

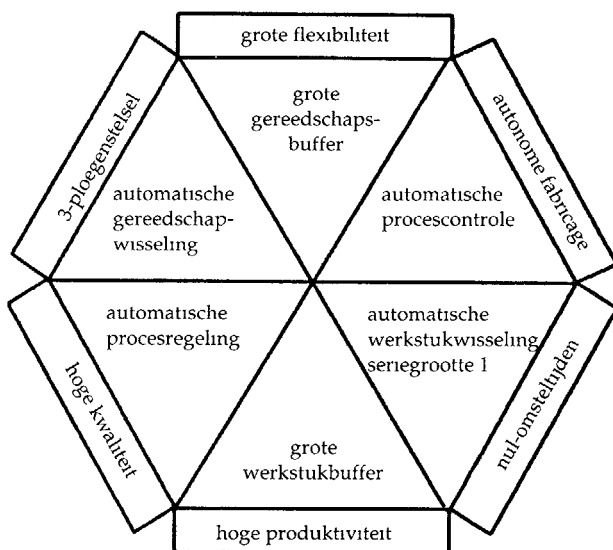
## Enkelstuksfabricage op een bewerkingscentrum, utopie of fenomeen?

Ind. Ing. H. Verniest, Gereedschapmakerij Siemens, Oostkamp België.

De voortdurend stijgende concurrentiedruk en een groeiend aantal produktvarianten met een kortere levenscyclus, dwingen de bedrijven tot een grotere flexibiliteit en produktiviteit bij de fabricage. Het gevolg is dat die eisen ook gelden voor de gereedschapmakerij. Dat het antwoord van de gereedschapmakerij hierop het computergesteunde ontwerpen en fabriceren - CAD/CAM - is, is intussen geen geheim meer. Zulke doelstellingen kunnen echter alleen stapsgewijs gerealiseerd worden, waarbij elke stap eerst in de praktijk moet worden uitgeprobeerd. Een van die stappen is ongetwijfeld de realisering van de seriegroote 1, met dezelfde fabricagetechniek, fabricagemiddelen en -organisatie als bij de serieproductie. Dit artikel beschrijft hoe dit in de gereedschapmakerij van Siemens te Oostkamp voor boren en frezen werd gerealiseerd.

### Seriegroote 1

Toepassing van een bewerkingscentrum



Figuur 1 Systeemvoorwaarden en -componenten, nodig voor een op "CIM-leest" geschoeide enkelstuksfabricage, met dezelfde methoden en middelen als bij seriefabricage.

voor enkelstuksfabricage heeft op het eerste gezicht enkele belangrijke - nage-nog onoverwinbare - nadelen ten opzichte van het fabriceren in series. Enkelstuksfabricage beduidt immers dat men, in tegenstelling tot bij seriefabricage, zich niet kan veroorloven om:

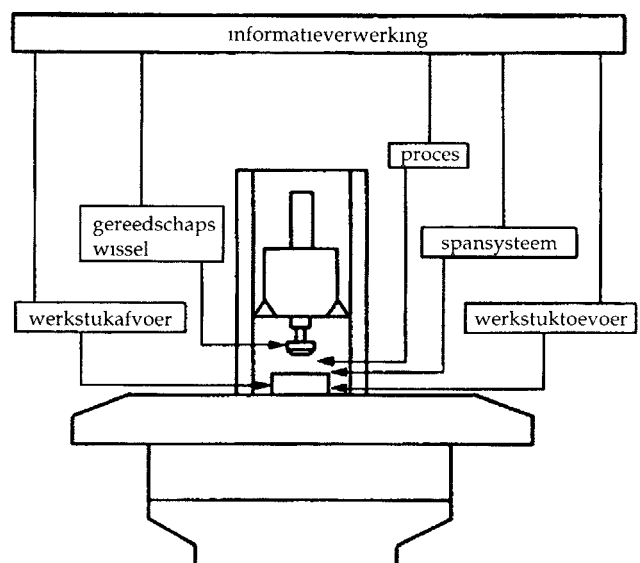
1. een programmatestloop op de machine uit te voeren. Gebruikelijk is: eerst op een voldoende grote veiligheidsafstand t.o.v. het werkstuk (schaduwloop) en achtereenvolgens bij 20% tot 50% der snijsnelheden, om uiteindelijk een eerste proefstuk met de geplande snijparameters te kunnen vervaardigen;
2. het proefstuk compleet op te meten voordat de productie wordt gestart;
3. voor ieder werkstuk een specifiek opspansysteem met vaste referentievlakken te ontwikkelen en dit telkens op de machine in te richten.

Dit betekent dat een seriegroote 1 "een systeem en eensysteemdenken" vereist, dat "nul-omrusttijden" en bovendien "nul-fouten" als uitgangspunt heeft. Wil men behalve deze flexibiliteitsdoelstelling ook nog een hoge produktiviteit bereiken - een eis die hiermee niet per definitie in tegenspraak behoeft te zijn -

dan moet men in de eerste plaats over de nodige apparatuur beschikken. Deze moet alle in *figuur 1* aangegeven componenten bevatten.

### Systeem en systeemdenken

Met behulp van de huidige CNC-freesmachines, die op dit moment in nage-nog iedere moderne gereedschapmakerij zijn opgesteld, zijn deze doelstellingen niet haalbaar. De informatieverwerking is daarbij immers beperkt tot de regeling van het proces (verspaningstechnologie), terwijl bouwstenen als een universeel spansysteem en een automatische toe- en afvoer van werkstukken doorgaans ontbreken. Soms is zelfs geen gereedschapwisselaar aanwezig (zie *figuur 2*). Om te kunnen automatiseren moet bovendien een breuk- en slijtagecontrole van de gereedschappen beschikbaar zijn, alsmede een automatisch uitmeten van de werkstukpositie en zijn respectievelijke bewerking. Hieruit blijkt dat minimaal een FMC (Flexible Manufacturing Cell) nodig is (zie *figuur 3*) om het laagste niveau van de beoogde doelstelling te kunnen bereiken. Voordat zo'n bewerkingscel 24 uur per

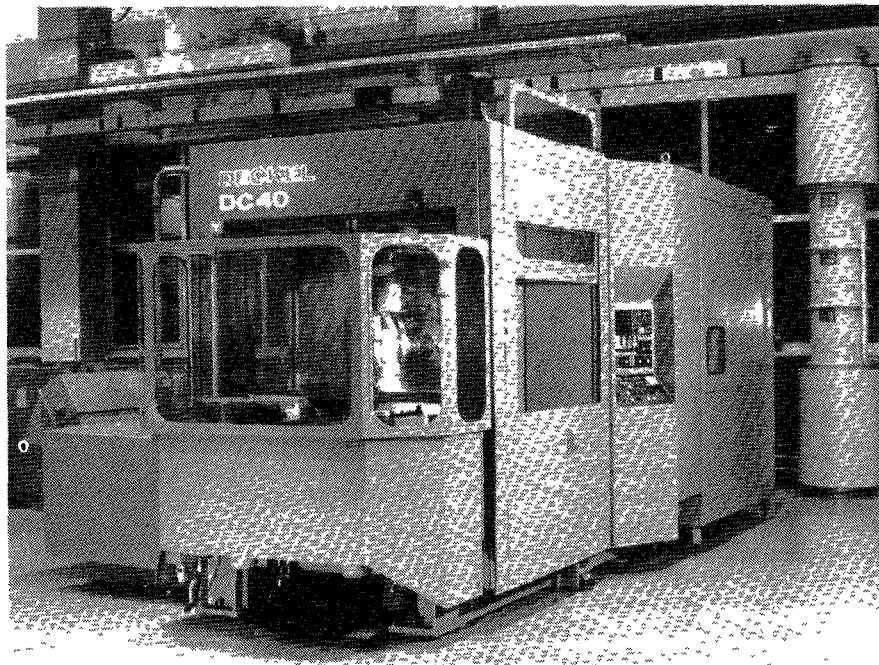


Figuur 2 Niet geautomatiseerde CNC-freesmachine, zoals die in veel gereedschapmakerijen aanwezig is.

Enkelstuksfabricage op een bewerkingscentrum, utopie of fenomeen?

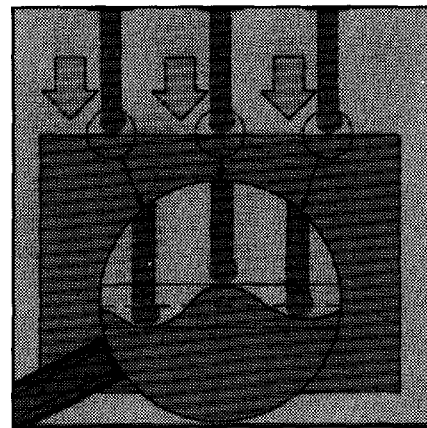
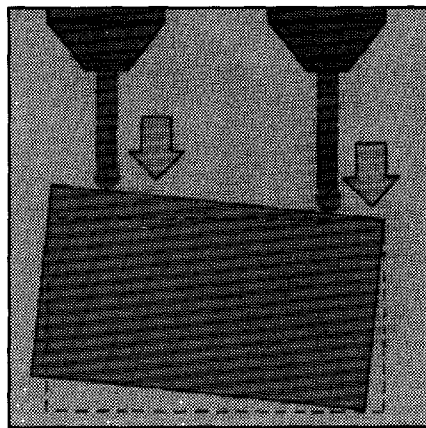
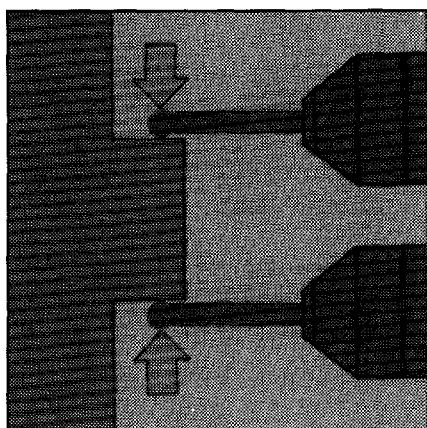
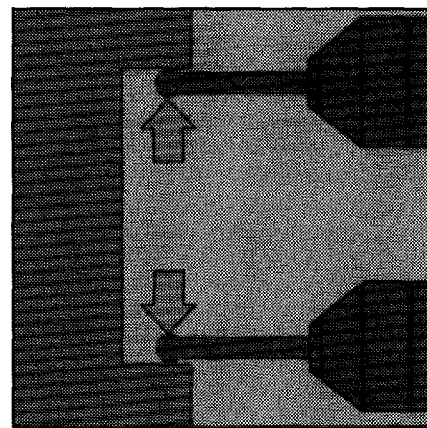
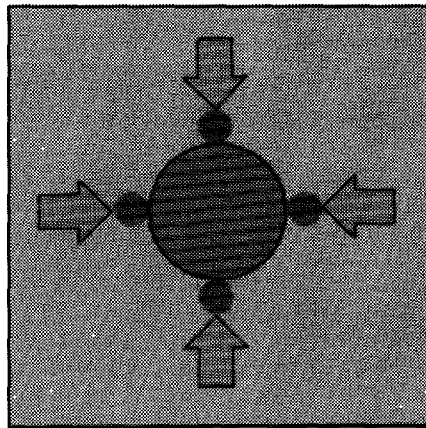
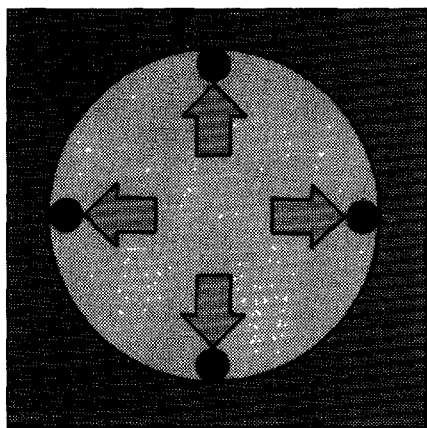
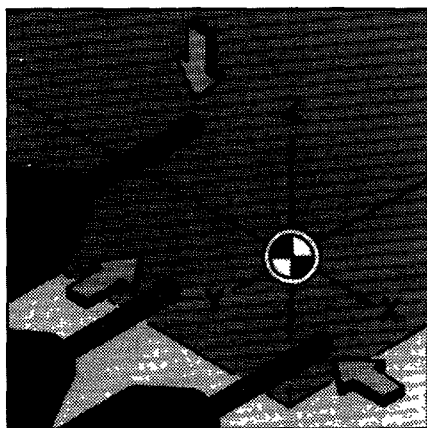
dag productief voor enkelstuksfabricage kan worden ingezet, is echter een sterk doorgevoerd systeemdenken bij de constructie en de werkvoorbereiding tot en met het geïntegreerd opspannen van de werkstukken noodzakelijk.

Dit maakt een zeer omvangrijke standaardisatie in het CAD-CAM bereik noodzakelijk, resulterend in een expert-systeem voor de programmering.



Figuur 3 Flexibele bewerkingscel, de minimum configuratie voor het geautomatiseerd fabriceren van seriegrootte 1.

Figuur 4 Mogelijke meetcycli, aanwezig in de Sinumerik-besturing. Daarmee is het mogelijk het werkstuk slechts grof uit te lijnen, waarna de positie op 5 µm nauwkeurig gedefinieerd kan worden.



**Standaardisatie/Expertsysteem**

Bij de fabricage van mallen, volgsnijstem-pels, spuitgiematrijzen en montageauto-maten - het opgavengebied van de meeste gereedschapmakerijen - vereist het economisch denken primair een stan-daardisatie van de spanmethode. Wan-neer de machine met een meettaster is uit-gerust (b.v Renishaw) die met behulp van

DECKEL DC 40 WERKTUIGKATALOOG					
SPIRAALBOOR HSS DIA 5, 4				SPIB_5_4 T 020540	
<u>Houder</u> BRISTOL 10 977.204 1 100 SPANTANG 12.055.200 1					
<u>Werktuig</u> GUHRING HSCD GT100 DIN 338 NR 658 met Titanium Coating Type S Dia 5, 4					
<u>SNIJSNELHEID</u> <u>MATERIAAL</u>					
	ST_60	ST_37	X45	X210	AL
TOERENTAL	1100	1100	950	750	3500
VOEDING	95	95	80	75	160
Standtijd 10 min    VA 3 min					
SIEMENS NV				WB BMF OOS	

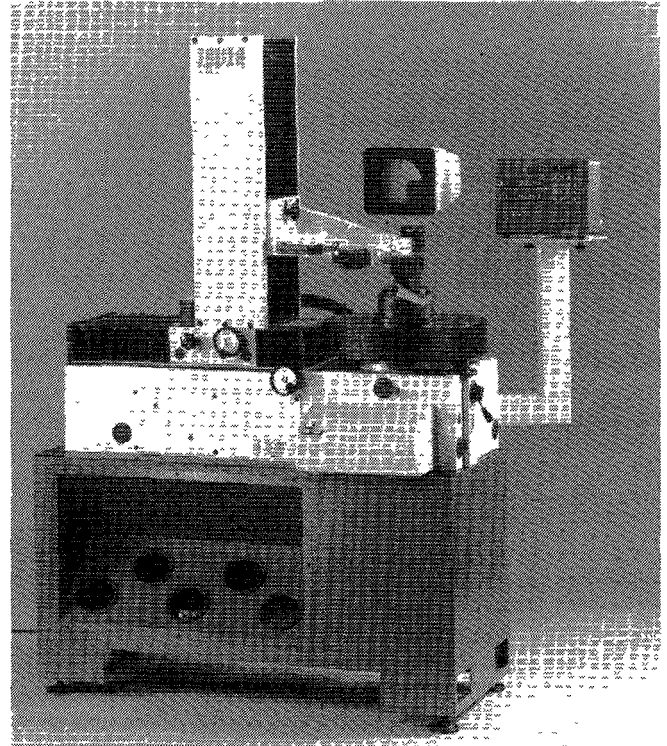
**Figuur 5** Voorbeeld van een gereedschapblad, waarop de gegevens van elke combinatie van houder en gereedschap zijn aangegeven. Zulke gegevens zijn essentieel voor een bedrijfszekere of zelfs onbemande fabricage.

NameBloc=

```

wer def (nam="020540",num=020540,kom="SPIRAALBOORS,4")
wer geo (typ="sol",lae=166.000,dur=5.400)
wer sat (nam="1",pos=21)
wer tec (mat="1",dre=1100,vor=95)
wer tec (mat="2",dre=1100,vor=95)
wer tec (mat="3",dre=950,vor=80)
wer tec (mat="4",dre=750,vor=75)
wer tec (mat="5",dre=3500,vor=160)
    
```

**Figuur 6** Gedeelte uit het gereedschapbestand van het expertsysteem, waarin alle gereedschapsgegevens, als functie van het te bewerken materiaal, zijn opgenomen.



**Figuur 7** Gereedschap-voortelapparaat, dat "on-line" met de machi-nebesturing kan worden verbonden (Zoller).

DECKEL DC40 PROGRAMMA 'S		
UITWERPERBORING MET KOP D 5		UIT_KOP_5
GEREEDSCHAPPEN		
Centeren	T 01 1500	
Boren	T 02 0540	
KAMEREN	T 12 1100	
UITWERPBORING MET KOPZENKING	SAMENGESTELD PRO	UIT_KOP_2 UIT_KOP_2_5 UIT_KOP_3 UIT_KOP_4 UIT_KOP_5 UIT_KOP_6 UIT_KOP_8
SIEMENS		WB BMF OOS

**Figuur 8** Karakteristiek voorbeeld van een gestandaardiseerde boor/freesbewerking.

## Enkelstuksfabricage op een bewerkingscentrum, utopie of fenomeen?

de gereedschapswisselaar in de spil kan worden geplaatst, en de besturing van meetcycli is voorzien (zoals bij de Sinumerik besturing), wordt het opspannen sterk vereenvoudigd. Men kan dan volstaan met een universeel spansysteem, waarbij het werkstuk slechts grof uitgelijnd behoeft te worden (tolerantie:  $\pm 5$  mm). Vervolgens wordt met de meettaster de exacte positie van het werkstuk bepaald (binnen 5 micron) en in de besturing verrekend (figuur 4).

Een diepgaande analyse van de diverse constructietekeningen in ons bedrijf toonde aan, dat voor een universeel gebruik meer dan 250 verschillende boor- en freesgereedschappen nodig waren. Door een beperking van de constructieve vrijheid en door standaardisatie van de bewerkingen, met als doel een vermindering van de diversiteit en het aantal gereedschappen, bleken voor het gehele opgavegebied nu minder dan 150 gereedschappen, verdeeld in slechts 17 verschillende subgroepen, nodig.

Voor alle gereedschappen zijn de verspaningsparameters in de bewerkingscel voor de standaardmaterialen proefondervindelijk bepaald (figuur 5), met het oog op een bedrijfszekere of zelfs onbeperkte productie.

Figuur 5 toont een gereedschapblad waarop het montagevoorschrift en de afmetingen van een bepaalde combinatie van gereedschap en houder zijn vermeld. Voor alle mogelijke combinaties is een apart gereedschapblad opgesteld

Deze gegevens zijn essentieel om een fabricagegeoriënteerde constructie en werkvoorbereiding te kunnen maken.

Voor elk gereedschap zijn de identificatie, de afmetingen en de bijbehorende parameters in een gereedschapbestand vastgelegd (zie figuur 6).

De effectieve lengte- en radiuscorrectie's, gemeten met een (Zoller) voorinstelapparaat (zie figuur 7), worden "on-line" naar de machinebesturing gezonden. Gestandaardiseerde bewerkingen, zoals het voorbeeld van figuur 8, zijn niet alleen in het CAD-systeem als gebruikersprimitive voor de constructeur, maar ook als onderprogramma's in het methodebestand van het NC-programmeersysteem opgenomen (zie figuur 9).

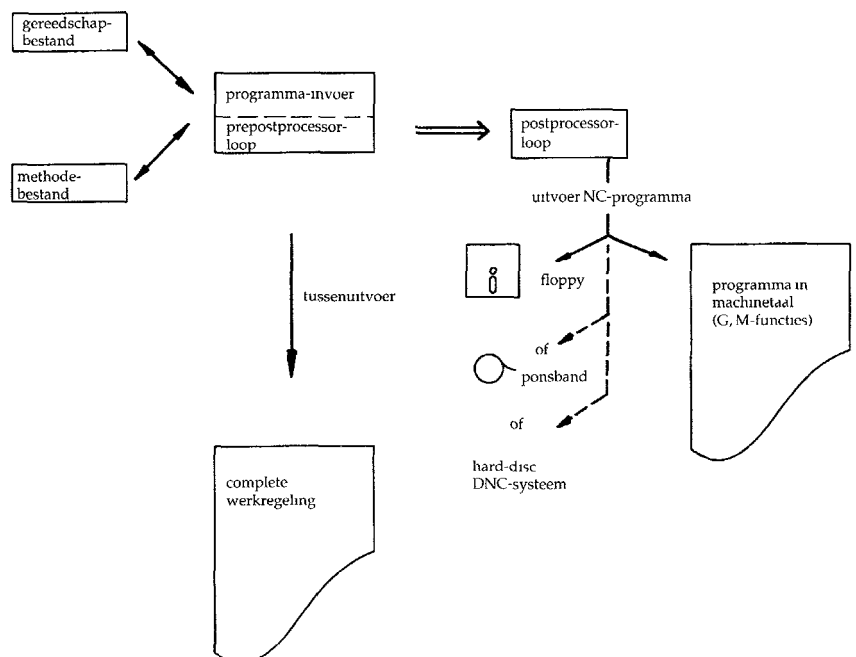
NameBloc=

```

bea anf (nam="UIT_KOP_5_")
ope anf (nam=" Centeren diameter 12,0 (diepte 6,0)")
wer wec (nam="011600")
wer (vor=??,spi=??,dre="uhr",kue="anf")
zyk anf boh (ref=vref,sic=2,tie=6,rue=50+(-vref))
ope
zyk end
wer knt (typ="lae",pos=229)
ope end
ope anf (nam=" Boren diameter 5,4 (met spaanbreking) ")
wer wec (nam="020540")
wer (vor=??,spi=??,dre="uhr",kue="anf")
zyk anf tie (ref=vref,sic=2,tie=vdikte+5)
zyk (ink=10,red=3,spa=.2,ver=0,rue=50+(-vref))
ope
zyk end
wer knt (typ="lae",pos=229)
ope end
ope anf (nam=" Zenken diameter 11,0 (diepte 3,0)")
wer wec (nam="121100")
wer (vor=??,spi=??,dre="uhr",kue="anf")
zyk anf tie (ref=vref,sic=2,tie=3)
zyk (ink=1,red=1,spa=.2,ver=.5,rue=50+(-vref))
ope
zyk end
wer knt (typ="lae",pos=229)
ope end
bea end

```

Figuur 9 Gestandaardiseerde bewerking, opgenomen als geparametriseerd onderprogramma in het expert-programmeersysteem. De waarden zijn proefondervindelijk bepaald en afgestemd op de waarden in het gereedschapbestand.



Figuur 10 Principewerking van het expert-systeem.

## Programmering

Uiteindelijk behoeft de werkvoorberei

der, om een nieuw werkstuk te programmeren, nog slechts enkele sterk vereenvoudigde commando's in te geven, zoals:

- het werkstuknummer en de benaming (= identificatie van het programma);
- de materiaalsoort en de referentiehoogte;
- de soort bewerking (= alleen de macro-code) en
- de plaats waar de bewerking uitgevoerd moet worden (= uitvoer van het CAD-systeem).

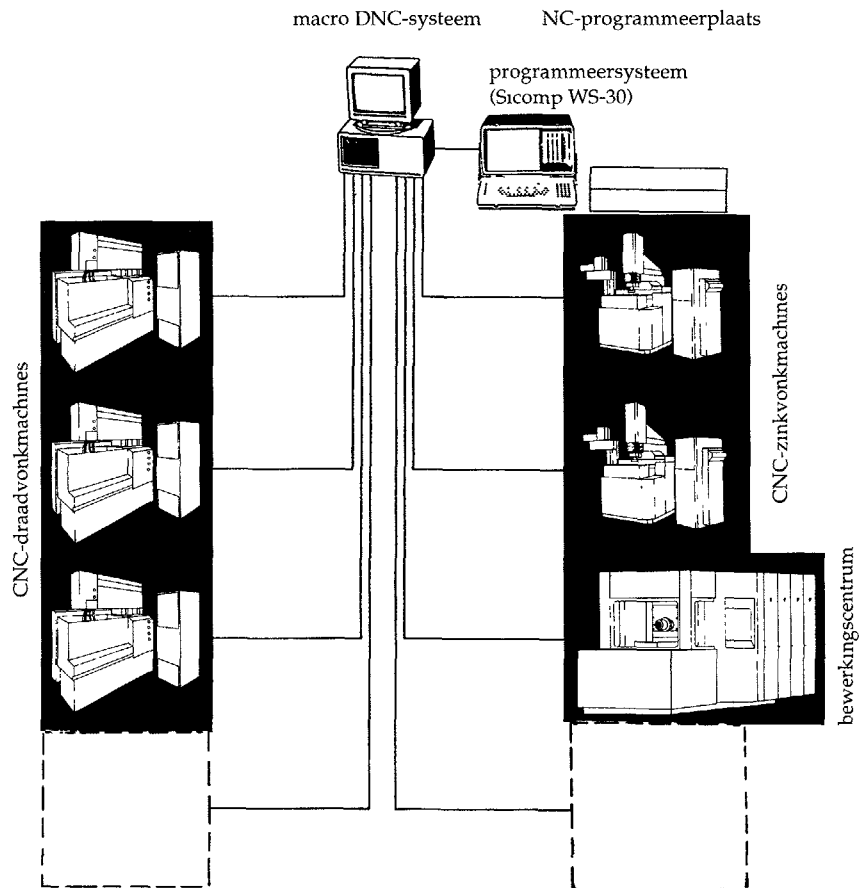
Daarmee wordt een compleet NC boor- en freesprogramma (als uitvoer van het programmeersysteem) verkregen. Figuur 10 toont het principe, waaruit duidelijk blijkt, dat er een wisselwerking is tussen de zeer beknopte programma-invoer in de "preprocessorloop" en de gereedschap- en methodebestanden, waarbij als tussen-uitvoer het complete programma voor de werkvoorbereiding wordt afgedrukt.

Met het "postprocessor-loop" programma levert het expertsysteem het NC-programma op de gewenste informatiedrager: floppy, ponsband of "on-line" naar de hard-disc van het "DNC-systeem" (figuur 11).

### Conclusie

Uit dit artikel blijkt, dat het in de praktijk mogelijk is de in de inleiding genoemde nadelen, verbonden aan de enkelstuksfabricage met een bewerkingscentrum, geheel te omzeilen.

Door een sterk doorgevoerde standaardisatie, gecombineerd met een opge-



Figuur 11 Het is duidelijk dat behalve het bewerkingscentrum, ook andere CNC-machines op het DNC-systeem aangesloten kunnen worden.

bouwd expert-programmeersysteem, wordt door de beschreven rationele fabricagemethode voor een seriegrootte 1,

een flexibeler - bovendien op de "CIM leest" geschoeid - alternatief voor de seriefabricage aangeboden!

## Actueel

### Syllabus van de corrosiedag d.d. 31 oktober 1990

Thema: "Hechting en Hechtingsproblemen"

Het Nederland Corrosie Centrum (NCC) heeft een syllabus samengesteld van een zestal lezingen, die zijn gehouden op de vierde corrosiedag van de NCC - Sector 'Metaal en Metaalbescherming'.

De syllabus à 15,- per stuk (excl. BTW en verzendkosten) is te bestellen bij het secretariaat van het NCC, Postbus 120, 3720 AC Bilthoven, telefoon 030-287773,

fax 030-287674, en bevat de volgende voordrachten:

- Hechten en niet-hechten fysisch chemisch gezien  
prof. dr G. Frens, Laboratorium voor Fysische Chemie, TU Delft.
- Het Fokker 100 verfsysteem. Hechting en onthechting op maat  
dr ir H.W. van Rooyen, Manager Advanced Materials & Processes, Fokker Aircraft bv, Schiphol.
- Hechting en hechtungsverlies bij bandgeverfd staal.  
drs. M.J. Rijkhoff, Hoogovens IJmuiden.

den, Centraal Laboratorium, IJmuiden.

- Hechtingsbehoud van verflagen  
ir T.T. Dekker, Sigma Coatings bv, Uithoorn.
- Hechting van organische coatings op thermische verzinkte staaloppervlakken  
ing. J.F.H. van Eijnsbergen, Den Haag
- Beïnvloeding van hechting en onthechting door chemische oppervlakmodificatie  
J. Wijdenes, Philips Research Laboratoria, Eindhoven.