 een globale schets van die modules van het CAD/CAM-systeem, die relevant zijn voor het ontwerpen en fabriceren van producten. Het UG II systeem biedt veel meer mogelijkheden, in de vorm van andere modules, deze zijn in deze context echter niet relevant.
- 2 een globale beschrijving van het gehele proces dat doorlopen wordt: van ontwerpen tot de uiteindelijke vervaardiging.
Er wordt vermeld welke invloedsfactoren en beperkingen er zijn.
- 3 en als laatst, aan de hand van een voorbeeld, een volledige, gedetailleerde beschrijving van bovengenoemd proces.

Aangezien het bovenstaand beschreven proces een CAD/CAM-proces is, zal kort worden beschreven wat hier onder de begrippen CAD en CAM zal worden verstaan.

CAD Dit staat voor Computer Aided Drafting of voor Computer Aided Design. Bij 2-D ontwerpen gebruikt men de eerste term en bij 2½-D of 3-D ontwerpen gebruikt men de tweede term. Hier zal alleen gebruik gemaakt worden van 3-D ontwerpen. Deze ontwerpen worden volledig met behulp van de computer gemaakt. Het UG II systeem biedt hiervoor zeer veel verschillende mogelijkheden. Alle informatie die gegenereerd wordt in het CAD-proces wordt geometrische informatie genoemd.

CAM Staat voor Computer Aided Manufacturing. De geometrische produktinformatie die is gegenereerd in het CAD-proces wordt eerst gebruikt om gereedschapbanen te maken. Vervolgens wordt van de geometrische informatie en de technologische informatie een NC-programma gemaakt. Dit NC-programma wordt toegevoerd aan een numeriek bestuurd freesbank. Deze vervaardigt vervolgens het produkt.

Er wordt van uitgegaan dat de gebruiker van deze handleiding reeds enige kennis van CAD, CAM en produktietechnologie heeft.

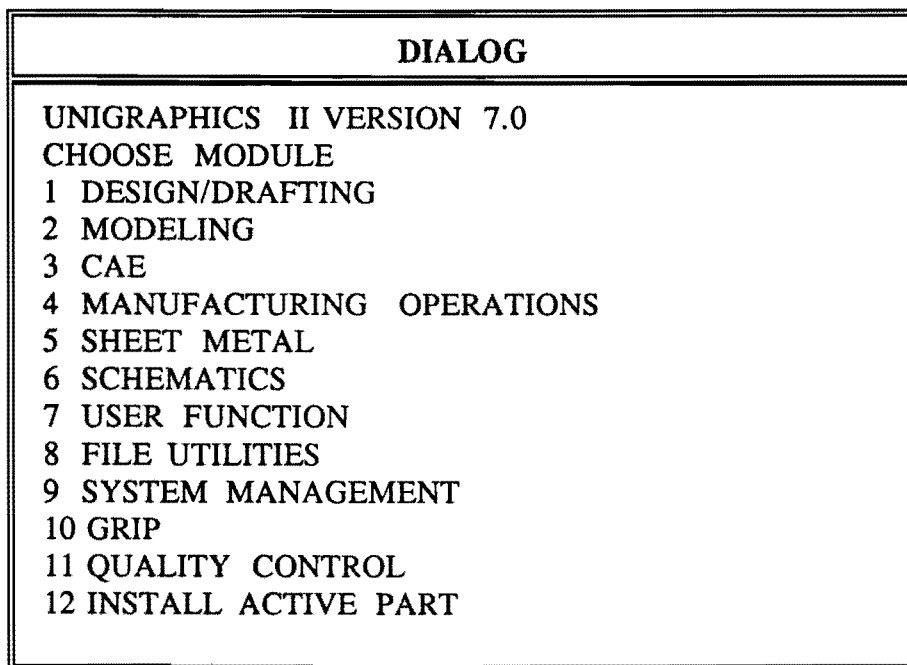
Tevens wordt verondersteld dat de gebruiker enige ervaring met het UG II systeem heeft.

Hoofdstuk 2 - een korte beschrijving van de gebruikte UG II modules.

Bij het maken van een 3-dimensionaal ontwerp met behulp van een CAD-systeem kan men op drie manieren te werk gaan. Het stapsgewijs opbouwen van een tekening kan geschieden met gebruikmaking van:

- Wireframe modeling: vormgeven met lijnen, punten en krommen,
- Surface modeling: vormgeven met oppervlakken,
- Solid modeling: vormgeven met massieve onderdelen.

Het UG II-systeem biedt een groot aantal mogelijkheden op het gebied van CAD en CAM. Onderstaande figuur geeft het hoofdmenu van UG II.



Figuur 1.1 - hoofdmenu Unigraphics II

Indien men een produkt met het UG II systeem wil ontwerpen en vervolgens CAM wil fabriceren, dan heeft men van de bovenstaande elf modules er in principe maar vier nodig:

- 1 Design/Drafting
- 2 Modeling
- 4 Manufacturing operations
- 8 File utilities

Hierbij dient aangetekend te worden dat in de Modeling module onder de optie 1 de Design/Drafting module is aan te roepen. Gebruikers van de Modeling module

kunnen dus zonder via het hoofdmenu te switchen ook Design/Drafting gebruiken. Hieronder zullen bovengenoemde vier modules kort beschreven worden, om een indruk te geven waarvoor ze gebruikt kunnen worden.

1 Design/Drafting

Met deze module kan een wireframe model van een produkt gemaakt worden. Men kan op zeer veel verschillende manieren punten, lijnen en oppervlakken (de zgn. 'entities') genereren en verbinden. Het systeem kent alleen de positie van de entities, en weet niet wat zich daartussen in zou moeten bevinden. De module geeft een groot aantal mogelijkheden om snel en eenvoudig zgn. 'lay-outs' en 'views' te maken en hierin te veranderen. Op basis van deze lay-outs en views kunnen o.a. werktekeningen gemaakt worden.

Echter, bij wat gecompliceerder (delen van) produkten wordt het al gauw moeilijk om uit de wirwar van entities een duidelijk beeld van het produkt te krijgen. Als aansluitend op het CAD-ontwerp een CAM-proces volgt, dan is het verstandiger om met de Modeling module te werken, deze is hiervoor beter uitgerust.

2 Modeling

Deze module biedt de mogelijkheid om massieve onderdelen te ontwerpen. Het systeem weet exact op welke plaatsen zich al dan niet materiaal bevindt. Bovendien is het met behulp van enkele standaardvormen, zoals ronde gaten, spiebanen, cilinders en dergelijke mogelijk om snel van een blokje materiaal stukken af te halen. Een zeer brede range van produkten is op deze manier te ontwerpen. De zogenaamde 'hidden lines' kan men onzichtbaar maken, zodat een goed en duidelijk beeld en aanzicht van het produkt ontstaat. Men gebruikt deze module als het te ontwerpen produkt ook gefabriceerd gaat worden m.b.v. CAM.

3 Manufacturing Operations

Nadat het produkt is ontworpen met behulp van de Solid modeler, en er eventueel extra informatie is toegevoegd in de vorm van wireframe-entities, wordt geswitched naar de Manufacturing module. Met behulp van deze module zal het fabricageproces voor het produkt tot stand gebracht worden. Er worden gereedschapbanen gegenereerd en deze kunnen gesimuleerd worden. Eindresultaat is dat alle benodigde geometrische - en technologische informatie is opgeslagen in een CL-file. Afhankelijk van de bewerkingswijze wordt een van de in het systeem aanwezige postprocessors gekozen, welke de CL-file omzet in een NC-file. Deze NC-file kan, na zeer geringe aanpassingen, direct aan een numeriek bestuurd freesbank toegevoerd worden.

8 File Utilities

Een van de mogelijkheden van deze module is dat de zojuist gegenereerde NC-file op het beeldscherm bekeken kan worden. Tevens is het mogelijk om de NC-file van UG II niveau naar VAX-VMS niveau te schrijven. De PC van de freesbank in de W-Hal kan vervolgens het NC-programma oproepen vanuit de VAX-stations.

Hoofdstuk 3 - een globale beschrijving van het CAD/CAM proces.

In hoofdstuk 2 is een schets gegeven van de modules van UG II die nodig zijn om een produkt te ontwerpen en fabriceren. In het gehele CAD/CAM proces kunnen een aantal stappen onderscheiden worden. Deze stappen zijn:

- 1- het ontwerpen van het produkt
- 2- het opslaan van de geometrische informatie
- 3- het genereren van de technologische informatie in de vorm van gereedschapbanen, in combinatie met de correcte invulling van de bijbehorende parameter-menu's. Dit is de bewerkingsinformatie.
- 4- het genereren van de NC-file
- 5- het oproepen van de NC-file in de werkplaats
- 6- de werkvoorbereiding
- 7- het fabriceren van het produkt.

Achtereenvolgens zullen bovengenoemde zeven stappen beschreven worden. Het is niet de bedoeling om gedetailleerd de dialoog met UG II te beschrijven, dit komt aan de orde in hoofdstuk 4, waar tot in detail wordt uitgewerkt hoe een proefprodukt tot stand is gekomen. Wel wordt bij elke stap vermeld wat de rol in het totale proces is, en welke beperkingen er eventueel zijn.

STAP 1 - Het ontwerpen van het produkt.

Dit gebeurt m.b.v. de Modeling- en eventueel de Design/Drafting module van UG II. De ontwerper heeft, voordat hij gaat tekenen, een idee in zijn hoofd over hoe het produkt er uit moet komen te zien. Hij dient echter met bepaalde beperkingen rekening te houden. Deze beperkingen vinden hun oorsprong in de uiteindelijke vervaardiging van het produkt. Met de CAD-module kan men veel ontwerpen, er zijn echter veel zaken niet realiseerbaar. Het CAD-systeem geeft hiervoor geen waarschuwing, de ontwerper dient zelf te verifiëren of dat wat hij ontwerpt ook gemaakt kan worden.

Zo is bijvoorbeeld een beperking het aantal en soort gereedschappen dat zich in de gereedschapbibliotheek 'FREES' (zie bijlage 4, overzicht FREES) bevindt. Deze bibliotheek is een verzameling gereedschappen die aanwezig zijn in het gereedschapmagazijn van de MAHO 700S freesbank die zich in het Laboratorium voor Numerieke Besturing bevindt. Een andere beperking is de maximale hoek die de draaitafel kan maken bij het aansturen van de A-as (zie bijlage 1, technische gegevens MAHO 700S). Bij het stapsgewijs ontwerpen van het produkt moet men zich dus steeds afvragen of hetgeen gewenst is ook realiseerbaar is.

STAP 2 - Het opslaan van de geometrische informatie.

Het ontwerp van het produkt is nu klaar. We verlaten de Modeling module. Bij het verlaten van de module bestaat de mogelijkheid om het produkt als zodanig op te slaan: d.w.z. de geometrische informatie wordt opgeslagen. Het resultaat is een

zogenaamde 'part-file'. Het is nu mogelijk om de Manufacturing Operations module aan te roepen. In het dialoogvenster komt dan de mededeling dat, om deze module te gebruiken, een 'active part' nodig is. Nadat de naam van de gewenste part-file is ingegeven, kan gestart worden met het genereren van gereedschapbanen.

STAP 3 - Paramettermenu's en gereedschapbanen.

Deze stap is het zwaartepunt van het totale CAD/CAM proces. Er worden gereedschapbanen gegenereerd en de bijbehorende technologische informatie moet op correcte wijze worden ingevoerd. Er staat een beperkt aantal gereedschappen ter beschikking. Deze gereedschappen, met bijbehorende snijsnelheden en toerentallen, zijn ondergebracht in de gereedschapsbibliotheek 'FREES'. Deze bibliotheek is op te roepen in de Manufacturing Operations module. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om zelf een gereedschap te definiëren. In de bibliotheek FREES zijn alleen die gereedschappen ondergebracht, die zich ook werkelijk in het gereedschapmagazijn van de MAHO 700S freesbank bevinden. Het genereren van een gereedschapbaan gaat als volgt: eerst wordt een machinenulpunt gekozen. Ten opzichte van dit nulpunt worden de oriëntatie van het gereedschap en de coördinaten van de gereedschapbaan ingegeven. Vervolgens wordt het type van bewerking gekozen: bewerken van een vlak, boren van een gat enz. Daarna dient het vlak van bewerking gekozen te worden, dit gaat d.m.v. aanpicken met de muis. Als dit allemaal gebeurd is, verschijnt het paramettermenu in beeld. In dit paramettermenu moeten een aantal zaken worden ingevuld: de manier van in- en uitlopen, het materiaaloverschot dat moet blijven staan, enz. Voor een uitvoerige beschrijving zie hoofdstuk 4 van deze handleiding. Als uiteindelijk alle waarden zijn ingevuld, kan een simulatie uitgevoerd worden. Vanuit verschillende aanzichten kan men bekijken of de bewerking verloopt zoals men wenst. Als dit het geval is, kan de gereedschapbaan worden opgeslagen en kan men doorgaan met een andere bewerking of teruggaan naar het hoofdmenu. Het zal duidelijk zijn dat voor het correct opstellen van een gereedschapbaan, reeds in deze fase exact bekend moet zijn hoe de vervaardiging zal gaan verlopen.

STAP 4 - Het genereren van de NC-File.

Alle informatie die in de gereedschapbanen en in de paramettermenu's is opgeslagen, wordt weggeschreven in een CLS-file (Cutter Location Source File). Deze file is geschreven in APT, en bevat het gehele programma in een machine-onafhankelijk formaat. Deze file bevat nog veel simulatiecommando's die niet relevant zijn voor het fabricage-traject. Daarom wordt de CLS-file eerst door een préprocessor gestuurd, welke deze commando's verwijdert. Het resultaat is een CL-file (Cutter Location File). Deze file bevat alleen nog de geometrische en technologische informatie en de machine-instructies van de bewerkingen. Aangezien er een groot aantal machinebesturingen bestaat, is het noodzakelijk om de machine-onafhankelijke CL-file om te schrijven naar een ISO-code 'dialect', dat bij de betreffende specifieke machinebesturing past. De ISO-code, ook wel G-code genoemd, is de programmeersleutel voor de NC-file. Een postprocessor is een 'vertaler' die de CL-file omzet in deze ISO-code.

De werkwijze van vertalen van het UG II systeem verloopt nagenoeg identiek: eerst wordt de CLS-file door de Manufacturing Operations module gegenereerd.

Vervolgens wordt deze CLS-file naar een in het systeem aanwezige préprocessor gestuurd. Het resultaat is de CL-file. De CL-file is, in tegenstelling tot de CLS-file, geen text-file, en kan niet worden gelezen. De CL-file wordt op zijn beurt naar één van de zeven in het systeem aanwezige postprocessors gestuurd die de file omzet in de NC-file. Het is noodzakelijk dat er meerdere postprocessors zijn, omdat er ook een aantal verschillende 'bewerkingsomgevingen' zijn. Deze bewerkingsomgeving wordt bepaald door het volgende:

- het aantal benodigde bewerkingsassen: 3, 4 of 5.
- het vlak van bewerking, uitgedrukt in de coördinaatassen X, Y en Z.
- gebruikmaking van de horizontale of de vertikale bewerkingspil.

In UG II kan men in principe kiezen uit twee ISO dialecten: APT (Automatically Programmed Tools) en Standard-APT. Het WPA UG II systeem biedt alleen de mogelijkheid om Standard-APT te gebruiken. Voor uitgebreidere informatie over de postprocessors en de ISO-code dialecten, zie bijlage 5.

STAP 5 - Het oproepen van de NC-file.

De NC-file is nu klaar, en bevindt zich op UG II niveau in het systeem. De file moet verzonden worden naar de werkplaats. De PC die gekoppeld is met de MAHO 700S kan communiceren met de VAX-stations, op VMS-niveau. De NC-file moet eerst van UG II-niveau naar VAX-VMS-niveau worden gebracht. Dit gebeurt met behulp van de File Utilities module. Als dit is gebeurd kan in de werkplaats de NC-file worden opgeroepen. Het is mogelijk om op de PC, die gekoppeld is aan de MAHO 700S, de 3- en 3½-assige bewerkingen te simuleren. Dit geldt echter niet voor de 4- en 5-assige bewerkingen.

STAP 6 - De werkvoorbereiding.

Werkvoorbereiding houdt de volgende vier punten in:

- A - het bepalen van het werkstuknulpunt,
- B - bepalen hoe het uitgangsmateriaal wordt opgespannen,
- C - keuze van de gereedschappen en de bewerkingsvolgorde,
- D - rekening houden met de consequenties van de materiaalkeuze.

Ten aanzien van deze vier punten kunnen twee stadia van de werkvoorbereiding onderscheiden worden: ten eerste het nemen van beslissingen t.a.v. bovenstaande vier zaken, en ten tweede het uitvoeren ervan. Stap A wordt genomen vóór het ontwerpen van het produkt aangezien deze stap bepaalt hoe het produkt er uit gaat zien. Stap B geschiedt vóór het fabriceren van het produkt, het uitgangs-materiaal moet op de juiste manier worden opgespannen, de exacte positie van het werkstuknulpunt moet worden gemeten en de gereedschappen dienen in het gereedschapmagazijn aanwezig te zijn. Het bepalen hoe de opspanning er uit moet komen te zien gebeurt weer vóór het ontwerpen van het produkt.

STAP 7 - Het fabriceren van het produkt.

Dit gebeurt in het Laboratorium voor Numerieke Besturing in de W-Hal. De MAHO 700S die hier staat is een 5-assige freesmachine. Voor de technische gegevens, en het gebruikte coördinatensysteem, zie bijlage 1. Een 5-assige besturing van een bewerkingscentrum biedt de mogelijkheid om tegelijkertijd te transleren over 3 assen en te roteren om 2 assen. Hierdoor is het mogelijk om de frees steeds loodrecht op een al dan niet dubbelgekromd oppervlak te positioneren. De baan die langs dit dubbelgekromd oppervlak gevolgd wordt hierbij opgedeeld in zeer kleine lijnstukjes of cirkeltjes. Men kan deze 5-assige freesmachine natuurlijk ook gebruiken om 2½-D werkstukken te maken. In dat geval worden de A-as en de B-as, of alleen de A-as, of alleen de B-as niet gebruikt. De A-as en de B-as zijn de rotatie-assen .

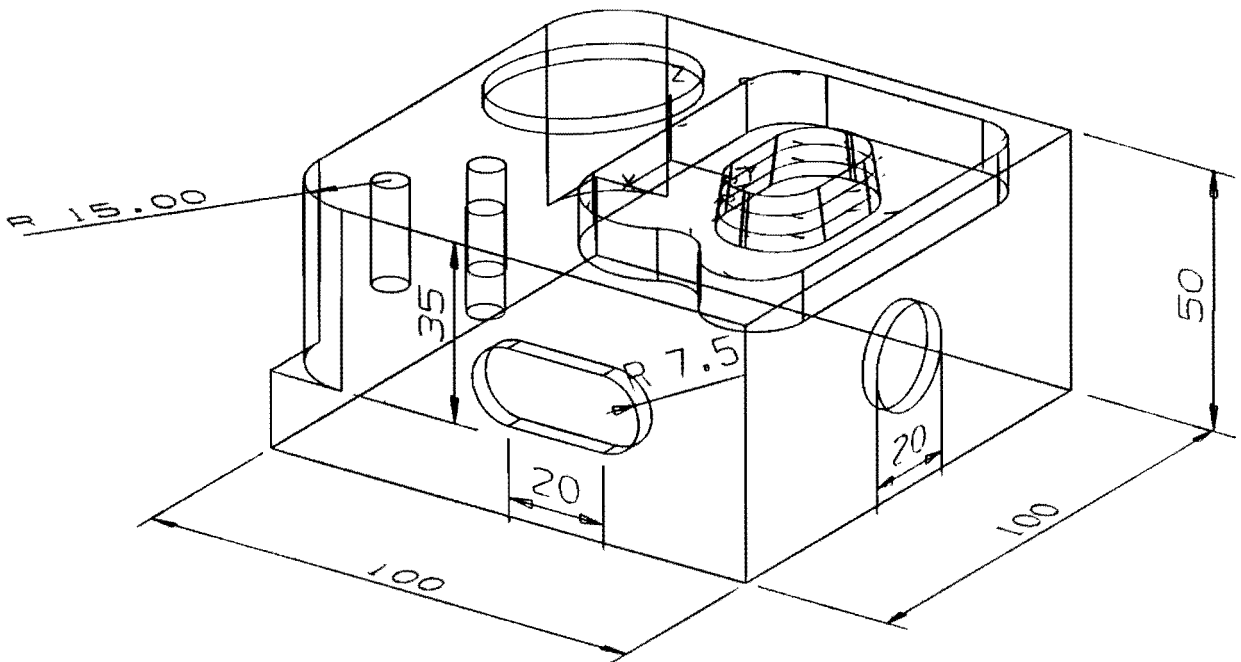
Na eventueel simuleren van de bewerkingen op de PC naast de freesbank, wordt de NC-file opgeroepen en ingelezen in de besturingscomputer van de MAHO 700S. Vervolgens wordt het produkt volledig automatisch vervaardigd.

Hoofdstuk 4 - de vervaardiging van een produkt.

4.1 - Inleiding.

In hoofdstuk 3 is stapsgewijs het CAD/CAM-proces beschreven. Al deze stappen zullen achtereenvolgend nogmaals worden behandeld, maar dan toegespitst op een testprodukt. Dit produkt is ontworpen m.b.v. het UG II-systeem en is vervaardigd op de MAHO 700S freesbank in het laboratorium voor Numerieke Besturing in de W-hal.

Het produkt is hieronder afgebeeld.



Figuur 4.1 - het testprodukt.

Het testprodukt wordt in 15 deelbewerkingen vervaardigd. Aangezien het een vrij eenvoudig produkt betreft, zijn 13 van de 15 deelbewerkingen te realiseren met 3-assige bewerkingen. Voor één stap is een vierassige bewerking nodig. Alle deze 14 bewerkingen komen in één CLS-file terecht. Het is niet noodzakelijk om twee aparte postprocessors te gebruiken. De 13 3-assige bewerkingen worden gewoon gezien als 4-assige bewerkingen waarbij de B-as verdraaiing steeds de waarde nul heeft. De vijftiende stap is het nafrezen van het eiland. Aangezien dit eiland taps is, kan het niet 4-assig gemaakt worden. Een 5-assige bewerking is noodzakelijk. Aangezien voor een 5-assige bewerking een andere postprocessor nodig is om van CL-file naar NC-

file te komen, dan bij 4-assige bewerkingen, en ook een ander nulpunt gebruikt wordt, moet de vijftiende stap worden ondergebracht in een apart programma. Bij het vervaardigen kunnen echter meerdere programma's achter elkaar worden aangeroepen, zodat dit geen problemen oplevert. Het is niet mogelijk om alle 15 deelbewerkingen in één file onder te brengen, die alleen door de postprocessor van de 5-assige bewerking wordt gestuurd. Waarom dit is wordt uitgelegd in stap 6: de werkvoorbereiding.

Een aantal bewerkingen zullen nagenoeg identiek zijn. Daarom is gekozen voor de volgende strategie: de eerste twee stappen, zoals beschreven in hoofdstuk 2, worden eerst behandeld. Daarna zal één bewerking van de derde stap zeer uitgebreid behandeld worden. De volgende bewerkingen van de derde stap worden minder uitvoerig behandeld. Op punten van verschil met de eerste stap zal echter dieper worden ingegaan. Als laatste zullen de stappen vier t/m zeven besproken worden.

Het verdient op dit punt aanbeveling om nu reeds stap 6, de werkvoorbereiding, globaal door te nemen. Veel informatie uit deze werkvoorbereiding is reeds in eerdere stadia noodzakelijk bij het nemen van bepaalde beslissingen.

4.2 - Het ontwerp en het opslaan van de geometrische informatie.

Bij het behandelen van de stappen zal de volgende strategie worden gehanteerd: eerst wordt globaal verteld wat de stap t.a.v. dit produkt inhoudt. Vervolgens wordt gedetailleerd behandeld hoe de uitwerking op het UG II systeem verloopt.

4.2.1. STAP 1 - het ontwerpen van het produkt.

Voor het ontwerpen van het bovenstaand produkt is zowel van de Modeling- als van de Design/Drafting module gebruik gemaakt. Eerst zal de Modeling module behandeld worden.

De modeling module wordt actief nadat een Existing Part is opgevraagd. Dit part is het 3D-body Part. Zodra de Modeling module actief is, wordt onmiddellijk deze naam veranderd. De nieuwe naam is: P10.

Het produkt is opgebouwd uit de volgende onderdelen: twee rechthoekige blokjes, twee cilinders en een rechthoekige grondplaat. Al deze onderdelen zijn 'solids' en zijn gemaakt in de Modeling module. De onderdelen zijn samengevoegd en vervolgens zijn er enige gaten in aangebracht. Het direct aanbrengen van eenvoudig gevormde gaten is mogelijk, maar gecompliceerd gevormde gaten geven moeilijkheden. Daarom wordt de volgende methode toegepast: er wordt een ander blokje, met dezelfde vorm als het gat gedefinieerd. Dit blokje wordt gepositioneerd op de plaats van het gat. Vervolgens worden de twee solids 'van elkaar af getrokken'. Het resultaat is het gat dat bedoeld was. Op deze manier zijn de kamercontour en het ellipsvormig gat gemaakt. Het eiland in de kamercontour is apart gedefinieerd en vervolgens samengevoegd met het geheel.

In principe is het blokje nu klaar voor de volgende stap. Echter in de huidige vorm kan het eiland niet bewerkt worden. Bij het frezen volgt de frees namelijk een eenduidig gedefinieerde baan. Dit kan zijn een begrenzingslijn van een solid of een

wireframe-lijntje. Het voorfrezen van het eiland moet in meerdere stappen gebeuren. De reden hiervan is dat nu reeds bekend is welk gereedschap gebruikt gaat worden voor het voorfrezen. Dit gereedschap kent een maximale snedediepte. Uit deze maximale snedediepte en de hoogte van het eiland volgt het aantal snijgangen. Aangezien op de vlakke zijanten van het eiland nog geen eenduidig gedefinieerde banen zijn gelegd, moeten deze nog gemaakt worden. Dit gebeurt m.b.v. de Design/Drafting module, die onder optie 1 Design/Drafting in de Modeling module is aan te roepen. Hiermee spant men een aantal lijntjes om het eiland heen op de juiste diepten. Op deze manier zal de frees zijn weg over het eiland kunnen vinden.

T.a.v. het gebruik van de Design/Drafting- en Modeling module zullen de handelingen die verricht worden om het produkt te maken, niet zeer uitgebreid behandeld worden. De nadruk van deze handleiding ligt op het gebruik van de Manufacturing Operations module.

Voor een gedetailleerde beschrijving van het aanmaken van de desbetreffende onderdelen wordt verwezen naar [lit.7].

Het hoofdmenu van de Modeling module is hieronder afgebeeld.

DIALOG
MODELING MODULE
CHOOSE OPTION
1 POINT / CURVE CREATION
2 SURFACE CREATION
3 SOLID CREATION
4 SOLID OPERATIONS
5 EDIT SOLID FACES
6 GROUP / UNGROUP
7 ATTRIBUTES
8 DELETE
9 ASSEMBLIES
10 VERIFY PROPERTIES
11 EDIT
12 TRANSFORMATIONS
13 GRIP
14 FILE MANAGEMENT
AA

Figuur 4.2 - hoofdmenu Modeling module

De bovenbeschreven afzonderlijke onderdelen van het produkt zijn, in de juiste volgorde, als volgt gemaakt:

bodemplaat:	3 SOLID CREATION	3 BLOCK
blokje:	3 SOLID CREATION	3 BLOCK
cilinders:	3 SOLID CREATION	4 CILINDERS
eiland:	3 SOLID CREATION	1 SWEEP SOLID

Om het eiland te maken gebruikt men, in de Modeling module, Swept Solid. Dit is het 'oprekken' en gelijktijdig opvullen van een curve. Het systeem vraagt eerst een curve waarmee men dit wil gaan doen. Er moet dus in het grondvlak van de kamer waar het eiland in moet komen, een curve aangemaakt worden. Dit gebeurt m.b.v. de Design/ Drafting module. Vervolgens moet worden ingegeven hoever deze curve moet worden opgerekt en of dat onder een hoek moet gebeuren.

De bovenstaande afzonderlijke onderdelen zijn samengevoegd via de opties:

4 Solid Operations en vervolgens 2 Unite.

De gaten in het blokje worden 'features' genoemd als ze een standaardvorm hebben of opgebouwd zijn uit standaardvormen. De volgende features zijn toegevoegd:

spiebaan:	4 SOLID OPERATIONS	1 ADD FEATURES	3 SLOT
rond gat:	4 SOLID OPERATIONS	1 ADD FEATURES	1 HOLE
3 gaatjes:	zie rond gat.		

Om de ellipsvormige kamer en de kamer, waarin het eiland komt, te maken, moeten ook weer eerst met Design/Drafting curves worden gemaakt die op de bodem van de toekomstige 'gaten' komen te liggen. Ook deze curves worden weer met 3 Solid Creation en 1 Swept Solid opgerekt tot een blokje. De volgende situatie is nu ontstaan: twee solids, die de vorm van het toekomstig gat hebben, zijn samengevoegd met de hoofdsolid. De gewenste gaten ontstaan als men de solids 'van elkaar aftrekt'. Dit gaat als volgt: 4 Solid Operations en vervolgens 3 Subtract. Er blijven nu twee kamers over die de gewenste vorm hebben. Tevens liggen nog op de bodem van de gaten de wireframe curves. Deze kunnen eenvoudig weggehaald worden.

Het spreekt voor zich dat eerst de kamer is gemaakt en vervolgens het eiland aan de solid is toegevoegd.

Het enige dat nu nog rest is het aanmaken van de boundaries. Deze boundaries worden gemaakt van wireframe entities die op het eiland gelegd worden. De wireframe entities worden met Design/Drafting gemaakt.

De procedure van het aanmaken van boundaries is als volgt:

- 1 ga vanuit het UG II hoofdmenu naar de Manufacturing Operations module.
- 2 roep de gewenste Part-file aan.

In het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module wordt nu optie 1 gekozen. Er verschijnt een menu met 5 mogelijkheden.

BOUNDARY ENTITY, CHOOSE OPTION

- 1 CREATE
- 2 DELETE
- 3 BLANK
- 4 UNBLANK

5 LIST

Om boundaries te maken wordt optie 1 gebruikt:

```
CREATE BOUNDARY B1
SEL ENTITY - 1
NAME =
1 CHAINING
2 EXPAND EXISTING BOUNDARY
3 BOUNDED PLANE
4 TOOL POSITION - TANTO/ON
5 BOUNDARY PLANE - XC-YC
6 BOUNDARY TYPE - CLOSED/OPEN
AA CHANGE NAME
```

De boundaries worden als volgt gemaakt:

(in de volgende dialogen tussen systeem en gebruiker staat een S voor de vraag van het systeem en I voor de hierop volgende invoer).

```
1 CREATE
AA CHANGE NAME          S: ENTER BOUNDARY NAME
                        I: VLAK1
4 TOOL POSITION - TANTO    (Tangent To)
5 BOUNDARY PLANE        (vlakdefinitie menu verschijnt)
7 PRINCIPAL PLANE      (vlak loodrecht op x,y of z-as)
4 Z= CONSTANT          S: Z= .000
                        I: -3.5, ENTRY COMPLETE
6 BOUNDARY TYPE - CLOSED
```

Vervolgens moeten de wireframe-entities op niveau -3.5 met de muis worden aangepickt. Als dit is gebeurd:

```
ENTRY COMPLETE
```

Als er geen nieuwe naam wordt ingegeven dan geeft het systeem default de namen B1, B2 enz. aan de boundaries.

Het maken van de boundary op -7 en de boundary die de buitenkant van de kamercontour aangeeft gebeurt op dezelfde manier. De pijltjes die verschijnen geven de looprichting van de frees aan. Het rondje geeft het beginpunt aan.

Het produkt is nu klaar in zijn definitieve vorm.

4.2.2. STAP 2 - het opslaan van de geometrische informatie.

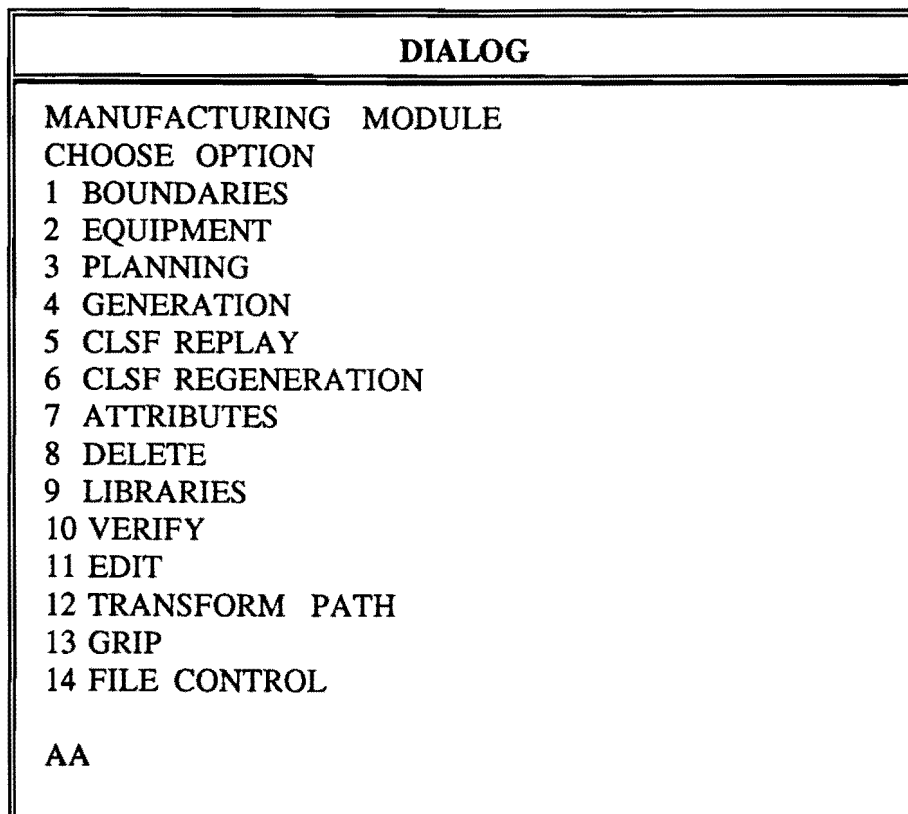
Als men klaar is met het ontwerpen van het produkt, moet het worden opgeslagen. Alle relevante informatie, zoals afmetingen, kleuren van lijnen, de lokaties van de gaten, enz., oftewel alle informatie die het blokje maakt tot wat het is, is de

geometrische informatie. Deze informatie moet worden opgeslagen. Dit gaat op een heel eenvoudige manier: vanuit het hoofdmenu van de Modeling module gebruikt men de optie File Terminate. De respons van het systeem is: File Part, Choose Option. Er worden vier mogelijkheden gegeven om de gecreëerde Part-file al dan niet op te slaan. De juiste manier om de part-file op te slaan is optie 2: Archive Format. Het systeem reageert met: Filing Archive Part. Het produkt als zodanig met alle bijbehorende informatie is nu als part-file weggeschreven.

4.3 STAP 3 - het genereren van de technologische informatie.

4.3.1 - MCS, bewerkingstype, bewerkingsvlak en gereedschap.

De zojuist weggeschreven part-file bevat alle informatie die benodigd is om de gereedschapsbanen te kunnen genereren. Via de optie 4 van het hoofdmenu van UG II komt men in de Manufacturing Operations module. Bij het aanroepen van deze module moet de naam van de te gebruiken part-file worden ingegeven, tenzij men de gewenste part-file direct ervoor al in een andere module heeft gebruikt. In dat geval blijft deze file actief. Hieronder staat het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module.



Figuur 4.3 - hoofdmenu Manufacturing Operations module

Achtereenvolgens zullen de 14 opties kort behandeld worden. Een uitgebreidere behandeling volgt in de beschrijving van de vervaardiging van het produkt. Voor de delen die niet uitgebreid behandeld worden wordt verwezen naar [lit.6].

- 1 **boundaries** geeft de mogelijkheid om begrenzingslijnen te maken, verwijderen en blanken/unblanken. De begrenzingslijnen kunnen worden gemaakt van wireframe-entiteiten of solid faces. Elke boundary wordt gekenmerkt door een cirkeltje dat het beginpunt aangeeft en halve pijltjes die zowel aangeven in welke richting de boundary doorlopen wordt als aan welke kant het bewerkingsgereedschap aan de boundary raakt.
- 2 **equipment** is de optie die gebruikt wordt om gereedschappen te definiëren, checken, veranderen of verwijderen. Deze gereedschappen worden opgeslagen in gereedschapbibliotheken, of worden gebruikt voor bewerkingen.
- 3 **planning** houdt in het prepareren en genereren van een bewerking. Daartoe moeten een aantal stappen worden doorlopen en enige keuzen worden gemaakt. Ten eerste moet het **Machine Coordinate System (MCS)** worden gedefinieerd. Dit is het coördinatensysteem met nulpunt dat de machine gebruikt. Default is het MCS het absolute machinenulpunt. De **Parameter sets** bevatten alle bewerkingsparameters. **Basic Machining** is de bewerkingsoptie die wordt gebruikt voor Point-to-Point- en rechte lijnige bewerkingen. **Planar Milling** wordt gebruikt voor alle bewerkingen in een plat vlak met gefixeerde asoriëntatie. **Surface Milling** gebruikt men bij het bewerken van contouren, de asoriëntatie is hierbij continu variabel. Tenslotte geeft **Lathe** de mogelijkheid om informatie voor draaibewerkingen te genereren.
- 4 **generation** maakt het mogelijk om de actieve CLSF te manipuleren: verwijderen of herrangschikken van gereedschapsbanen, het optimaliseren van machinecontrolefuncties, het veranderen, verwijderen of toevoegen van tekst en het genereren en postprocessen van de CL-file.
- 5 **CLSF replay** geeft de mogelijkheid om een of meerdere bewerkingen van de actieve CLSF te laten zien op het beeldscherm.
- 6 **CLSF regeneration** geeft een permanente weergave van de baan die het middelpunt van de frees aflegt voor alle bewerkingen in de actieve CLSF.
- 7 **attributes** geeft de mogelijkheid om informatie toe te voegen aan gereedschappen, bewerkingen en parametersets. Deze informatie verandert niets aan de gereedschappen enz. zelf, en is louter als toegevoegde waarde te beschouwen.
- 8 **delete** wordt gebruikt om gereedschappen, bewerkingen, parametersets, boundaries etc. te verwijderen.
- 9 **libraries** maakt het mogelijk om gedefinieerde gereedschappen en parametermenu's in een bibliotheek op te slaan. Op die manier hoeven ze maar één keer gedefinieerd te worden.
- 10 **verify** via deze optie kan men geometrische en fysische eigenschappen van een produkt controleren. Tevens kunnen bewerkingsparameters gecontroleerd worden.
- 11 **edit** wordt gebruikt om tekst te veranderen en om items te blanken/unblanken, verwijderen etc.
- 12 **transform path** is een optie om gereedschapsbanen te spiegelen, veranderen van oriëntatie, verplaatsen, roteren enz.

- 13 **grip** is een programmeertaal die is op te vatten als extensie van UG II en geeft de mogelijkheid om op een andere manier van UG II gebruik te maken. Zie verder hiervoor de speciale Grip-manual van McDonell Douglas.
- 14 **file control** is de laatste optie. Hier kan men de actieve CLSF opslaan, veranderen of hernoemen.

De eerste bewerking: het afvlakken van het bovenvlak.

De volgende zaken moeten achtereenvolgens vastgelegd worden:

- 1 - definitie van MCS, bewerkingstype en gereedschap
- 2 - definitie van vlak van bewerking
- 3 - correcte invulling van het paramatermenu.

Voor het afvlakken van het bovenvlak wordt gereedschap T35 gebruikt.

Vanuit het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module wordt gekozen:

3 PLANNING

Er verschijnt een menu met een optie om een MCS te definiëren en een aantal opties met typen van bewerking. Eerst wordt het MCS gedefinieerd.

MACHINING OPERATION TYPE

CHOOSE OPTION

1 MACHINE COORDINATE SYSTEM

2 PARAMETER SETS (definiëren en opslaan van parametersets en postprocessor command sets)

3 BASIC MACHINING (Point-to-point en drive curve bewerkingen)

4 PLANAR MILLING (bewerkingen met gefixeerde asoriëntatie in een vlak)

5 SURFACE MILLING (bewerkingen met variabele asoriëntatie in een vlak)

6 LATHE (draaibewerkingen)

1 MACHINE COORDINATE SYSTEM

1 SPECIFY MACHINE CSYS

Er zijn een groot aantal mogelijkheden om een coördinatensysteem te definiëren. Het gemakkelijkst is om het Work Coordinate System (WCS) te gebruiken:

5 WCS

Het MCS dient te worden opgeslagen, dus:

3 SAVE AS GLOBAL (dit is de enige manier om het MCS op te slaan)

ENTRY COMPLETE

Aangezien er meteen hieropvolgend een type van bewerking moet worden gekozen blijven we in hetzelfde menu.

S: MACHINING OPERATION TYPE

aangezien het afvlakken van het bovenvlak een eenvoudige bewerking met gefixeerde asrichting is, wordt als bewerkingstype gekozen:

4 PLANAR MILLING.

Dit bewerken van een vlak kan op verschillende manieren gebeuren.

PLANAR MILL OPERATIONS, CHOOSE OPTION

- 1 ZIG - ZAG POCKET (frezen met heen- en weergaande beweging)
- 2 ZIG POCKET (alleen heengaande beweging, terug door de lucht)
- 3 ZIG POCKET W. CONTOUR (als 2, maar ook de wanden worden bewerkt)
- 4 FOLLOW POCKET (frezen vanuit het hart van een kamer in een spiraal naar de wanden toe)
- 5 PROFILE (volgt de begrenzing van een werkstuk of kamer)
- 6 DRILL START HOLES (boren van een gat daar waar later de frees zal inlopen)

Voor het bewerken van een plat vlak wordt gebruikt:

1 ZIG-ZAG POCKET

S: SPECIFY OPERATION NAME - P1

ENTRY COMPLETE

Het systeem vraagt, na de keuze van bewerkingstype, om een naam voor de bewerking. Default heten deze 'Operations' P1, P2, enz. Indien gewenst kan een andere naam worden ingegeven. In deze handleiding wordt alleen met de default namen gewerkt. Na de keuze van het MCS, het bewerkingstype en de Operation Name volgt de keuze van het gereedschap. Alle gereedschappen die in het gereedschapmagazijn van de MAHO 700S aanwezig zijn, zijn ondergebracht in de gereedschapbibliotheek 'FREES'. Aangezien het testproduct gefabriceerd zal worden op deze freesbank, is het zinvol om alleen gereedschappen te gebruiken die voorkomen in dit magazijn. Er zijn mogelijkheden om zelf gereedschappen te definiëren, maar die zullen niet gebruikt worden.

SPECIFY MILLING TOOL NAME

- Eerst wordt het gereedschap uit de bibliotheek opgehaald:

5 LIBRARY CONTROL

2 RETRIEVE FROM LIBRARY

S: NAME= (naam v.d. bibliotheek)

I: FREES

S: NAME= (naam v.h. gereedschap)

I: T35 (kopfrees met diameter 80 mm.)

N.B.: het gebeurt soms dat het systeem twee keer vraagt: 'specify milling tool name'. Dit is een fout van het systeem.

- Vervolgens wordt het opgehaalde gereedschap ingevoerd in Operation P1.
Bij elk gereedschap uit de bibliotheek hoort een parameterset. In de bibliotheek is default een parameterset gekoppeld aan elk gereedschap. Echter per bewerking verschilt deze parameterset. Daarom wordt na het kiezen van het gereedschap meteen een nieuwe (blanco) parameterset gekozen.

```
S: SHOULD PARAMETERSET BE  
REPLACED?  
2 YES  
S: SHOULD TOOL BE REPLACED?  
2 YES  
S: NAME=  
I: T35
```

N.B.: ook hier is het mogelijk dat het systeem weer twee keer vraagt: 'should parameterset be replaced' en 'should tool be replaced'. Ook dit is een fout van het systeem.

Na de keuze van het gereedschap volgt de keuze van het te bewerken vlak. Er verschijnt een nieuw menu waarmee men het te bewerken vlak kan selecteren. Met de muis kunnen twee soorten items worden aangepickt: Boundaries en Solid faces. Daarom kan men m.b.v. de AA-actie kiezen uit deze twee mogelijkheden.

Om het bovenzvlak aan te picken wordt de 'AA Selection Mask' op 'Solid Face' gezet. Als men een Solid face aanpickt genereert het systeem zelf een boundary die het te bewerken vlak beschrijft.

```
S: SELECT MAIN BOUNDARY  
NAME=  
of S: SELECT FACE ON SOLID  
NAME =  
S: 2 CONVEX EDGES - TANTO/ON
```

Nu kan met de muis het bovenzvlak worden aangepickt.

```
S: FACE SELECTION  
1 ACCEPT HIGHLIGHTED FACE
```

Optie 1 Accept wordt gebruikt als het aangepickte vlak het juiste is. Als het verkeerde vlak aangepickt is, kan optie 2 Accept Adjacent Face (accepteer het vlak dat het dichtst bij het punt van aanpicken ligt) gebruikt worden, of m.b.v. Reject kan de procedure worden herhaald.

```
S: SELECT HOLES FOR CUSTOM STATUS
```

Deze optie geeft de mogelijkheid om gaten of eilanden in het geselecteerde vlak te negeren (Ignore) of te omzeilen (Cut around). Bij gebruik van Entry Complete blijft de default status gehandhaafd.

```
ENTRY COMPLETE
```

```
S: SELECT EDGE FOR CUSTOM ON/TANTO  
CONDITION
```


Als er convexe hoeken in het geselecteerde vlak zijn, dan geeft deze optie de mogelijkheid om aan deze hoeken een ON of TANTO status aan toe te kennen. Entry Complete zorgt er weer voor dat aan de status die werd toegekend bij het selecteren van het vlak niets verandert.

S: TOOL POSITION - TANTO

De mogelijkheden TANTO en ON maken het verschil tussen het raken van de buitenkant van het gereedschap aan de boundary of het volgen van de boundary met het middelpunt van het gereedschap. Als dit menu goed is ingevuld en de juiste geometrie is aangepickt, verschijnt het parametermenu behorend bij deze bewerking. Aangezien het parametermenu een bij elke bewerking terugkerend, belangrijk menu is, wordt er een apart deel van het hoofdstuk aan gewijd.

4.3.2 - Het parametermenu.

Op dit moment is dus vastgelegd welk coördinatensysteem door de machine wordt gebruikt, welk type van bewerking wordt toegepast, welk gereedschap wordt gebruikt en in welk vlak zal worden gewerkt. De volgende stap is het ingeven van enkele specifieke kenmerken die bepalen hoe de bewerking er in zijn geheel uit zal komen te zien. Dit gebeurt in het parametermenu. De volgende 12 parameters moeten worden vastgelegd:

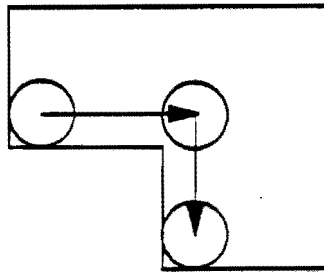
DIALOG	
PLANAR MILL PARAMS	
PATH NAME - P1	
1 PART BOUNDARY	- SELECTED
2 AVOIDANCE GEOMETRY	
3 DISPLAY OPTIONS	
4 MACHINE CONTROL	- T35
5 FEEDS (CUT MPPM)	- 400.0000
6 ENGAGE/RETRACT	- NONE/NONE
7 STOCK	- NONE
8 TOOL AXIS	- I,J,K COMPONENTS
9 PROJECT. VECTOR	- TOOL AXIS
10 CUT PARAMETERS	- FOLLOW POCKET
11 CORNER CONTROL	- EXTEND TANGENTS
12 PART SURFACE	- .0000
AA RETRIEVE PARAMS	

Figuur 4.4 - het parametermenu van freesbewerkingen.

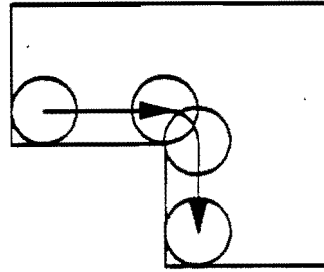
Bovenaan in dit menu is vermeld om welk bewerkingstype het gaat en bij welke bewerking het menu hoort. De twaalf parameters kunnen als volgt beschreven worden:

- 1 **part boundary** is de boundary die het gekozen vlak van bewerking beschrijft. Het vlak van bewerking is het vlak waarin het TCP (Tool Center Point) van de frees beweegt. Via de optie part boundary kan een andere boundary geselecteerd worden of de boundary opnieuw zichtbaar gemaakt worden. Bij gebruik van Display Refresh verdwijnt deze namelijk.
- 2 **avoidance geometry** beschrijft de punten en vlakken waarheen de frees zich begeeft tijdens de niet-verspanende perioden van de bewerking. Dit zijn dus: een beginpunt, een eindpunt, een veiligheidsvlak e.d.
- 3 **display options** geeft een aantal mogelijkheden om een duidelijke simulatie te realiseren. De belangrijkste zijn:
 - visualisatie van de frees (2D of 3D),
 - snelheid van de frees tijdens de simulatie (snelheidsfactoren 1 t/m 10),
 - instellen hoeveel incrementele freesposities te zien zullen zijn, varieert van alle tot slechts enkele belangrijke,
 - al dan niet vermelden van de aanzet bij het beginpunt van de bewerking,
 - al dan niet visualiseren van het 'spoor' dat de frees trekt in het vlak van bewerking.De instelling van de display options wordt volledig aan de gebruiker zelf overgelaten.
- 4 **machine control** geeft de naam van het gekozen gereedschap. Indien gewenst kan het gereedschap gewisseld worden. Tevens zijn hier alle te gebruiken postprocessorcommando's vermeld. Deze commando's hebben betrekking op gereedschapwissels, inschakeling van de koelunit, definitie van het bewerkingsvlak in een G-code, en zo nog enkele. Door toekenning van nummers kan ingesteld worden of, en zo ja in welke volgorde de commando's in de CLS-file (en dus uiteindelijk in de NC-file terecht komen).
- 5 **feeds (cut mmpm)** geeft de gekozen snijsnelheid in mm. per minuut. Als een gereedschap uit de bibliotheek FREES wordt opgehaald, wordt automatisch de bijbehorende snijsnelheid erbij gezet. Hierbij wordt standaard uitgegaan van aluminium als te bewerken materiaal. Deze snijsnelheid kan veranderd worden, mits de verspaningscondities dit toelaten.
- 6 **engage/retract** is de optie om de manier van in- en uitlopen van de frees in het materiaal aan het begin en eind van de bewerking te beschrijven.
- 7 **stock** is de het materiaaloverschot dat moet blijven staan tijdens het voorfreen.
- 8 **tool axis** beschrijft de oriëntatie van de freesas t.o.v. het MCS.
- 9 **project. vector** geeft de mogelijkheid om een boundary, die in een ander vlak dan het Part Surface ligt, te projecteren op dat Part Surface. De projection vector is dan de vector waarlangs geprojecteerd wordt.
- 10 **cut parameters** Hier staat het type van bewerking dat reeds eerder gekozen is. Indien gewenst kan dit veranderd worden. Tevens kunnen een aantal zaken als overlap, aan welke zijde van de boundary gefreesd moet worden enz. ingegeven worden.
- 11 **corner control** geeft twee mogelijkheden om hoeken rond te lopen. Add Arcs volgt de hoek tanto en beschrijft dus een cirkel. De hoek wordt het centrum van

- de cirkel. Extend Tangents gaat volgens rechte lijnen de hoek om, waarbij de frees dus het materiaal tijdelijk moet loslaten. Een schetsje is hieronder gegeven.
- 12 **part surface** vraagt een vlakdefinitie en beschrijft op welke diepte de bewerking plaatsvindt. Deze diepte wordt t.o.v. het WCS ingegeven.



EXTEND TANGENTS



ADD ARCS

Corner Control

Invulling van het parametermenu.

Bij de eerste bewerking, het afvlakken van het bovenzvlak, wordt het parametermenu als volgt ingevuld:

1 **part boundary** - selected, de geometrie is reeds goed geselecteerd.

2 **avoidance geometry**. Aangezien dit de eerste bewerking is, wordt een referentiepunt gedefinieerd, waar de frees vandaan komt.

```

2 AVOIDANCE GEOMETRY
1 FROM POINT
1 SPECIFY
3 WORK COORDS      I: 1 X= 0   [RETURN]
                   I: 2 Y= 0   [RETURN]
                   I: 3 Z= 50  [RETURN]

AA TOOL AXIS
4 I,J,K - COMPONENTS  I: 1 I= 0   [RETURN]
                     I: 2 J= 0   [RETURN]
                     I: 3 K= 1   [RETURN]

ENTRY COMPLETE

```

De optie AA tool axis geeft de mogelijkheid om de oriëntatie van frees aan te duiden. Met de I,J,K-componenten wordt gedefinieerd in welke richting (X,Y of Z) de lengte-as van de frees ligt. Deze richting krijgt de waarde 1, de overige richtingen de waarde nul. Voor een negatieve richting wordt de waarde -1 gebruikt.

Behalve een beginpunt wordt er ook een veiligheidsvlak gedefinieerd. De frees wordt in ijlgang naar dit veiligheidsvlak gebracht, waarna in aanzetsnelheid het werkstuk wordt benaderd. Dit veiligheidsvlak wordt gebruikt vóór en na het frezen.

5 CLEARANCE PLANE

1 SPECIFY

7 PRINCIPAL PLANE

4 Z= CONSTANT S: Z= .000

I: Z= 2 [RETURN]

6 USE AT START AND END

ENTRY COMPLETE

ENTRY COMPLETE

De overige opties van het Avoidance Geometry menu worden niet gebruikt.

3 display options is alleen relevant voor de simulatie op het beeldscherm.

1 Paint Color geeft de mogelijkheid om de baan van het middelpunt van de frees een kleur te geven. Deze kleur is verschillend in te stellen voor elk bewegingsonderdeel: naderen, inlopen, uitlopen, enz. Een mogelijke invulling is:

1 RAPID	-	RED
2 ENGAGE	-	GREEN
3 CUT	-	CYAN
4 RETRACT	-	MAGENTA
5 FIRST CUT	-	CYAN
6 APPROACH	-	BLUE
7 STEPOVER	-	CYAN
8 RETURN	-	BLUE

2 Paint Speed maakt het mogelijk om snelheid waarmee de frees de bewerking simuleert, in te stellen. De snelheids-factoren lopen van 1 t/m 10. Kies factor 1. Het is dan goed te zien hoe de frees zich beweegt. Het is raadzaam om nooit een te hoge snelheid te kiezen, omdat dan het overzicht verdwijnt. Bij gecompliceerde bewerkingen in een kleine ruimte kunnen dan fouten onopgemerkt blijven.

3 Paint Tool bepaalt de weergave van het gereedschap op het beeldscherm. Deze weergave kan zijn: niet, 2D of 3D. Bij 2D of 3D weergave wordt tevens een Toolfrequency gevraagd. deze Toolfrequency geeft aan in welke mate de opeenvolgende incrementele stappen worden weergegeven. Dit kan zijn: elke stap, om de andere stap, enz. Kies Toolfrequency 1 (elke stap wordt weergegeven).

4 machine control biedt de mogelijkheid om de postprocessor commands in te stellen. Postprocessor commands zijn o.a. commando's voor de gereedschapwissels, spindelinstellingen en koelunit instelling. De commando's die voor deze bewerking gebruikt worden zullen hier worden behandeld.

Voor gedetailleerde beschrijving van deze commando's en de manier van invullen

wordt verwezen naar bijlage 7: overzicht postprocessorcommands, en [lit.6, pag. 4-74]. Op de volgende manier komt men in het postprocessorcommando-instellingmenu: gebruik in 4 machine control de optie AA RETRIEVE OTHER FEATURES. Gebruik vervolgens optie 2 Reorder Postcommands. Er verschijnt een lijst met in te stellen postcommands. Zie hiervoor bijlage 7.

De instelling wordt:

- 1 INSERT/TOM6
- 2 INSERT/G57M53
- 3 LOAD/TOOL35,HEAD,REAR
- 4 SET/SWITCH,ON
- 5 SPINDL/1700,CLW
- 6 COOLNT/ON

Deze instelling is als volgt te verklaren:

Via de INSERT-opties kunnen commando's worden ingegeven die niet in het menu zijn opgenomen. Het is een invoeg-optie. Voor de overige instellingen wordt verwezen naar bijlage 7.

Als alle relevante postcommands zijn ingevuld, dan kan de Machine-Control-instelling worden opgeslagen.

5 feeds Dankzij het gebruiken van een gereedschap uit de bibliotheek FREES is deze waarde al ingevuld. Indien gewenst kan hij veranderd worden.

6 engage/retract bepaalt hoe het gereedschap in- en uitloopt. De hier gebruikte frees is een kopfrees van diameter 80 mm. en kan geen boorbewerkingen uitvoeren. Daarom moet de frees van buiten het materiaal inlopen en na het frezen weer het materiaal uitlopen. Aangezien de diameter 80 mm. is, begint de frees op 45 mm. van het materiaal met inlopen. Na het bewerken zal hij ook weer 45 mm. uitlopen. De richtingen waarin dit gebeurt, moeten nu nog gekozen worden.

Bij het kiezen van deze richtingen spelen een aantal beperkingen een rol. Ten eerste is dit de mogelijkheid op botsen met de opspanning. De in- en uitlooprichtingen moeten zó gekozen worden dat botsingen niet kunnen optreden. Verder moet gekeken worden naar het beginpunt van de boundary. Op dit punt zal begonnen worden met frezen. Het ligt dus voor de hand de keuze van in- en uitlopen te laten afhangen van de geometrie in de onmiddellijke omgeving van dit punt. Gezien de gekozen opspanning is er geen gevaar voor botsingen. Het beginpunt van de boundary is afhankelijk van het punt waar men het vlak aanpikt. Daarom moet men per keer bekijken wat de slimste manier van in- en uitlopen is. In dit geval is gekozen voor:

- 6 ENGAGE/RETRACT
- 1 ENGAGE
- 2 VECTOR ONLY
- 4 I,J,K-COMPONENTS

```
I: 1 I= 1 [RETURN]
I: 2 J= 0 [RETURN]
I: 3 K= 0 [RETURN]
S: 1 DISTANCE= .000
I: 45 [RETURN]
```

- 2 RETRACT
- 2 VECTOR ONLY

4 I,J,K-COMPONENTS

I: 1 I= -1 [RETURN]
I: 2 J= 0 [RETURN]
I: 3 K= 0 [RETURN]
S: 1 DISTANCE= .000
I: 45 [RETURN]

ENTRY COMPLETE

7 stock Bij het frezen van het bovenzvlak wordt dit vlak gezien als onderdeel van een kamer. Het menu wordt als volgt ingevuld:

1 FLOOR STOCK = 0
2 SIDE STOCK = -45
3 MIN CLEARANCE = 0
4 FINISH PASS = 0

De Side Stock wordt op -45 gesteld. De reden hiervan is dat de Boundary de begrenzing van de 'kamer' vormt. Zonder Stock freest de frees tot aan de kamerwand. Aangezien de 'kamer' hier niet echt een kamer is, en de frees dus best over de boundary heen mag frezen, wordt een negatieve Side Stock ingesteld om de frees niet nodeloos te beperken in bewegingsruimte.

8 tool axis definieert de oriëntatie van de lengteas van de frees. Aangezien er met een kopfrees gewerkt wordt in een vlak, loodrecht op de Z-as, volgt voor de keuze van de Tool axis:

8 TOOL AXIS

4 I,J,K-COMPONENTS

I: 1 I= 0 [RETURN]
I: 2 J= 0 [RETURN]
I: 3 K= 1 [RETURN]

9 project. vector Bij het definiëren van gereedschapbanen voor dit produkt wordt geen enkele keer van de optie gebruik gemaakt om boundaries te projecteren. Daarom zal in het vervolg de projection vector niet meer behandeld worden. Hier wordt de status Tool axis toegekend, maar dit mag ook een andere instelling zijn.

10 cut parameters De methode van bewerken, Zig-Zag pocket, is hier reeds ingevuld. Onder optie 2: stepover wordt de overlap ingesteld. De overlap is de mate (in percentage) waarin de frees opnieuw over een reeds bewerkt stuk heen gaat. De reden dat dit gebeurt is dat als er geen overlap zou zijn, de kans bestaat dat er randjes blijven staan tussen de twee freesgangen in. De Stepover wordt als volgt ingesteld:

10 CUT PARAMETERS

2 STEPOVER

3 % OF EFECTIVE TOOLDIAMETER

S: PERCENT= .000

I: 80

ENTRY COMPLETE

Een overlap van 80% betekent dat 20% van de vorige freesgang opnieuw bewerkt

wordt.

11 corner control is hier niet relevant. De default waarde blijft actief.

12 part surface Het niveau waarop gefreesd moet worden, ten opzichte van het vlak waarin de gekozen boundary ligt, is in dit geval nul, aangezien in het vlak van de boundary zelf wordt gewerkt.

12 PART SURFACE

S: 4 Z= .000

ENTRY COMPLETE

Als alle parameters goed zijn ingevuld, kan het eerste Toolpath gegenereerd worden. Dit gaat als volgt: na een Entry Complete volgt een menu met vijf opties. Met optie 5: Generate Toolpath verschijnt de simulatie op het beeldscherm. Als de simulatie naar wens is, accepteert men de bewerking. Dit kan op drie manieren: 1 Accept, return to main MFG-menu, ofwel ga terug naar het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module, 2 Accept, return to operation menu, ofwel ga terug naar 'Choose Operation Name' menu, 3 Accept, return to parametermenu, ofwel ga terug naar het zojuist gedefinieerde parametermenu. Als er bij het simuleren iets misgaat, kiest men voor optie 4 Reject, return to parametermenu. De fout ingestelde waarden kunnen dan veranderd worden. Als de bewerking, met het bijbehorende parametermenu, wordt geaccepteerd, dan wordt deze ook opgeslagen. Het blijft bewaard onder de ingegeven naam. Tevens worden meteen de CLS-regels gegenereerd. Bij het aanmaken van een volgende bewerking zullen de daarbij behorende CLS-regels achter de vorige gezet worden.

Intermezzo

Als men wil uitloggen nadat een bewerking is gemaakt, moet wel de CLS-file apart worden opgeslagen. Het save van de CLS-regels gaat als volgt: (ga naar het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module)

14 FILE CONTROL

1 FILE TERMINATE

3 FILE CLSF

ENTRY COMPLETE nadat de CLSF is gesaved.

Naast het save van de CLS-regels kunnen ook de Operations gesaved worden. Dit houdt in dat de Operations als zodanig naderhand nog ge-edit kunnen worden. Saved men de operations niet, dan kunnen ze naderhand wel worden opgeroepen, maar niet meer veranderd.

14 FILE CONTROL

1 FILE TERMINATE

2 FILE PART - ARCHIVE

Einde intermezzo

4.3.3 - de overige 3- en 4-assige bewerkingen.

De bovenbeschreven eerste bewerking is uitvoerig behandeld. De overige bewerkingen zullen niet zo uitgebreid behandeld worden, althans wat betreft zaken die al in de eerste bewerking zijn voorgekomen. Afwijkende zaken zullen wel ruimschoots aan bod komen.

De tweede bewerking: het afvlakken van de zijkanten.

Zoals boven beschreven kan men op drie manieren bewerking 1 accepteren. Dit houdt automatisch in dat dus ook op drie manieren aan bewerking 2 begonnen kan worden. Men kan, na het accepteren van bewerking nr. 1 via optie 1, teruggaan naar het hoofdmenu en de hele cyclus van MCS-definitie enz. opnieuw doorlopen. Handiger is echter om via optie 3 bewerking 1 te accepteren en terug te keren naar het parametermenu. In dit menu staan nog alle waarden zoals ze zijn ingegeven voor bewerking 1. Ze kunnen alle veranderd worden en geschikt gemaakt worden voor bewerking 2. Dit geldt ook voor het MCS, gereedschap e.d., die via het parametermenu te veranderen zijn.

We gaan dus uit van het parametermenu zoals dat gemaakt is voor bewerking 1. Achtereenvolgens zullen de twaalf parameters bekeken worden en zonodig worden aangepast.

N.B. Voortaan zullen de parameters 1 part boundary t/m 12 part surface worden aangeduid met Pa 1 t/m Pa 12.

Pa 1 Om de zijkanten van het blokje af te vlakken hoeft geen andere boundary te worden geselecteerd. Bij bewerking 1 werd in het vlak van de boundary gewerkt, bij bewerking 2 wordt loodrecht op het vlak van de boundary gewerkt. De frees zal op diepte -35 loodrecht een rondje om de boundary heen draaien.

Pa 2 Het veiligheidsvlak blijft liggen op niveau 2. De Tool axis houdt de waarde (0,0,1).

Pa 3 Deze instelling blijft voor elke volgende bewerking gehandhaafd, en zal niet meer vermeld worden.

Pa 4 Voor deze bewerking wordt gereedschap T34 gebruikt. Het gereedschap wordt opgehaald uit de bibliotheek en de instelling van de postprocessorcommands wordt als volgt:

```
1 LOAD/TOOL,34
2 SPINDL/3500,CLW
3 COOLNT/ON
```

Pa 5 Bij het ophalen van het nieuwe gereedschap is deze waarde opnieuw automatisch ingesteld. Aangezien dit elke keer automatisch goed wordt ingesteld, en aangezien er geen gereedschappen gebruikt worden die niet in de bibliotheek FREES voorkomen, zal deze parameter niet meer vermeld worden.

Pa 6 De in- en uitloopvectoren krijgen de waarden:

6 ENGAGE/RETRACT
1 ENGAGE
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= 0
I: 2 J= -1
I: 3 K= 0
S: 1 DISTANCE= .000
I: 5

2 RETRACT
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= -1
I: 2 J= 0
I: 3 K= 0
S: 1 DISTANCE= .000
I: 5

ENTRY COMPLETE

Pa 7 De buitencontour van het werkstuk hoeft niet aan bepaalde toleranties te voldoen. Het volstaat om in één keer de contour op maat te frezen. Daarom worden alle vier de opties van de stock op nul gezet.

Pa 8 De oriëntatie van de frees t.o.v. het vlak van bewerking blijft (0,0,1).

Pa 10 De bewerkingsmethode wordt Profile. Profile houdt in dat de frees in één keer de boundary rondgaat. De Material Side is hier dan de kant waar de frees zich bevindt t.o.v. het materiaal.

Pa 11 Het werkstuk heeft twee rechte hoeken en twee cirkelvormige hoeken. Om te garanderen dat de ronde hoeken ook rond gefreesd worden, moet Corner Control worden ingesteld op Add Arcs.

Pa 12 De diepte waarop de kop van de frees beweegt is -35. Dus:

12 PART SURFACE

S: 4 Z= .000
I: -35

ENTRY COMPLETE

De parameters van bewerking twee zijn nu allemaal ingevuld. Na de simulatie bekeken te hebben, en na geconstateerd te hebben dat er geen fouten in de ingegeven waarden zitten, wordt de operation weer opgeslagen via optie 3: Accept, return to parametermenu. Het menu is klaar om aangepast te worden aan de parameterwaarden van bewerking 3.

De derde bewerking: het voorfrezen van de ellipsvormige kamer.

Deze bewerking gebeurt ook met gereedschap T34. Er dient wel een nieuw vlak van bewerking, ofwel een boundary, gekozen te worden.

Pa 1 Het vlak van bewerking is het ondervlak van de ellipsvormige kamer.

```
1 PART BOUNDARY
1 RESELECT
AA SELECTION MASK IS - SOLID FACE
4 HOLES OF SOLID - CUT AROUND
```

Er zijn geen gaten of eilanden om rekening mee te houden, dus Cut Around voldoet. Pick de contour van de ellips met de muis aan. Als het juiste vlak oplicht:

```
1 ACCEPT HIGHLIGHTED FACE
ENTRY COMPLETE
S: SELECT HOLES FOR CUSTOM STATUS
I: TOOL POSITION - TANTO
ENTRY COMPLETE
```

Pa 2 Het veiligheidsvlak en de Tool axis blijven hetzelfde als bij bewerking 2.

Pa 4 Bij deze bewerking wordt hetzelfde gereedschap gebruikt als bij de vorige bewerking. De initialiserende postprocessorcommando's kunnen dus verwijderd worden. De enige die overblijven zijn het spindeltoerental en het commando om de koelunit in werking te stellen.

```
4 MACHINE CONTROL
AA OTHER FEATURES
2 REORDER POSTCOMMANDS
```

De menu-instelling wordt:

```
1 SPINDL/4000,CLW
2 COOLNT/ON
```

Pa 6 Het in- en uitlopen gebeurt in de richting van de lengte-as van het gereedschap. Daarom wordt i.p.v. I,J,K-componenten deze keer de optie Tool axis gebruikt. De afstand waarvan dit moet gebeuren krijgt de waarde 4 mm. De reden hiervoor is dat de kamer 3 mm. diep is, en dat begonnen wordt met inlopen vanuit het veiligheidsvlak, dat op 2 mm. ligt. De waarde van Distance moet dus tussen de 3 en 5 mm. liggen, aangezien gerekend wordt vanuit het te bewerken vlak. De waarde 4 ligt dus voor de hand.

Pa 7 Deze bewerking is een voorfreesbewerking. De nauwkeurigheid van de wand van de kamer krijgt een tolerantie, en daarom zal de wand nagefreesd worden. De bodem van de kamer heeft geen tolerantie, dus er zal direct op diepte worden gefreesd. Er moet dus een materiaaloverschot langs de zijkanten van de kamer blijven staan. Het is raadzaam om de hoeveelheid materiaal die moet blijven staan voor een nafreesbewerking, nooit meer dan 0.5 mm. te laten zijn. Een grotere dikte komt de oppervlaktekwaliteit niet ten goede.

```
7 STOCK
2 SIDE STOCK = .000
```

I: 0.5

Pa 10 In plaats van een zig-zag bewerking, waarbij verwijderen van materiaal in het grondvlak centraal staat, is nu het volgen van de frees van de wand van de kamer belangrijk. Daarom wordt gekozen voor een ander type van bewerken:

10 CUT PARAMETERS
1 CUT METHOD
4 FOLLOW POCKET
4 MATERIAL SIDE - RIGHT

De Material Side is Left of Right. Het bepaalt of het materiaal links of rechts van de frees is. De door Unigraphics II gebruikte definitie is: Left of Right bepaalt waar de frees ten opzichte van het materiaal staat.

Pa 11 blijft staan op Add Arcs.

Pa 12 Het ondervlak van de kamer ligt op niveau -3, deze waarde wordt hier dan ook ingevuld.

Bewerking 3 is nu klaar, er kan gesimuleerd worden en indien alles juist is ingevuld wordt Toolpath P3 weggeschreven.

De vierde bewerking: het nafrezen van de ellipsvormige kamer.

De kamerwand is getolereerd met een tolerantie 0.01 mm. Het probleem bij CAD ontwerpen en CAM frezen is dat elk contourstuk of gereedschapbaan wordt opgebouwd uit lijnen en cirkels. Een ellips is dus geen zuivere ellips maar een aaneenschakeling van lijntjes en cirkeltjes. De afstand tussen de uiteinden van deze lijntjes en cirkeltjes en de getekende 'ellips' mag dus nooit meer dan 0.01 mm. bedragen.

De tolerantie voor een bewerking is in te stellen bij het selecteren van de geometrie. Bij elke bewerking staat deze tolerantie op zijn default-waarde 0.054. De geometrie moet dus opnieuw geselecteerd worden omdat hier hogere nauwkeurigheid wordt geëist.

1 PART BOUNDARY
1 RESELECT
1 INTOL/OUTTOL

S: 1 INTOL= .054
I: 0.01
S: 2 OUTTOL= .054
I: 0.01

Dezelfde geometrie als bij bewerking 3 kan nu worden geselecteerd. De baan van de frees wordt automatisch aangepast aan de nieuwe toleranties.

Pa 2, Pa 3, Pa 4 en zijn gelijk aan die van bewerking 3.

Pa 6 Bij nafreesbewerkingen moet het in- en uitlopen op een speciale manier geschieden. Als volgens de Tool axis richting wordt ingelopen, en vervolgens de contour wordt gevolgd, dan zal zichtbaar blijven waar het begin- en eindpunt van de bewerking was. Daarom moet worden in- en uitgelopen via een zodanige vector, dat bij het inlopen pas op het laatst contact met het materiaal wordt gemaakt, en bij het uitlopen de frees meteen het contact met het materiaal verbreekt. De bewerking begint bij het begincirkeltje van de boundary, dus afhankelijk van die plaats wordt een in- en uitloopvector gekozen. In dit geval is dat:

6 ENGAGE/RETRACT
1 ENGAGE
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= -1
I: 2 J= 0
I: 3 K= -1
I: 1 DISTANCE= 4

2 RETRACT
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= 1
I: 2 J= 0
I: 3 K= 1
I: 1 DISTANCE= 4

ENTRY COMPLETE

Op deze manier is gegarandeerd dat er geen overschrijding van de tolerantie ontstaat in het deel van de contour waar de frees in- en uitloopt.

Pa 7 Het enige materiaaloverschot dat er stond, de 0.5 mm. aan de wand, wordt op nul gesteld aangezien de contour nu op maat wordt gefreesd.

Pa 10 Dient even nader bekeken te worden. Bij de instelling Follow Pocket wordt de hele kamer, in een soort spiraal, uitgefreesd. Bij de instelling Profile wordt alleen de kamerwand gevolgd. In dit geval maakt het geen verschil welk van de twee gebruikt wordt, aangezien de kleinste as van de ellips kleiner is dan twee maal de diameter van de frees. Bij beide typen van bewerking wordt dus de hele kamer in één keer gefreesd. Bij grotere kamers dient wel opgelet te worden welke soort bewerking toegepast dient te worden.

Voor de vorm wordt toch Profile toegepast:

10 CUT PARAMETERS
1 CUT METHOD
5 PROFILE
ENTRY COMPLETE

Pa 11 en **Pa 12** blijven hetzelfde als bij bewerking 3. Toolpath P4 kan gegenereerd en opgeslagen worden.

De eerstkomende vier bewerkingen beschrijven het voorfrezen van de kamer met eiland in drie gangen, en het nafrezen van de buitenrand van de kamer.

De vijfde bewerking: het voorfrezen van de kamer met eiland op niveau -3.5.

Het voorfrezen van deze kamer dient in enkele stappen te gebeuren. De kamer is 10 mm. diep. Het voorfrezen gebeurt met gereedschap T13. Dit gereedschap heeft een diameter van 12 mm. Bij het voorfrezen wordt als regel gebruikt: de maximale snedediepte is 0.3 maal de diameter van het gereedschap. Voor T13 betekent dit dus: een maximale snedediepte van 3.6 mm. Achtereenvolgens zal op -3.5, -7 en op -10 mm. voorgefreesd worden.

Pa 1 De te selecteren geometrie bestaat in dit geval uit reeds bestaande boundaries. In het bovenzvlak is een boundary gemaakt die de buitenkant van de kamercontour aangeeft. De boundary die de binnenste begrenzing aangeeft is de boundary die speciaal hiervoor gemaakt is op het eiland, op -3.5 mm.

Het is noodzakelijk om een wireframe boundary te maken op de buitenkant van de kamercontour. Het UG II systeem kent niet de mogelijkheid om in één bewerking een wireframe boundary (zoals op het eiland ligt) en een solid boundary (zoals het systeem die genereert bij het aanpicken van solid geometrie) te gebruiken. Het moeten of twee solid- of twee wireframe boundaries zijn.

De geometrie wordt dus geselecteerd door het aanpicken van de twee genoemde boundaries.

Pa 2 en Pa 4 blijven hetzelfde.

Pa 6 Tijdens het voorfrezen van de kamer zal de frees steeds dezelfde oriëntatie hebben als de Tool axis, dus deze instelling wordt ingegeven. De afstand waarover de frees inloopt moet deze keer een waarde hebben tussen de 3.5 mm. en 5.5 mm. Het ligt voor de hand om 4 mm. te nemen.

Pa 7 Na het voorfrezen van de kamer wordt zowel het eiland als de buitenrand nagefreesd. Daarom wordt een Side stock van 0.5 mm. gedefinieerd.

Pa 10 Voor het frezen van deze kamer wordt weer Follow Pocket gebruikt. De overlap wordt weer op 80% gesteld. De 8 Island Cleanup wordt op Yes gezet om ervoor te zorgen dat dit ook al wordt voorgefreesd.

Pa 11 De Part surface wordt op -3.5 mm. gezet.

Toolpath P5 is nu gereed en kan na simulatie weggeschreven worden.

De zesde bewerking: het voorfrezen van de kamercontour op niveau -7.

Deze bewerking is grotendeels identiek aan de vorige.

Pa 1 De nieuw te selecteren geometrie bestaat uit de boundary die de buitenkant van de kamercontour omgeeft en de boundary van het eiland op niveau -7 mm.

Pa 2 blijft zoals in bewerking 5.

Pa 4 De initialiserende commando's voor het laden van gereedschap T13 kunnen verwijderd worden. De twee die overblijven zijn:

1 SPINDL/2300,CLW
2 COOLNT/ON

Pa 6 De in- en uitloopvectoren houden de waarde Tool axis. Het enige dat verandert is de afstand waarover wordt in- en uitgelopen. Deze waarde wordt 7.5 mm.

Pa 7, Pa 8, Pa 10 en Pa 11 veranderen niet.

Pa 12 wordt ingesteld op -7.

Bewerking nr. 6 is hiermee gereed.

De zevende bewerking: het voorfrezen van de kamercontour op niveau -10.

Bij deze bewerking zijn de wireframe-boundaries niet meer nodig om de geometrie te selecteren.

Pa 1 Het aanpicken van vlak van bewerking, nl. het grondvlak, gaat net als bij bewerking nr. 3.

1 PART BOUNDARY
1 RESELECT
AA SELECT. MASK (komt te staan op solid face, selecteer het grondvlak)
1 ACCEPT HIGHLIGHTED FACE
2 STATUS - CUT AROUND
ENTRY COMPLETE
S: TOOL POSITION - TANTO
ENTRY COMPLETE

Pa 2, Pa 4, Pa 7, Pa 8, Pa 10 en Pa 11 veranderen niet.

Pa 6 Alleen de afstand wordt veranderd: 10.5 mm.

Pa 12 Ook hier wordt de diepte veranderd: diepte -10

Het voorfrezen van de kamercontour plus eiland is hiermee gereed. Het nafrezen van het eiland moet 5-assig gebeuren, en wordt ondergebracht in een apart programma. Daarom zullen eerst alle andere 3½-assige bewerkingen worden gedaan. De volgende bewerking beschrijft het nafrezen van de kamercontour.

De achtste bewerking: het nafrezen van de kamercontour.

Pa 1 Om kamercontourrand na te frezen wordt dezelfde geometrie gebruikt als in de vorige bewerking.

Pa 2 Het veiligheidsvlak en de Tool axis veranderen niet. Er dient echter wel een verdwijnpunt gedefinieerd te worden. Dit heeft de volgende reden: de volgende bewerking is het frezen van de spiebaan. Deze spiebaan bevindt zich, in deze opspanning, in een zijvlak van het blokje. Dit zijvlak kan dus niet bereikt worden door te wisselen van horizontale - naar verticale bewerkingskop. Het kan wel bereikt

worden door de B-as 90 graden te draaien. Bij dit draaien bestaat de kans dat het blokje botst met het gereedschap. Daarom moet na bewerking nr. 8 de frees zover weggehaald worden dat botsen onmogelijk is.
Het verdwijnpunt wordt als volgt gedefinieerd:

2 AVOIDANCE GEOMETRY
2 RETURN POINT
1 SPECIFY
3 WORK COORDS

I: 1 X= 0
I: 2 Y= 0
I: 3 Z= 100

ENTRY COMPLETE

Pa 4, Pa 8, Pa 11 en Pa 12 blijven hetzelfde.

Pa 6 Net als bij het nafrezen van de ellipsvormige kamer kan niet direct aan de wand worden ingelopen. Er moeten weer twee vectoren worden gezocht die het in- en uitlopen gladjes laten verlopen. Deze vectoren zijn natuurlijk weer afhankelijk van het beginpunt van de solid-boundary die het bewerkingsvlak beschrijft. In dit geval is gekozen voor de volgende vectoren:

6 ENGAGE/RETRACT
1 ENGAGE
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= -1
I: 2 J= -1
I: 3 K= -1
I: 1 DISTANCE= 5

2 RETRACT
2 VECTOR ONLY
4 I,J,K COMPONENTS

I: 1 I= 1
I: 2 J= 1
I: 3 K= 1
I: 1 DISTANCE= 5

ENTRY COMPLETE

De afstand kan hier op 5 gesteld worden omdat de kamer reeds is uitgefreesd.

Pa 7 De Side stock wordt op nul gesteld.

Pa 10 Het type van bewerking wordt hier ingesteld op Profile, aangezien alleen de rand nabewerkt hoeft te worden.

Bewerking nr. 8 is hiermee gereed.

De negende bewerking: het frezen van de spiebaan.

Bij deze bewerking komt een probleem om de hoek kijken. Momenteel wordt er gefreesd met de horizontale spindel. Deze spindel ligt in lijn met de Z-as. Het vlak waarin de meeste bewerkingen plaatsvinden, ofwel het bovenzvlak van het produkt, is dus het XY-vlak. De spiebaan bevindt zich in het YZ-vlak, en kan dus niet met de huidige configuratie bewerkt worden. Het is noodzakelijk dat het produkt 90° om de Y-as draait, om zo te realiseren dat de spiebaan loodrecht voor de horizontale freesspil komt te liggen. Dit houdt in dat de B-as gedraaid moet worden. Het geëigende hulpmiddel om dit in te geven is het Reference Coordinate System (RCS). Tot aan deze bewerking was dit RCS default gelijk aan het WCS. Vanaf nu zullen ze echter in deze bewerking een aparte rol gaan spelen. Er wordt een nieuw RCS gedefinieerd. Dit RCS wordt ergens bij de spiebaan neergelegd. Het is niet belangrijk waar het precies ligt, omdat alleen de richtingen van de coördinaatassen relevant zijn. Het RCS wordt zo gedefinieerd, dat het overeenkomt met het WCS, maar dan 90° gedraaid. Deze rotatie van het RCS vertegenwoordigt nu de rotatie van de B-as. De coördinaten van de bewerking worden vervolgens gewoon t.o.v. het WCS ingegeven. Door het scheiden van de rotatie en de bewerking wordt voorkomen dat er allerlei overbodige omrekeningen hoeven te worden gemaakt.

De plaats waar men de gelegenheid heeft om het RCS te veranderen, is bij het geven van een naam aan een bewerking. Dus op het moment dat de vorige bewerking is geaccepteerd, en er verschijnt Operation Name - P9, dient eerst optie 2 gebruikt te worden:

```
2 REFERENCE CSYS
1 SPECIFY NEW REFERENCE CSYS
```

Het menu wat hierop volgt, geeft de mogelijkheid om een coördinatensysteem te definiëren. Hier is gebruikt:

```
3 X-POINT, Z-AXIS
```

Vervolgens worden de ribben van de spiebaan zodanig aangepickt dat het juiste nieuwe assenkruis ontstaat.

```
ENTRY COMPLETE
ENTRY COMPLETE (accepteer Operation name P9).
```

Pa 1 Met de muis wordt nu de spiebaan, uiteraard in het grondvlak, geselecteerd.

```
1 ACCEPT HIGHLIGHTED FACE
S: SELECT HOLES FOR CUSTOM STATUS
ENTRY COMPLETE
S: TOOL POSITION - TANTO
ENTRY COMPLETE
```


Pa 2 Er wordt een nieuw veiligheidsvlak gedefinieerd, op $X = 52$.

De coördinaten worden gewoon t.o.v. het WCS ingegeven, dus $X = 52$.

Pa 6 In en uitlopen gaat via de Tool Axis, over een afstand van 5 mm.

Pa 8 De Tool Axis krijgt, in X, Y en Z-waarden uitgedrukt, de waarde (1,0,0). Deze instelling is het gevolg van de rotatie om de B-as, waardoor de lengterichting van de freesas in de positieve X-richting is komen te liggen.

Pa 10 De spiebaan heeft geen nauwkeurige tolerantie, en wordt in één keer op maat gefreesd. Vandaar dat de Cut Method wordt ingesteld op Follow Pocket.

Pa 12 De spiebaan is 4 mm. diep. Het Part Surface wordt ingesteld op $X = 46$.

Als alles goed is ingevuld, kan weer gesimuleerd worden. De frees wordt zichtbaar op de plaats van de spiebaan. Het werkstuk roteert niet. Het enige waaruit blijkt dat er een rotatie bij de bewerking is meegegeven, zijn de CLS-regels. Hierin zijn de B-as commando's, ofwel I,J,K-coördinaten opgenomen.

Als alles naar wens verloopt, wordt de gereedschapbaan geaccepteerd en opgeslagen via optie 1, waarbij wordt teruggegaan naar het hoofdmenu van de Manufacturing Operations module.

Tot nu toe zijn alleen freesbewerkingen uitgevoerd. De volgende bewerkingen zijn boorbewerkingen. Aangezien dit soort bewerkingen over het algemeen een grote mate van overeenkomst vertonen, zijn aan sommige bewerkingen vaste, reeds gedeeltelijk ingevulde, parametersets gekoppeld.

De volgende bewerkingen zijn binnen Unigraphics te genereren:

- boorcyclus (Drill)	G-code:	G81
- diepboorcyclus (Drill,brkchp)	G-code:	G83
- tapcyclus (Tap)	G-code:	G84
- ruimcyclus (Bore)	G-code:	G85
- kottercyclus (Bore,drag)	G-code:	G86

Het voordeel van het gebruik van bovenstaande cycli is dat, aangezien de parametersets reeds gedeeltelijk zijn ingevuld, alleen nog de geometrie en de diepte hoeven worden ingevuld.

De bewerkingen die nu volgen zijn achtereenvolgens: het centeren van de drie gaten, het boren van de gaten, het afschuinen van het te tappen gat en het tappen van schroefdraad in één gat.

De tiende bewerking: het centeren van de drie gaten.

Centeren gebeurt met een centerboor, en bestaat uit het maken van een klein gaatje in het centrum van de plaats waar later geboord zal gaan worden. Als dit niet gebeurt, en direct geboord wordt, zal de boor eerst even 'zwalken' over het oppervlak voordat hij in het materiaal dringt. Dit geeft aanleiding tot plaatsonnauwkeurigheden. De reden dat na de vorige bewerking moest worden teruggegaan naar het hoofdmenu

van de Manufacturing Operations module, is dat voor de volgende bewerkingen een ander type van bewerking zal worden gekozen: boren in plaats van frezen. Via optie: 3 Planning komen we weer in het menu van bewerkingstypen. Het MCS hoeft niet opnieuw ingesteld te worden, dit is bewaard gebleven. De juiste optie voor boorbewerkingen is:

3 BASIC MACHINING
1 POINT TO POINT

S: SPECIFY OPERATION NAME - P10

Het RCS is niet weer gewoon identiek aan het WCS. Veranderingen aan het RCS blijven geldig tot er veranderingen in aangebracht worden. Het RCS moet dus weer gedraaid worden over -90° zodat het zijn oude positie weer inneemt.

ENTRY COMPLETE

Uit de bibliotheek wordt de centerboor T26 opgehaald. Het systeem vult zelf de voeding, het toerental en de cyclusparameters in. Bij deze cyclusparameters hoort ook de diepte, deze is standaard 3 mm.

Een nieuw parametermenu verschijnt; het parametermenu voor Point-to-Point bewerkingen. Een aantal parameters zijn hetzelfde als in het parametermenu voor freesbewerkingen. De overige zullen hier kort behandeld worden.

Pa 1 cycle Hier wordt één van de op de vorige pagina genoemde standaardbewerkingen ingevoerd.

Pa 7 min clearance Dit is een veiligheidsafstand, het is echter niet hetzelfde als het veiligheidsvlak. De boor nadert in ijl gang het veiligheidsvlak, en nadert vervolgens snel het materiaal tot aan de Minimum clearance. Vanaf daar wordt de aanzetsnelheid gehanteerd.

Pa 8 material side Hier kan een vector gedefinieerd worden die aangeeft aan welke kant van het oppervlak het materiaal dat bewerkt moet worden ligt.

Pa 11 bottom surface Hier wordt een oppervlak, relatief t.o.v. het Part Surface gedefinieerd. Op die manier is bekend waar het materiaal dat bewerkt moet worden, zich bevindt.

Deze laatste twee parameters zijn niet relevant als de gaten reeds bestaan en alleen nog maar aangepickt behoeven te worden.

DIALOG	
POINT-TO-POINT PARAMETERS	
PATH NAME - P10	
1 CYCLE	- NONE
2 AVOIDANCE GEOMETRY	
3 DISPLAY OPTIONS	- PARAMETER SET
4 MACHINE CONTROL	
5 FEEDS (CUT IPM)	- 10.000
6 ENGAGE/RETRACT	- NONE/NONE
7 MIN CLEARANCE	- 0.000
8 MATERIAL SIDE	- PARAMETER SET
9 TOOL AXIS	- NONE
10 PART SURFACE	- PARAMETER SET
11 BOTTOM SURFACE	- PARAMETER SET
12 PROJECTION VECT	- PARAMETER SET
AA RETRIEVE PARAMETERS	

Figuur 4.5 - het parametermenu van boorbewerkingen.

Een aantal parameters hebben de status 'Parameter set' gekregen.

Pa 10 Dit wordt ingesteld op 0.

De parameterset is nu ingevuld. Met Entry complete wordt het parametermenu verlaten. Er verschijnt een geometrie-selectiemenu.

Het enige dat nu nog gedaan hoeft te worden is het selecteren van de geometrie.

- 1 SPECIFY
- 2 GENERIC POINT
- 8 ARC CENTER

De drie gaten kunnen aangepickt worden.

- ENTRY COMPLETE
- 8 END OF SELECTION
- 9 PLANNING COMPLETE

Het Tool path kan gegenereerd en opgeslagen worden.

De elfde bewerking: het boren van de drie gaten.

Na het centeren van de gaten volgt het boren. De gaten worden tot 20 mm. diep geboord op Tool Tip Depth, dit betekent 20 mm. van de bovenkant tot het onderste

puntje van het gat. Als de schroefdraad, die later getapt wordt in een van de gaten, een bepaalde lengte moet hebben, dan moet dus de Tool tip depth, afhankelijk van de geometrie van de kop van de boor, een bepaalde overmaat hebben. Eerst wordt het juiste gereedschap opgehaald. Dit gebeurt met 4 Machine control. Vervolgens moet in het parametermenu nog het bewerkingstype en de diepte worden ingesteld.

```
1 CYCLE
8 STANDARD - DRILL, BRKCHP
S: # OF SETS= 1
ENTRY COMPLETE
S: PARAMETERSET 1
1 DEPTH
2 TOOL TIP DEPTH
I: 20
ENTRY COMPLETE
ENTRY COMPLETE
```

In parameterset 1 is nu de juiste diepte ingevuld, en deze parameterset is actief gemaakt in het parametermenu. Na de laatste Entry Complete is weer het geometrie-selectiemenu verschenen. Aangezien de geometrie die geselecteerd is in de vorige bewerking nog actief is, en dezelfde gaten gebruikt zullen worden, is het niet noodzakelijk om de geometrie te veranderen.

9 PLANNING COMPLETE

Als alle waarden goed zijn ingevuld kan het Toolpath weer worden gesimuleerd en opgeslagen.

De twaalfde bewerking: het afschuinen van één gat.

In een van de gaten wordt schroefdraad getapt. Vaak wordt de bovenkant van het gat waarin getapt wordt, afgeschuind. Dit heeft als voordeel dat de schroef die er later in moet komen, verzonken ingedraaid kan worden. Tevens verloopt het inlopen van de tap beter. Het gereedschap dat voor deze bewerking gebruikt wordt is T28, een 'afschuiner'.

Onder 4 Machine Control wordt weer het nieuwe gereedschap ingevoerd. De afschuiner heeft, net als de centerboor, een vast ingestelde diepte waarop gewerkt wordt. De diepte hoeft dus niet te worden ingesteld. Via Entry Complete verschijnt weer het geometrie-selectiemenu.

```
1 SPECIFY
2 GENERIC POINT
S: OMIT EXISTING POINTS?
1 YES (De punten van de vorige bewerking worden verwijderd)
8 ARC CENTER
```

Pick het te tappen gat met de muis aan.

ENTRY COMPLETE
8 END OF SELECTION
9 PLANNING COMPLETE

Het Tool path is klaar en kan worden opgeslagen.

De dertiende bewerking: het tappen van schroefdraad in één gat.

In het gat dat zojuist is afgeschuind zal ook schroefdraad getapt worden. Het gereedschap dat hiervoor gebruikt zal worden is T18, een draadtap voor M8 schroefdraad. Het gat is op Tool tip depth 20 mm. diep. Aangezien het onderste stukje een punt is, zal in dat gebied niet getapt kunnen worden. Daarom wordt de in te stellen tapdiepte 15 mm. Weliswaar heeft de draadtap ook een punt, maar de geometrie van de twee punten verschilt. De 5 mm. veiligheidafstand is ruim voldoende om eventuele problemen te vermijden.

Via 4 Machine Control wordt T18 opgehaald.

1 CYCLE
9 STANDARD - TAP
S: # OF SETS = 1
ENTRY COMPLETE
1 DEPTH
2 TOOL TIP DEPTH
S: DEPTH = .000
I: 15
ENTRY COMPLETE
ENTRY COMPLETE

Het geometrieselectiemenu is weer verschenen. Ook hier geldt weer dat de te gebruiken geometrie identiek is aan de laatst gebruikte. Vandaar:

9 PLANNING COMPLETE

Het Tool path kan gegenereerd en weggeschreven worden. Aangezien de volgende bewerking weer een freesbewerking bereft, moet worden geaccepteerd via optie 1: Accept, return to main MFG menu.

De veertiende bewerking: het frezen van het ronde gat.

De laatste 3½-assige bewerking is het frezen van het ronde gat in één van de zijkanten van het produkt. Het ronde gat is gepositioneerd in een van de zijkanten van het produkt. Gezien de huidige opspanning is het niet mogelijk om met een

horizontale bewerkingskop het vlak waarin het ronde gat ligt, te bewerken. Ook draaien van de B-as biedt geen oplossing. Daarom zal dit gat met een verticale bewerkingskop gemaakt worden. Het gereedschap waarmee gewerkt wordt is spiebaanfrees T13. Het is niet zo dat wisselen van bewerkingskop inhoudt dat de vorig gebruikte kop 90° draait. Er zijn twee verschillende bewerkingsarmen. Daarom dient altijd bij wisselen van kop het gereedschap gewisseld te worden, ook als de volgende bewerking met hetzelfde gereedschap gebeurt. Via Planning, Planar Milling, het ophalen van gereedschap T13 en het selecteren van de juiste geometrie, verschijnt weer een parametermenu van de freesbewerkingen.

De parameters zijn als volgt.

Pa 1 De ronde kamer is reeds geselecteerd.

Pa 2 Hier wordt een veiligheidsvlak gedefinieerd op $Y = 52$ mm. De zijkant van het blokje waarin het gat ligt, bevindt zich namelijk in de positieve Y-richting.

Pa 4 Er wordt voor het eerst in een ander vlak dan het XY-vlak gewerkt. Het is noodzakelijk om dit in te stellen. Het ronde gat ligt in het XZ-vlak. De juiste G-code voor het XZ-vlak is G18. De instelling van de postprocessorcommands wordt als volgt:

- 1 INSERT/TOM6 (gereedschap ontladen)
- 2 INSERT/G58M54 (nulpuntverschuiving naar het midden van de tafel en keuze van de verticale bewerkingskop)
- 3 LOAD/TOOL,13,HEAD,HIGH (vlakkeuze XZ-vlak en automatische gereedschapwissel)
- 4 SET/SWITCH,ON (nulpuntverschuiving vanaf de tafel)

Dankzij de definitie van G18 is nu volledig bepaald dat gewerkt zal worden met de verticale freeskop.

Pa 6 De kamer is 3 mm. diep. Het vrijloopvlak ligt op twee mm. boven de zijkant, dus de instelling van de in- en uitloopvectoren wordt als volgt: Engage/Retract via de Tool Axis, vanuit een afstand van 4 mm.

Pa 7 Aangezien er geen tolerantie is t.a.v. het ronde gat wordt er geen Stock ingesteld. Het gat wordt in één keer op maat gefreesd.

Pa 8 De Tool Axis krijgt de waarde (0,1,0).

Pa 10 De bewerkingsmethode wordt Follow Pocket.

Pa 11 De Corner Control optie is hier niet relevant, de default waarde blijft gehandhaafd.

Pa 12 Zoals vermeld is de kamer 3 mm. diep. Vandaar dat het Part Surface wordt ingesteld op $Y = 47$ mm.

Na simuleren kan het Tool path worden geaccepteerd en worden opgeslagen.

Het frezen van het ronde gat was de laatste van de serie 3- en 3½-assige bewerkingen. Alle geometrische en technologische informatie, alsmede alle informatie die nodig is om de bewerkingen op het beeldscherm te simuleren, is opgeslagen in de CLS-file. Om tot een NC-file te komen moeten eerst de simulatiecommando's verwijderd worden m.b.v. een préprocessor. Dit levert de CL-file op. Vervolgens

wordt deze CL-file d.m.v. een postprocessor omgezet in een NC-file.

De CLS-file als zodanig is gereed om aan de préprocessor te worden toegevoerd, op één ding na. Er moet een END-commando op de laatste regel gezet worden, om aan te geven dat het programma geëindigd is. Dit gaat als volgt:

```
4 GENERATION
1 LIST
```

Op deze manier kan gekeken worden wat het laatst gebruikte regelnummer is. Vervolgens gebruikt men de optie

```
4 GENERATION
2 LINE EDIT
3 INSERT
```

S: START:

Voer nu een regelnummer in dat groter is dan het laatste nummer uit de CLS-file.

```
ENTRY COMPLETE
1 ENTER COMMAND
```

S: (ingevoerde regelnummer)
I: END

```
ENTRY COMPLETE
ENTRY COMPLETE
```

Het commando END dient in hoofdletters te worden ingevoerd. De CLS-file is nu gereed voor verdere bewerking.

Voordat deze file wordt omgezet in een NC-file, zal eerst de allerlaatste bewerking, het nafrezen van het eiland, behandeld worden. Daarom zal eerst, na opslaan van de file een nieuwe CLS-file worden aangemaakt.

```
14 FILE CONTROL
1 FILE TERMINATE
4 TERMINATE CLSF
```

De naam van de vorige CLS-file is P10. De naam van de nieuwe CLS-file wordt: P10X

```
ENTRY COMPLETE
```

De door de vijftiende bewerking gegenereerde CLS regels zullen in deze nieuwe file geplaatst worden.

4.3.4 De vijfassige bewerking.

De kamercontour is in drie stappen voorgefreesd, daarna is de buitenrand nagefreesd. Het eiland dat midden in de kamercontour ligt is nog niet nabewerkt. Aangezien het eiland taps toeloopt, is het noodzakelijk om dit nafrezen vijfassig te doen. Zoals reeds in de inleiding vermeld is, is het noodzakelijk om een nieuwe CLS-file te maken voor deze laatste bewerking. Het nieuwe MCS komt in het tafelvlak te liggen. De afstand van de bovenkant van de draaitafel tot het nulpunt van het oude WCS bedraagt 200,00 mm. Deze afstand hangt af van de gebruikte opspanning. Eerst zal het WCS worden verplaatst naar de bovenkant van de draaitafel.

```
WCS
7 CHANGE ORIGIN
3 WORK COORDS      I: 1 X= 0
                   I: 2 Y= -200.000
                   I: 3 Z= 0
ENTRY COMPLETE
```

Vervolgens wordt de gehele cyclus van MCS-definitie, gereedschapkeuze, bewerkingstypekeuze, bewerkingsvlakkeuze, parametermenu-invulling enz. weer doorlopen.

```
3 PLANNING
1 MACHINE COORD SYSTEM
1 SPECIFY MCS
5 WCS
3 SAVE AS GLOBAL
ENTRY COMPLETE
```

WCS en MCS liggen nu beide op de werkstuktafel. In hetzelfde menu wordt meteen het type van bewerking gekozen.

```
5 SURFACE MILLING
```

Met Surface Milling kunnen oppervlakken met continu variabele asoriëntatie bewerkt worden.

Deze bewerking betreft nafrezen, en er wordt een tolerantie meegegeven. Deze tolerantie wordt gesteld op 0.025. Het is niet mogelijk om de tolerantie in te vullen bij het aanpicken van de geometrie, vandaar dat het moet gebeuren via:

```
SYSTEM PARAMETERS
9 CHAINING PARAMETERS
                   S: 1 TOL. =
                   I: 0.025
ENTRY COMPLETE
ENTRY COMPLETE
```


De tolerantie is nu wel default veranderd.

Als Surface milling is gekozen, verschijnt een menu met verschillende typen van bewerkingen. Kies:

4 PARAMETER LINE

Dit is een universeel toepasbare manier van bewerken van gekromde oppervlakken, vandaar dat de keuze op Parameter line valt. Deze optie heeft bovendien nog een controle op ondersnijding (Gauge Check).

Na 4 Parameter Line verschijnt een menu voor de geometrieselectie. Van de drie opties die gegeven worden moet 3 Select Solid Face worden gekozen.

De Parameter Line geometrieselectiemethode werkt met rijen en oppervlakken. Eerst wordt rij 1, oppervlak 1 aangepikt, dan rij 1, oppervlak 2. Als rij 1 volledig is aangepikt, wordt Entry Complete gegeven. Daarna volgt rij 2, oppervlak 1, enz. Het eiland is dusdanig opgebouwd dat er een rij is met acht oppervlakken. Als rij 1, na oppervlak 8, met Entry Complete is afgesloten, wordt nog een keer Entry Complete gegeven om rij 2 over te slaan.

Vervolgens verschijnt een menu dat de mogelijkheid geeft om de boundaries op twee manieren te maken. Aangezien het hele oppervlak bewerkt dient te worden, wordt gekozen voor 2 Entire Surface Grid. Er verschijnen nu een aantal pijlen. Bij aanpikken van een van de pijlen wordt de startrichting bepaald.

Het parametermenu van de bewerking verschijnt.

Pa 1 is reeds geselecteerd.

Pa 2 Net als bij de eerste bewerking van de eerste CLS-file dient hier een beginpunt te worden gedefinieerd. Dit beginpunt wordt (0,200,25). De hierbij behorende Tool Axis wordt, via de AA Tool Axis, ingesteld op (0,0,1). Een veiligheidsvlak wordt gedefinieerd op 2 mm. boven het werkstukoppervlak.

Pa 3 Het is raadzaam om de 2 Paint Speed op factor 10 te zetten. Er verschijnen namelijk een groot aantal incrementele stappen op het scherm.

Pa 4 De postprocessorcommando-instellingen worden:

- 1 INSERT/TOM6 (gereedschap ontladen)
- 2 INSERT/G57M53 (nulpuntverschuiving en horizontale kop)
- 3 LOAD/TOOL,13,HEAD,REAR (gereedschap laden en vlakkeuze XY-vlak)
- 4 SET/SWITCH,ON (nulpuntverschuiving).

Pa 6 De in- en uitloopvectoren worden ingesteld op Tool Axis, de afstand waarover wordt ingelopen wordt 12 mm. Dit is de hoogte van het eiland plus de afstand tussen veiligheidsvlak en de buitenkant van het blokje.

Pa 7 De stock komt uiteraard op nul te staan, aangezien het een nafreesbewerking betreft.

Pa 8 De Tool Axis komt op 4 Swarf te staan. Swarf houdt in: rakend aan het oppervlak.

Pa 11 en **Pa 12** blijven op de default staan.

Als alles goed is ingevuld, kan het Toolpath gegenereerd worden. Het wordt opgeslagen en we keren terug naar het hoofdmenu van de Manufacturing Operations

module. Net als bij de vorige CLS-file dient weer het commando END te worden ingevoerd na de laatste regel.

De beide CLS-files, die de totale vervaardiging van het produkt beschrijven, zijn nu klaar. De volgende stap is het omzetten van de CLS-file, via de CL-file, naar de NC-file.

4.4 STAP 4 - het genereren van de NC-file

De CLS-file is nu gereed, en klaar om omgezet te worden in een NC-file. Deze omzetting gaat in een aantal stappen. De juiste modulefunctie om de CLS-file te bewerken, is: 4 Generation. De eerste stap is om de CLS-file te optimaliseren.

Eerst zal de NC-file van de 3- en 4-assige bewerkingen worden gegenereerd.

```
4 GENERATION
1 CLSF CONTROL
1 OPTIMIZATION
```

Tot nu toe zijn er aparte gereedschapbanen gegenereerd. deze zijn vervolgens 'aan elkaar geplakt' in één CLS-file. Het is de bedoeling dat alle aparte gereedschapbanen vloeiend, zonder overbodige commando's, in elkaar overlopen. Optimization zorgt ervoor dat dubbele gereedschapwisselcommando's in opeenvolgende Tool paths verwijderd worden, dat opeenvolgende Tool paths die verschillende gereedschappen gebruiken, gecontroleerd worden op gereedschapwissels, dat de End-of-Path post-processorcommando's die op het eind van Tool path CLSF-regels staan, verwijderd worden, en, indien gewenst, dat automatisch een Select/tool postprocessorcommando gegenereerd wordt voor het volgende Tool path. Het Optimization menu ziet er als volgt uit:

```
CLSF CONTROL
OPTIMIZATION PARAMETERS
1 TOOL PRESELECTION      - status
2 DUPLICATE TOOL CHGS    - status
3 END-PATH COMMANDS      - status
4 TOOL CHANGE VERIFY     - status
```

Afhankelijk of, en in welke mate, gewenst is of bovenbeschreven verificaties toegepast moeten worden, kan het menu ingevuld worden.

De hier gebruikte instelling is:

```
1 TOOL PRESELECTION      - NONE
2 DUPLICATE TOOL CHGS    - REMOVE
3 END-PATH COMMANDS      - IN ALL TOOL PATHS
4 TOOL CHANGE VERIFY     - ACTIVE
```

Als het netjes aaneensmeden van de Tool paths gedaan is, kan overgegaan worden op het genereren van de CL-file.

De stap van CLS-file naar CL-file gaat als volgt:

4 GENERATION
3 CL-FILE/POSTPROCESS

Er wordt nu de mogelijkheid gegeven om te kiezen uit twee programmeertalen, UniAPT en Standard APT. Alleen Standard APT kan gebruikt worden. Vandaar:

2 STANDARD APT
1 GENERATE CL-FILE
S: P10
ENTRY COMPLETE

Als default-programmanaam wordt dezelfde naam als de part-file gekozen. Het is mogelijk om een andere naam te kiezen. als de CL-file is gegenereerd, verschijnt in het dialoogvenster het postprocessormenu. Het enige dat hier nog dient te gebeuren is het ingeven van de te gebruiken postprocessor. Er zijn zeven postprocessors beschikbaar. Voor een beschrijving hiervan, zie bijlage 6: Postprocessors in UG II. De juiste postprocessor voor 4-assige bewerkingen in het XY-vlak, met horizontale bewerkingskop, is MAHO-B.

3 MDF NAME
I: MAHO-B
12 POSTPROCESS

de NC-file wordt nu automatisch gegenereerd. De naam die de CL-file had wordt ook toegekend aan de NC-file, met dit verschil dat er de extensie .NC achter komt te staan. De zojuist gegenereerde file heet dus P10.NC.

De omzetting van de CLS-file van de 5-assige bewerking is identiek aan het voorgaande, met dit enige verschil dat de gebruikte postprocessor niet MAHO-B is, maar MAHO 5Z.

Deze postprocessor rekent alle coördinaten om naar een ander nulpunt, namelijk het midden van de A-as. Dit middelpunt van de A-as ligt 225.077 mm. onder het oppervlak van de werkstuktafel.

4.5 STAP 5 - Het oproepen van de NC-file in de werkplaats.

De NC-file is nu klaar, maar hij bevindt zich op UG II niveau in de CAD-ruimte. Uiteindelijk moet hij naar de MAHO 700S freesbank. Het transport gaat in drie stappen:

- 1 kopiëren van UG-II niveau naar VAX-VMS niveau,
- 2 transport van VAX-VMS directory naar de aan de freesbank gekoppelde PC,
- 3 het laden van de freesbankcomputer vanuit deze PC.

Stap 1 - vanuit het Manufacturing Operations hoofdmenu wordt geswitched van

module:

```
CHANGE MODULE
8 FILE UTILITIES
2 FILE MGT EXEC
```

Het VT200 window wordt nu actief. Het ophalen van een NC-file van UG II niveau naar VAX-VMS niveau gaat als volgt:

```
GET P10.NC FROM P10.NC. [RETURN]
GET P10X.NC FROM P10X.NC [RETURN]
```

De beide files bevinden zich nu op VAX-VMS niveau.

De NC-file kan nu gelezen of geprint worden. Lezen gaat als volgt, type: TYPE P10.NC. Om de NC-file te printen moet men het outputtype veranderen. De default output is: Output CRT. Het outputtype om te printen is: Output LP. De procedure is dus als volgt:

```
OUTPUT LP
TYPE P10.NC en, als de file is overgezonden, weer:
OUTPUT CRT
```

Om het VT200 window te verlaten typt men 'BY'.

Stap 2 - in de werkplaats wordt de PC aangezet. Type achter de prompt C:\ Startnet. Vervolgens moeten dezelfde passwords worden ingegeven als op het VAX-VMS niveau van UG II:

```
S: SERVICE:           I: username UG II niveau
S: USERNAME:         I: username UG II niveau
S: PASSWORD:         I: password UG II niveau.
```

Er verschijnt weer de prompt C:\. De gebruiker is nu ingelogd en kan via een netwerk communiceren met zijn VMS-directory. De VMS-directory is voor de PC hetzelfde als een D-schijf. We moeten nu dus de NC-files van de 'D-schijf' naar een eigen directory schrijven. Daartoe maken we eerst een eigen directory aan: C:\cd\maho\gebruiker. Vervolgens kopiëren we de NC-files van de D-schijf.

```
I: copy d: P10.NC      [RETURN]
I: copy d: P10X.NC    [RETURN]
```

De 3- of 3½-assige bewerkingen kunnen gesimuleerd worden m.b.v. een programma dat op deze PC aanwezig is. Hiervoor kiest men in het hoofdprogramma de optie 'NS'. Via een vraag-antwoord spel worden gereedschappen gecontroleerd, wordt het materiaal ingegeven, enz. Het verdient echter aanbeveling om in dit stadium de hulp van Dhr. v.d. Molengraft of Dhr. Hyink in te roepen.

Stap 3 - het laden van de freesbankcomputer.

Deze stap wordt door Dhr. v.d. Molengraaf uitgevoerd.

Het NC-programma wordt vanuit de PC naar de freesbankcomputer getransporteerd.

4.6 STAP 6 - De werkvoorbereiding.

In de werkvoorbereiding worden de volgende zaken vastgelegd:

- de opspanning van het produkt,
- het werkstuknulpunt,
- het uitgangsmateriaal,
- de bewerkingsvolgorde en gereedschapkeuze.

Het opspannen van het produkt.

Het uitgangsmateriaal wordt met klemmen vastgezet op de werkstuktafel. Er kan met een horizontale - en met een verticale bewerkingskop gewerkt worden. Het is dus zaak het uitgangsmateriaal zo op te spannen, dat de bewerkingskoppen geen last hebben van de klemmen. Er is gekozen voor het bewerken met de horizontale freeskop voor het grootste deel van de bewerkingen. Dit heeft als reden dat de spanen gemakkelijker wegspoelen. Het gevaar bestaat namelijk dat spanen, die achterblijven, meegesleurd worden door de freeskop en dat deze groeven in het reeds bewerkte oppervlak veroorzaken. Er is in het werkstuk één oppervlak dat het grootste deel van de bewerkingen te verduren krijgt, nl. het bovenvlak. Dit oppervlak wordt dus zo gepositioneerd, dat het loodrecht komt te staan op de as van de horizontale freeskop. De spiebaan kan nu gemaakt worden door de B-as over $+90^\circ$ te draaien. Het ronde gat is de enige bewerking die met de verticale bewerkingskop gedaan moet worden.

De keuze van het werkstuknulpunt.

Bij het frezen van de spiebaan wordt de B-as over 90° gedraaid. Om allerlei moeilijke omrekeningen te besparen, wordt het produkt zodanig opgespannen dat het nulpunt van het WCS op de B-as komt te liggen. De X- en Z-waarde van het werkstuknulpunt t.o.v. de B-as zijn nu dus nul. De keuze van de Y-coördinaat van het werkstuknulpunt is iets moeilijker. Voor de 3- en 4-assige bewerkingen zijn er geen problemen. Het werkstuknulpunt wordt gewoon gelijk gesteld aan het nulpunt van het WCS.

Bij de vijfassige bewerking dient echter rekening gehouden te worden met het volgende: bij vijfassige bewerkingen dient het werkstuknulpunt altijd te liggen in het bovenvlak van de werkstuktafel. Er is gekozen voor een opspanning waarbij het nulpunt van het WCS exact 200 mm. boven de werkstuktafel ligt. Het verschil tussen de Y-coördinaat van het nulpunt voor 3- en 4-assige bewerkingen en de Y-coördinaat van het nulpunt van de 5-assige bewerking bedraagt 200 mm.

Het is uiteraard mogelijk om voor de 3- en 4-assige bewerkingen ook het nulpunt dat op de bovenkant van de werkstuktafel ligt te gebruiken, maar dit heeft als nadeel dat coördinaten gegenereerd worden in de CLS-file en in de NC-file die moeilijk leesbaar

en interpreteerbaar zijn.

Vandaar dat er met twee werkstuknulpunten gewerkt wordt.

De werkstuknulpunten zijn nu gedefinieerd in het UG II systeem, en tijdens het maken van de gereedschapbanen kan er mee gerekend worden. Bij de uiteindelijke vervaardigen moet de positie van het werkstuk bepaald worden door aantasten van het werkstuk met een meettaster. Als blijkt dat de opspanning niet ideaal is, en er dus een verschil is tussen gemeten werkstuknulpunt en ideaal nulpunt (dit is altijd het geval) dan moet er een extra nulpuntverschuiving ingevoerd worden. Dit gebeurt op de computer van de freesbank.

Het uitgangsmateriaal.

Het uitgangsmateriaal is een blokje aluminium van 100x100x50 mm. Dit levert een probleem op: de eindmaat van het blokje is ook 100x100x50 mm. Normaal gesproken is het uitgangsmateriaal iets groter dan de eindmaat. Het blokje wordt gezaagd uit stafmateriaal dat een lengte en breedte heeft van een heel aantal malen 100 mm. Omdat het nogal omslachtig is om 101x101 mm. te zagen uit 200x200 mm. balk, werd toch een blokje van 100x100x50 mm. genomen. De consequentie is wel dat de oppervlakte-kwaliteit van de buitenkant te wensen over zal laten.

De bewerkingsvolgorde.

Er wordt gewerkt met verschillende gereedschappen, in verschillende bewerkingsvlakken. Aangezien gereedschapwissels en omschakelen van bewerkingskop nogal wat tijd in beslag nemen, moet de bewerkingsvolgorde zo gekozen worden dat de totale bewerkingstijd zo klein mogelijk is. Een ander middel om de bewerkingstijd te minimaliseren is ervoor te zorgen dat voor elke bewerking gereedschappen worden gebruikt die een maximaal spaanvolume vertegenwoordigen. Het spaanvolume is gedefinieerd als [oppervlak van de frees] x [snedediepte]. Het oppervlak van de frees bedraagt $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$. De maximale snedediepte van de frees bedraagt $0.3 \times D$. D is hierbij de diameter van de frees. Het spaanvolume is dus evenredig met D^3 , hetgeen inhoudt dat ook de bewerkingstijd evenredig is met D^3 . Hieruit blijkt het belang van het kiezen van de frees met de grootste diameter die op dat moment toepasbaar is. De bewerkingsvolgorde is opgenomen in een tabel in Bijlage 3.

De toleranties van de specifieke onderdelen word hieronder vermeld.

- De ellipsvormige kamer is getolereerd met nauwkeurigheid ± 0.01 mm.
- Het eiland is getolereerd met nauwkeurigheid 0.025 mm.
- De rest van de geometrie heeft geen nauwere tolerantie dan de default tolerantie die het UG II systeem zelf genereert.

4.7 STAP 7 - Het fabriceren van het produkt.

Dit verloopt geheel automatisch. Na alle 4-assige bewerkingen is het eerste deel van de fabricage afgelopen. Het tweede NC-programma dient eerst geladen te worden voordat het nafrezen van het eiland kan beginnen. Al dit gedaan is, kan het produkt worden afgereisd. Als ook het tweede programma is doorlopen, kan het produkt worden uitgespannen en schoongemaakt.

Literatuur

- 1 Bragt, J.M. van, Projectstrategie. T.U. Eindhoven, 1990. Dictaatnr. 4679.
- 2 Kaas, E.A., Stakenborg, M.J.L., CAD/CAM/CAE in de werktuigbouw. Kluwer, Deventer, 1990.
- 3 Molengraft, G.J.G. van de, Programmeerhandleiding MAHO 700S. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0712, 1989.
- 4 Senden, R, Realiseren van een CAD/CAM-koppeling. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0930, 1990.
- 5 Manual UG Solids, McDonell Douglas Corporation, 1989.
- 6 Manual Manufacturing operations, McDonell Douglas Corporation, 1989.
- 7 UG Solids Beta-training workbook, V7.0 Beta Release, McDonell Douglas Corporation, Juli 1989.
- 8 Verboon, R.I., Feature modeling met het UG II CAD systeem, integratie van CAD en CAM d.m.v. grondvormen. T.U. Eindhoven, WPA-rapport 0685, 1989.
- 9 Manual GPM System Operation, McDonell Douglas Corporation, 1991.

Glossarium

In onderstaande lijst worden een aantal termen, die gebruikt worden in de handleiding, nader verklaard. De termen zijn in alfabetische volgorde gerangschikt. Bij het kiezen van de verklaring is rekening gehouden met de omgeving waarin hier wordt gewerkt, dat wil zeggen dat sommige verklaringen specifiek gericht zijn op Unigraphics II.

aanpicken

Het m.b.v. de muis selecteren van een item.

absolute coordinate system (ACS)

Dit is het absolute coördinatensysteem. Het is het coördinatensysteem t.o.v. waarvan alle andere coördinatensystemen gedefinieerd worden. Zie ook bijlage 8: overzicht coördinatensystemen.

boundary

Een begrenzingslijn. Er bestaan solid-boundaries en wireframe-boundaries. De eerste worden gegenereerd na aanpicken van een solid-vlak, de laatste na aanpicken van een wireframe-entity.

CAD

Staat voor Computer Aided Drafting of Computer Aided Design. De eerste term wordt gebruikt bij 2-D ontwerpen, de tweede term bij 2½-D of 3-D ontwerpen. Beide termen houden in: tekenen, ontwerpen en detailleren met behulp van de computer.

CAM

Staat voor Computer Aided Manufacturing, ofwel computer gesteund fabriceren. Dit fabriceren houdt in zowel het genereren van de technologische informatie, hetgeen resulteert in de NC-file, als wel het verwerken van deze informatie door het besturingssysteem van de NC-machine.

CL-file

Staat voor Cutter Location file. Het is dezelfde file als de CLS-file, met dit verschil dat de simulatiecommando's, die verder voor de fabricage niet relevant zijn, zijn verwijderd door de préprocessor.

CLS-file

Dit is de Cutter Location Source File. De file bevat alle tot op dat moment gegenereerde informatie t.a.v. het produkt en de bewerkingen. Tevens zijn in deze file nog de simulatiecommando's aanwezig. De file is geschreven in een machine-onafhankelijk formaat.

concave

Een hoek wordt concaaf genoemd als, van bovenaf tegen een vlak van een solid aangekeken, het er tegenaan gelegen vlak naar boven loopt.

convex

Een hoek wordt convex genoemd als, van bovenaf tegen een vlak van een solid aangekeken, het er tegenaan gelegen vlak naar beneden loopt.

default

Is een standaardinstelling van een parameter. Bij aanroepen van de parameter is de defaultwaarde ingevuld. Vervolgens kan deze defaultwaarde, indien gewenst, veranderd worden.

design

Zie [CAD]

drafting

Zie [CAD]

drive curve

Is een bewerking waarbij het gereedschap een curve volgt of aan een curve raakt. Deze curven mogen alle curven zijn die met UG II te maken zijn.

entity

Deze term kan omschreven worden met: onafhankelijk 'bouwelementje' voor een tekening. Een entity kan een punt, lijn of vlak zijn.

feature

Een feature wordt door Verboon [lit.8], gedefinieerd als: 'een verspaningsfeature is een set van informatie die de plaats, oriëntatie en geometrie bepaalt van een volume materiaal dat verspaand moet worden, waarbij dit volume zodanige kenmerken heeft dat na het verspanen een vorm met een constructieve betekenis ontstaan is'. Een feature beschrijft dus altijd een negatief volume.

geometrische informatie

Hiermee wordt bedoeld: alle informatie die een tekening of een solid-ontwerp bevat met betrekking tot afmetingen, posities, oriëntaties, het assenstelsel, kleuren van de lijnen, enz. Alles wat het produkt tot het produkt maakt, zonder dat er bewerkingen op zijn uitgevoerd, schaar ik onder de geometrische informatie.

gereedschapbaan (toolpath)

Dit is een exact gedefinieerde bewerking aan een produkt. Gereedschap, parameters, locatie van de bewerking en het type bewerking is allemaal eenduidig vastgelegd.

machine coordinate system (MCS)

Het MCS is het coördinatensysteem ten opzichte waarvan alle Tool paths en alle parameters gedefinieerd worden. Default is het MCS gelijk aan het absolute coördinatensysteem. Zie ook bijlage 8: overzicht coördinatensystemen.

machinenuitpunt

Dit is het snijpunt van de assen van het ACS. Het machinenuitpunt is dat punt t.o.v. welk alle gegevens worden geregistreerd en verwerkt.

materiaaloverschot (stock)

Dit is de hoeveelheid materiaal die blijft staan na het voorfreesen. Bij het nafrezen wordt deze resterende hoeveelheid verwijderd. Het materiaaloverschot bedraagt, wil men een goede oppervlaktekwaliteit krijgen, niet meer dan 0.5 mm.

maximale snedediepte

De maximale snedediepte van een frees wordt bepaald met behulp van de vuistregel: maximale snedediepte bedraagt $0.3 \times D$, waarbij D de diameter van de frees is.

nafrezen

Is de freesbewerking waarbij het materiaaloverschot wordt verwijderd. Nafrezen gebeurt als men een goede oppervlaktekwaliteit of een bepaalde tolerantie wil bereiken.

NC-file

Dit is een file waarin alle informatie staat die noodzakelijk zijn om een produkt te fabriceren op een numeriek bestuurd freesbank. Dit is geometrische informatie en technologische informatie.

parametermenu

Dit is een dialoogmenu van het UG II systeem, waarin de parameters uit de parameterset worden ingevuld.

parameterset

Dit is een verzameling bewerkingsparameters, die samen eenduidig vastleggen hoe de bewerking er uit komt te zien.

point to point

Is een bewerking die vanuit één punt in één richting geschiedt. Deze richting is mag willekeurig gekozen worden.

postprocessor

Een postprocessor is een conversieprogramma dat de gereedschapbaaninformatie uit de CL-file vertaalt naar G-codes, behorend bij een bepaalde machine.

préprocessor

Een préprocessor is een conversieprogramma dat een CLS-file omzet naar een CL-file. De simulatiecommando's uit de CLS-file worden verwijderd zodat alleen de voor het fabriceren relevante informatie overblijft.

reference coordinatesystem (RCS)

Het RCS is een coördinatensysteem dat als referentie dient voor een bewerking. Parameters worden gespecificeerd t.o.v. het MCS, en opgeslagen samen met een copy van het RCS. Bij draaiing of verplaatsing van het RCS veranderen de parameters mee, ze hoeven niet opnieuw gedefinieerd te worden. Default is het RCS gelijk aan het absolute coördinatensysteem. Zie ook bijlage 8: overzicht coördinatensystemen.

solid modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van massieve onderdelen.

spaanvolume

Dit is een grootheid die aangeeft hoeveel materiaal een frees kan bewerken per tijdseenheid. Het spaanvolume bedraagt: [oppervlak van de frees] x [snedediepte]. Het oppervlak van de frees bedraagt $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$ en de snedediepte bedraagt $0.3 \times D$.

standaardvorm

Zie feature.

stock (materiaaloverschot)

Zie [materiaaloverschot].

surface modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van oppervlakken.

technologische informatie

Dit zijn alle bewerkingsparameters en commando's die vastleggen hoe een produkt bewerkt wordt, en parameters die bepalen hoe de simulatie van deze bewerkingen er op het beeldscherm uit ziet.

toolpath (gereedschapbaan)

Zie [gereedschapbaan].

voorfreen

Is het snel wegnemen van veel materiaal. Als de randen van de te frezen kamer of gat nauwkeurig getolereerd zijn, of aan bepaalde oppervlaktekwaliteitseisen moeten voldoen, dan is een nauwkeuriger nafreesbewerking nodig.

veiligheidsvlak

Is een fictief vlak juist boven het vlak van bewerking. Het gereedschap nadert in ijlgang het veiligheidsvlak en gaat van hieruit met aanzetsnelheid het werkstuk binnen.

work coordinate system (WCS)

Het WCS is het coördinatensysteem dat gebruikt wordt bij het ontwerpen van Parts. Zie ook bijlage 8: overzicht coördinatensystemen.

werkstuknulpunt

Wordt hier gebruikt als snijpunt van de assen van het Work Coordinate System.

wireframe modeling

Ontwerpen van Parts met behulp van lijnen, punten en krommen.

Bijlagen

Bijlage 1 - Technische gegevens van de MAHO 700S.	58
Bijlage 2 - Programmeersleutel voor MAHO CNC 432.	61
Bijlage 3 - Overzicht van de bewerkingen aan het produkt.	64
Bijlage 4 - De gereedschappenbibliotheek 'FREES'.	65
Bijlage 5 - Postprocessoren in UG II.	68
Bijlage 6 - De CLS-file en de NC-file.	70
Bijlage 7 - Overzicht postprocessorcommando's.	111
Bijlage 8 - Overzicht coördinatensystemen.	115
Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen.	117

BIJLAGE 1 - Technische gegevens van de MAHO 700S.
(overgenomen uit: programmeerhandleiding MAHO 700S [lit.3]).

MAHO MH 700S

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 rotatiemeetsystemen.

1.1 - Technische gegevens:

Machine bereik:

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

Hoofdspil:

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

Freesspillen:

automatisch weg te draaien verticale kop.
gereedschapconus ISO 40.
gereedschapopspanning 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°/sec.

Bijlage 1 - Technische gegevens van de MAHO 700S

Meetsystemen:

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°

Gereedschapwisselaar:

aantal gereedschappen in het magazijn: 36.

Tafel:

zwenk-rond-tafel, diameter 520 mm.

Besturing:

Philips CNC 432 contourbesturing met beeldscherm.

Gewicht:

machine compleet ongeveer 8500 kg.

1.2 - Coördinatensysteem en bewegingsrichtingen

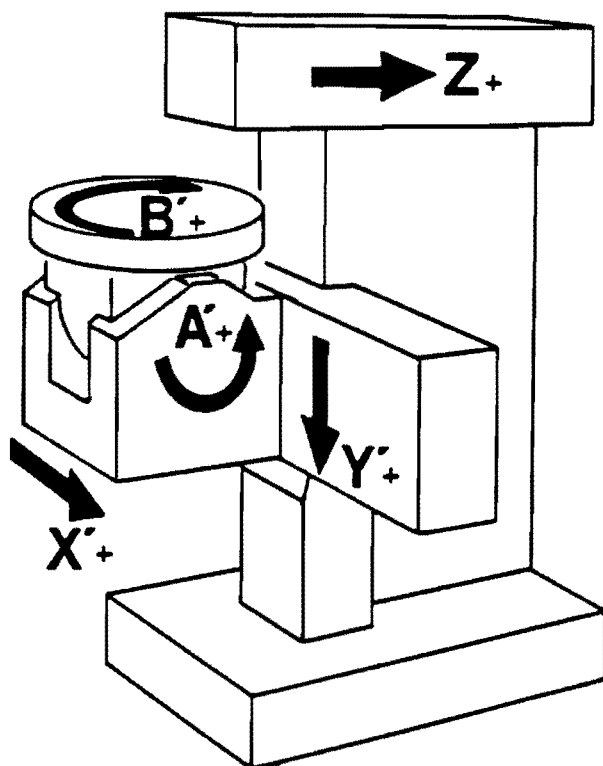
Als we het rechthoekig coördinatensysteem bekijken lijkt het betrekkelijk eenvoudig te bepalen in welke richting de hoofdassen bewegen. Op een NUBE-freesmachine zijn er echter bepaalde afspraken nodig om de bewegingsrichting van de hoofdassen eenduidig vast te kunnen stellen. Bij een NUBE-freesmachine 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 richting van de X-as en de Y-as, is, om eenduidig de bewegingsrichting vast te kunnen leggen, afgesproken dat het gereedschap altijd relatief beweegt t.o.v. het werkstuk. Als we daarvan uitgaan en het coördinatensysteem op onderstaande 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 accentbewegingen, 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.

1.3 - De coördinaten

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, A en B 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 0.001 mm., de grootste afstand 9999.999 mm. Bij

Bijlage 1 - Technische gegevens van de MAHO 700S

draaiassen (B-as) is de kleinst programmeerbare weg 0.001 graad en de grootste waarde 9999.999 graden.



Figuur 3.1 - coördinatensysteem en bewegingsrichtingen van de MAHO 700S

BIJLAGE 2 - Programmeersleutel voor MAHO CNC 432.

De commando's, die gebruikt worden door de Philips CNC 432 besturing, zijn:

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

Bijlage 2 - Programmeersleutel voor MAHO CNC 432

ADRES	CODE	BETEKENIS EN VERKLARING
G	77 **	gatencirkeldefinitie
G	78 **	puntdefinitie
G	79 **	cyclooproep
G	81	boorcyclus
G	83	diepboorcyclus
G	84	tapcyclus
G	85	ruimcyclus
G	86	uitdraaicycclus
G	87	kamerfreescyclus
G	88	spiebaanfreescyclus
G	89	cirkelkamerfreescyclus
G	90 *	absoluutmaat programmeren
G	91	inkrementeel programmeren
G	92	nulpuntverschuiving inkrementeel
G	93	nulpuntverschuiving absoluut
G	94	voeding in mm/min.
G	95	voeding in mm/omw.
X	+/-9999.999	weginformatie in mm.
Y	+/-9999.999	weginformatie in mm.
Z	+/-9999.999	weginformatie in mm.
A	+/-9999.999	weginformatie in graden
B	+/-9999.999	weginformatie in graden
R	+/-9999.999	cirkelradius in mm.
I	+/-9999.999	cirkelmiddelpunt in X-richting
J	+/-9999.999	cirkelmiddelpunt in Y-richting
K	+/-9999.999	cirkelmiddelpunt in Z-richting
D	+/-9999.999	hoekpositie hoofdspil
P	0 - 99	puntdefinitie
F	0 - 4000	voeding in mm/omw. of mm/min.
S	20 - 6300	hoofdspiltoerental in omw/min.
T	0 - 99	gereedschapnummer
M	0 **	programmastop
M	3	hoofdspil rechtsom
M	4	hoofdspil linksom
M	5	hoofdspil stop
M	6 **	gereedschapwissel met terugtrekking
M	8	koelmiddel aan
M	9	koelmiddel uit

Bijlage 2 - Programmeersleutel voor MAHO CNC 432

ADRES	CODE	BETEKENIS EN VERKLARING
M	13	spil rechtsom koelmiddel aan
M	14	spil linksom koelmiddel aan
M	19	georiënteerde spindelstop
M	30	einde programma
M	53	vertikale kop wegdraaien (G17)
M	54	vertikale kop indraaien (G18)
M	66 **	gereedschapwisseling
E	0 - 99	parameters in onderprogramma

Tekenverklaring:

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

BIJLAGE 3 - Overzicht van de bewerkingen aan het testprodukt.

Bewerkingsnummers, type van bewerking en gebruikte gereedschappen.

Alle gereedschappen zijn standaardgereedschappen die zowel in de bibliotheek 'FREES' van het Unigraphics II systeem als in het gereedschapsmagazijn van de MAHO 700S freesbank in het Laboratorium voor Numerieke Besturing zijn opgenomen.

BEWERKINGS-NUMMER	BEWERKING	GEREEDSCHAP
1	bovenvlak afvlakken	Tool 35
2	zijanten afvlakken	Tool 34
3	ellipsvormige kamer voorfrezen	Tool 34
4	ellipsvormige kamer nafrezen	Tool 34
5	gracht voorfrezen op niveau 1	Tool 13
6	gracht voorfrezen op niveau 2	Tool 13
7	gracht voorfrezen op niveau 3	Tool 13
8	nafrezen buitenrand gracht	Tool 13
9	spiebaan frezen	Tool 13
10	drie gaten centeren	Tool 26
11	drie gaten boren	Tool 15
12	één gat afschuinen	Tool 19
13	één gat tappen	Tool 18
14	rond gat frezen	Tool 13
15	eiland nafrezen	Tool 13

BIJLAGE 4 - De gereedschappenbibliotheek 'FREES'.

Een overzicht en beschrijving van de in de bibliotheek aanwezige gereedschappen.

4.1 - MILLING TOOLS - freesgereedschappen -

TOOL NO	TOOL NAME	DIAMETER	COR.RAD	FLUTES	FLT.LEN
5	T5	5.0000	2.5000	2	15.0000
9	T9	6.0000	0.0000	2	15.0000
10	T10	7.0000	0.0000	2	25.0000
11	T11	8.0000	0.0000	2	20.0000
12	T12	10.0000	0.0000	2	25.0000
13	T13	12.0000	0.0000	2	25.0000
14	T14	15.0000	0.0000	3	30.0000
16	T16	10.0000	5.0000	1	10.0000
17	T17	20.0000	0.0000	2	40.0000
20	T20	10.0000	5.0000	2	30.0000
21	T21	15.0000	7.5000	2	50.0000
22	T22	8.0000	4.0000	2	15.0000
24	T24	6.0000	0.0000	1	3.0000
29	T29	30.0000	15.0000	2	50.0000
30	T30	10.0000	0.0000	3	25.0000
32	T32	10.0000	0.0000	3	45.0000
34	T34	20.0000	0.0000	3	35.0000
35	T35	80.0000	0.0000	4	25.0000
36	T36	50.0000	0.0000	4	15.0000

Voor de betekenis van de benamingen zie bijlage 4, pagina 67.

Bijlage 4 - de gereedschappenbibliotheek 'FREES'

4.2 - DRILLING TOOLS

- boorgereedschappen -

TOOL NO	TOOL NAME	DIAMETER	PT.ANG	FLUTES	FLT.LEN
6	T6	8.0000	118.000	2	70.0000
7	T7	11.5000	118.000	2	70.0000
8	T8	12.0000	130.000	3	60.0000
15	T15	6.8000	118.000	2	65.0000
18	T18	8.0000	100.000	2	30.0000
19	T19	8.0000	179.000	10	35.0000
25	T25	4.0000	118.000	2	50.0000
26	T26	5.0000	70.000	1	10.0000
27	T27	5.0000	118.000	2	40.0000
28	T28	10.0000	90.000	1	10.0000
31	T31	6.0000	100.000	2	15.0000

Bijlage 4 - de gereedschappenbibliotheek 'FREES'

Verklaring van de gebruikte benamingen en afkortingen:

- Tool no: dit nummer correspondeert met het overeenkomstig nummer van het gereedschapmagazijn van de MAHO freesbank.*
- Tool name: dit is de naam waaronder het betreffende gereedschap is op te roepen in de Manufacturing Operations module van UG II.
- Diameter: de diameter van het gereedschap.
- Cor.rad: staat voor correctieradius. De gereedschapbanen worden ontworpen als gereedschapmiddelpuntbanen. De freesbank werkt echter beter met radiuscorrectiebanen, dit is omdat de werkelijke diameter van het gereedschap vaak afwijkt van de nominale diameter. Het verschil tussen de twee wordt tot uitdrukking gebracht in de correctieradius.
- Flutes: dit is het aantal snijkanten van het gereedschap.
- Flt.len: is de lengte waarover de snijkanten zich uitstrekken over de gereedschapschacht.
- Pt.ang: dit is de hoek van de gereedschappunt.
- Type: duidt het type van gereedschap aan, ofwel het toepassingsgebied.
- Max.sn.dpt: staat voor maximale sneddiepte.
- Toepassing: is die bewerking waarvoor het gereedschap gemaakt is.

* N.B. Bij bovenstaand overzicht dient vermeld te worden dat deze indeling alleen geldt voor de bewerkingen behorend bij dit produkt. De MAHO in het laboratorium voor Numerieke Besturing wordt voor zeer veel verschillende opdrachten gebruikt. Bovendien is vaak slechts een beperkt aantal gereedschappen nodig. De indeling van de gereedschappen in het magazijn is een momentopname. Vaak is het grootste deel van de gereedschapplaatsen leeg. Bij gebruik van de bibliotheek 'FREES' moet dus wel, voor begonnen wordt met fabriceren, gecheckt worden of de juiste gereedschappen op de juiste plaats in het magazijn aanwezig zijn.

BIJLAGE 5 - Postprocessors in UG II.

Om een CL-file om te zetten in een NC-file worden postprocessors gebruikt. Deze postprocessor is een conversieprogramma dat elk machine-onafhankelijk commando uit de CL-file omzet in een machinebesturingafhankelijke G-code.

De postprocessors die door Senden (1990) zijn ontwikkeld, zijn specifiek voor de Philips CNC 432 besturing.

De postprocessor kan worden aangeropen als de CLS-file volledig gereed is. Deze CLS-file wordt dan eerst met behulp van een préprocessor omgezet in een CL-file.

Er zijn zeven postprocessors beschikbaar. Welke van deze zeven gebruikt wordt om een NC-file te genereren, is afhankelijk van de volgende drie kenmerken:

- hoeveel bewerkingsassen gebruikt worden om het produkt te fabriceren. Dit kunnen drie, vier of vijf assen zijn.
- welke bewerkingskop gebruikt wordt: de horizontale of de vertikale.
- in welk vlak gewerkt wordt.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat alle drie-assige bewerkingen zijn op te vatten als vier-assige bewerkingen, waarbij de B-as rotatie continu de waarde nul heeft.

Om deze reden is er geen postprocessor die enkel te gebruiken is voor drie-assige bewerkingen.

De zeven postprocessors uit het Unigraphics II systeem hebben de volgende kenmerken:

MAHO-B

is voor vier-assige bewerkingen. Zowel de horizontale - als de vertikale bewerkingskop kunnen in één programma gebruikt worden. Door rotatie van de B-as kunnen alle vlakken bewerkt worden. B-as commando's worden automatisch gegenereerd.

MAHOBP

is voor vier-assige bewerkingen. Zowel de horizontale - als de vertikale bewerkingskop kunnen gebruikt worden. B-as commando's moeten handmatig worden ingegeven.

MAHOZY

is voor vier-assige bewerkingen. B-as commando's moeten handmatig worden ingegeven. Coördinaten worden getransformeerd van X,Y,Z naar X,-Z,Y, dit betekent dat bewerkingen met horizontale spindel getransformeerd worden naar bewerkingen met vertikale spindel.

MAHOYZ

is voor vier-assige bewerkingen, B-as commando's moeten handmatig worden ingegeven. Coördinaten worden getransformeerd van X,Y,Z naar X,Z,-Y, dit betekent dat bewerkingen met vertikale spindel omgezet worden in bewerkingen met horizontale spindel.

Bijlage 5 - Postprocessors in UG II

MAHO5Z

is voor vijf-assige bewerkingen met horizontale bewerkingskop.

MAHO5Y

is voor vijf-assige bewerkingen met verticale bewerkingskop. Deze is pas bruikbaar als versie 8.0 van UG II operationeel is.

MAHO5ZY

is voor vijf-assige bewerkingen met verticale spindel, handmatige transformatie van de coördinaten van X,Y,Z naar -X,Z,Y. De verticale spindel is hier gedefinieerd in Z-richting.

Bij het gebruik van bovenstaande postprocessors dient het volgende in acht te worden genomen:

- de PC die gekoppeld is aan de MAHO freesbank, bevat een simulatieprogramma. Alleen drie- en vier-assige bewerkingen kunnen m.b.v. dit programma gesimuleerd worden. Dit heeft als reden dat A-as commando's de simulatie blokkeren.
- de postprocessors voor vijf-assige bewerkingen gebruiken een nulpunt dat in het vlak van de draaitafel ligt, op de B-as. Dit nulpunt dient te allen tijde gebruikt te worden. Vanuit dit nulpunt worden de coördinaten omgezet naar coördinaten die gedefinieerd zijn t.o.v het draaipunt van de A-as.
- in tegenstelling tot vier-assige bewerkingen kunnen vijf-assige bewerkingen niet in één programma zowel de verticale als de horizontale bewerkingskop gebruiken.

BIJLAGE 6 - De CLS-files en de NC-files

De CLS-files en de NC-files van de bewerkingen van het testprodukt zijn in deze bijlage opgenomen.

Achtereenvolgend zijn dit:

- De CLS-file P10.CLS, dit is de CLS-file van de 3- en 3½-assige bewerkingen.
- De CLS-file P10x.CLS, dit is de CLS-file van de vijfassige bewerking.
- De NC-file P10.NC, dit is de NC-file van de 3- en 3½-assige bewerkingen.
- De NC-file P10x.NC, dit is de NC-file van de vijfassige bewerking.

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

De CLS-file P10.CLS

TOOL PATH/T35,MILL,80.000,0.000,100.000,0.000,0.000,P2
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00-
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
FROM/0.000,0.000,50.000,0.000,0.000,1.000
INSERT/T0M6
INSERT/G57M53
LOAD/TOOL,35,HEAD,REAR
SET/SWITCH,ON
SPINDL/1700,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-80.000,15.000,2.000
RAPID
GOTO/-80.000,15.000,0.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,400.000
GOTO/-15.000,15.000,0.000
PAINT/COLOR,3
GOTO/-15.000,-15.000,0.000
GOTO/15.000,-15.000,0.000
GOTO/15.000,15.000,0.000
GOTO/-15.000,15.000,0.000
GOTO/-35.000,35.000,0.000
GOTO/-35.000,-35.000,0.000
GOTO/35.000,-35.000,0.000
GOTO/35.000,35.000,0.000
GOTO/-35.000,35.000,0.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-100.000,35.000,0.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-100.000,35.000,2.000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T34,MILL,20.000,0.000,50.000,0.000,0.000,P3
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00-
00000,0.0000000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,34
SPINDL/4000,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-50.000,65.000,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-50.000,65.000,-35.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,150.000
GOTO/-50.000,60.000,-35.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/400.000
GOTO/50.000,60.000,-35.000
CIRCLE/50.000,50.000,-35.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,10.000,0.051,0.500,20.00-
0,0.000
GOTO/60.000,50.000,-35.000
GOTO/60.000,-35.000,-35.000
CIRCLE/ 35.000,-35.000,-35.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,25.000,0.051,0.500,20.0-
00,0.000
GOTO/35.000,-60.000,-35.000
GOTO/-35.000,-60.000,-35.000
CIRCLE/ -35.000,-35.000,-35.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,25.000,0.051,0.500,20.-
000,0.000
GOTO/-60.000,-35.000,-35.000
GOTO/-60.000,50.000,-35.000
CIRCLE/ -50.000,50.000,-35.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,10.000,0.051,0.500,20.0-
00,0.000
GOTO/-50.000,60.000,-35.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-55.000,60.000,-35.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-55.000,60.000,2.000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T34,MILL,20.000,0.000,50.000,0.000,0.000,P4
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00-
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

SPINDL/4000,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-28.207,-25.262,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-28.207,-25.262,1.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,150.000
GOTO/-28.207,-25.262,-3.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/400.000
GOTO/-28.266,-25.382,-3.000
GOTO/-28.327,-25.605,-3.000
GOTO/-28.361,-25.994,-3.000
GOTO/-28.311,-26.597,-3.000
GOTO/-28.105,-27.427,-3.000
GOTO/-27.677,-28.457,-3.000
GOTO/-26.980,-29.637,-3.000
GOTO/-25.990,-30.896,-3.000
GOTO/-24.709,-32.155,-3.000
GOTO/-23.176,-33.326,-3.000
GOTO/-21.458,-34.332,-3.000
GOTO/-19.677,-35.098,-3.000
GOTO/-17.939,-35.602,-3.000
GOTO/-16.337,-35.852,-3.000
GOTO/-14.944,-35.884,-3.000
GOTO/-13.812,-35.751,-3.000
GOTO/-12.964,-35.521,-3.000
GOTO/-12.391,-35.262,-3.000
GOTO/-12.053,-35.033,-3.000
GOTO/-11.879,-34.863,-3.000
GOTO/-11.788,-34.733,-3.000
GOTO/-11.722,-34.584,-3.000
GOTO/-11.663,-34.334,-3.000
GOTO/-11.640,-33.906,-3.000
GOTO/-11.715,-33.258,-3.000
GOTO/-11.960,-32.386,-3.000
GOTO/-12.437,-31.321,-3.000
GOTO/-13.191,-30.120,-3.000
GOTO/-14.239,-28.854,-3.000
GOTO/-15.573,-27.606,-3.000
GOTO/-17.149,-26.461,-3.000
GOTO/-18.889,-25.498,-3.000
GOTO/-20.670,-24.783,-3.000
GOTO/-22.388,-24.330,-3.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/-23.954,-24.126,-3.000
GOTO/-25.299,-24.131,-3.000
GOTO/-26.377,-24.289,-3.000
GOTO/-27.169,-24.530,-3.000
GOTO/-27.691,-24.787,-3.000
GOTO/-27.991,-25.005,-3.000
GOTO/-28.138,-25.159,-3.000
GOTO/-28.207,-25.262,-3.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-28.207,-25.262,1.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-28.207,-25.262,2.000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T34,MILL,20.000,0.000,50.000,0.000,0.000,P5
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00-
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
SPINDL/4000,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-25.824,-25.004,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-25.824,-25.004,-0.172
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,150.000
GOTO/-28.653,-25.004,-3.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/400.000
GOTO/-28.713,-25.120,-3.000
GOTO/-28.774,-25.280,-3.000
GOTO/-28.825,-25.486,-3.000
GOTO/-28.861,-25.756,-3.000
GOTO/-28.868,-26.103,-3.000
GOTO/-28.831,-26.537,-3.000
GOTO/-28.733,-27.059,-3.000
GOTO/-28.555,-27.666,-3.000
GOTO/-28.284,-28.348,-3.000
GOTO/-27.906,-29.093,-3.000
GOTO/-27.414,-29.886,-3.000
GOTO/-26.803,-30.708,-3.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

CIRCLE/-14.463,-20.424,-3.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.064,0.020,0.500,20.0-00,0.000
GOTO/-17.579,-36.183,-3.000
GOTO/-16.536,-36.334,-3.000
GOTO/-15.573,-36.393,-3.000
GOTO/-14.703,-36.371,-3.000
GOTO/-13.939,-36.284,-3.000
GOTO/-13.286,-36.148,-3.000
GOTO/-12.746,-35.979,-3.000
GOTO/-12.316,-35.796,-3.000
GOTO/-11.986,-35.613,-3.000
GOTO/-11.744,-35.441,-3.000
GOTO/-11.572,-35.287,-3.000
GOTO/-11.451,-35.150,-3.000
GOTO/-11.362,-35.022,-3.000
GOTO/-11.291,-34.888,-3.000
GOTO/-11.229,-34.730,-3.000
GOTO/-11.177,-34.527,-3.000
GOTO/-11.140,-34.261,-3.000
GOTO/-11.131,-33.917,-3.000
GOTO/-11.165,-33.488,-3.000
GOTO/-11.260,-32.971,-3.000
GOTO/-11.433,-32.369,-3.000
GOTO/-11.700,-31.690,-3.000
GOTO/-12.071,-30.948,-3.000
GOTO/-12.556,-30.157,-3.000
GOTO/-13.161,-29.336,-3.000
GOTO/-13.885,-28.504,-3.000
CIRCLE/-25.577,-39.678,-3.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.172,0.020,0.500,20.0-00,0.000
GOTO/-22.364,-23.828,-3.000
GOTO/-23.410,-23.672,-3.000
GOTO/-24.378,-23.608,-3.000
GOTO/-25.253,-23.626,-3.000
GOTO/-26.023,-23.710,-3.000
GOTO/-26.682,-23.844,-3.000
GOTO/-27.228,-24.011,-3.000
GOTO/-27.664,-24.194,-3.000
GOTO/-27.998,-24.378,-3.000
GOTO/-28.245,-24.550,-3.000
GOTO/-28.420,-24.705,-3.000
GOTO/-28.544,-24.843,-3.000
GOTO/-28.608,-24.934,-3.000
GOTO/-28.653,-25.004,-3.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-25.824,-25.004,-0.172

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-25.824,-25.004,2.000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P15
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00-
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,13
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-28.573,31.300,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-28.573,31.300,1.500
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-28.573,31.300,-3.500
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-31.300,31.300,-3.500
GOTO/-31.300,28.573,-3.500
CIR CLE/ -19.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00-
0,0.000
GOTO/-28.573,31.300,-3.500
CIR CLE/ -19.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00-
0,0.000
GOTO/-19.000,34.586,-3.500
GOTO/-5.000,34.586,-3.500
CIR CLE/ -5.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000-
,0.000
GOTO/4.573,31.300,-3.500
CIR CLE/ -5.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00-
0,0.000
GOTO/-5.000,34.586,-3.500
GOTO/-19.000,34.586,-3.500
CIR CLE/ -19.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.0-
00,0.000
GOTO/-28.573,31.300,-3.500

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

PAINT/COLOR,5
GOTO/-28.573,31.300,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/10.456,21.015,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/10.456,21.015,-3.500
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
CIRCLE/32.000,18.417,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,21.700,0.051,0.500,12.000-
,0.000
GOTO/14.538,31.300,-3.500
GOTO/4.573,31.300,-3.500
CIRCLE/ -5.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000-
,0.000
GOTO/10.456,21.015,-3.500
CIRCLE/ -5.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000-
,0.000
GOTO/10.586,19.000,-3.500
GOTO/10.586,18.000,-3.500
CIRCLE/ -5.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/10.445,15.907,-3.500
CIRCLE/ -5.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/10.586,18.000,-3.500
GOTO/10.586,19.000,-3.500
CIRCLE/ -5.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/10.456,21.015,-3.500
PAINT/COLOR,5
GOTO/10.456,21.015,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/4.573,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/4.573,5.700,-3.500
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/12.033,5.700,-3.500
CIRCLE/12.033,7.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,1.300,0.051,0.500,12.000,0.
000
GOTO/13.162,7.645,-3.500
CIRCLE/ 32.000,18.417,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,21.700,0.051,0.500,12.000,

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

0.000
GOTO/10.445,15.907,-3.500
CIRCLE/ -5.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/4.573,5.700,-3.500
CIRCLE/ -5.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/-5.000,2.414,-3.500
GOTO/-19.000,2.414,-3.500
CIRCLE/-19.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-28.573,5.700,-3.500
CIRCLE/ -19.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-19.000,2.414,-3.500
GOTO/-5.000,2.414,-3.500
CIRCLE/ -5.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/4.573,5.700,-3.500
PAINT/COLOR,5
GOTO/4.573,5.700,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-31.300,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/-31.300,5.700,-3.500
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-28.573,5.700,-3.500
CIRCLE/-19.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-31.300,8.427,-3.500
CIRCLE/-19.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-34.586,18.000,-3.500
GOTO/-34.586,19.000,-3.500
CIRCLE/-19.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-31.300,28.573,-3.500
CIRCLE/ -19.000,19.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-34.586,19.000,-3.500
GOTO/-34.586,18.000,-3.500
CIRCLE/ -19.000,18.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,15.586,0.051,0.500,12.00
0,0.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/-31.300,8.427,-3.500
GOTO/-31.300,5.700,-3.500
GOTO/-35.000,-1.500,-3.500
GOTO/12.033,-1.500,-3.500
CIRCLE/12.033,7.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,8.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/19.412,11.219,-3.500
CIRCLE/ 32.000,18.417,-3.500,0.0000000,0.0000000,1.0000000,14.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/26.361,31.775,-3.500
CIRCLE/ 25.000,35.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/25.000,38.500,-3.500
GOTO/-35.000,38.500,-3.500
CIRCLE/ -35.000,35.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-38.500,35.000,-3.500
GOTO/-38.500,2.000,-3.500
CIRCLE/ -35.000,2.000,-3.500,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-35.000,-1.500,-3.500
PAINT/COLOR,5
GOTO/-35.000,-1.500,1.500
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-35.000,-1.500,2.000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P18
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-29.355,31.300,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-29.355,31.300,1.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-29.355,31.300,-7.000
PAINT/COLOR,3

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

FEDRAT/230.000
GOTO/-31.300,31.300,-7.000
GOTO/-31.300,29.355,-7.000
CIR CLE/-19.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-29.355,31.300,-7.000
CIR CLE/-19.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-19.000,35.078,-7.000
GOTO/-5.000,35.078,-7.000
CIR CLE/ -5.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/5.355,31.300,-7.000
CIR CLE/ -5.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,-1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-5.000,35.078,-7.000
GOTO/-19.000,35.078,-7.000
CIR CLE/ -19.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,-1.000000,16.078,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-29.355,31.300,-7.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-29.355,31.300,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/10.690,22.513,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/10.690,22.513,-7.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
CIR CLE/ 32.000,18.417,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,21.700,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/14.538,31.300,-7.000
GOTO/5.355,31.300,-7.000
CIR CLE/ -5.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/10.690,22.513,-7.000
CIR CLE/ -5.000,19.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/11.078,19.000,-7.000
GOTO/11.078,18.000,-7.000
CIR CLE/ -5.000,18.000,-7.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/10.673,14.411,-7.000
CIR CLE/ -5.000,18.000,-7.000,0.000000,0.000000,-1.000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/11.078,18.000,-7.000
GOTO/11.078,19.000,-7.000
CIRCLE/ -5.000,19.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/10.690,22.513,-7.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/10.690,22.513,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/5.355,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/5.355,5.700,-7.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/12.033,5.700,-7.000
CIRCLE/12.033,7.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,1.300,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/13.162,7.645,-7.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,21.700,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/10.673,14.411,-7.000
CIRCLE/ -5.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/5.355,5.700,-7.000
CIRCLE/ -5.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-5.000,1.922,-7.000
GOTO/-19.000,1.922,-7.000
CIRCLE/-19.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-29.355,5.700,-7.000
CIRCLE/ -19.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-19.000,1.922,-7.000
GOTO/-5.000,1.922,-7.000
CIRCLE/ -5.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/5.355,5.700,-7.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/5.355,5.700,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-31.300,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/-31.300,5.700,-7.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-29.355,5.700,-7.000
CIRCLE/-19.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-31.300,7.645,-7.000
CIRCLE/-19.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-35.078,18.000,-7.000
GOTO/-35.078,19.000,-7.000
CIRCLE/-19.000,19.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-31.300,29.355,-7.000
CIRCLE/ -19.000,19.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-35.078,19.000,-7.000
GOTO/-35.078,18.000,-7.000
CIRCLE/ -19.000,18.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.078,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-31.300,7.645,-7.000
GOTO/-31.300,5.700,-7.000
GOTO/-35.000,-1.500,-7.000
GOTO/12.033,-1.500,-7.000
CIRCLE/12.033,7.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,8.500,0.051,0.500,12.000,0.
000
GOTO/19.412,11.219,-7.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-7.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,14.500,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/26.361,31.775,-7.000
CIRCLE/ 25.000,35.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/25.000,38.500,-7.000
GOTO/-35.000,38.500,-7.000
CIRCLE/ -35.000,35.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-38.500,35.000,-7.000
GOTO/-38.500,2.000,-7.000
CIRCLE/ -35.000,2.000,-7.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/-35.000,-1.500,-7.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-35.000,-1.500,1.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-35.000,-1.500,2.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P19
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-29.998,31.300,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-29.998,31.300,1.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-29.998,31.300,-10.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-31.300,31.300,-10.000
GOTO/-31.300,29.998,-10.000
CIR CLE/-19.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-29.998,31.300,-10.000
CIR CLE/-19.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-19.000,35.500,-10.000
GOTO/-5.000,35.500,-10.000
CIR CLE/-5.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/5.998,31.300,-10.000
CIR CLE/ -5.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-5.000,35.500,-10.000
GOTO/-19.000,35.500,-10.000
CIR CLE/ -19.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.000,0.000
GOTO/-29.998,31.300,-10.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-29.998,31.300,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/10.890,23.445,2.000
PAINT/COLOR,2

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

FEDRAT/115.000
GOTO/10.890,23.445,-10.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,21.700,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/14.538,31.300,-10.000
GOTO/5.998,31.300,-10.000
CIRCLE/-5.000,19.000,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/10.890,23.445,-10.000
CIRCLE/-5.000,19.000,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/11.500,19.000,-10.000
GOTO/11.500,18.000,-10.000
CIRCLE/-5.000,18.000,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/10.869,13.480,-10.000
CIRCLE/ -5.000,18.000,-10.000,0.000000,0.000000,-1.000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/11.500,18.000,-10.000
GOTO/11.500,19.000,-10.000
CIRCLE/ -5.000,19.000,-10.000,0.000000,0.000000,-1.000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/10.890,23.445,-10.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/10.890,23.445,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/5.998,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/5.998,5.700,-10.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/12.033,5.700,-10.000
CIRCLE/ 12.033,7.000,-10.000,0.000000,0.000000,-1.000000,1.300,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/13.162,7.645,-10.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,21.700,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/10.869,13.480,-10.000
CIRCLE/-5.000,18.000,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/5.998,5.700,-10.000
CIRCLE/-5.000,18.000,-10.000,0.000000,0.000000,1.000000,16.500,0.051,0.500,12.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

,0.000
GOTO/-5.000,1.500,-10.000
GOTO/-19.000,1.500,-10.000
CIR CLE/-19.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-29.998,5.700,-10.000
CIR CLE/ -19.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.0
00,0.000
GOTO/-19.000,1.500,-10.000
GOTO/-5.000,1.500,-10.000
CIR CLE/ -5.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/5.998,5.700,-10.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/5.998,5.700,2.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-31.300,5.700,2.000
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/115.000
GOTO/-31.300,5.700,-10.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-29.998,5.700,-10.000
CIR CLE/-19.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-31.300,7.002,-10.000
CIR CLE/-19.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-35.500,18.000,-10.000
GOTO/-35.500,19.000,-10.000
CIR CLE/-19.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-31.300,29.998,-10.000
CIR CLE/ -19.000,19.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.0
00,0.000
GOTO/-35.500,19.000,-10.000
GOTO/-35.500,18.000,-10.000
CIR CLE/ -19.000,18.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,16.500,0.051,0.500,12.0
00,0.000
GOTO/-31.300,7.002,-10.000
GOTO/-31.300,5.700,-10.000
GOTO/-35.000,-1.500,-10.000
GOTO/12.033,-1.500,-10.000
CIR CLE/ 12.033,7.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,8.500,0.051,0.500,12.000,
0.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/19.412,11.219,-10.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,14.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/26.361,31.775,-10.000
CIRCLE/25.000,35.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/25.000,38.500,-10.000
GOTO/-35.000,38.500,-10.000
CIRCLE/ -35.000,35.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-38.500,35.000,-10.000
GOTO/-38.500,2.000,-10.000
CIRCLE/ -35.000,2.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,3.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-35.000,-1.500,-10.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-35.000,-1.500,1.000
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-35.000,-1.500,2.000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P20
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-28.649,4.351,2.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
RAPID
GOTO/-28.649,4.351,-3.649
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-35.000,-2.000,-10.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/12.033,-2.000,-10.000
CIRCLE/ 12.033,7.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,9.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/19.846,11.467,-10.000
CIRCLE/ 32.000,18.417,-10.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000,14.000,0.051,0.500,12.00

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

0,0.000
GOTO/26.555,31.315,-10.000
CIRCLE/25.000,35.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,4.000,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/25.000,39.000,-10.000
GOTO/-35.000,39.000,-10.000
CIRCLE/ -35.000,35.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,4.000,0.051,0.500,12.00
0,0.000
GOTO/-39.000,35.000,-10.000
GOTO/-39.000,2.000,-10.000
CIRCLE/ -35.000,2.000,-10.000,0.0000000,0.0000000,-1.0000000,4.000,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/-35.000,-2.000,-10.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-28.649,4.351,-3.649
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-28.649,4.351,2.000
RAPID
GOTO/0.000,0.000,100.000
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P21
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/52.000,0.000,-23.500,1.0000000,0.0000000,0.0000000
RAPID
GOTO/51.000,0.000,-23.500
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/46.000,0.000,-23.500
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
CIRCLE/ 46.000,0.000,-25.000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,1.500,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/46.000,-1.500,-25.000
CIRCLE/ 46.000,0.000,-25.000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,1.500,0.051,0.500,12.000,
0.000

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/46.000,0.000,-26.500
GOTO/46.000,20.000,-26.500
CIRCLE/46.000,20.000,-25.000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,1.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/46.000,21.500,-25.000
CIRCLE/46.000,20.000,-25.000,-1.0000000,0.0000000,0.0000000,1.500,0.051,0.500,12.000
,0.000
GOTO/46.000,20.000,-23.500
GOTO/46.000,0.000,-23.500
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/52.000,0.000,-23.500
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T26,DRILL,MILL,5.000,0.000,20.000,70.000,10.000,P23
MSYS/0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,26
SPINDL/4000,CLW
COOLNT/ON
CYCLE/DRILL,RAPTO,2.500,FEDTO,-3.000,MMPM,300.000
PAINT/COLOR,3
GOTO/35.000,-35.000,0.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
GOTO/20.000,-25.000,0.000
GOTO/35.000,-15.000,0.000
CYCLE/OFF
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T15,DRILL,MILL,6.800,0.000,80.000,118.000,65.000,P24
MSYS/0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,15
SPINDL/4200,CLW
COOLNT/ON

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

CYCLE/DRILL,BRKCHP,STEP,10.000,5.000,DWELL,1.000,RAPTO,2.500,FEDTO,-2
0.000,MMPM,200.000
PAINT/COLOR,3
GOTO/35.000,-35.000,0.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
GOTO/20.000,-25.000,0.000
GOTO/35.000,-15.000,0.000
CYCLE/OFF
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T28,DRILL,MILL,10.000,0.000,45.000,90.000,10.000,P25
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
0000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,28
SPINDL/2800,CLW
COOLNT/ON
CYCLE/DRILL,RAPTO,2.500,FEDTO,-4.000,MMPM,140.000
PAINT/COLOR,3
GOTO/20.000,-25.000,0.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
CYCLE/OFF
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T18,DRILL,MILL,8.000,0.000,65.000,100.000,30.000,P26
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
0000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
LOAD/TOOL,18
SPINDL/400,CLW
COOLNT/ON
CYCLE/TAP,RAPTO,6.000,FEDTO,-15.000,MMPM,500.000
PAINT/COLOR,3
GOTO/20.000,-25.000,0.000,0.0000000,0.0000000,1.0000000
CYCLE/OFF
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P27
MSYS/ 0.0000000,0.0000000,50.0000000,0.0000000,1.0000000,0.0000000,-1.0000000,0.00
00000,0.0000000
PAINT/PATH
PAINT/SPEED,1
PAINT/TOOL,FULL,1
INSERT/T0M6
INSERT/G58M54
LOAD/TOOL,13,HEAD,HIGH
SET/SWITCH,ON
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-1.000,52.000,-25.000,0.0000000,1.0000000,0.0000000
RAPID
GOTO/-1.000,51.000,-25.000
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-1.000,47.000,-25.000
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,1.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/0.500,47.000,-24.134
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,1.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/0.500,47.000,-25.866
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,1.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/-1.000,47.000,-25.000
GOTO/-4.000,47.000,-25.000
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,4.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/2.000,47.000,-21.536
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,4.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/2.000,47.000,-28.464
CIR CLE/ 0.000,47.000,-25.000,0.0000000,-1.0000000,0.0000000,4.000,0.051,0.500,12.000,
0.000
GOTO/-4.000,47.000,-25.000
PAINT/COLOR,5
GOTO/-4.000,51.000,-25.000
PAINT/COLOR,1

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

RAPID
GOTO/-4.000,52.000,-25.000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/SPEED,10
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
END

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

De CLS-file P10x.CLS

TOOL PATH/T13,MILL,12.000,0.000,40.000,0.000,0.000,P32
MSYS/-200.00000,0.00000,50.00000,0.00000,1.00000,0.00000,-1.00000,0.00000,0.00000
PAINT/PATH
PAINT/TOOL,FULL,1
FROM/0.000,200.000,25.000,0.000,0.000,1.000
INSERT/T0M6
INSERT/G57M53
LOAD/TOOL,13
SET/SWITCH,ON
SPINDL/2300,CLW
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-19.000,232.159,10.000,0.0000000,-0.1391731,0.9902681
RAPID
GOTO/-19.000,232.159,10.637
COOLNT/ON
PAINT/COLOR,2
FEDRAT/MMPM,115.000
GOTO/-19.000,234.942,-9.168
PAINT/COLOR,3
FEDRAT/230.000
GOTO/-5.000,234.942,-9.168
GOTO/-3.327,234.854,-9.168,-0.0146093,-0.1384042,0.9902681
GOTO/-1.542,234.563,-9.168,-0.0301853,-0.1358602,0.9902681
GOTO/0.196,234.071,-9.168,-0.0453639,-0.1315723,0.9902681
GOTO/1.880,233.381,-9.168,-0.0600592,-0.1255470,0.9902681
GOTO/3.482,232.498,-9.168,-0.0740483,-0.1178389,0.9902681
GOTO/4.980,231.431,-9.168,-0.0871278,-0.1085260,0.9902681
GOTO/6.352,230.193,-9.168,-0.0991029,-0.0977127,0.9902681
GOTO/7.576,228.797,-9.168,-0.1097915,-0.0855277,0.9902681
GOTO/8.634,227.262,-9.168,-0.1190273,-0.0721225,0.9902681
GOTO/9.509,225.606,-9.168,-0.1266624,-0.0576696,0.9902681
GOTO/10.186,223.852,-9.168,-0.1325700,-0.0423599,0.9902681
GOTO/10.653,222.024,-9.168,-0.1366462,-0.0264000,0.9902681
GOTO/10.901,220.147,-9.168,-0.1388127,-0.0100099,0.9902681
GOTO/10.942,219.000,-9.168,-0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/10.942,219.000,-9.168
GOTO/10.942,218.000,-9.168
GOTO/10.942,218.000,-9.168
GOTO/10.829,216.106,-9.168,-0.1381877,0.0165319,0.9902681
GOTO/10.494,214.245,-9.168,-0.1352576,0.0327800,0.9902681
GOTO/9.942,212.443,-9.168,-0.1304444,0.0485120,0.9902681
GOTO/9.185,210.725,-9.168,-0.1238351,0.0635139,0.9902681
GOTO/8.235,209.113,-9.168,-0.1155407,0.0775855,0.9902681

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/7.107,207.629,-9.168,-0.1056939,0.0905426,0.9902681
GOTO/5.819,206.291,-9.168,-0.0944473,0.1022197,0.9902681
GOTO/4.390,205.117,-9.168,-0.0819705,0.1124721,0.9902681
GOTO/2.841,204.119,-9.168,-0.0684479,0.1211777,0.9902681
GOTO/1.194,203.311,-9.168,-0.0540752,0.1282381,0.9902681
GOTO/-0.526,202.699,-9.168,-0.0390570,0.1335803,0.9902681
GOTO/-2.296,202.289,-9.168,-0.0236034,0.1371570,0.9902681
GOTO/-4.059,202.086,-9.168,-0.0082161,0.1389304,0.9902681
GOTO/-5.000,202.058,-9.168,0.0000000,0.1391731,0.9902681
GOTO/-19.000,202.058,-9.168
GOTO/-20.673,202.146,-9.168,0.0146093,0.1384042,0.9902681
GOTO/-22.458,202.437,-9.168,0.0301853,0.1358602,0.9902681
GOTO/-24.196,202.929,-9.168,0.0453639,0.1315723,0.9902681
GOTO/-25.880,203.619,-9.168,0.0600592,0.1255470,0.9902681
GOTO/-27.482,204.502,-9.168,0.0740483,0.1178389,0.9902681
GOTO/-28.980,205.569,-9.168,0.0871278,0.1085260,0.9902681
GOTO/-30.352,206.807,-9.168,0.0991029,0.0977127,0.9902681
GOTO/-31.576,208.203,-9.168,0.1097915,0.0855277,0.9902681
GOTO/-32.634,209.738,-9.168,0.1190273,0.0721225,0.9902681
GOTO/-33.509,211.394,-9.168,0.1266624,0.0576696,0.9902681
GOTO/-34.186,213.148,-9.168,0.1325700,0.0423599,0.9902681
GOTO/-34.653,214.976,-9.168,0.1366462,0.0264000,0.9902681
GOTO/-34.901,216.853,-9.168,0.1388127,0.0100099,0.9902681
GOTO/-34.942,218.000,-9.168,0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/-34.942,218.000,-9.168
GOTO/-34.942,219.000,-9.168
GOTO/-34.942,219.000,-9.168
GOTO/-34.829,220.894,-9.168,0.1381877,-0.0165319,0.9902681
GOTO/-34.494,222.755,-9.168,0.1352576,-0.0327800,0.9902681
GOTO/-33.942,224.557,-9.168,0.1304444,-0.0485120,0.9902681
GOTO/-33.185,226.275,-9.168,0.1238351,-0.0635139,0.9902681
GOTO/-32.235,227.887,-9.168,0.1155407,-0.0775855,0.9902681
GOTO/-31.107,229.371,-9.168,0.1056939,-0.0905426,0.9902681
GOTO/-29.819,230.709,-9.168,0.0944473,-0.1022197,0.9902681
GOTO/-28.390,231.883,-9.168,0.0819705,-0.1124721,0.9902681
GOTO/-26.841,232.881,-9.168,0.0684479,-0.1211777,0.9902681
GOTO/-25.194,233.689,-9.168,0.0540752,-0.1282381,0.9902681
GOTO/-23.474,234.301,-9.168,0.0390570,-0.1335803,0.9902681
GOTO/-21.704,234.711,-9.168,0.0236034,-0.1371570,0.9902681
GOTO/-19.941,234.914,-9.168,0.0082161,-0.1389304,0.9902681
GOTO/-19.000,234.942,-9.168,0.0000000,-0.1391731,0.9902681
GOTO/-19.000,234.107,-3.226
GOTO/-19.000,233.829,-1.247
GOTO/-20.557,233.747,-1.247,0.0146093,-0.1384042,0.9902681
GOTO/-22.255,233.467,-1.247,0.0305502,-0.1357786,0.9902681
GOTO/-23.968,232.972,-1.247,0.0466287,-0.1311294,0.9902681

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/-25.616,232.271,-1.247,0.0620949,-0.1245527,0.9902681
GOTO/-27.177,231.370,-1.247,0.0767487,-0.1160982,0.9902681
GOTO/-28.626,230.280,-1.247,0.0903438,-0.1058639,0.9902681
GOTO/-29.937,229.013,-1.247,0.1026508,-0.0939786,0.9902681
GOTO/-31.089,227.588,-1.247,0.1134569,-0.0806021,0.9902681
GOTO/-32.060,226.024,-1.247,0.1225700,-0.0659224,0.9902681
GOTO/-32.832,224.344,-1.247,0.1298222,-0.0501532,0.9902681
GOTO/-33.392,222.573,-1.247,0.1350735,-0.0335305,0.9902681
GOTO/-33.727,220.738,-1.247,0.1382142,-0.0163089,0.9902681
GOTO/-33.829,219.000,-1.247,0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/-33.829,219.000,-1.247
GOTO/-33.829,218.000,-1.247
GOTO/-33.829,218.000,-1.247
GOTO/-33.711,216.132,-1.247,0.1380649,0.0175281,0.9902681
GOTO/-33.360,214.301,-1.247,0.1347732,0.0347179,0.9902681
GOTO/-32.785,212.535,-1.247,0.1293757,0.0512940,0.9902681
GOTO/-31.997,210.861,-1.247,0.1219820,0.0670040,0.9902681
GOTO/-31.011,209.304,-1.247,0.1127312,0.0816138,0.9902681
GOTO/-29.846,207.887,-1.247,0.1017893,0.0949110,0.9902681
GOTO/-28.520,206.630,-1.247,0.0893458,0.1067075,0.9902681
GOTO/-27.056,205.551,-1.247,0.0756107,0.1168425,0.9902681
GOTO/-25.479,204.662,-1.247,0.0608104,0.1251849,0.9902681
GOTO/-23.814,203.975,-1.247,0.0451838,0.1316342,0.9902681
GOTO/-22.088,203.496,-1.247,0.0289786,0.1361227,0.9902681
GOTO/-20.402,203.238,-1.247,0.0131590,0.1385496,0.9902681
GOTO/-19.000,203.171,-1.247,0.0000000,0.1391731,0.9902681
GOTO/-5.000,203.171,-1.247
GOTO/-3.443,203.253,-1.247,-0.0146093,0.1384042,0.9902681
GOTO/-1.745,203.533,-1.247,-0.0305502,0.1357786,0.9902681
GOTO/-0.032,204.028,-1.247,-0.0466287,0.1311294,0.9902681
GOTO/1.616,204.729,-1.247,-0.0620949,0.1245527,0.9902681
GOTO/3.177,205.630,-1.247,-0.0767487,0.1160982,0.9902681
GOTO/4.626,206.720,-1.247,-0.0903438,0.1058639,0.9902681
GOTO/5.937,207.987,-1.247,-0.1026508,0.0939786,0.9902681
GOTO/7.089,209.412,-1.247,-0.1134569,0.0806021,0.9902681
GOTO/8.060,210.976,-1.247,-0.1225700,0.0659224,0.9902681
GOTO/8.832,212.656,-1.247,-0.1298222,0.0501532,0.9902681
GOTO/9.392,214.427,-1.247,-0.1350735,0.0335305,0.9902681
GOTO/9.727,216.262,-1.247,-0.1382142,0.0163089,0.9902681
GOTO/9.829,218.000,-1.247,-0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/9.829,218.000,-1.247
GOTO/9.829,219.000,-1.247
GOTO/9.829,219.000,-1.247
GOTO/9.711,220.868,-1.247,-0.1380649,-0.0175281,0.9902681
GOTO/9.360,222.699,-1.247,-0.1347732,-0.0347179,0.9902681
GOTO/8.785,224.465,-1.247,-0.1293757,-0.0512940,0.9902681

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/7.997,226.139,-1.247,-0.1219820,-0.0670040,0.9902681
GOTO/7.011,227.696,-1.247,-0.1127312,-0.0816138,0.9902681
GOTO/5.846,229.113,-1.247,-0.1017893,-0.0949110,0.9902681
GOTO/4.520,230.370,-1.247,-0.0893458,-0.1067075,0.9902681
GOTO/3.056,231.449,-1.247,-0.0756107,-0.1168425,0.9902681
GOTO/1.479,232.338,-1.247,-0.0608104,-0.1251849,0.9902681
GOTO/-0.186,233.025,-1.247,-0.0451838,-0.1316342,0.9902681
GOTO/-1.912,233.504,-1.247,-0.0289786,-0.1361227,0.9902681
GOTO/-3.598,233.762,-1.247,-0.0131590,-0.1385496,0.9902681
GOTO/-5.000,233.829,-1.247,0.0000000,-0.1391731,0.9902681
GOTO/-19.000,233.829,-1.247
GOTO/-19.000,233.536,0.835
GOTO/-5.000,233.536,0.835
GOTO/-3.474,233.456,0.835,-0.0146093,-0.1384042,0.9902681
GOTO/-1.809,233.182,0.835,-0.0305502,-0.1357786,0.9902681
GOTO/-0.101,232.686,0.835,-0.0469072,-0.1310300,0.9902681
GOTO/1.538,231.983,0.835,-0.0626008,-0.1242992,0.9902681
GOTO/3.090,231.077,0.835,-0.0774515,-0.1156305,0.9902681
GOTO/4.525,229.980,0.835,-0.0911981,-0.1051288,0.9902681
GOTO/5.821,228.706,0.835,-0.1036005,-0.0929306,0.9902681
GOTO/6.953,227.273,0.835,-0.1144362,-0.0792055,0.9902681
GOTO/7.900,225.701,0.835,-0.1235051,-0.0641533,0.9902681
GOTO/8.644,224.014,0.835,-0.1306333,-0.0480009,0.9902681
GOTO/9.171,222.238,0.835,-0.1356769,-0.0309988,0.9902681
GOTO/9.468,220.401,0.835,-0.1385249,-0.0134170,0.9902681
GOTO/9.536,219.000,0.835,-0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/9.536,219.000,0.835
GOTO/9.536,218.000,0.835
GOTO/9.536,218.000,0.835
GOTO/9.417,216.139,0.835,-0.1380274,0.0178212,0.9902681
GOTO/9.061,214.314,0.835,-0.1346254,0.0352869,0.9902681
GOTO/8.479,212.557,0.835,-0.1290500,0.0521079,0.9902681
GOTO/7.682,210.896,0.835,-0.1214184,0.0680201,0.9902681
GOTO/6.685,209.354,0.835,-0.1118787,0.0827787,0.9902681
GOTO/5.508,207.956,0.835,-0.1006076,0.0961627,0.9902681
GOTO/4.171,206.722,0.835,-0.0878069,0.1079773,0.9902681
GOTO/2.698,205.669,0.835,-0.0736993,0.1180575,0.9902681
GOTO/1.113,204.812,0.835,-0.0585247,0.1262696,0.9902681
GOTO/-0.557,204.159,0.835,-0.0425358,0.1325136,0.9902681
GOTO/-2.285,203.720,0.835,-0.0259935,0.1367241,0.9902681
GOTO/-3.913,203.505,0.835,-0.0104107,0.1387832,0.9902681
GOTO/-5.000,203.464,0.835,0.0000000,0.1391731,0.9902681
GOTO/-19.000,203.464,0.835
GOTO/-20.526,203.544,0.835,0.0146093,0.1384042,0.9902681
GOTO/-22.191,203.818,0.835,0.0305502,0.1357786,0.9902681
GOTO/-23.899,204.314,0.835,0.0469072,0.1310300,0.9902681

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

GOTO/-25.538,205.017,0.835,0.0626008,0.1242992,0.9902681
GOTO/-27.090,205.923,0.835,0.0774515,0.1156305,0.9902681
GOTO/-28.525,207.020,0.835,0.0911981,0.1051288,0.9902681
GOTO/-29.821,208.294,0.835,0.1036005,0.0929306,0.9902681
GOTO/-30.953,209.727,0.835,0.1144362,0.0792055,0.9902681
GOTO/-31.900,211.299,0.835,0.1235051,0.0641533,0.9902681
GOTO/-32.644,212.986,0.835,0.1306333,0.0480009,0.9902681
GOTO/-33.171,214.762,0.835,0.1356769,0.0309988,0.9902681
GOTO/-33.468,216.599,0.835,0.1385249,0.0134170,0.9902681
GOTO/-33.536,218.000,0.835,0.1391731,0.0000000,0.9902681
GOTO/-33.536,218.000,0.835
GOTO/-33.536,219.000,0.835
GOTO/-33.536,219.000,0.835
GOTO/-33.417,220.861,0.835,0.1380274,-0.0178212,0.9902681
GOTO/-33.061,222.686,0.835,0.1346254,-0.0352869,0.9902681
GOTO/-32.479,224.443,0.835,0.1290500,-0.0521079,0.9902681
GOTO/-31.682,226.104,0.835,0.1214184,-0.0680201,0.9902681
GOTO/-30.685,227.646,0.835,0.1118787,-0.0827787,0.9902681
GOTO/-29.508,229.044,0.835,0.1006076,-0.0961627,0.9902681
GOTO/-28.171,230.278,0.835,0.0878069,-0.1079773,0.9902681
GOTO/-26.698,231.331,0.835,0.0736993,-0.1180575,0.9902681
GOTO/-25.113,232.188,0.835,0.0585247,-0.1262696,0.9902681
GOTO/-23.443,232.841,0.835,0.0425358,-0.1325136,0.9902681
GOTO/-21.715,233.280,0.835,0.0259935,-0.1367241,0.9902681
GOTO/-20.087,233.495,0.835,0.0104107,-0.1387832,0.9902681
GOTO/-19.000,233.536,0.835,0.0000000,-0.1391731,0.9902681
PAINT/COLOR,5
GOTO/-19.000,230.753,20.640
PAINT/COLOR,1
RAPID
GOTO/-19.000,230.753,10.000
SPINDL/OFF
COOLNT/OFF
PAINT/TOOL,NOMORE
END-OF-PATH
END

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

De NC-file P10.NC

%PM

N0100T0M6

N0102G57M53

N0104 G17 T35 M06

N0106 G93

N0108 S1700 M03

N0110 G00 X-80. Y15. Z2. B0.

N0112 G00 Z0.

N0114 M08

N0116 G01 X-15. F400

N0118 G01 Y-15.

N0120 G01 X15.

N0122 G01 Y15.

N0124 G01 X-15.

N0126 G01 X-35. Y35.

N0128 G01 Y-35.

N0130 G01 X35.

N0132 G01 Y35.

N0134 G01 X-35.

N0136 G01 X-100.

N0138 G00 Z2.

N0140 M05

N0142 M09

N0144 T34 M06

N0146 S4000 M03

N0148 G00 X-50. Y65. Z2. B0.

N0150 G00 Z-35.

N0152 M08

N0154 G01 Y60. F150

N0156 G01 X50. F400

N0158 G02 X60. Y50. I50. J50.

N0160 G01 Y-35.

N0162 G02 X35. Y-60. I35. J-35.

N0164 G01 X-35.

N0166 G02 X-60. Y-35. I-35. J-35.

N0168 G01 Y50.

N0170 G02 X-50. Y60. I-50. J50.

N0172 G01 X-55.

N0174 G00 Z2.

N0176 S4000 M03

N0178 G00 X-28.207 Y-25.262

N0180 G00 Z1.

N0182 M08

N0184 G01 Z-3. F150

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0186 G01 X-28.266 Y-25.382 F400
N0188 G01 X-28.327 Y-25.605
N0190 G01 X-28.361 Y-25.994
N0192 G01 X-28.311 Y-26.597
N0194 G01 X-28.105 Y-27.427
N0196 G01 X-27.677 Y-28.457
N0198 G01 X-26.98 Y-29.637
N0200 G01 X-25.99 Y-30.896
N0202 G01 X-24.709 Y-32.155
N0204 G01 X-23.176 Y-33.326
N0206 G01 X-21.458 Y-34.332
N0208 G01 X-19.677 Y-35.098
N0210 G01 X-17.939 Y-35.602
N0212 G01 X-16.337 Y-35.852
N0214 G01 X-14.944 Y-35.884
N0216 G01 X-13.812 Y-35.751
N0218 G01 X-12.964 Y-35.521
N0220 G01 X-12.391 Y-35.262
N0222 G01 X-12.053 Y-35.033
N0224 G01 X-11.879 Y-34.863
N0226 G01 X-11.788 Y-34.733
N0228 G01 X-11.722 Y-34.584
N0230 G01 X-11.663 Y-34.334
N0232 G01 X-11.64 Y-33.906
N0234 G01 X-11.715 Y-33.258
N0236 G01 X-11.96 Y-32.386
N0238 G01 X-12.437 Y-31.321
N0240 G01 X-13.191 Y-30.12
N0242 G01 X-14.239 Y-28.854
N0244 G01 X-15.573 Y-27.606
N0246 G01 X-17.149 Y-26.461
N0248 G01 X-18.889 Y-25.498
N0250 G01 X-20.67 Y-24.783
N0252 G01 X-22.388 Y-24.33
N0254 G01 X-23.954 Y-24.126
N0256 G01 X-25.299 Y-24.131
N0258 G01 X-26.377 Y-24.289
N0260 G01 X-27.169 Y-24.53
N0262 G01 X-27.691 Y-24.787
N0264 G01 X-27.991 Y-25.005
N0266 G01 X-28.138 Y-25.159
N0268 G01 X-28.207 Y-25.262
N0270 G01 Z1.
N0272 G00 Z2.
N0274 S4000 M03
N0276 G00 X-25.824 Y-25.004

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0278 G00 Z-.172
N0280 M08
N0282 G01 X-28.653 Z-3. F150
N0284 G01 X-28.713 Y-25.12 F400
N0286 G01 X-28.774 Y-25.28
N0288 G01 X-28.825 Y-25.486
N0290 G01 X-28.861 Y-25.756
N0292 G01 X-28.868 Y-26.103
N0294 G01 X-28.831 Y-26.537
N0296 G01 X-28.733 Y-27.059
N0298 G01 X-28.555 Y-27.666
N0300 G01 X-28.284 Y-28.348
N0302 G01 X-27.906 Y-29.093
N0304 G01 X-27.414 Y-29.886
N0306 G01 X-26.803 Y-30.708
N0308 G03 X-17.579 Y-36.182 I-14.463 J-20.424
N0310 G01 X-16.536 Y-36.334
N0312 G01 X-15.573 Y-36.393
N0314 G01 X-14.703 Y-36.371
N0316 G01 X-13.939 Y-36.284
N0318 G01 X-13.286 Y-36.148
N0320 G01 X-12.746 Y-35.979
N0322 G01 X-12.316 Y-35.796
N0324 G01 X-11.986 Y-35.613
N0326 G01 X-11.744 Y-35.441
N0328 G01 X-11.572 Y-35.287
N0330 G01 X-11.451 Y-35.15
N0332 G01 X-11.362 Y-35.022
N0334 G01 X-11.291 Y-34.888
N0336 G01 X-11.229 Y-34.73
N0338 G01 X-11.177 Y-34.527
N0340 G01 X-11.14 Y-34.261
N0342 G01 X-11.131 Y-33.917
N0344 G01 X-11.165 Y-33.488
N0346 G01 X-11.26 Y-32.971
N0348 G01 X-11.433 Y-32.369
N0350 G01 X-11.7 Y-31.69
N0352 G01 X-12.071 Y-30.948
N0354 G01 X-12.556 Y-30.157
N0356 G01 X-13.161 Y-29.336
N0358 G01 X-13.885 Y-28.504
N0360 G03 X-22.364 Y-23.828 I-25.577 J-39.678
N0362 G01 X-23.41 Y-23.672
N0364 G01 X-24.378 Y-23.608
N0366 G01 X-25.253 Y-23.626
N0368 G01 X-26.023 Y-23.71

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0370 G01 X-26.682 Y-23.844
N0372 G01 X-27.228 Y-24.011
N0374 G01 X-27.664 Y-24.194
N0376 G01 X-27.998 Y-24.378
N0378 G01 X-28.245 Y-24.55
N0380 G01 X-28.42 Y-24.705
N0382 G01 X-28.544 Y-24.843
N0384 G01 X-28.608 Y-24.934
N0386 G01 X-28.653 Y-25.004
N0388 G01 X-25.824 Z-.172
N0390 G00 Z2.
N0392 M05
N0394 M09
N0396 T13 M06
N0398 S2300 M03
N0400 G00 X-28.573 Y31.3 Z2. B0.
N0402 G00 Z1.5
N0404 M08
N0406 G01 Z-3.5 F115
N0408 G01 X-31.3 F230
N0410 G01 Y28.573
N0412 G02 X-19. Y34.586 I-19. J19.
N0414 G01 X-5.
N0416 G02 X4.573 Y31.3 I-5. J19.
N0418 G03 X-5. Y34.586 I-5. J19.
N0420 G01 X-19.
N0422 G03 X-28.573 Y31.3 I-19. J19.
N0424 G01 Z2.
N0426 G00 X10.456 Y21.015
N0428 G01 Z-3.5 F115
N0430 G02 X14.538 Y31.3 I32. J18.417 F230
N0432 G01 X4.573
N0434 G02 X10.455 Y21.015 I-5. J19.
N0436 G02 X10.587 Y19. I-5. J19.
N0438 G01 X10.586 Y18.
N0440 G02 X10.445 Y15.907 I-5. J18.
N0442 G03 X10.586 Y18. I-5. J18.
N0444 G01 Y19.
N0446 G03 X10.455 Y21.015 I-5. J19.
N0448 G01 X10.456 Z2.
N0450 G00 X4.573 Y5.7
N0452 G01 Z-3.5 F115
N0454 G01 X12.033 F230
N0456 G03 X13.162 Y7.645 I12.033 J7.
N0458 G02 X10.445 Y15.907 I32. J18.417
N0460 G02 X-5. Y2.414 I-5. J18.

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0462 G01 X-19.
N0464 G02 X-28.573 Y5.7 I-19. J18.
N0466 G03 X-19. Y2.414 I-19. J18.
N0468 G01 X-5.
N0470 G03 X4.573 Y5.7 I-5. J18.
N0472 G01 Z2.
N0474 G00 X-31.3
N0476 G01 Z-3.5 F115
N0478 G01 X-28.573 F230
N0480 G02 X-34.586 Y18. I-19. J18.
N0482 G01 Y19.
N0484 G02 X-31.3 Y28.573 I-19. J19.
N0486 G03 X-34.586 Y19. I-19. J19.
N0488 G01 Y18.
N0490 G03 X-31.3 Y8.427 I-19. J18.
N0492 G01 Y5.7
N0494 G01 X-35. Y-1.5
N0496 G01 X12.033
N0498 G03 X19.412 Y11.219 I12.033 J7.
N0500 G02 X26.361 Y31.776 I32. J18.417
N0502 G03 X25. Y38.5 I25. J35.
N0504 G01 X-35.
N0506 G03 X-38.5 Y35. I-35. J35.
N0508 G01 Y2.
N0510 G03 X-35. Y-1.5 I-35. J2.
N0512 G01 Z1.5
N0514 G00 Z2.
N0516 S2300 M03
N0518 G00 X-29.355 Y31.3
N0520 G00 Z1.
N0522 M08
N0524 G01 Z-7. F115
N0526 G01 X-31.3 F230
N0528 G01 Y29.355
N0530 G02 X-19. Y35.078 I-19. J19.
N0532 G01 X-5.
N0534 G02 X5.355 Y31.3 I-5. J19.
N0536 G03 X-5. Y35.078 I-5. J19.
N0538 G01 X-19.
N0540 G03 X-29.355 Y31.3 I-19. J19.
N0542 G01 Z2.
N0544 G00 X10.69 Y22.513
N0546 G01 Z-7. F115
N0548 G02 X14.538 Y31.3 I32. J18.417 F230
N0550 G01 X5.355
N0552 G02 X10.69 Y22.513 I-5. J19.

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0554 G02 X11.078 Y19. I-5. J19.
N0556 G01 Y18.
N0558 G02 X10.672 Y14.411 I-5. J18.
N0560 G03 X11.079 Y18. I-5. J18.
N0562 G01 X11.078 Y19.
N0564 G03 X10.69 Y22.513 I-5. J19.
N0566 G01 Z2.
N0568 G00 X5.355 Y5.7
N0570 G01 Z-7. F115
N0572 G01 X12.033 F230
N0574 G03 X13.162 Y7.645 I12.033 J7.
N0576 G02 X10.673 Y14.411 I32. J18.417
N0578 G02 X-5. Y1.921 I-5. J18.
N0580 G01 X-19. Y1.922
N0582 G02 X-29.355 Y5.7 I-19. J18.
N0584 G03 X-19. Y1.922 I-19. J18.
N0586 G01 X-5.
N0588 G03 X5.355 Y5.7 I-5. J18.
N0590 G01 Z2.
N0592 G00 X-31.3
N0594 G01 Z-7. F115
N0596 G01 X-29.355 F230
N0598 G02 X-35.078 Y18. I-19. J18.
N0600 G01 Y19.
N0602 G02 X-31.3 Y29.355 I-19. J19.
N0604 G03 X-35.078 Y19. I-19. J19.
N0606 G01 Y18.
N0608 G03 X-31.3 Y7.645 I-19. J18.
N0610 G01 Y5.7
N0612 G01 X-35. Y-1.5
N0614 G01 X12.033
N0616 G03 X19.412 Y11.219 I12.033 J7.
N0618 G02 X26.361 Y31.776 I32. J18.417
N0620 G03 X25. Y38.5 I25. J35.
N0622 G01 X-35.
N0624 G03 X-38.5 Y35. I-35. J35.
N0626 G01 Y2.
N0628 G03 X-35. Y-1.5 I-35. J2.
N0630 G01 Z1.
N0632 G00 Z2.
N0634 S2300 M03
N0636 G00 X-29.998 Y31.3
N0638 G00 Z1.
N0640 M08
N0642 G01 Z-10. F115
N0644 G01 X-31.3 F230

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0646 G01 Y29.998
N0648 G02 X-19. Y35.5 I-19. J19.
N0650 G01 X-5.
N0652 G02 X5.998 Y31.3 I-5. J19.
N0654 G03 X-5. Y35.5 I-5. J19.
N0656 G01 X-19.
N0658 G03 X-29.998 Y31.3 I-19. J19.
N0660 G01 Z2.
N0662 G00 X10.89 Y23.445
N0664 G01 Z-10. F115
N0666 G02 X14.538 Y31.3 I32. J18.417 F230
N0668 G01 X5.998
N0670 G02 X11.5 Y19. I-5. J19.
N0672 G01 Y18.
N0674 G02 X10.869 Y13.48 I-5. J18.
N0676 G03 X11.5 Y18. I-5. J18.
N0678 G01 Y19.
N0680 G03 X10.89 Y23.445 I-5. J19.
N0682 G01 Z2.
N0684 G00 X5.998 Y5.7
N0686 G01 Z-10. F115
N0688 G01 X12.033 F230
N0690 G03 X13.162 Y7.645 I12.033 J7.
N0692 G02 X10.869 Y13.48 I32. J18.417
N0694 G02 X-5. Y1.5 I-5. J18.
N0696 G01 X-19.
N0698 G02 X-29.998 Y5.7 I-19. J18.
N0700 G03 X-19. Y1.5 I-19. J18.
N0702 G01 X-5.
N0704 G03 X5.998 Y5.7 I-5. J18.
N0706 G01 Z2.
N0708 G00 X-31.3
N0710 G01 Z-10. F115
N0712 G01 X-29.998 F230
N0714 G02 X-35.5 Y18. I-19. J18.
N0716 G01 Y19.
N0718 G02 X-31.3 Y29.998 I-19. J19.
N0720 G03 X-35.5 Y19. I-19. J19.
N0722 G01 Y18.
N0724 G03 X-31.3 Y7.002 I-19. J18.
N0726 G01 Y5.7
N0728 G01 X-35. Y-1.5
N0730 G01 X12.033
N0732 G03 X19.412 Y11.219 I12.033 J7.
N0734 G02 X26.361 Y31.776 I32. J18.417
N0736 G03 X25. Y38.5 I25. J35.

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0738 G01 X-35.
N0740 G03 X-38.5 Y35. I-35. J35.
N0742 G01 Y2.
N0744 G03 X-35. Y-1.5 I-35. J2.
N0746 G01 Z1.
N0748 G00 Z2.
N0750 S2300 M03
N0752 G00 X-28.649 Y4.351
N0754 G00 Z-3.649
N0756 M08
N0758 G01 X-35. Y-2. Z-10. F115
N0760 G01 X12.033 F230
N0762 G03 X19.846 Y11.467 I12.033 J7.
N0764 G02 X26.555 Y31.316 I32. J18.417
N0766 G03 X25. Y39. I25. J35.
N0768 G01 X-35.
N0770 G03 X-39. Y35. I-35. J35.
N0772 G01 Y2.
N0774 G03 X-35. Y-2. I-35. J2.
N0776 G01 X-28.649 Y4.351 Z-3.649
N0778 G00 Z2.
N0780 G00 X0. Y0. Z100.
N0782 S2300 M03
N0784 G00 X23.5 Z52. B90.
N0786 G00 Z51.
N0788 M08
N0790 G01 Z46. F115
N0792 G03 X26.5 Y0. I25. J0. F230
N0794 G01 Y20.
N0796 G03 X23.5 Y20. I25. J20.
N0798 G01 Y0.
N0800 G00 Z52.
N0802 M05
N0804 M09
N0806 T26 M06
N0808 S4000 M03
N0810 M08
N0812 G00 B0.
N0814 G81 Y2.5 Z-3. B2.5 F300 R78.532
N0816 G79 X35. Y-35. Z0. R78.532
N0818 G79 X20. Y-25.
N0820 G79 X35. Y-15.
N0822 M05
N0824 M09
N0826 T15 M06
N0828 S4200 M03

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0830 M08
N0832 G00 B0.
N0834 G81 X1. Y2.5 Z-3. K10. I5. B2.5 F200
N0836 G79 Y-35. Z0.
N0838 G79 X20. Y-25.
N0840 G79 X35. Y-15.
N0842 M05
N0844 M09
N0846 T28 M06
N0848 S2800 M03
N0850 M08
N0852 G00 B0.
N0854 G81 Y2.5 Z-4. B2.5 F140
N0856 G79 X20. Y-25. Z0.
N0858 M05
N0860 M09
N0862 T18 M06
N0864 S400 M03
N0866 M08
N0868 G00 B0.
N0870 G84 Y6. Z-15. B6. F500
N0872 G79 Z0.
N0874 M05
N0876 M09
N0878T0M6
N0880G58M54
N0882 G18 T13 M06
N0884 G93
N0886 S2300 M03
N0888 G00 X-1. Y52. Z-25. B0.
N0890 G00 Y51.
N0892 M08
N0894 G01 Y47. F115
N0896 G03 X-1. I0. Z-25. K-25. F230
N0898 G01 X-4.
N0900 G03 X-4. I0. Z-25. K-25.
N0902 G01 Y51.
N0904 G00 Y52.
N0906 M05
N0908 M09
N0910 M30

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

De NC-file P10x.NC

%PM

N988888

N0100T0M6

N101 G17

N0102G57M53

N0104 T13 M06

N0106 G93 Y-225.077

N0108 M03 S2300

N0110 G00 X-19. Y454.182 Z-53.703 A8. B0.

N0112 G00 Y454.271 Z-53.072

N0114 M08

N0116 G01 Y454.27 Z-73.071 F115.

N0118 G01 X-5. F230.

N0120 G01 X-3.462 Y454.246 Z-72.661 A7.956 B-.845 R72.993

N0122 G01 X-1.821 Y454.144 Z-71.446 A7.808 B-1.746 R72.106

N0124 G01 X-.224 Y453.955 Z-69.465 A7.56 B-2.623 R70.467

N0126 G01 X1.321 Y453.672 Z-66.717 A7.212 B-3.471 R68.098

N0128 G01 X2.789 Y453.283 Z-63.224 A6.767 B-4.276 R65.008

N0130 G01 X4.157 Y452.777 Z-59.023 A6.23 B-5.028 R61.227

N0132 G01 X5.407 Y452.142 Z-54.16 A5.607 B-5.715 R56.799

N0134 G01 X6.52 Y451.363 Z-48.697 A4.906 B-6.327 R51.78

N0136 G01 X7.478 Y450.432 Z-42.701 A4.136 B-6.854 R46.241

N0138 G01 X8.269 Y449.341 Z-36.244 A3.306 B-7.289 R40.263

N0140 G01 X8.879 Y448.085 Z-29.418 A2.428 B-7.625 R33.952

N0142 G01 X9.3 Y446.668 Z-22.31 A1.513 B-7.857 R27.45

N0144 G01 X9.523 Y445.096 Z-15.022 A.574 B-7.98 R20.978

N0146 G01 X9.56 Y444.077 Z-10.572 A0. B-8. R16.02

N0148 G01 Y443.077

N0150 G01 X9.458 Y441.297 Z-3.254 A-.947 B-7.944 R12.128

N0152 G01 X9.157 Y439.429 Z3.929 A-1.878 B-7.778 R9.983

N0154 G01 X8.66 Y437.507 Z10.882 A-2.781 B-7.504 R11.936

N0156 G01 X7.976 Y435.57 Z17.497 A-3.642 B-7.128 R16.568

N0158 G01 X7.117 Y433.659 Z23.688 A-4.45 B-6.655 R21.982

N0160 G01 X6.094 Y431.82 Z29.38 A-5.195 B-6.092 R27.37

N0162 G01 X4.922 Y430.095 Z34.496 A-5.867 B-5.448 R32.425

N0164 G01 X3.619 Y428.529 Z38.977 A-6.458 B-4.732 R36.995

N0166 G01 X2.202 Y427.162 Z42.765 A-6.96 B-3.954 R40.983

N0168 G01 X.692 Y426.029 Z45.824 A-7.368 B-3.126 R44.325

N0170 G01 X-.887 Y425.159 Z48.117 A-7.677 B-2.259 R46.977

N0172 G01 X-2.514 Y424.573 Z49.619 A-7.883 B-1.365 R48.904

N0174 G01 X-4.135 Y424.285 Z50.33 A-7.986 B-.475 R50.091

N0176 G01 X-5. Y424.25 Z50.397 A-8. B0. R50.572

N0178 G01 X-19.

N0180 G01 X-20.536 Y424.418 Z49.782 A-7.956 B.845 R53.856

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0182 G01 X-22.168 Y424.884 Z48.352 A-7.808 B1.746 R53.521
N0184 G01 X-23.751 Y425.632 Z46.164 A-7.56 B2.623 R52.554
N0186 G01 X-25.277 Y426.646 Z43.215 A-7.212 B3.471 R50.99
N0188 G01 X-26.722 Y427.902 Z39.534 A-6.767 B4.276 R48.891
N0190 G01 X-28.065 Y429.366 Z35.16 A-6.23 B5.028 R46.353
N0192 G01 X-29.288 Y431.001 Z30.14 A-5.607 B5.715 R43.507
N0194 G01 X-30.373 Y432.767 Z24.539 A-4.906 B6.327 R40.537
N0196 G01 X-31.307 Y434.618 Z18.427 A-4.136 B6.854 R37.687
N0198 G01 X-32.075 Y436.512 Z11.877 A-3.306 B7.289 R35.265
N0200 G01 X-32.667 Y438.407 Z4.984 A-2.428 B7.625 R33.624
N0202 G01 X-33.074 Y440.264 Z-2.165 A-1.513 B7.857 R33.095
N0204 G01 X-33.29 Y442.047 Z-9.466 A-.574 B7.98 R33.877
N0206 G01 X-33.326 Y443.077 Z-13.912 A0. B8. R35.361
N0208 G01 Y444.077
N0210 G01 X-33.228 Y445.681 Z-21.232 A.947 B7.944 R37.773
N0212 G01 X-32.936 Y447.142 Z-28.391 A1.878 B7.778 R41.458
N0214 G01 X-32.454 Y448.45 Z-35.292 A2.781 B7.504 R45.715
N0216 G01 X-31.791 Y449.603 Z-41.829 A3.642 B7.128 R50.242
N0218 G01 X-30.955 Y450.604 Z-47.918 A4.45 B6.655 R54.793
N0220 G01 X-29.958 Y451.46 Z-53.485 A5.195 B6.092 R59.175
N0222 G01 X-28.814 Y452.179 Z-58.455 A5.867 B5.448 R63.237
N0224 G01 X-27.537 Y452.773 Z-62.773 A6.458 B4.732 R66.859
N0226 G01 X-26.145 Y453.254 Z-66.38 A6.96 B3.954 R69.945
N0228 G01 X-24.657 Y453.632 Z-69.244 A7.368 B3.126 R72.423
N0230 G01 X-23.094 Y453.917 Z-71.334 A7.677 B2.259 R74.241
N0232 G01 X-21.479 Y454.119 Z-72.621 A7.883 B1.365 R75.355
N0234 G01 X-19.864 Y454.238 Z-73.12 A7.986 B.475 R75.75
N0236 G01 X-19. Y454.27 Z-73.071 A8. B0. R75.635
N0238 G01 Z-67.071
N0240 G01 Y454.271 Z-65.073
N0242 G01 X-20.536 Y454.197 Z-65.012 A7.956 B.845 R67.984
N0244 G01 X-22.206 Y454.039 Z-64.148 A7.804 B1.767 R68.031
N0246 G01 X-23.883 Y453.786 Z-62.388 A7.535 B2.696 R67.343
N0248 G01 X-25.488 Y453.436 Z-59.76 A7.155 B3.588 R65.886
N0250 G01 X-26.999 Y452.976 Z-56.284 A6.667 B4.432 R63.697
N0252 G01 X-28.394 Y452.394 Z-51.998 A6.077 B5.213 R60.835
N0254 G01 X-29.649 Y451.676 Z-46.956 A5.393 B5.918 R57.389
N0256 G01 X-30.745 Y450.81 Z-41.217 A4.623 B6.536 R53.477
N0258 G01 X-31.664 Y449.78 Z-34.874 A3.78 B7.056 R49.262
N0260 G01 X-32.391 Y448.581 Z-28.009 A2.875 B7.469 R44.963
N0262 G01 X-32.917 Y447.206 Z-20.729 A1.922 B7.767 R40.861
N0264 G01 X-33.231 Y445.66 Z-13.134 A.934 B7.946 R37.316
N0266 G01 X-33.326 Y444.077 Z-5.913 A0. B8. R34.789
N0268 G01 Y443.077
N0270 G01 X-33.216 Y441.244 Z1.872 A-1.004 B7.937 R33.558
N0272 G01 X-32.887 Y439.311 Z9.557 A-1.99 B7.75 R33.758

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0274 G01 X-32.347 Y437.316 Z16.999 A-2.94 B7.443 R35.395
N0276 G01 X-31.605 Y435.301 Z24.102 A-3.842 B7.022 R38.144
N0278 G01 X-30.671 Y433.317 Z30.748 A-4.681 B6.495 R41.588
N0280 G01 X-29.562 Y431.414 Z36.848 A-5.446 B5.869 R45.335
N0282 G01 X-28.293 Y429.645 Z42.317 A-6.126 B5.155 R49.072
N0284 G01 X-26.883 Y428.061 Z47.066 A-6.71 B4.366 R52.553
N0286 G01 X-25.355 Y426.706 Z51.039 A-7.191 B3.514 R55.596
N0288 G01 X-23.732 Y425.621 Z54.197 A-7.564 B2.612 R58.078
N0290 G01 X-22.042 Y424.837 Z56.497 A-7.824 B1.676 R59.905
N0292 G01 X-20.384 Y424.39 Z57.87 A-7.964 B.761 R61.
N0294 G01 X-19. Y424.25 Z58.395 A-8. B0. R61.382
N0296 G01 X-5.
N0298 G01 X-3.461 Y424.369 Z58.131 A-7.956 B-.845 R58.421
N0300 G01 X-1.783 Y424.798 Z57.047 A-7.804 B-1.767 R57.654
N0302 G01 X-.091 Y425.559 Z55.066 A-7.535 B-2.696 R56.07
N0304 G01 X1.535 Y426.623 Z52.229 A-7.155 B-3.588 R53.659
N0306 G01 X3.071 Y427.964 Z48.556 A-6.667 B-4.432 R50.452
N0308 G01 X4.494 Y429.543 Z44.089 A-6.077 B-5.213 R46.485
N0310 G01 X5.777 Y431.318 Z38.888 A-5.393 B-5.918 R41.816
N0312 G01 X6.901 Y433.238 Z33.01 A-4.623 B-6.536 R36.519
N0314 G01 X7.846 Y435.249 Z26.554 A-3.78 B-7.056 R30.706
N0316 G01 X8.595 Y437.3 Z19.604 A-2.875 B-7.469 R24.547
N0318 G01 X9.137 Y439.34 Z12.267 A-1.922 B-7.767 R18.351
N0320 G01 X9.461 Y441.322 Z4.645 A-.934 B-7.946 R12.918
N0322 G01 X9.56 Y443.077 Z-2.573 A0. B-8. R10.22
N0324 G01 Y444.077
N0326 G01 X9.446 Y445.832 Z-10.36 A1.004 B-7.937 R11.96
N0328 G01 X9.106 Y447.42 Z-18.015 A1.99 B-7.75 R17.103
N0330 G01 X8.549 Y448.83 Z-25.398 A2.94 B-7.443 R23.492
N0332 G01 X7.785 Y450.056 Z-32.414 A3.842 B-7.022 R30.067
N0334 G01 X6.825 Y451.099 Z-38.945 A4.681 B-6.495 R36.437
N0336 G01 X5.688 Y451.968 Z-44.906 A5.446 B-5.869 R42.402
N0338 G01 X4.39 Y452.674 Z-50.212 A6.126 B-5.155 R47.834
N0340 G01 X2.952 Y453.23 Z-54.778 A6.71 B-4.366 R52.631
N0342 G01 X1.4 Y453.654 Z-58.553 A7.191 B-3.514 R56.714
N0344 G01 X-.243 Y453.957 Z-61.498 A7.564 B-2.612 R60.034
N0346 G01 X-1.948 Y454.154 Z-63.577 A7.824 B-1.676 R62.553
N0348 G01 X-3.614 Y454.252 Z-64.73 A7.964 B-.761 R64.219
N0350 G01 X-5. Y454.271 Z-65.073 A8. B0. R65.048
N0352 G01 X-19.
N0354 G01 Y454.27 Z-62.97
N0356 G01 X-5.
N0358 G01 X-3.461 Y454.246 Z-62.559 A7.956 B-.845 R62.911
N0360 G01 X-1.782 Y454.14 Z-61.313 A7.804 B-1.767 R61.997
N0362 G01 X-.061 Y453.93 Z-59.118 A7.529 B-2.712 R60.228
N0364 G01 X1.588 Y453.611 Z-56.05 A7.14 B-3.617 R57.595

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0366 G01 X3.146 Y453.166 Z-52.128 A6.64 B-4.472 R54.148
N0368 G01 X4.583 Y452.582 Z-47.399 A6.035 B-5.262 R49.921
N0370 G01 X5.876 Y451.843 Z-41.915 A5.332 B-5.972 R44.972
N0372 G01 X7.003 Y450.934 Z-35.768 A4.543 B-6.592 R39.386
N0374 G01 X7.943 Y449.842 Z-29.036 A3.678 B-7.109 R33.275
N0376 G01 X8.679 Y448.56 Z-21.827 A2.751 B-7.515 R26.796
N0378 G01 X9.199 Y447.088 Z-14.251 A1.776 B-7.802 R20.226
N0380 G01 X9.492 Y445.432 Z-6.433 A.769 B-7.963 R14.214
N0382 G01 X9.559 Y444.077 Z-.47 A0. B-8. R10.519
N0384 G01 Y443.077
N0386 G01 X9.442 Y441.154 Z7.419 A-1.021 B-7.935 R10.789
N0388 G01 X9.091 Y439.13 Z15.14 A-2.022 B-7.742 R14.834
N0390 G01 X8.516 Y437.052 Z22.567 A-2.987 B-7.425 R20.89
N0392 G01 X7.727 Y434.969 Z29.577 A-3.9 B-6.99 R27.345
N0394 G01 X6.736 Y432.931 Z36.068 A-4.748 B-6.446 R33.631
N0396 G01 X5.564 Y430.997 Z41.942 A-5.518 B-5.801 R39.501
N0398 G01 X4.228 Y429.221 Z47.117 A-6.199 B-5.067 R44.808
N0400 G01 X2.753 Y427.655 Z51.511 A-6.78 B-4.256 R49.445
N0402 G01 X1.16 Y426.347 Z55.073 A-7.254 B-3.382 R53.335
N0404 G01 X-.521 Y425.333 Z57.761 A-7.615 B-2.46 R56.424
N0406 G01 X-2.262 Y424.644 Z59.54 A-7.858 B-1.504 R58.673
N0408 G01 X-3.904 Y424.309 Z60.374 A-7.977 B-.602 R60.042
N0410 G01 X-5. Y424.25 Z60.498 A-8. B0. R60.602
N0412 G01 X-19.
N0414 G01 X-20.536 Y424.418 Z59.883 A-7.956 B.845 R63.359
N0416 G01 X-22.206 Y424.898 Z58.416 A-7.804 B1.767 R62.9
N0418 G01 X-23.912 Y425.724 Z55.998 A-7.529 B2.712 R61.692
N0420 G01 X-25.54 Y426.852 Z52.716 A-7.14 B3.617 R59.733
N0422 G01 X-27.073 Y428.253 Z48.595 A-6.64 B4.472 R57.102
N0424 G01 X-28.481 Y429.887 Z43.684 A-6.035 B5.262 R53.888
N0426 G01 X-29.746 Y431.704 Z38.039 A-5.332 B5.972 R50.219
N0428 G01 X-30.844 Y433.651 Z31.754 A-4.543 B6.592 R46.278
N0430 G01 X-31.758 Y435.675 Z24.91 A-3.678 B7.109 R42.315
N0432 G01 X-32.473 Y437.722 Z17.617 A-2.751 B7.515 R38.653
N0434 G01 X-32.977 Y439.741 Z9.988 A-1.776 B7.802 R35.7
N0436 G01 X-33.261 Y441.687 Z2.149 A-.769 B7.963 R33.893
N0438 G01 X-33.326 Y443.077 Z-3.81 A0. B8. R33.437
N0440 G01 Y444.077
N0442 G01 X-33.212 Y445.8 Z-11.702 A1.021 B7.935 R34.378
N0444 G01 X-32.872 Y447.357 Z-19.393 A2.022 B7.742 R36.69
N0446 G01 X-32.315 Y448.735 Z-26.759 A2.987 B7.425 R40.061
N0448 G01 X-31.548 Y449.932 Z-33.677 A3.9 B6.99 R44.051
N0450 G01 X-30.585 Y450.955 Z-40.05 A4.748 B6.446 R48.269
N0452 G01 X-29.441 Y451.813 Z-45.78 A5.518 B5.801 R52.411
N0454 G01 X-28.135 Y452.517 Z-50.787 A6.199 B5.067 R56.245
N0456 G01 X-26.686 Y453.084 Z-54.993 A6.78 B4.256 R59.593

Bijlage 6 - De CLS-files en de NC-files

N0458 G01 X-25.119 Y453.527 Z-58.351 A7.254 B3.382 R62.327
N0460 G01 X-23.457 Y453.861 Z-60.822 A7.615 B2.46 R64.358
N0462 G01 X-21.729 Y454.093 Z-62.374 A7.858 B1.504 R65.62
N0464 G01 X-20.095 Y454.226 Z-62.991 A7.977 B.602 R66.085
N0466 G01 X-19. Y454.27 Z-62.97 A8. B0. R65.946
N0468 G01 Y454.271 Z-42.97
N0470 G00 Y452.79 Z-53.507
N0472 G00 Z100 M05
N0474 M09
N0476 M30

BIJLAGE 7 - overzicht postprocessor commands.

Het postprocessorcommandomenu dat bij freesbewerkingen wordt gebruikt ziet er als volgt uit:

Milling postprocessor commands

STARTUP POSTPROCESSOR COMMANDS

1 ORIGIN/	- status
2 SEQNO/	- status
3 LOAD/	- status
4 SELECT/	- status
5 SPINDL/	- status
6 DELAY/	- status
7 COOLNT/	- status
8 SET/	- status
9 ROTATE/	- status
10 CLAMP/	- status
11 CUTCOM	- status
12 CYCLE/	- status
13 TEXT#1/	- status
14 TEXT#2/	- status

AA RETRIEVE OTHER FEATURES

Bovenstaande commando's hebben de volgende betekenis:

Origin	legt de positie van het machine referentiecoördinaten-systeemnulpunt vast t.o.v. het nulpunt van het werkstuk coördinatensysteem, het WCS.
Seqno	Zie [lit.9, pag. 4.76].
Load/tool	genereert een code voor een gereedschapwissel.
Select	genereert de juiste code om het gereedschap dat gebruikt gaat worden, te selecteren, en om het gereedschap in de juiste positie om te wisselen te brengen.
Spindl	genereert een code om de spindelrotatie vast te leggen.
Delay	genereert een code om om een vertraging in te bouwen, deze vertraging kan zowel gedefinieerd worden in seconden als in asomwentelingen.
Coolnt	genereert een code om de koeling in- dan wel uit te schakelen.
Set	genereert een code om diverse voorbereidende functies vast te leggen.
Rotate	genereert een code om de werkstuktafel of de bewerkingskop te roteren, aansluitend bij de parameters die gedefinieerd worden in de MDF.
Clamp	genereert een code om de werkstuktafel te klemmen of ontklemmen.
Cutcom	activeert een register dat radiuscorrectie toepast op gereedschapbanen die gemaakt worden door gereedschappen die niet meer hun nominale afmetingen hebben.

Bijlage 7 - Overzicht postprocessorcommands

Cycle	wordt gebruikt om een vorige cyclysdefinitie op te roepen, veranderen, of af te breken.
Text	kan gebruikt worden om andere dan bovenbeschreven commando's in te geven.

Het invullen van het postprocessorcommands menu gaat als volgt:

- 1 Ga vanuit het parametermenu via 4 Machine Control, AA, Retriev Other Features, 2 Reorder Post-commands, naar het op de vorige pagina beschreven menu. Op de plaatsen waar 'status' staat, kan een cijfer ingevuld worden. De postcommands worden als volgt gerangschikt: het commando met het laagste cijfer komt vooraan, dan het erop volgende nummer, enz., te beginnen met 1.
- 2 Vul de nummers in achter die postcommands, die nodig zijn, en in de juiste volgorde. De overige commando's, die dus niet nodig zijn, krijgen de waarde 0.
- 3 Na Entry Complete, kan onder 1 Retrieve Post Parameters gekeken worden of de instelling inderdaad klopt.

De postprocessorcommands vormen de programmakop. De volgende programmakop is actief bij de gegenereerde Toolpaths :

```
1 INSERT/T0M6
2 INSERT/G57M53
3 LOAD/TOOL,35,HEAD,REAR
4 SET/SWITCH,ON
5 SPINDL/1700,CLW
6 COOLNT/ON
```

Hierbij kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden:

- INSERT geeft de mogelijkheid om een commando in te voegen.
- T0M6 houdt in dat het vorig gebruikte gereedschap gewisseld wordt.
- G54-G59 zijn nulpuntverschuivingen.
- M53 houdt in: verticale kop wegdraaien, dus vlakkeuze XY, horizontaal.
- M54 houdt in: verticale kop indraaien, dus vlakkeuze XZ, vertikaal.
- SET/SWITCH,ON houdt in: nulpuntverschuiving absoluut.
- SPINDL/ geeft het hoofdspindeltoerental.
- COOLNT/ geeft aan of het koelmiddel aan of uit staat.

Bij herhaald gebruik van een gereedschap in opeenvolgende gereedschapbanen vallen de commando's 1 en 3 weg.

Commando 2 is slechts nodig in het eerste Toolpath van een CLS-file.

Commando 4 is ook slechts nodig in het eerste Toolpath van een CLS-file, en bij wisselen van bewerkingsvlak binnen een CLS-file.

De relatie tussen G-codes en postprocessorcommando's wordt hieronder gegeven.

Bijlage 7 - Overzicht postprocessorcommands

M.F.*	BETEKENIS	POSTPR.COMMANDO
%PM	Begin programma	Geen, automatisch
N(1-8999)	Regelnummer	Geen, automatisch
G00	IJlgang	RAPID GOTO/
G01	Lineaire interpolatie	GOTO/
G02	Cirkelinterpolatie rechtsom	CIRCLE/
G03	Cirkelinterpolatie linksom	CIRCLE/
G17	Vlakkeuze XY, horizontaal	LOAD/HEAD,REAR
G18	Vlakkeuze XZ, vertikaal	LOAD/HEAD,HIGH
G40	Radiuscorrectie uit	CUTCOM/OFF
G41	Radiuscorrectie links	CUTCOM/LEFT
G42	Radiuscorrectie rechts	CUTCOM/RIGHT
G53	Nulpuntverschuiving wissen	ZERO/0
G54/G59	Nulpuntverschuiving 1 t/m 6	ZERO/1..6
G79	Cyclusoproep	Geen, automatisch
G81	Boorcyclus	CYCLE/DRILL
G83	Diepboorcyclus	CYCLE/DRILL,BRKCHP
G84	Tapcyclus	CYCLE/TAP
G85	Ruimcyclus	CYCLE/BORE
G86	Kottercyclus	CYCLE/BORE,DRAG
G93	Nulpuntverschuiving absoluut	SET/SWITCH,ON
G95	Voeding in mm/omw.	FEDRAT/MMPR
X	Weginformatie in mm.	Geen, automatisch
Y	Weginformatie in mm.	Geen, automatisch
Z	Weginformatie in mm.	Geen, automatisch
B	Weginformatie in graden	Geen, automatisch
I	Cirkelmiddelpunt X-richting	Geen, automatisch
J	Cirkelmiddelpunt Y-richting	Geen, automatisch

Bijlage 7 - Overzicht postprocessorcommands

M.F.*	BETEKENIS	POSTPR.COMMANDO
K	Cirkelmiddelpunt Z-richting	Geen, automatisch
F	Voeding in mm/min	FEDRAT/MMPM
S	Hoofdspiltoerental omw/min.	SPINDL/
T	Gereedschapnummer	LOAD/TOOL
M03	Hoofdspil rechtsom	SPINDL/....,CLW
M04	Hoofdspil linksom	SPINDL/....,CCLW
M05	Hoofdspil stop	SPINDL/OFF
M06	Gereedschapwissel	Geen, automatisch
M08	Koelmiddel aan	COOLNT/ON
M09	Koelmiddel uit	COOLNT/OFF
M30	Einde programma	END
M53	Vertikale kop wegdraaien	LOAD/HEAD,REAR
M54	Vertikale kop indraaien	LOAD/HEAD,HIGH

* M.F. betekent machinefunctie.

BIJLAGE 8 - Overzicht coördinatensystemen.

Unigraphics II gebruikt meerdere coördinatensystemen. Elk coördinaatsysteem heeft zijn eigen toepassing. Twee systemen zijn universeel geldig, namelijk het Absolute Coordinate system (ACS), en het Work Coordinate System (WCS).

Twee andere systemen worden alleen in de Manufacturing Operations module gebruikt. Dit zijn het Machine Coordinate System (MCS) en het Reference Coordinate System (RCS).

Hieronder zullen een aantal overeenkomsten en verschillen tussen deze vier systemen worden belicht.

WCS Het WCS is het coördinatensysteem dat gebruikt wordt bij het ontwerpen en aanmaken van Parts. T.o.v. het WCS worden alle posities en oriëntaties ingevoerd. Het WCS wordt gedefinieerd t.o.v. het ACS.

ACS Dit is de moeder van alle genoemde coördinatensystemen. Het is ergens diep in het geheugen van UG II opgeslagen en het is onmogelijk om het te veranderen. Ten opzichte van het ACS worden de andere systemen gedefinieerd.

MCS is het basis coördinatensysteem voor het vastleggen van posities en oriëntaties in de CLSF. Het is een hulpcoördinatensysteem dat op een andere positie dan het WCS gelegd kan worden. Dit heeft als voordeel dat voor verschillende bewerkingen, die verschillende posities van het WCS vereisen, het MCS op verschillende plaatsen gelegd kan worden zonder dat het WCS hoeft te worden verplaatst. Het is dus te beschouwen als een tijdelijke copie van het WCS.

RCS wordt gebruikt om ingegeven parameters te repositioneren wanneer het gebied van het werkstuk, waar op dat moment wordt gewerkt, is verplaatst van positie in het Part. Dit voorkomt dat allerlei vectoren, vlakken, enz. moeten worden gerepositioneerd t.o.v. de nieuwe positie en/of oriëntatie. Het UG II systeem slaat elke parameter op tesamen met een copie van het op dat moment actieve RCS.

De volgende opmerkingen zijn te maken: (overgenomen uit [lit.6, pag. 1-11])

- het RCS is default gelijk aan het ACS,
- het MCS is default gelijk aan het ACS,
- draaibewerkingparameters worden ingegeven t.o.v. het MCS,
- freesbewerkingparameters worden ingegeven t.o.v. het WCS,
- alle parameters worden gecontroleerd t.o.v. het ACS en MCS,
- parametersets worden opgehaald en gerepositioneerd t.o.v. het RCS,
- tool paths worden gegenereerd en opgeslagen in de CLSF t.o.v. het MCS,
- gelijktijdig kunnen worden ingesteld: MCS, RCS, WCS,
- in de CLSF wordt het MCS ook wel MSYS genoemd.

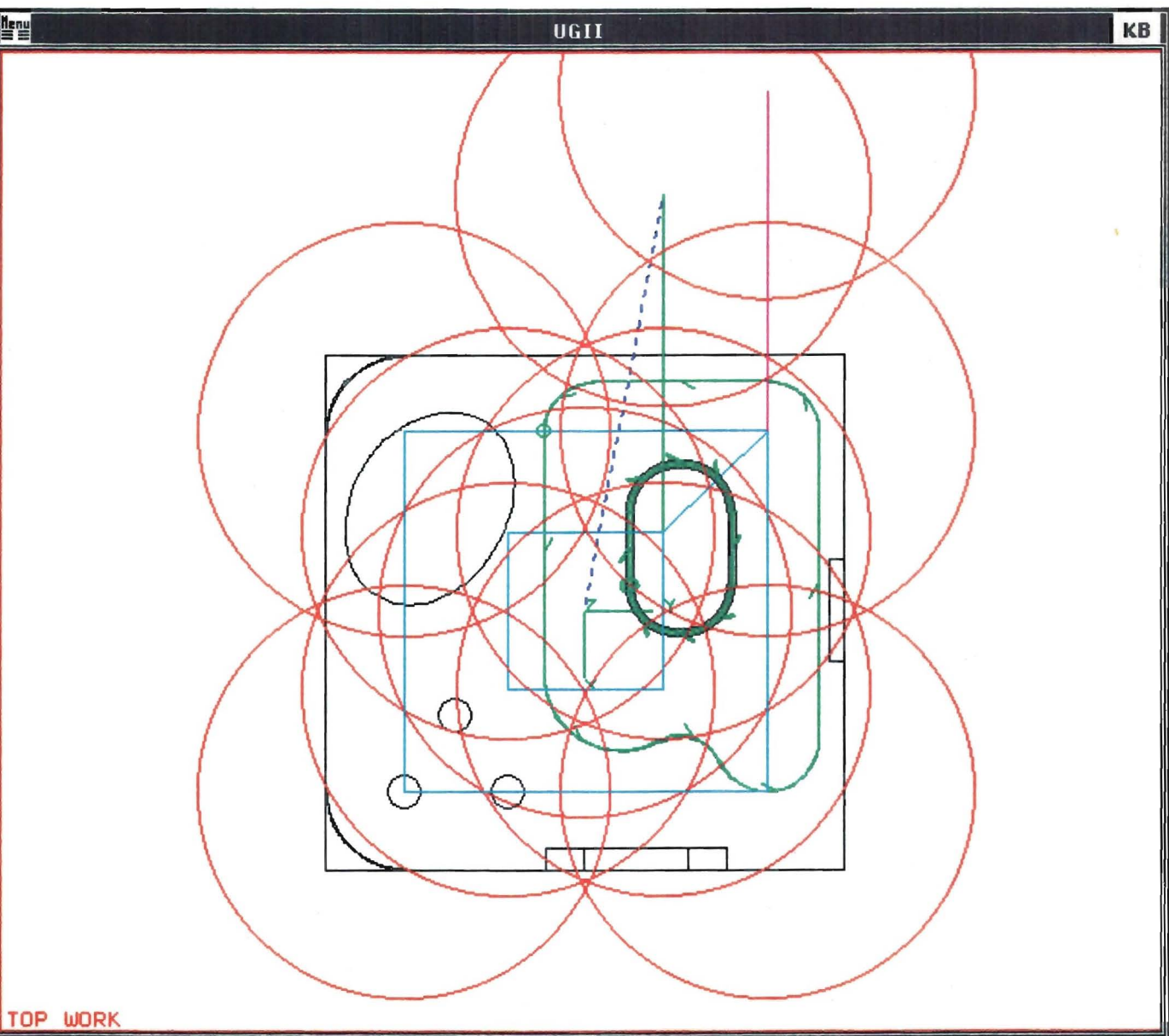
BIJLAGE 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen.

Op de volgende pagina's staan afbeeldingen van de bewerkingen aan het testprodukt. Aangezien een aantal bewerkingen nagenoeg identiek zijn, zijn een aantal bewerkingen weggelaten. Dit zijn:

- het nafrezen van de ellipsvormige kamer,
- het frezen van de gracht op niveau -7,
- het frezen van de gracht op niveau -10.

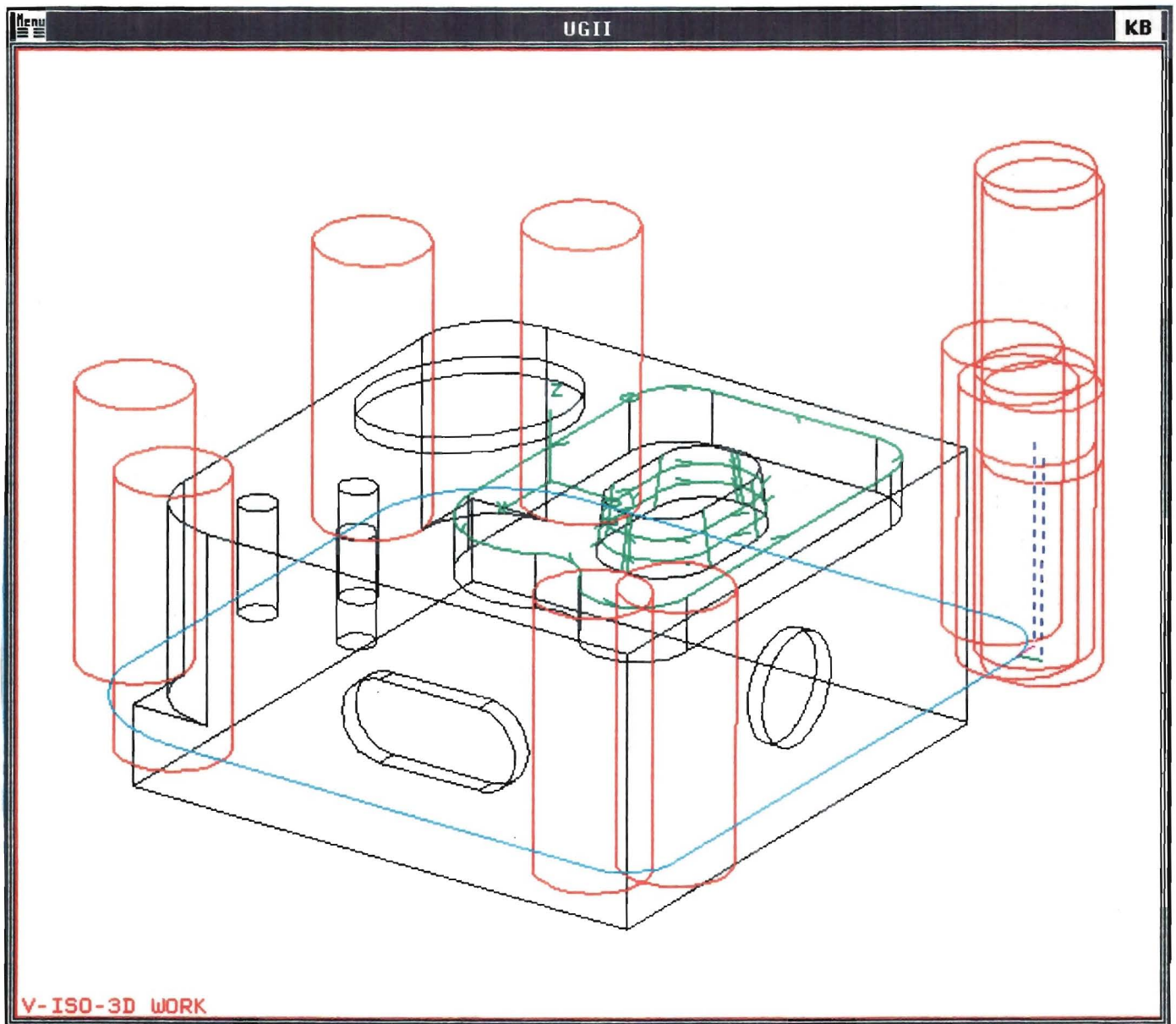
Elke bewerking is afgebeeld vanuit het view dat het beste aanzicht oplevert, en het meest duidelijke beeld van de bewerking scheidt.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



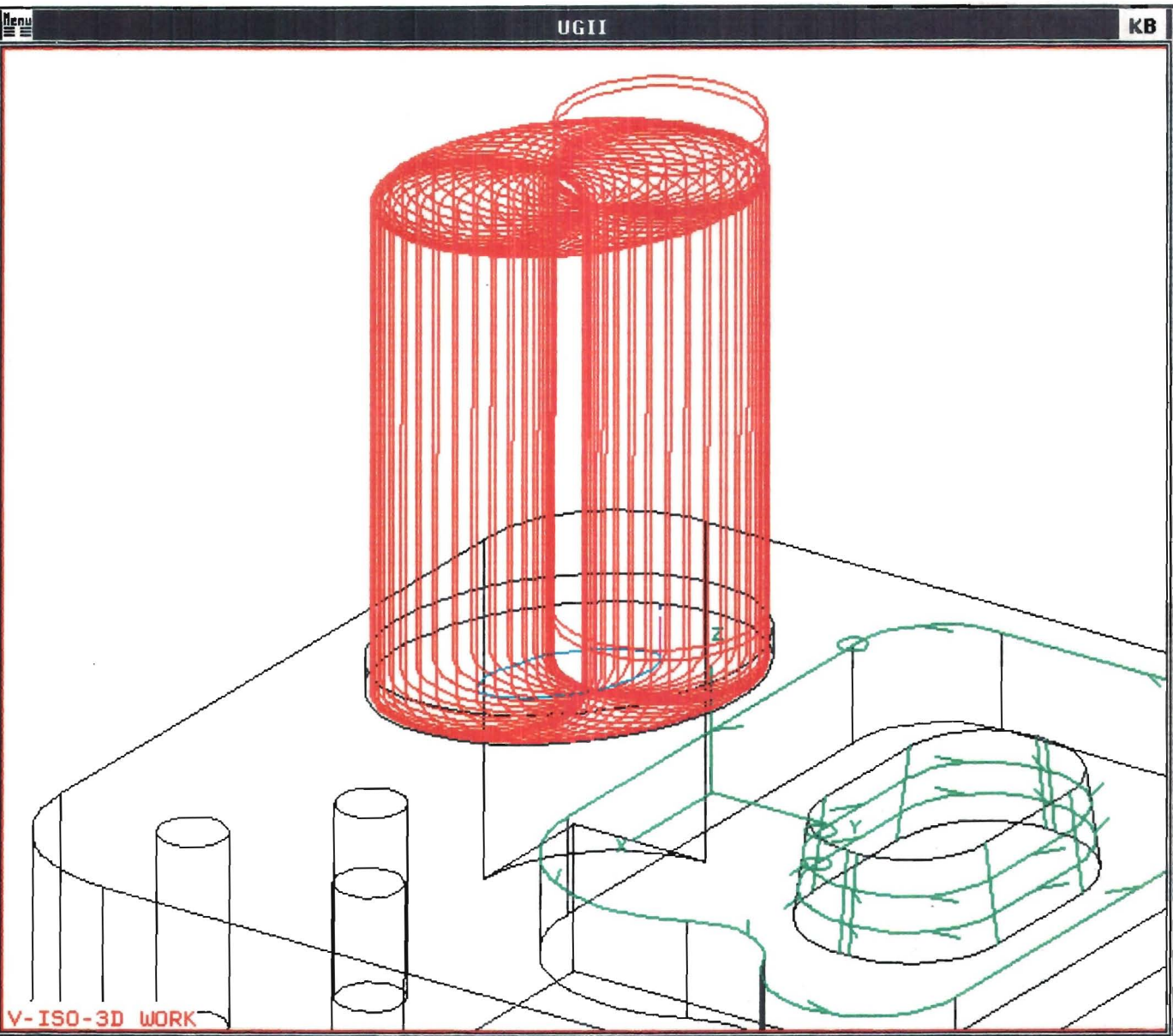
De eerste bewerking: het afvlakken van het bovenzvlak.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



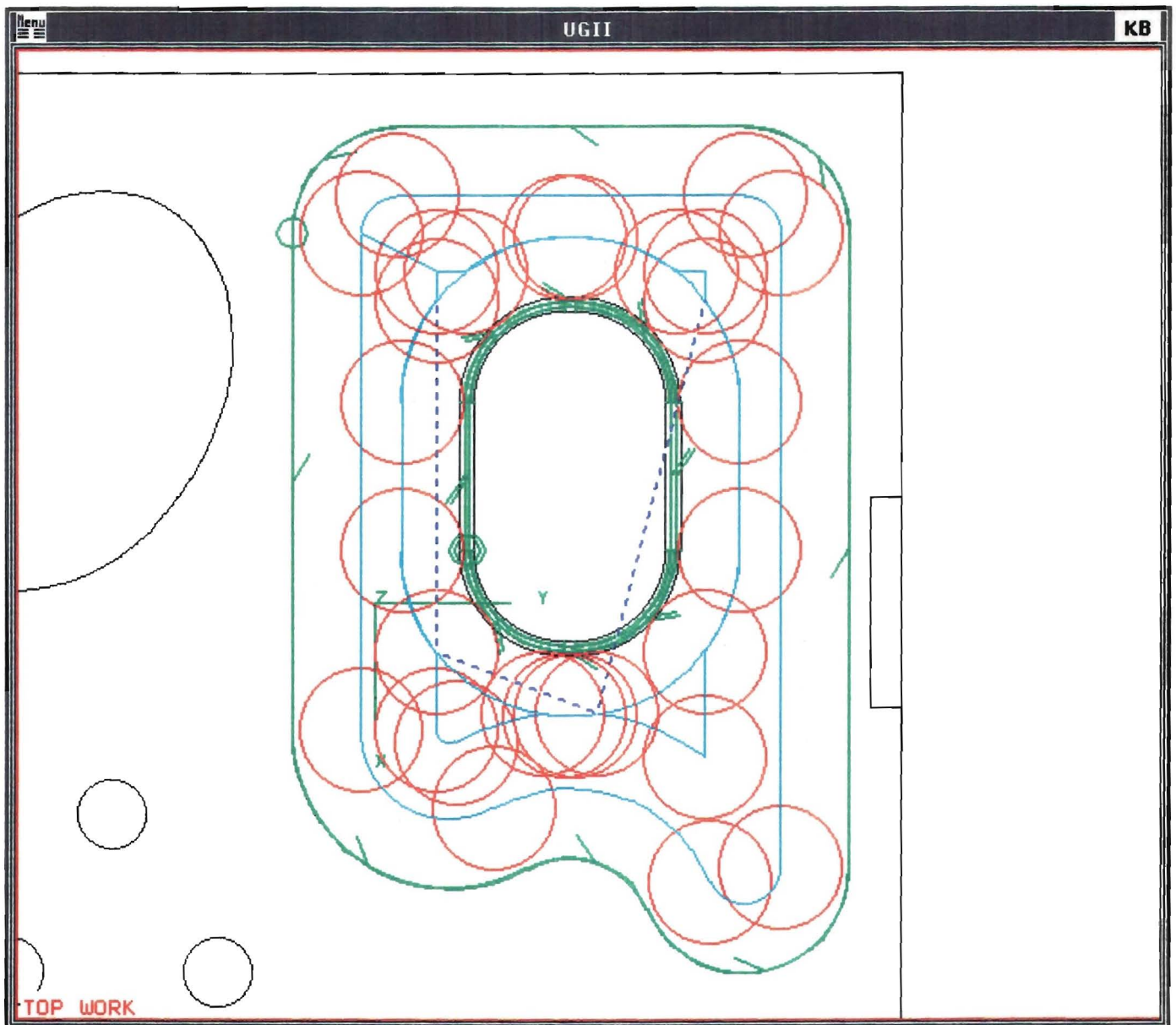
De tweede bewerking: het afvlakken van de zijkanten van het blokje.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



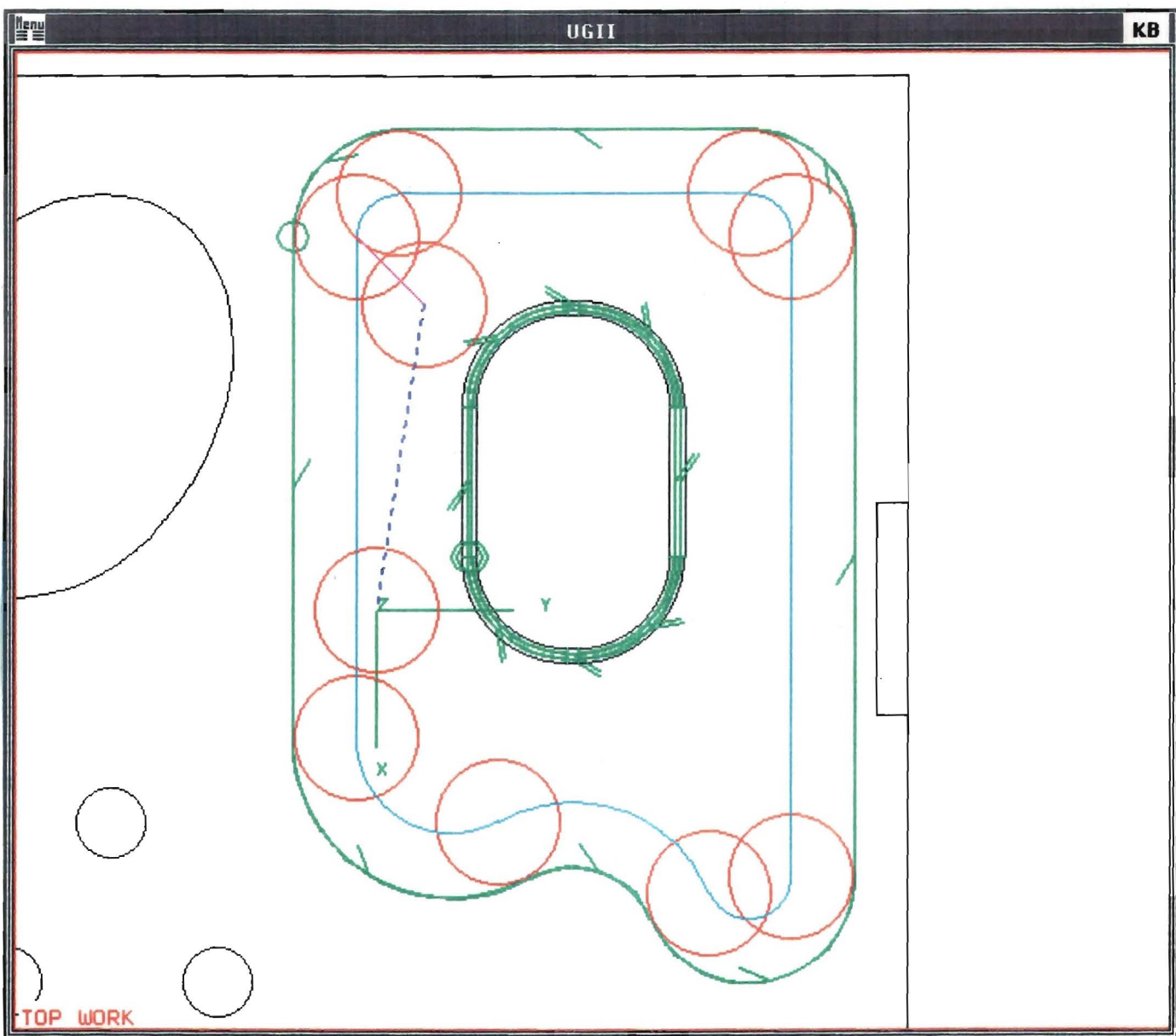
De derde bewerking: het voorfrezen van de ellipsvormige kamer.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



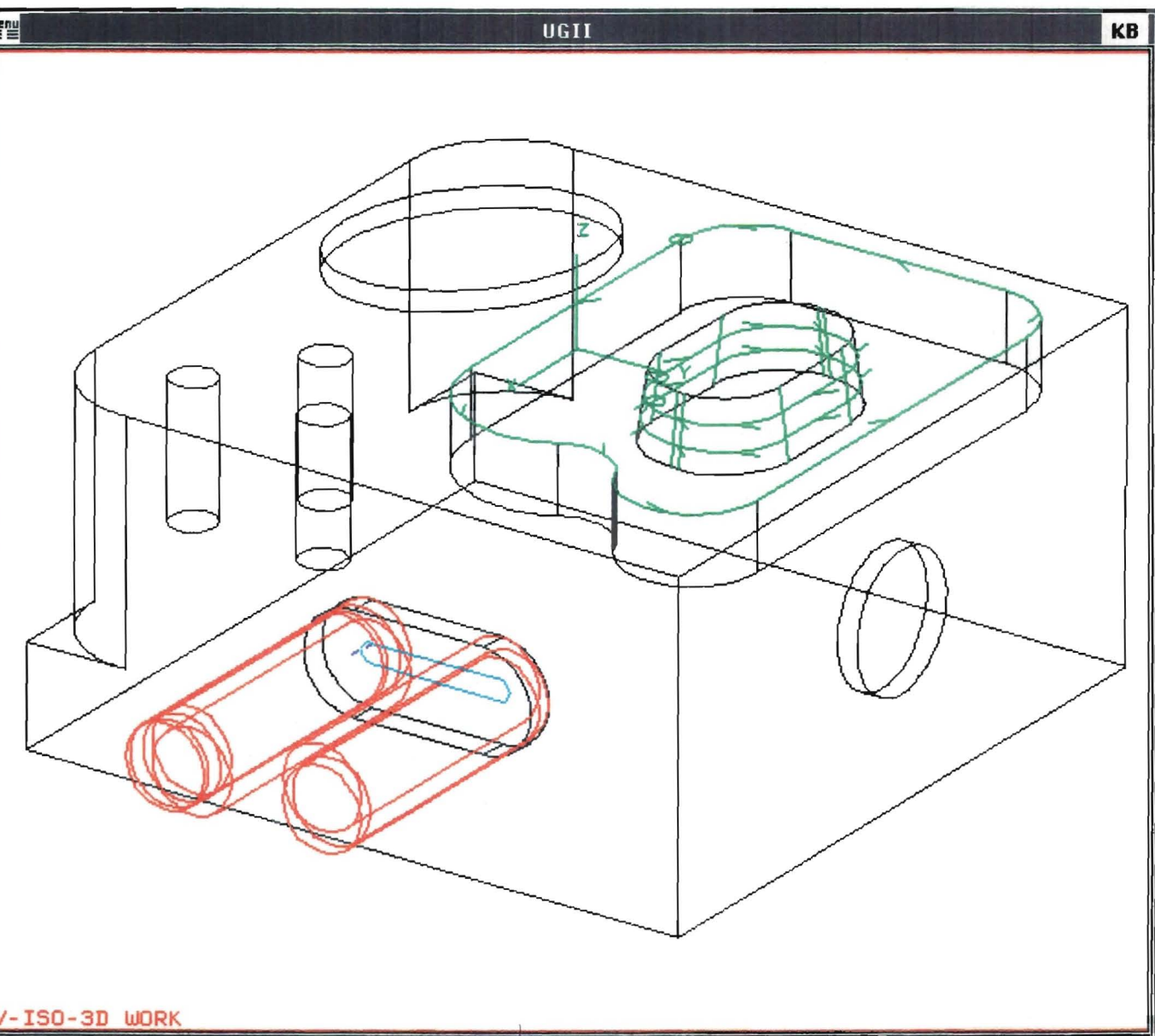
De vijfde bewerking: het voorfrezem van de gracht op niveau -3,5.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



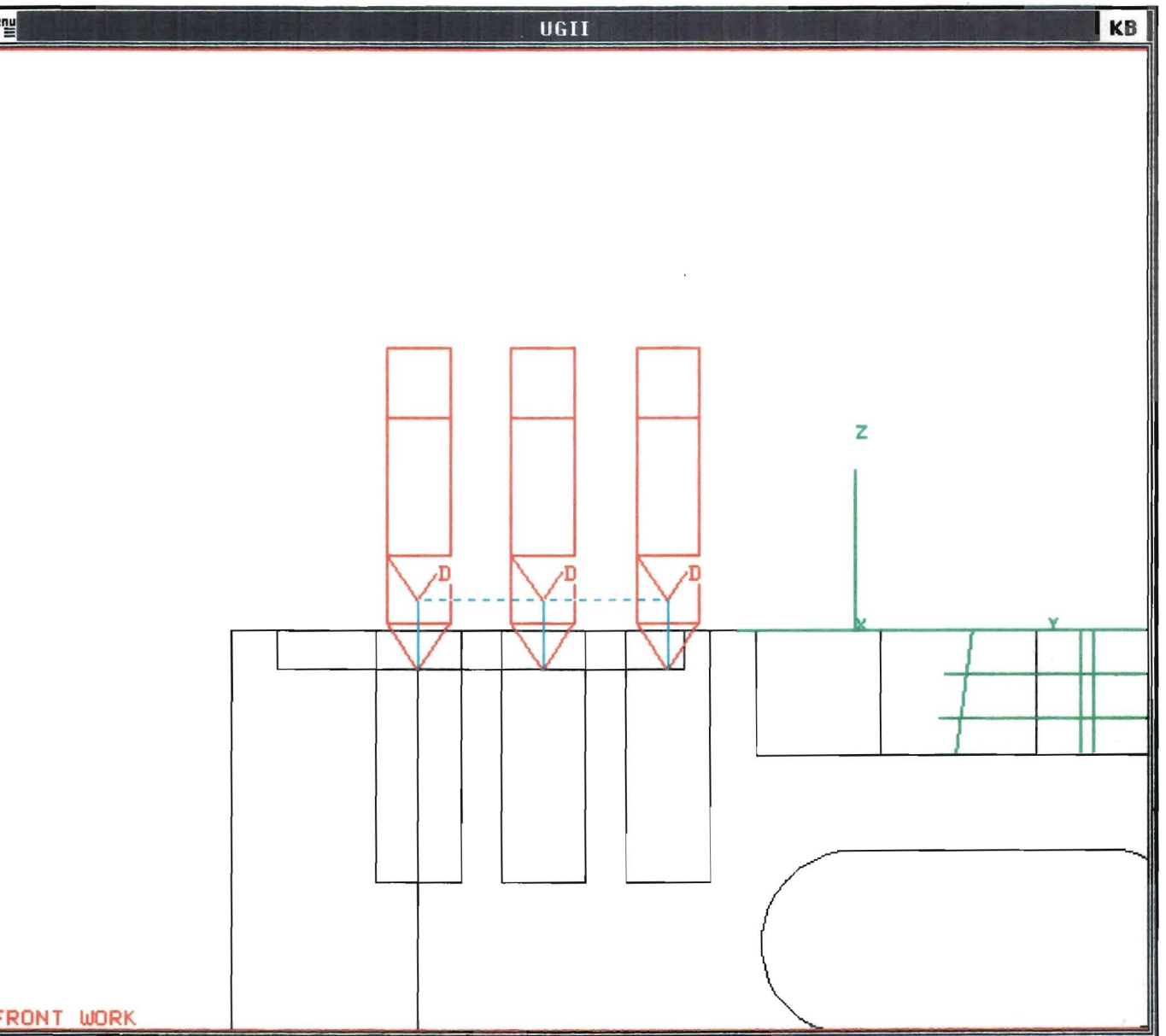
De achtste bewerking: het nafrezen van de grachtrand.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



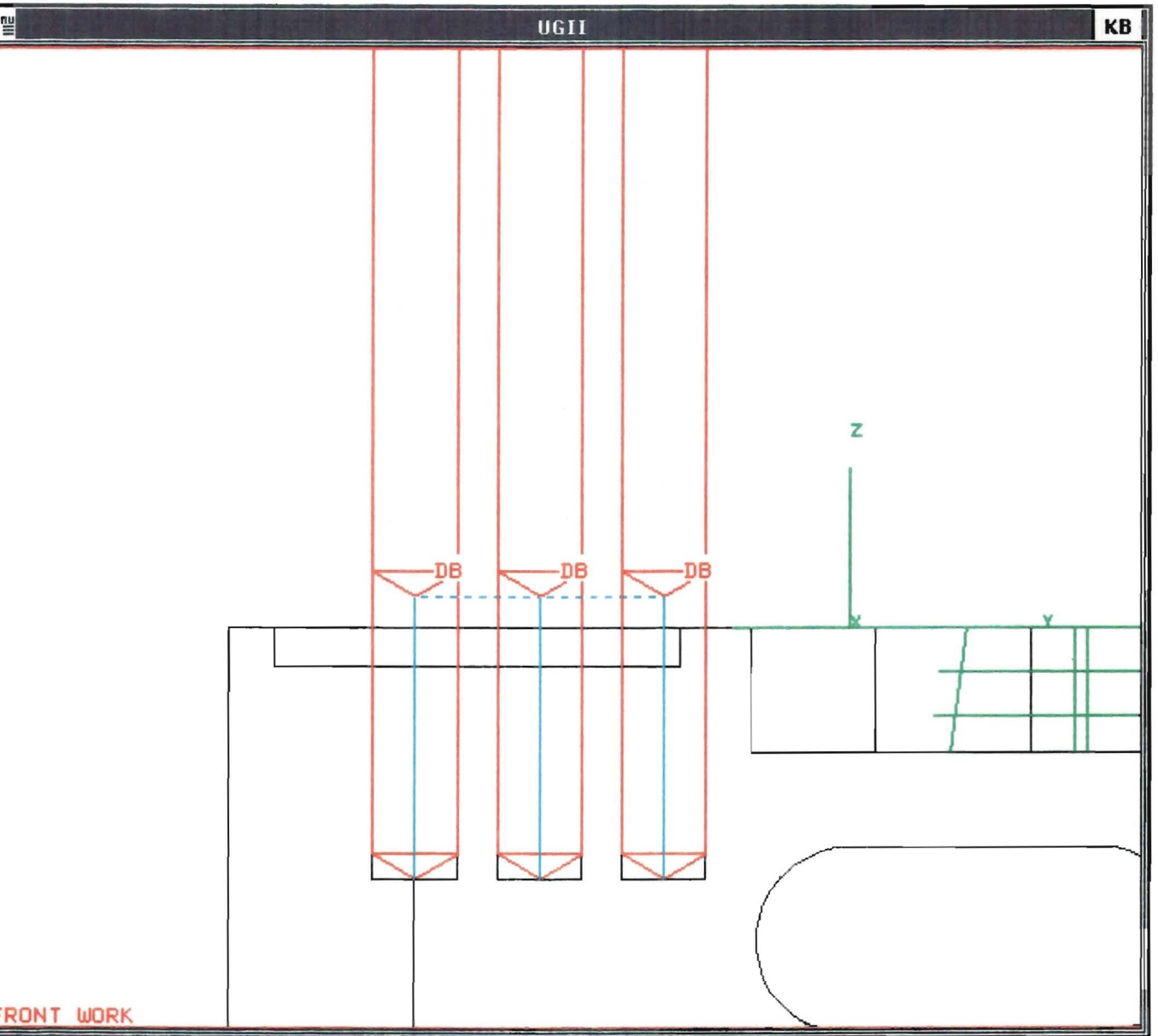
De negende bewerking: het frezen van de spiebaan in het zijvlak.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



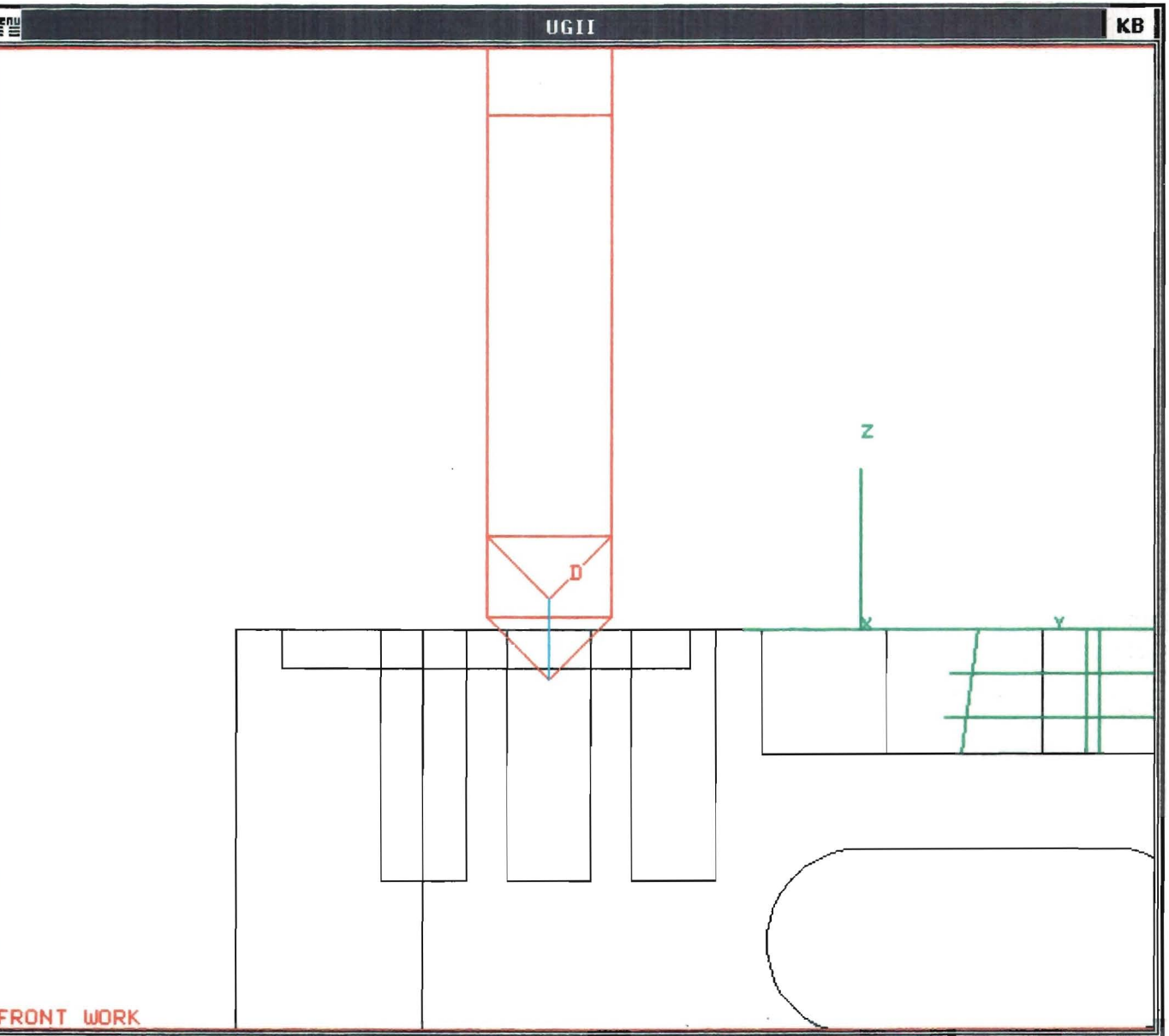
De tiende bewerking: het centeren van de drie gaten.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



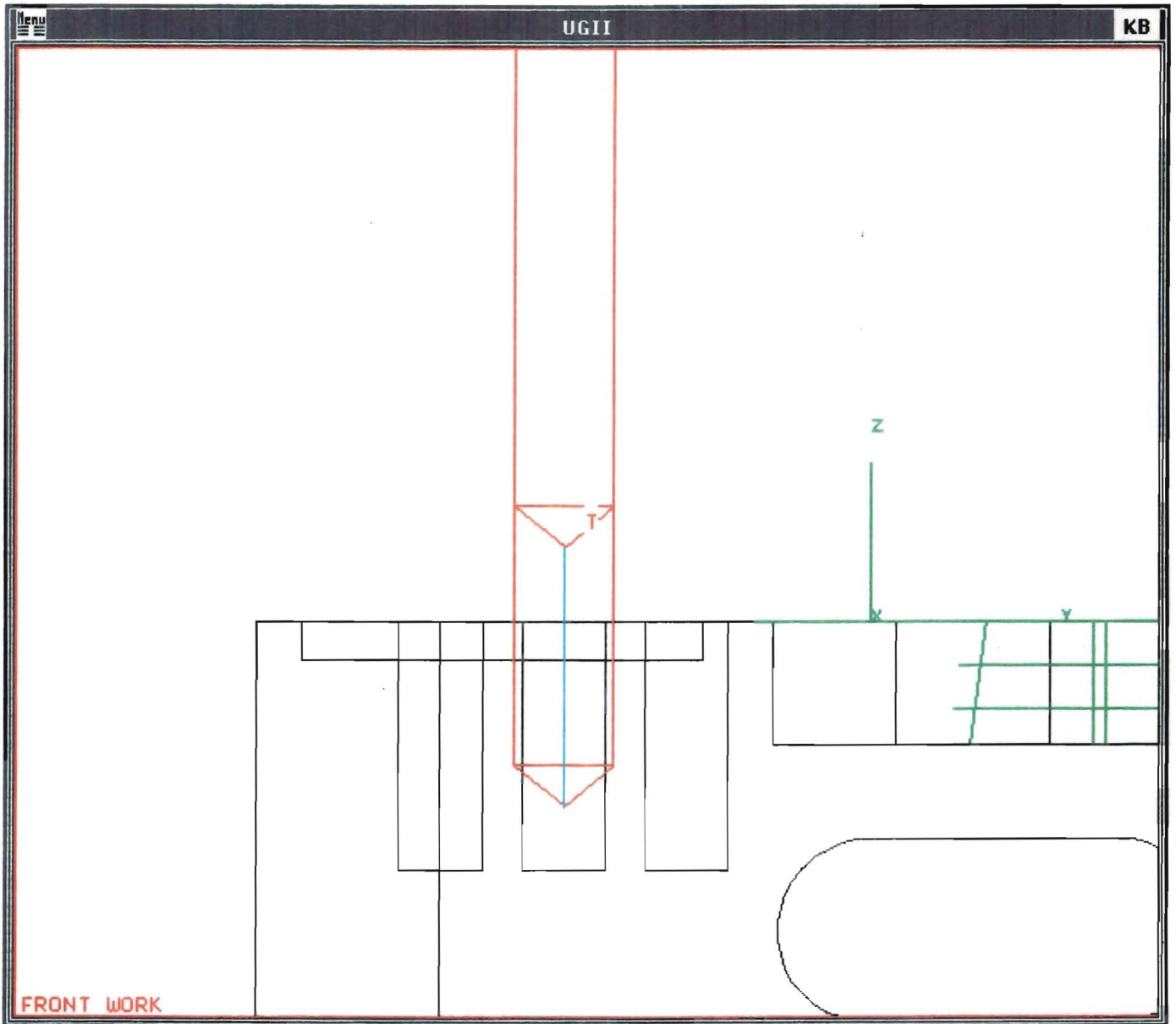
De elfde bewerking: het boren van de drie gaten.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



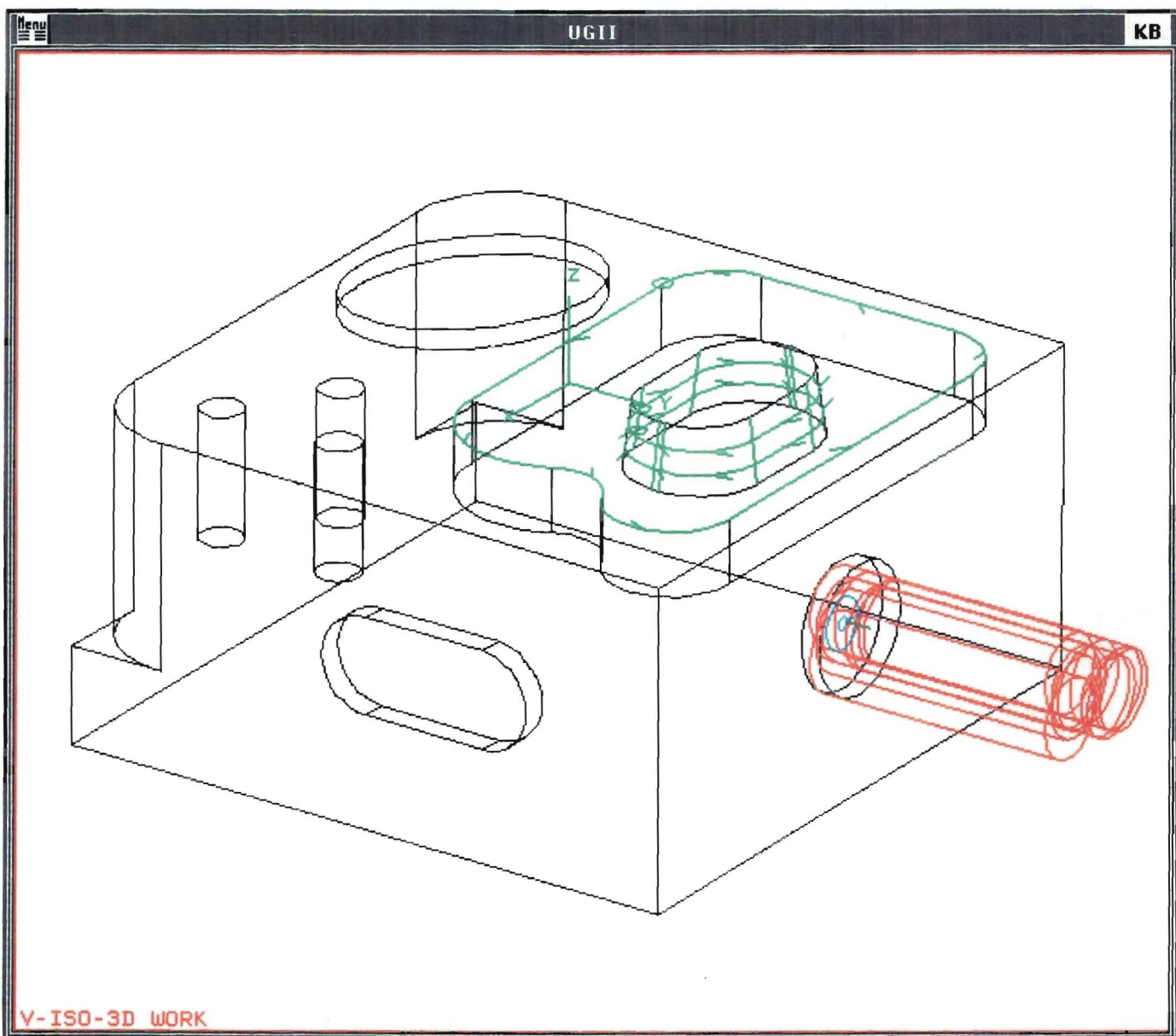
De twaalfde bewerking: het afschuinen van één gat.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



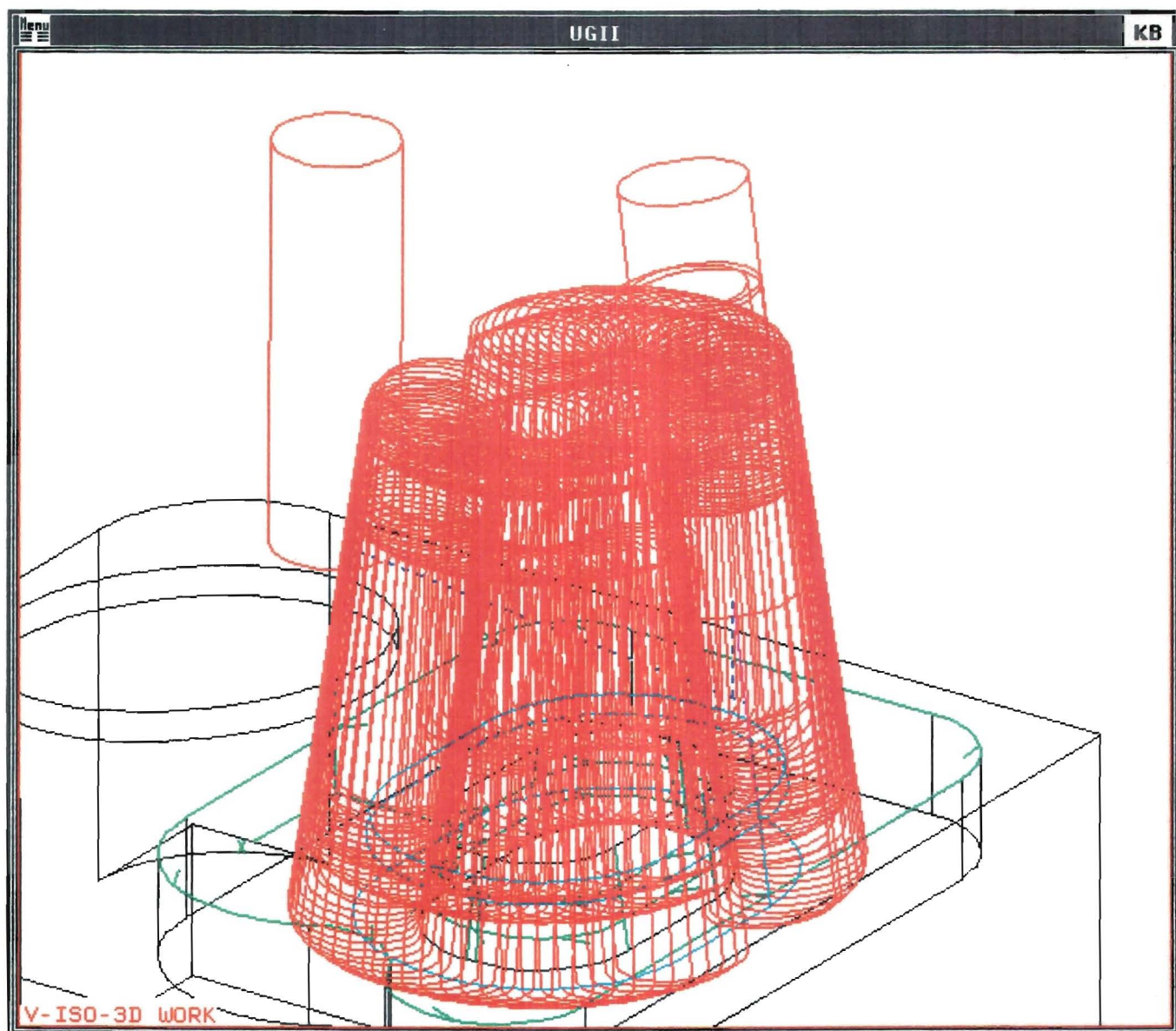
De dertiende bewerking: het tappen van één gat.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



De veertiende bewerking: het frezen van het ronde gat in een zijvlak.

Bijlage 9 - Afbeeldingen van de bewerkingen



De vijftiende bewerking: het nafrezen van het tapse eiland.