

# CADCAM systemen

## Selectie, keuze en implementatie

In deze publicatie wordt een 'tool' aangeboden om tot een gestructureerde selectie, keuze en implementatie van CADCAM systemen te komen. Deze tool is ontwikkeld in het kader van het project "Procesinnovatie Verspaning voor MKB-bedrijven". Naast deze publicatie zijn ook vijf andere tools ontwikkeld en uitgegeven in de vorm van een publicatie (te downloaden via <http://www.verspaning-online.nl>):

- TI.05.29: "Innovatieve verspaningsmachines; Selecteren, kiezen en implementeren";
- TI.06.30: "Toepassen van slimme opspanmiddelen";
- TI.06.31: "Moderne verspaningstechnieken; Efficiënte en betrouwbare verspaningsmethoden voor draaien en frezen";
- TI.06.32: "Automatiseren van de handling van bewerkingsmachines";
- TI.06.33: "Optimaliseren van de technische bedrijfsvoering".

### Inhoud

1	Inleiding	1
2	Bepaling van eisen en wensen CAM	3
3	Eerste vergelijking van eisen en wensen voor CAM	6
4	Demonstraties aan de hand van praktijkcases	7
5	Keuze van het CAM systeem	8
6	Implementatie van het CAM systeem	9
Bijlage A Overzicht CAM leveranciers		10
Bijlage B Voorbeeld van een praktijkcase		11

## 1 Inleiding

De komst van de PC en de verschillende softwaresystemen heeft over de gehele wereld grote invloed gehad en zal in de toekomst nog veel invloed blijven uitoefenen, zowel op het gebied van thuisgebruik als zakelijk gebruik. Bij het gebruik van een PC en software wordt als eerste gedacht aan het gemak voor het individu. Denk maar eens aan de hoeveelheid hulp die het individu krijgt van de PC en software bij het aanmaken van een brief op het gebied van spelling, grammatica en lay-out.

Niet alleen individuen worden ondersteund, maar ook bedrijven bij hun bedrijfsprocessen. Zo is een bedrijf door de komst van bijvoorbeeld ERP (Enterprise Resource Planning) in staat bedrijfsprocessen te optimaliseren en ze samen te brengen in één systeem, 'bedrijfsbrede automatiseringsoplossing', met als gevolg grotere efficiency en kostenbesparing. Bij bedrijfsbrede automatiseringsoplossingen denken bedrijven vaak alléén bedrijfsbreed en worden deelprocesautomatiseringen vaak overgeslagen of zelfs vergeten.

Een goed voorbeeld van een deelprocesautomatisering is CAM. CAM, Computer Aided Manufacturing, ondersteunt een bedrijf bij de productie van haar producten, door programma's aan te maken waarmee CNC bewerkingsmachines kunnen worden aangestuurd.

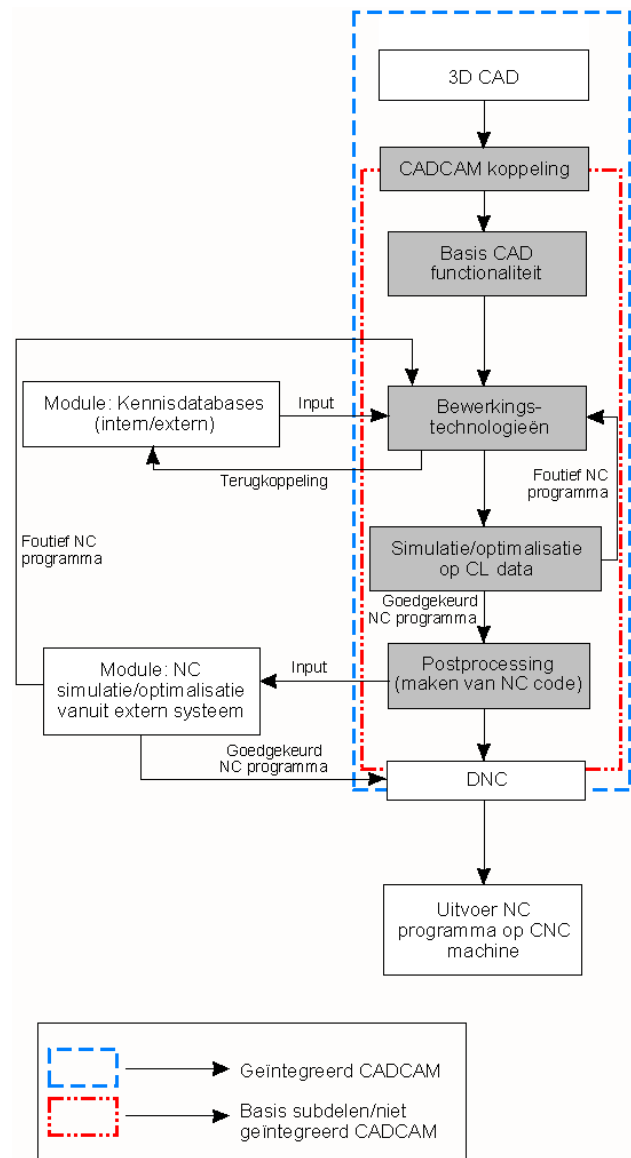
### 1.1 Opbouw en werking CAM

Om de werking en opbouw van een CAM systeem goed te begrijpen, wordt deze werking en opbouw in figuur 1 schematisch weergegeven.

Een CAM systeem bestaat in de basis altijd uit standaard subdelen, welke minimaal in een CAM systeem aanwezig dienen te zijn. Zonder één van deze standaard subdelen kan er eigenlijk niet meer gesproken worden over CAM. Deze minimale standaard subdelen zijn in figuur 1 in het grijs weergegeven.

De inhoud van de standaard subdelen kan verschillen per CAM systeem. Een voorbeeld hiervan is een CAM systeem die als standaard bewerkingsstechnologie enkel 2½D frezen bezit, terwijl een ander CAM systeem naast 2½D frezen ook 3D frezen als standaard bewerkingsstechnologie bezit.

Naast deze standaard subdelen bieden CAM leveranciers uitbreidingen op het CAM systeem aan, welke modules



figuur 1 Werking en opbouw van een CAM systeem

worden genoemd. Enkele voorbeelden van deze modules zijn:

- ▶ Modules voor matrijzenbouw;
- ▶ Modules voor gereedschapmakers;
- ▶ Modules voor NC simulatie;
- ▶ Modules voor draadvonken;
- ▶ Modules voor graveren.

CAM systemen kunnen deze modules als optie aanbieden ter uitbreiding van de standaard subdelen, zoals in

figuur 1 wordt weergegeven. Er zijn ook CAM systemen waarbij enkele of meerdere van deze modules reeds zijn toegevoegd aan de standaard subdelen.

## 1.2 CAM in relatie tot CAD

Als de opbouw en werking van CAM wordt beschreven, zal CAD niet moeten worden vergeten. CAD, Computer Aided Design, kan gezien worden als input voor een CAM systeem. Binnen CAD worden tekeningen en/of modellen ontworpen die de geometrie van de geconstrueerde onderdelen volledig beschrijven. Om nu te voorkomen dat deze geometrie bij de NC programmering handmatig ingevoerd dient te worden, is het CAM systeem ontwikkeld. Binnen het CAM systeem zijn de in CAD vastgelegde geometrische gegevens rechtstreeks te gebruiken tijdens NC programmering.

CAD en CAM zijn in principe afzonderlijke systemen. CAD wordt vaak bij engineering gebruikt en CAM in de werkvoorbereiding of op de werkvloer. De huidige ontwikkeling op het gebied van CAD en CAM systemen is geïntegreerd CAD/CAM, zoals ook in figuur 1 wordt weergegeven. Zowel CAD als CAM zijn daar te vinden in één softwaresysteem. Een voordeel daarvan is dat data tussen CAD en CAM niet meer hoeven te worden uitgewisseld. Het uitwisselen van data is namelijk een kritisch punt bij de wisselwerking van CAD en CAM als niet geïntegreerd systeem. Als CAD gegevens verloren gaan tijdens de uitwisseling met CAM, kan dit grote problemen veroorzaken tijdens NC programmering en/of productie, bijvoorbeeld botsingen tussen de CNC bewerkingsmachine en het product op de CNC bewerkingsmachine of foutieve producten.

Een nadeel van een geïntegreerd CAD/CAM systeem is dat CAD en CAM vaak niet van elkaar te scheiden zijn. Hierdoor zullen zowel CAD als CAM beide moeten worden aangeschaft, ook als een bedrijf geen behoefte heeft aan CAD en/of al in het bezit is van een CAD systeem, waardoor er in principe overbodige kosten worden gemaakt bij de aanschaf.

Naast geïntegreerde CAD/CAM systemen, zijn er op de markt genoeg systemen te vinden waarbij CAD en CAM niet geïntegreerd zijn. Bij deze systemen is de in figuur 1 weergegeven CAD/CAM koppeling van groot belang, om te voorkomen dat geometrische gegevens gedurende de uitwisseling tussen CAD en CAM verloren gaan. Door de CAD/CAM koppeling kunnen ook niet-geïntegreerde CAD en CAM systemen fictief tot één systeem worden geïntegreerd.

## 1.3 Waarom CAM

De industrie heeft de laatste jaren veel te maken met toenemende eisen op productiegebied:

- ▶ Betrouwbaarder produceren
  - Kortere levertijden
  - Hogere kwaliteit
  - Grotere flexibiliteit
- ▶ Goedkoper en sneller produceren
  - Kostprijsreductie
  - Doorlooptijdverkorting
  - Productiviteitsverbetering
- ▶ Het creëren van hogere toegevoegde waarde
  - Complexere producten
  - Productieprocesinnovatie

Een CAM systeem kan hieraan een grote bijdrage leveren, in vergelijking met de "oude" manier van programmeren (met de hand programmeren).

Deze laatste manier van programmeren wordt nog wel vaak toegepast om het in CAD uitgewerkte product te produceren. Enkele nadelen hierbij zijn:

- ▶ Er bestaan kansen op programmeerfouten, doordat tekeningen niet goed worden geïnterpreteerd of de geometrie op de tekening niet goed wordt omgere-

kend door de programmeur.

- ▶ Bij wat complexere producten is deze manier van programmering tijdrovend of zelfs onmogelijk.
- ▶ Dubbel werk ontstaat doordat de programmeur de geometrie van het product nogmaals vastlegt in een programma.
- ▶ CNC bewerkingsmachine staat vaak stil, doordat men aan de CNC bewerkingsmachine programmeert. Vele machinebesturingen laten het nog niet toe om zowel de CNC bewerkingsmachine te laten lopen en tegelijkertijd aan de machinebesturing te programmeren. Bij modernere CNC bewerkingsmachines en machinebesturingen is dit wel mogelijk.
- ▶ Optimalisatie van een programma is aan de machinebesturing moeilijk of onmogelijk. Modernere besturingen zijn hier wel beter op ingericht.

Door het toepassen van een CAM systeem worden bovengenoemde nadelen te niet gedaan.

Voordelen:

- ▶ De kans op programmeerfouten is geringer, doordat er niet meer via een tekening wordt geprogrammeerd en de programmeur de tekening niet meer hoeft om te rekenen (betrouwbaarder produceren).
- ▶ Programmering van complexe producten wordt door CAM een stuk eenvoudiger en minder tijdrovend. (Goedkoper en sneller produceren en hogere toegevoegde waarde).
- ▶ Geen dubbele werkzaamheden in het vastleggen van de geometrie, doordat de geometrie uit CAD direct wordt ingelezen in CAM. (Betrouwbaarder produceren en goedkoper en sneller produceren).
- ▶ Door de inzet van CAM kan er worden geprogrammeerd buiten de machinebesturing, zodat de machine niet meer stil hoeft te staan tijdens het aanmaken van programma's (Goedkoper en sneller produceren).
- ▶ Optimalisatie van programma's door CAM goed en uitgebreid mogelijk (goedkoper en sneller produceren).

## 1.4 Waarom keuze en selectie?

De aanschaf van een CAM systeem is meer dan alleen de softwarematige aanschaf en de installatie van het systeem op de PC. Het kan namelijk grote gevolgen hebben voor de organisatie en/of delen van de organisatie. Zoals ook hierboven bij de voordelen wordt beschreven, kunnen bedrijven door de aanschaf van een CAM in staat worden gesteld (afhankelijk van de eisen die er worden gesteld aan een CAM systeem) om bijvoorbeeld complexere producten te produceren, wat kan resulteren in nieuwe product/markt combinaties.

De selectie van en keuze voor een CAM systeem zal gezien moeten worden als een bewustwordingsproces, waarbij het voor een bedrijf duidelijk moet worden welk CAM systeem binnen de organisatie past, kijkend naar huidige en toekomstige:

- ▶ Bedrijfsstrategie/toekomstvisie;
- ▶ Markt;
- ▶ Personeelsbestand;
- ▶ Technische productiemiddelen;
- ▶ Producten;
- ▶ Productieproces.

Hierbij zijn bedrijfsstrategie/toekomstvisie, markt en personeel meer organisatie gericht en de technische productiemiddelen, producten en productieproces meer technisch inhoudelijk gericht.

Vaak wordt de keuze van een CAM systeem gebaseerd op een eerste indruk, die wordt opgedaan tijdens een demonstratie van het systeem. Het nadeel hiervan is dat deze keuze gebaseerd is op facetten uit de demonstratie die voor een bedrijf niet altijd van belang hoeven te zijn. Hierdoor kan er een verkeerde beslissing worden genomen. De keuze voor een CAM systeem wordt daarnaast ook vaak gebaseerd op aanschafwaarde. Vaak is

de redenering: "een CAM systeem moet veel kunnen doen voor weinig geld". Natuurlijk is de aanschafwaarde van groot belang, maar dit mag pas meewegen nadat de technische inhoudelijke facetten van een CAM systeem aan de eisen van een bedrijf voldoen.

Het is aan te bevelen de selectie van en keuze voor een CAM systeem stapsgewijs te laten plaatsvinden. De stappen die binnen de selectie van en de keuze voor een CAM systeem doorlopen dienen te worden, zijn weergegeven in tabel 1.

tabel 1 Stappen bij de selectie, keuze en implementatie van CAM

Stap	Werkzaamheden
1	Inventariseren eisen
2	Inventariseren wensen
3	Afweging wensen d.m.v. weegfactoren
4	Verzamelen eisen en wensen in matrix
5	Aanschrijven leveranciers
6	Aanmaken grove selectie CAM (Matrix)
7	Aanmaken shortlist CAM
8	Vorbereiden praktijkcases
9	Uitnodigen leveranciers CAM
10	Uitvoering demonstraties
11	Keuze CAM
12	Implementatie CAM

De in tabel 1 genoemde stappen zullen in de volgende hoofdstukken worden uitgewerkt, waarbij de nadruk wordt gelegd op de technisch inhoudelijke facetten van een CAM systeem. De uitwerking hiervan zal gericht zijn op CAM systemen die worden gebruikt bij verspanende productieprocessen.

Het uiteindelijke resultaat is te komen tot een gefundeerde keuze voor een CAM systeem, die voldoet aan alle eisen die een bedrijf oplegt aan een CAM systeem.

### 1.5 Keuze CAM gericht op de organisatie

De keuze voor een CAM systeem dient niet alleen gebaseerd zijn op de huidige organisatorische situatie van het bedrijf, maar ook op de toekomstige situatie. Belangrijke aspecten hierbij zijn:

- ▶ Toekomstige markt en klanteisen;
- ▶ Trends in productietechnologieën/werkmethoden;
- ▶ Toekomstige samenstelling van het personeelsbestand;
- ▶ Toekomstige organisatievorm.

Uiteindelijk zullen de hierboven genoemde aspecten een rol kunnen spelen bij de keuze voor een CAM systeem.

## 2 Bepalen van eisen en wensen CAM

De eerste stap (stap 1 uit tabel 1) van het selecteren van en de keuze voor een CAM systeem is het bepalen van de eisen die men stelt aan een CAM systeem". Wat moet het CAM systeem minimaal kunnen om de huidige productiemethode(n) te ondersteunen, zodat producten op dezelfde wijze kunnen worden geproduceerd".

Het stellen van eisen aan een CAM systeem zal gezien moeten worden als een noodzakelijke voorwaarde. Zonder het opstellen van eisen is het niet mogelijk om tot een gefundeerde selectie van en keuze voor een CAM systeem te komen, waarmee een bedrijf haar producten kan produceren en de bewerkingsmachines kan aansturen.

In figuur 1 is te zien dat een CAM systeem is opgebouwd uit verschillende standaard subdelen:

- ▶ CAD/CAM koppeling;
- ▶ Basis CAD functionaliteit;
- ▶ Bewerkingstechnologieën;
- ▶ Simulatie/optimalisatie;
- ▶ Postprocessing;
- ▶ DNC.

Om gestructureerd eisen te stellen aan het CAM systeem dient een nadere onderverdeling te worden gemaakt in de technisch inhoudelijke mogelijkheden van deze standaard subdelen. De uiteindelijke eisen hebben betrekking op deze onderverdeling.

Bij het bepalen van de eisen kunnen tevens technisch inhoudelijke mogelijkheden naar voren komen, die voor een bedrijf wenselijk zijn: de wensen. Het opstellen van wensen is geen noodzakelijke voorwaarde om tot een gefundeerde selectie van en keuze voor een CAM systeem te komen waarmee een bedrijf haar producten kan produceren of de bewerkingsmachines kan aansturen. De opgestelde wensen kunnen wel leiden tot verbetering/optimalisatie van het productieproces, uitbreiding van de technisch inhoudelijke mogelijkheden en/of kostenbesparing op product en productieproces.

### 2.1 Inventariseren eisen

Een bedrijf dient erachter te komen welke technisch inhoudelijke mogelijkheden als eisen gesteld kunnen worden. Daartoe zullen de bovengenoemde subdelen nader worden beschreven.

#### CAD/CAM koppeling

De eisen die moeten worden gesteld aan de CAD/CAM koppeling zijn sterk afhankelijk van de manier waarop een bedrijf CAD data krijgt aangeleverd. Er zijn hiertoe twee methoden te onderscheiden. De eerste methode is het verkrijgen van data onder "standaard exportformaten", zoals:

- ▶ Iges;
- ▶ STEP;
- ▶ Export Parasolid.

Daarnaast kunnen CAD data worden aangeleverd welke als "CAD pakket specifiek" beschouwd kunnen worden, zoals:

- ▶ Autocad formaat;
- ▶ Catia formaat;
- ▶ Solidworks formaat;
- ▶ Solidedge formaat;
- ▶ Unigraphics formaat .

Deze laatstgenoemde formaten worden vaak via een externe translator ingelezen door het CAM systeem. Deze translators bevinden zich soms standaard in het systeem, of worden optioneel aangeboden en brengen in dat geval extra kosten met zich mee.

Aanbevolen wordt om ten behoeve van de selectie van en keuze voor een CAM systeem een inventarisatie te maken van de eisen die men stelt aan de CAD/CAM koppeling. Deze inventarisatie beslaat het inzichtelijk krijgen van de bestandsformaten welke door de klanten kunnen worden aangeleverd. Hiermee wordt voorkomen dat aangeleverde data niet ingelezen kunnen worden. De uitkomsten van de inventarisatie moeten worden meegenomen als eisen ten aanzien van het toekomstige CAM systeem.

#### Basis CAD functionaliteit

Een CAM systeem dat niet geïntegreerd is met een CAD systeem, kent meestal zogenaamde eigen CAD functionaliteit.

Deze CAD functionaliteit valt uiteen in twee delen. Het eerste deel bestaat uit simpele geometrie, zoals lijnen en cirkels. Hierbinnen valt ook de zogenaamde "Autocad

functionaliteit", zoals copy, move en mirror. Deze CAD functionaliteit kan de programmeur ondersteuning bieden bij het programmeren van producten. In de praktijk zal het gebruik van simpele geometrie gemak en snelheid met zich meebrengen.

Aanbevolen wordt om dit deel van de CAD functionaliteit als standaardis op te nemen ten aanzien van de selectie van en keuze voor een CAM systeem.

Het tweede deel bestaat uit complexere geometrie, zoals het aanmaken van oppervlakken en 3D modellen. Om dit deel als eis op te stellen ten aanzien van de selectie van en keuze voor een CAM systeem hangt sterk af van de markt waarin een bedrijf zich bevindt. In het algemeen is voor bedrijven die complexere producten produceren (onder andere schoepenwielen, matrijzen, en stempels (3D)) deze functionaliteit eerder van belang dan voor bedrijven die minder complexe producten produceren (2 ½ D).

### Bewerkingstechnologieën

Één van de belangrijkste onderdelen binnen de selectie van en de keuze voor een CAM systeem is het bepalen van de eisen aan het subdeel bewerkingstechnologieën. De minimale eisen die gesteld moeten worden aan bewerkingstechnologieën zullen gelijk moeten zijn aan de huidige bewerkingstechnologieën.

Bewerkingstechnologieën zijn binnen CAM systemen meestal als volgt onderverdeeld:

- ▶ 2 ½ D frezen;
- ▶ 3D frezen;
- ▶ 4/5 assig geïndexeerd frezen;
- ▶ 4/5 assig simultaan frezen;
- ▶ 2 assig draaien;
- ▶ Meerassig draaien;
- ▶ Draaien met aangedreven gereedschap;
- ▶ Draai/frezen.

Om de juiste eisen te stellen aan deze bewerkingstechnologieën, wordt aanbevolen om een inventarisatie te maken van de manier waarop de huidige producten worden geproduceerd en de manier waarop eventuele toekomstige producten geproduceerd gaan worden.

#### Voorbeeld

Bedrijf A produceert grote elektronicabehuizingen op een 5 assige freesmachine, waarbij alle zijden moeten worden bewerkt door middel van kamerfrezen. De programma's hiervoor worden op dit moment met de hand aangemaakt, waardoor de machine tijdens het programmeren stilstaat. Door de aanschaf van een CAM systeem wil bedrijf A verwezenlijken dat de bewerkingsmachine niet meer stil hoeft te staan tijdens het programmeren. Het is voor bedrijf A een eis dat het CAM systeem 5 assig (vlak) geïndexeerd frezen ondersteunt. Daarnaast worden alle kamers in de elektronicabehuizing in de huidige productiemethode bewerkt door middel van "plunge bewerking" (boorbewerking met frees). Het is voor bedrijf A dus een eis dat het CAM systeem "plunge bewerkingen" ondersteunt.

In het voorbeeld hierboven wordt duidelijk gemaakt dat er niet alleen eisen moeten worden gesteld aan de bewerkingstechnologie (kamerfrezen) op zich, maar ook aan de manier waarop de bewerkingstechnologie wordt uitgevoerd ("plungen"). Dit omdat binnen CAM systemen vele mogelijkheden kunnen zijn om een kamer te frezen.

De bewerkingsmachine met bijbehorende machinebesturing speelt bij het stellen van eisen aan bewerkingstechnologieën ook een belangrijke rol. Zo zal het aanwezig zijn van 4/5 assige bewerkingen binnen een CAM systeem geen nut hebben, als een bedrijf niet beschikt over een bewerkingsmachine met een 4e of 5e as en niet van plan is om deze in de toekomst aan te schaffen.

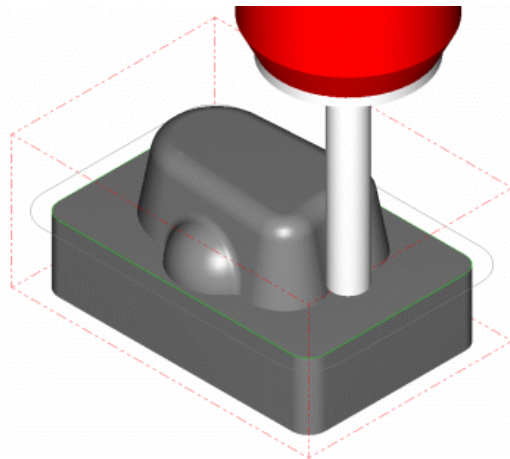
Omgekeerd geldt dit natuurlijk ook. Als er een 4 of 5 assige bewerkingsmachine binnen een bedrijf aanwezig is, kan het een eis zijn dat deze bewerkingstechnologieën ook binnen het CAM systeem aanwezig zijn, onder voorbehoud dat de producten zich hiervoor lenen.

### Simulatie/optimalisatie

Een volgend aspect waaraan eisen moeten worden gesteld ten aanzien van de selectie van en keuze voor een CAM systeem is de simulatie. Simulatie heeft als doel om hetgeen geprogrammeerd is te controleren op beeldscherm op eventuele fouten. Hierbij is het vaak een aanname dat de simulatie 100% betrouwbaar is. Vaak wordt gedacht dat als de uitkomsten van de simulatie goed zijn bevonden, de daadwerkelijke bewerking ook correct zal worden uitgevoerd. In de praktijk blijkt dat de simulatie niet 100% betrouwbaar is, maar de grootste fouten zoals botsingen kunnen ermee aan het licht worden gebracht. Alle CAM systemen hebben interne simulatiemogelijkheden. Geprogrammeerde bewerkingen in het CAM systeem worden in zogenaamde CL taal (CL = Cutter Location) weggeschreven. CAM systemen gebruiken deze zogenaamde CL taal om te kunnen simuleren. Na deze simulatie dient de CL taal door de postprocessor te worden omgezet naar machinespecifieke taal: de NC code. Aan deze vorm van simulatie dienen eisen te worden gesteld, omdat er verschillen zijn in de simulaties op CL taal tussen CAM systemen onderling. De verschillen kunnen betrekking hebben op:

- ▶ aanwezigheid botsingcontrole;
- ▶ aanwezigheid simulatie met opspanmiddelen;
- ▶ aanwezigheid simulatie met volledige machineomgeving.
- ▶ aanwezigheid simulatiemodel vergelijking met CAD model.

In figuur 2 wordt een voorbeeld gegeven van simulatie door een CAM systeem, vanaf beeldscherm.



figuur 2 Simulatie vanuit een CAM systeem

Eisen die worden gesteld aan simulatie op CL data zijn afhankelijk van de complexiteit van de producten welke worden geproduceerd. Als er producten worden geproduceerd waarbij de bewerkingstechnologie minder complex is, zoals alleen boorbewerkingen op één zijde, dan zullen er minder hoge eisen gesteld hoeven te worden aan de simulatie op CL data. De aanwezigheid van botsingcontrole en simulatie met opspanmiddelen zou hierbij voldoende moeten zijn. Als er producten worden geproduceerd die complexer zijn, zoals boorbewerkingen op meerdere vlakken, dan zullen er hogere eisen moeten worden gesteld aan de simulatie op CL data. De aanwezigheid van simulatie met volledige machineomgeving zou dan een eis kunnen zijn.



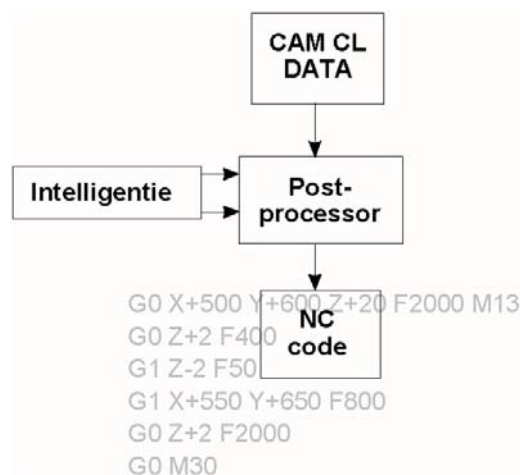
Een tweede mogelijkheid voor simulatie is simulatie op NC code. Deze manier van simulatie is vaak niet als standaardoptie (subdeel) aanwezig binnen een CAM systeem en kan daarom vaak optioneel (als module) worden toegevoegd.

Vergeleken met simulatie op CL data is simulatie op NC code betrouwbaarder. Daarom wordt aanbevolen om deze laatste methode van simulatie als eis te stellen, wanneer er complexe producten moeten worden geproduceerd, zoals onder andere schoepenwielen, matrijzen, en stempels. Dit, omdat bewerkingprogramma's voor dit soort complexe producten langdurig zijn en vaak onbemand lopen.

Naast simulatie kan ook de eis worden gesteld dat optimalisatie van NC code door het CAM systeem wordt ondersteund. Optimalisatie van de NC code kan een aanzienlijke tijdswinst en verbetering op de uitvoering van gereedschapbanen op de CNC bewerkingsmachine opleveren. Daarnaast kan optimalisatie positieve invloed uitoefenen op de standtijd van het gereedschap, door voedingen en ijlgangen bij programma's te optimaliseren. De mogelijkheid voor optimalisatie bevindt zich vaak niet als standaard binnen een CAM systeem, maar wordt veelal optioneel (als module) aangeboden.

### Postprocessing

Postprocessing door de postprocessor is de laatste stap binnen een CAM systeem, waarbij de in CAM aange maakte CL taal wordt omgezet tot een NC code, die uiteindelijk ten uitvoer wordt gebracht op de CNC bewerkingsmachine (zie figuur 3 voor de schematische werking).



figuur 3 Werking van de postprocessor

De postprocessor is een geavanceerd stukje software die zowel machinebesturing- als CNC bewerkingsmachinespecifiek is en daarom zal in de praktijk voor iedere CNC bewerkingsmachine of machinebesturing een aparte postprocessor moeten worden ontwikkeld.

De eisen die kunnen worden gesteld aan de postprocessor hebben betrekking op de vertaalmogelijkheden van de postprocessor. De volgende vraag zal daarbij continu gesteld moeten worden: Is de postprocessor in staat om het geprogrammeerde product binnen het CAM systeem foutloos te vertalen naar bewerkingsmachine- en machinebesturingspecifieke NC code.

Een 3 assige postprocessor is bijvoorbeeld niet in staat om 5 assige geprogrammeerde producten binnen een CAM systeem te vertalen.

De eisen die gesteld kunnen worden aan de postprocessor zijn dus sterk afhankelijk van de complexiteit van de te programmeren en te produceren producten.

Aanbevolen wordt om bij de daadwerkelijke keuze voor een CAM systeem goede afspraken te maken met de leverancier hierover, om problemen bij het gebruik van een postprocessor te voorkomen.

### DNC mogelijkheden

Na het aanmaken van de NC code door de postprocessor en het uitvoeren van de eventuele simulatie op NC code, zal de NC code moeten worden overgestuurd naar de CNC bewerkingsmachine via een zogenaamde DNC (Direct Numerical Control).

Er bestaan hiervoor verschillende mogelijkheden:

- ▶ RS232 (serieel);
- ▶ Netwerk;
- ▶ USB;
- ▶ Radiografisch.

De eisen die men stelt aan de DNC mogelijkheden zijn sterk afhankelijk van de machinebesturing. Oude machinebesturingen hebben vaak alléén de optie om dataoverdracht uit te voeren via de seriële kabel. Daarbij speelt ook het feit dat het geheugen (opslagruimte) in de besturing gering is om programma's op te slaan. Grote programma's kunnen bijvoorbeeld niet als geheel worden overgestuurd naar de besturing en zullen dan ook via de seriële kabel bloksgewijs moeten worden overgestuurd. De besturing leest een gedeelte van het programma als blok in en voert deze uit. Uitgevoerde regels van het programma's worden verwijderd en nieuwe nog uit te voeren regels zullen worden ingelezen.

Moderne besturingen hebben echter een grote opslagcapaciteit en kunnen grote programma's als geheel in de besturing opnemen. Moderne besturingen zijn vaak uitgerust met een netwerkkaart, waarbij het mogelijk is om de bewerkingsmachine en de daarbij behorende machinebesturing op het interne computernetwerk aan te sluiten, waardoor programma's via dit interne computernetwerk kunnen worden overgestuurd. Deze methode heeft als voordeel dat het oversturen van programma's met een hogere snelheid verloopt dan overdracht via de seriële kabel.

Mocht de CNC bewerkingsmachine met bijbehorende besturing niet in het interne computernetwerk geplaatst kunnen worden, dan is dataoverdracht door middel van een USB stick een andere optie. Een voorwaarde hierbij is wel dat de besturing de mogelijkheid hiervoor biedt.

Het radiografisch versturen van NC codes naar de machinebesturing is een nog niet veel toegepaste methode om de dataoverdracht te verzorgen. Dit omdat het op dit moment nog geen betrouwbare methode is in verband met storingsgevoeligheid. De radiografische dataoverdracht zal in de toekomst waarschijnlijk een grotere rol gaan spelen bij de dataoverdracht naar de machinebesturing.

De meeste CAM systemen bieden nog alleen de mogelijkheid om via de seriële kabel de dataoverdracht plaats te laten vinden tussen het CAM systeem en de machinebesturing. De andere mogelijkheden worden als service vaak aangeboden bij de leverancier van de machinebesturingen en DNC systemen.

## 2.2 Inventariseren van wensen

Naast het stellen van eisen ten behoeve van de selectie van en de keuze voor een CAM systeem, is in het begin van dit hoofdstuk aangegeven dat bij het bepalen van de eisen er tevens technisch inhoudelijke mogelijkheden naar voren kunnen komen, die voor een bedrijf wenselijk zijn: de wensen. Hierbij moet duidelijk worden gesteld dat het opstellen van wensen geen noodzakelijke voorwaarde is om tot een gefundeerde selectie van en keuze voor een CAM systeem te komen, maar het kan wel bijdragen aan de verbetering van programmeermogelijkheden en/of uitbreiding op productiemogelijkheden.

### 2.3 Afweging wensen d.m.v. weegfactoren

Een eis is een eis. Eisen die worden gesteld aan een CAM systeem, zijn voor een bedrijf zodanig van belang, dat bij het ontbreken van het vereiste binnen een CAM systeem de producten niet kunnen worden geproduceerd en het productieproces niet met CAM kan worden ondersteund.

Wensen die echter worden gesteld aan een CAM systeem zijn voor een bedrijf optioneel. Zonder deze wensen kan een bedrijf haar producten toch produceren en kan het productieproces volledig door CAM worden ondersteund. Een wens kan daarom tijdens de selectie van en keuze voor een CAM systeem nooit een eis worden.

Door aan wensen weegfactoren te hangen (stap 3 uit tabel 1), kan tijdens het verdere verloop van de selectie van en de keuze voor een CAM systeem, door een bedrijf worden bekeken of bij het meenemen van de wens de eventuele extra kosten opwegen tegen de baten (opbrengsten).

Weegfactoren zouden als volgt kunnen worden onderverdeeld:

- #1 Weegfactor x1. De wens kan bijdragen aan verbetering van programmering en productie en/of kostenbesparing tot gevolg hebben.
- #2 Weegfactor x2. De wens kan bijdragen aan verbetering van programmering en productie en bij eventuele toekomstige producten noodzakelijk worden.

### 2.3 Aanmaken totaal matrix eisen en wensen

Na het stellen van eisen aan en inzichtelijk maken van de wensen voor het toekomstige CAM systeem, wordt aanbevolen om alle geïnventariseerde eisen en wensen te verzamelen in een matrix (stap 4 uit tabel 1). In tabel 2 wordt hiervan een voorbeeld weergegeven.

## 3 Eerste vergelijking van eisen en wensen voor CAM

Na de inventarisatie van de eisen (en wensen) met betrekking tot de selectie van en de keuze voor een CAM systeem dient er een eerste grove vergelijking te worden gemaakt van de eisen met de mogelijkheden van de verschillende CAM systemen, die op de markt worden aangeboden. Deze vergelijking van eisen met de verschillende CAM systemen bestaat uit de volgende stappen (de stappen 5, 6 en 7 uit tabel 1):

- ▶ Aanschrijven leveranciers.
- ▶ Aanmaken grove selectie CAM systemen met behulp van een matrix.
- ▶ Aanmaken shortlist CAM systemen.

### 3.1 Aanschrijven leveranciers

De eerste stap binnen de eerste vergelijking van eisen met de verschillende CAM systemen is het opvragen van informatie van CAM systemen bij de verschillende leveranciers (zie bijlage A voor een overzicht van de meest voorkomende systemen).

CAM-leveranciers beschikken vaak over een informatiefolder van het CAM systeem, dat zij leveren. Uit deze folder zal de informatie moeten worden gehaald, die nodig is om na te gaan of het systeem voldoet aan de eisen die worden gesteld aan de subdelen en technisch inhoudelijke mogelijkheden van een CAM systeem. Het merendeel van deze informatie uit de folder is op subdeelniveau. De technisch inhoudelijke mogelijkheden zullen vooral tijdens de nog uit te voeren demonstraties duidelijk moeten worden.

tabel 2 Matrix van eisen en wensen

Subdeel	Technische mogelijkheid	Eis	Wens	Weegfactor
3D CAD functie		V		
	Verlengen van oppervlakken	V		
	3D modellen aanmaken		V	1
CAD/CAM koppeling		V		
	Inlezen van iges	V		
	Inlezen van step	V		
	Inlezen van Parasolid	V		
	Inlezen van Solidworks	V		
	Inlezen van Catia		V	2
2D bewerkingstechnologie		V		
	Kamerfrezes	V		
	Contourfrezes	V		
	Boren	V		
	Plungen	V		
	Grote vrijheid bij inlopen Kamerfrezes	V		
4/5 assig simultaan bewerkingstechnologie		V		
	Swarf (mantel) frezen			
	Multisurf frezen		V	1
	Rotary (4e as circulair frezen)	V		
Simulatie		V		
	Simulatie op CL data	V		
	Simulatie op NC code		V	2
DNC		V		
	RS232	V		
	Netwerk		V	2
Kennisdatabank		V		
	Gereedschappen		V	2
	Verspaningscondities	V		

### 3.2 Aanmaken grove selectie CAM systeem met behulp van matrix

Na het aanschrijven van de leveranciers en het ontvangen van de verschillende informatiefolders, zal deze informatie moeten worden geanalyseerd.

Belangrijk bij deze eerste analyse (vergelijking) is dat het inzichtelijk wordt of het CAM systeem voldoet aan de eisen die gesteld zijn aan het subdeelniveau van een CAM systeem. Dit omdat op basis van deze informatie een CAM systeem wordt opgenomen in de shortlist.

In tabel 3 is een voorbeeld gegeven van de vergelijking met de subdelen van een CAM systeem.

### 3.3 Aanmaken shortlist CAM systemen

Na de vergelijking op subdeelniveau is het afhankelijk van het aantal overgebleven CAM systemen of er een verdere verdieping gemaakt moet worden om tot een betere shortlist te komen. Een bedrijf dat zich in een specifieke (specialistische) markt bevindt, zal ook specifieke eisen hebben gesteld aan een CAM systeem. De kans dat na de vergelijking op subdeelniveau maar een paar systemen zijn overgebleven is dan groot, waardoor verdere verdieping van de grove selectie overbodig kan worden. De kans dat er bij bedrijven die zich in een wat algemenere markt bevinden, en dus ook wat algemenere

tabel 3 Vergelijking van de eisen met subdelen van het CAM systeem

Subdeel	CAM 1	CAM 2	CAM 3	CAM 4	CAM 5
3D CAD functie	V	V	V	V	V
CADCAM koppeling	V	V	V	V	V
2D bewerkings-technologie	V	V	V	V	V
4/5 assig simultaan bewerkingstechnologie	V	V	V	V	—
Simulatie	V	V	V	V	V
DNC	V	V	V	V	V
Kennisdatabase	V	V	V	V	V
					Voldoet niet

eisen hebben gesteld, na de vergelijking op subdeelniveau maar een paar systemen zijn overgebleven, is klein. Om dan toch tot een goede shortlist te komen, is het noodzakelijk voor deze bedrijven om een verdere verdieping van de eerste vergelijking uit te voeren.

De verdieping zal betrekking hebben op de technisch inhoudelijke mogelijkheden van de CAM systemen, maar zullen zoals gezegd, niet allemaal uit de informatiefolder te halen zijn. In tabel 4 is een voorbeeld gegeven van de verdieping.

De CAM systemen die overblijven uit deze verdieping worden op de "shortlist" geplaatst. Tot op dit moment voldoen deze systemen nog aan de eisen.

#### 4 Demonstraties aan de hand van praktijkcases

In de vorige stap is, op theoretische wijze, een shortlist aangemaakt van CAM systemen die voldoen aan de eisen welke een bedrijf stelt aan een CAM systeem. In de volgende stappen (de stappen 8, 9 en 10 uit tabel 1) zal door middel van een praktische aanpak de eisen visueel inzichtelijk worden gemaakt. Kort gezegd: De eisen moeten praktisch getoetst worden in de CAM systemen uit de shortlist door middel van demonstraties.

Normaal gesproken wordt een demonstratie van een CAM systeem door de leverancier voorbereidt, waarbij de leverancier door middel van voorbeelden alle mogelijkheden binnen het CAM systeem wil aantonen. Het nadeel hiervan is, dat niet alle eisen die een bedrijf stelt aan een CAM systeem praktisch inzichtelijk worden gemaakt, waardoor het gevaar dreigt dat geen gefundeerde keuze kan worden gemaakt voor een CAM systeem.

Om dit te voorkomen zal tijdens de demonstraties de rollen moeten worden omgedraaid. De leverancier zal ter plekke een demonstratie moeten geven aan de hand van praktijkcases die door het bedrijf zijn voorbereidt.

##### 4.1 Voorbereiden praktijkcases

Om de rollen om te draaien, zal een bedrijf praktijkcases moeten voorbereiden (stap 8 uit tabel 1). Met praktijkcases worden voorbeelden bedoeld van daadwerkelijke producten uit de praktijk. De keuzes voor de praktijkcases zijn afhankelijk van de eisen die een bedrijf heeft gesteld aan een CAM systeem.

Voorbeeld: Als er eisen zijn gesteld aan 5 assig simultaan frezen, dan zal er een praktijkcase moeten worden voorbereidt die alle eisen hieraan inzichtelijk maken.

Om alle eisen praktisch te kunnen toetsen, zullen er meerdere praktijkcases moeten worden voorbereid.

tabel 4 Vergelijkingseisen CAM in verdieping

Subdeel	Technische mogelijkheid	CAM			
		1	2	3	4
3D CAD functie		V	V	V	V
	Verlengen van oppervlakken	V	V	V	V
	3D modellen aanmaken	V	—	V	V
CADCAM koppeling		V	V	V	V
	Inlezen van iges	V	V	V	V
	Inlezen van step	V	V	V	V
	Inlezen van Parasolid	V	—	V	V
	Inlezen van Solidworks	V	V	V	V
	Inlezen van Catia	—	V	V	V
2D bewerkingstechnologie		V	V	V	V
	Kamerfrezen	V	V	V	V
	Contourfrezen	V	V	V	V
	Boren	V	V	V	V
	Plungen	V	—	V	V
	Grote vrijheid bij inlopen Kamerfrezen	V	V	V	V
4/5 assig simultaan bewerkingstechnologie		V	V	V	—
	Swarf (mantel) frezen	V	V	V	V
	Multisurf frezen	V	—	V	V
	Rotary (4e as circulair frezen)	V	V	V	—
Simulatie		V	V	V	V
	Simulatie op CL data	V	V	V	V
	Simulatie op NC code	V	V	V	V
DNC		V	V	V	V
	RS232	V	V	V	V
	Netwerk	V	V	—	V
Kennisdatabase		V	V	V	V
	Gereedschappen	V	V	V	V
	Verspaningscondities	V	V	V	V
					Voldoet niet

Om tijdens de praktische toetsing (demonstraties) van de eisen gestructureerd te kunnen werken, wordt aanbevolen om met een draaiboek te werken. Het draaiboek kan bestaan uit het volgende:

- ▶ Totaalmatrix eisen (en wensen);
- ▶ Vooraf opgevraagde informatie over CAM systeem;
- ▶ Praktijkcases.

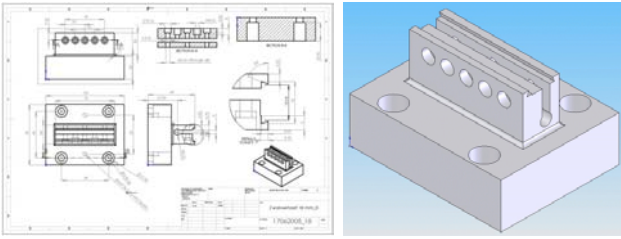
In bijlage B wordt een uitgewerkt voorbeeld van een praktijkcase gegeven.

Figuren 4, 5, 6 en 7 geven enkele voorbeelden weer van praktijkcases.

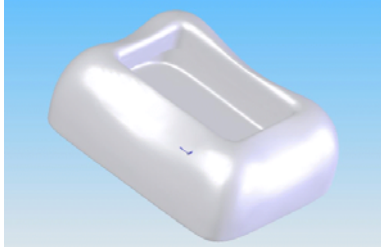
##### 4.2 Uitnodigen Leveranciers CAM systemen shortlist

Na voorbereiding van de praktijkcases, kan stap 9 uit tabel 1 worden uitgevoerd. De CAM leveranciers zullen moeten worden uitgenodigd om de praktijkcases door middel van demonstraties uit te voeren.

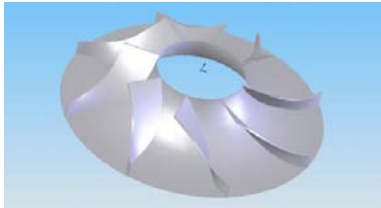
De vraag is nu alleen: "Hoeveel leveranciers nodig ik uit voor een demonstratie". Het antwoord op deze vraag is afhankelijk van de uitkomsten van de shortlist. Het kan bijvoorbeeld zijn dat er 6 CAM systemen staan op de shortlist. Het uitnodigen van deze 6 leveranciers voor



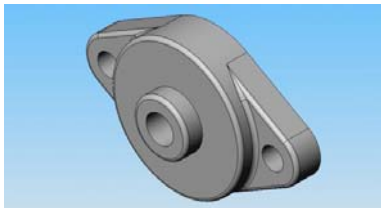
figuur 4 Praktijkcase 3D



figuur 5 Praktijkcase 3D frezen



figuur 6 Praktijkcase 5 assig simultaan



figuur 7 Praktijkcase draaifrezen

een demonstratie is een tijdrovende activiteit, daar een gemiddelde demonstratie zo'n 3 a 4 uur in beslag neemt.

Aanbevolen wordt om in eerste instantie minimaal 3 leveranciers uit te nodigen om praktijkcases te demonstreren. Door bij minimaal 3 CAM systemen de eisen praktisch te toetsen, komen de verschillen tussen CAM systemen onderling goed in beeld, juist als deze 3 CAM systemen alle voldoen aan de eisen die een bedrijf stelt aan een CAM systeem.

#### 4.3 Uitvoering demonstraties

Bij de uitvoer van de demonstraties wordt aanbevolen om verschillende afdelingen/medewerkers te betrekken bij de demonstraties. Deze medewerkers en/of afdelingen kunnen in de toekomst direct betrokken zijn bij het gebruik van een CAM systeem:

- ▶ Engineering ⇒ Koppeling van CAD naar CAM;
- ▶ Werkvoorbereiding ⇒ Programmeur bij centrale programmering;
- ▶ Operator ⇒ Programmeur bij decentrale programmering.

Belangrijk bij het uitvoeren van de demonstratie van een CAM systeem is dat er een goede indruk wordt opgedaan van de deskundigheid van de leverancier. De leverancier zal immers het bedrijf in de toekomst bij het ge-

bruik van het CAM systeem ondersteunen bij eventuele "gebruikers"problemen. Aanbevolen wordt om de leverancier niet voorbereid de praktijkcases te laten uitvoeren.

Naast deskundigheid spelen ook andere aspecten ten aanzien van de leverancier een rol:

- ▶ Snelheid en flexibiliteit bij ondersteuning;
- ▶ Betrouwbaarheid bij ondersteuning;
- ▶ Bestaan van gebruikersgroep.

Deze punten zijn tijdens de demonstraties moeilijk te meten. Er zou gebruik kunnen worden gemaakt van referenties die de leverancier kan aanreiken.

## 5 Keuze van het CAM systeem

Door de eisen (en wensen) te inventariseren en deze zowel op papier als praktisch te vergelijken/toetsen met de verschillende CAM systemen, zal er een gefundeerde keuze kunnen worden gemaakt voor een CAM systeem. Toch kan er een aantal factoren meer meespelen die de keuze kunnen bemoeilijken.

In de inleiding is aangegeven dat de keuze voor een CAM systeem vaak wordt gebaseerd op de aanschafwaarde. "Een CAM systeem moet veel kunnen doen voor weinig geld". De inhoudelijke eisen die door een bedrijf worden gesteld aan een CAM systeem moeten echter een veel grotere rol spelen dan de aanschafwaarde.

Nu er enkele CAM systemen zijn geselecteerd die in aanmerking komen voor de keuze, gaat de aanschafwaarde van een CAM systeem wel een rol spelen. Deze aanschafwaarde zal door middel van een offerte duidelijk moeten worden. Daarbij is belangrijk dat de leverancier tot op het detail weet wat een bedrijf wil. Aanbevolen wordt dan ook om in de offerte de eisen ten behoeve van een CAM systeem in zijn totaliteit (matrix) inzichtelijk te maken voor de leverancier.

Omgekeerd geldt dit natuurlijk ook. Een bedrijf moet inzichtelijk krijgen of geïnventariseerde eisen worden geleverd bij de aanschaf van een CAM systeem. Om hiervan als bedrijf een duidelijk beeld te kunnen krijgen zal in de offerte een aantal zaken duidelijk moeten worden gemaakt:

- ▶ Wat is de prijs van 1 of van meerdere licenties?
- ▶ Wat krijgt het bedrijf hiervoor geleverd?
- ▶ Hoe is het onderhoud van het systeem geregeld?
- ▶ Met welke diepgang worden postprocessor(en) afgeleverd?
- ▶ Hoe is het onderhoud van de postprocessor(en) geregeld?
- ▶ Wat is de prijs voor opleiding en wat is de inhoud van de opleiding?

### 5.1 Keuze gemaakt .... en dan?

Nadat er een keuze is gemaakt voor een CAM systeem, welke voldoet aan alle eisen, zal het systeem moeten worden geïmplementeerd (stap 12 uit tabel 1). De implementatie bestaat uit twee stappen:

- 1 Technische implementatie.
- 2 Organisatorische implementatie.

De technische implementatie wordt altijd uitgevoerd door de leverancier. De technische implementatie bestaat uit:

- ▶ Installatie software;
- ▶ Schrijven/testen postprocessor(en);
- ▶ Opleiding;
- ▶ Eventuele koppelingen naar andere systemen, zoals Gereedschapbeheer, PDM, ERP en dergelijke.

In het volgende hoofdstuk zullen handreikingen worden gedaan voor de organisatorische implementatie van het CAM systeem.



## 6 Implementatie van het CAM systeem

Naast de technische implementatie van een CAM systeem is er ook een organisatorische implementatie, welke in dit hoofdstuk als aandachtspunten wordt beschreven.

Een organisatorische implementatie moet worden gezien als het stapsgewijs invoeren van het CAM systeem in de organisatie van een bedrijf. Het stapsgewijs invoeren kan problemen tijdens implementatie voorkomen en kan de implementatietijd aanzienlijk verkorten.

### 6.1 Gevolgen voor de organisatie

Door de aanschaf van een CAM systeem wordt in de organisatie van een bedrijf een deelproces toegevoegd of geautomatiseerd. Dit heeft grote gevolgen voor delen van die organisatie:

- ▶ Verkoop;
- ▶ Werkvoorbereiding/productie;
- ▶ Engineering.

#### Verkoop

De aanschaf van een CAM systeem heeft gevolgen voor de verkoop. De aanschaf van een CAM systeem kan de mogelijkheid bieden voor een bedrijf om complexere producten te produceren (nieuwe product-markt combinaties).

Aanbevolen wordt om de (nieuwe) mogelijkheden van het CAM systeem inzichtelijk te maken voor verkoop.

#### Werkvoorbereiding/productie

De aanschaf van een CAM systeem heeft ook gevolgen voor de werkvoorbereiding en productie. Voor de werkvoorbereiding en productie kan de aanschaf van een CAM systeem de volgende gevolgen hebben:

- ▶ Gevolgen voor de (detail)planning;
- ▶ Gevolgen voor de plaats van programmeren.

Gevolgen voor de planning heeft betrekking op de benodigde tijd voor het programmeren van producten met behulp van het CAM systeem. Het programmeren van de producten zal in het begin van het gebruik van het CAM systeem meer tijd in beslag nemen. Een bedrijf zal hiermee rekening moeten houden in de planning van de productie. Na enige tijd (inwerkperiode) zal echter het programmeren sneller verlopen. Dit ten voordele van de doorlooptijd.

De aanschaf van een CAM systeem kan ook gevolgen hebben voor de plaats en manier van programmeren. Bij nog steeds veel bedrijven worden machines vanuit de werkvoorbereidingafdeling gevoed met programma's (centraal programmeren). Naast het centraal programmeren bestaat er ook de mogelijkheid om decentraal te programmeren. Bij decentraal programmeren wordt het programmeren met behulp van CAM op de werkvloer gedaan.

Het grote voordeel van decentraal programmeren is dat de operators zelf hun programma's aanmaken en daardoor ook hun kennis van verspanen in het CAM systeem aanbrengen. Het decentraal programmeren vergt een grotere flexibiliteit van het personeel. Een goede opleiding is daarom een vereiste.

#### Engineering

De aanschaf van een CAM systeem heeft eveneens gevolgen voor de engineering. Deze gevolgen hebben betrekking op:

- ▶ Meer vrijheid in ontwerp door meer mogelijkheden in het CAM systeem om een product te produceren.
- ▶ Gevolgen voor het aanleveren van de informatie van engineering naar productie (CAD/CAM koppeling).

### 6.2 Handreiking implementatie

De implementatie van een CAM systeem is een proces, dat enige tijd in beslag zal nemen en zal daarom ook

stapsgewijs uitgevoerd dienen te worden. De volgorde van de implementatie van een CAM systeem is afhankelijk van de producten en de markt waarin een bedrijf zich bevindt. Voert een bedrijf bijvoorbeeld simpele 2½D werkzaamheden uit, dan zal de implementatie van de bewerkingstechnologie voor 2½D één van de eerste stappen zijn. In tabel 5 is als voorbeeld de mogelijke volgorde in stappen weergegeven van implementatie. Hierbij is de oplopende moeilijkheidsgraad als volgorde aangehouden.

tabel 5 Mogelijke volgorde voor implementatie

Stap	Implementeren van:
1	2½D bewerkingstechnologie
2	Aanmaken van hulpgeometrie
3	3D bewerkingstechnologie
4	4/5 vlaks geïndexeerde bewerkingstechnologie
5	4/5 assig simultane bewerkingstechnologie

Binnen deze stappen houdt de implementatie ook het maken van keuzes in. Enkele voorbeelden:

- ▶ Keuzes in gereedschapsgebruik;
- ▶ Keuzes in methoden van programmeren;
- ▶ Keuzes in methoden van bewerkingstechnieken;
- ▶ Keuzes in opspanmiddelen.

Bij de stapsgewijze implementatie zijn er ook een aantal delen binnen een CAM systeem, die in alle stappen terugkomen en dus continu geïmplementeerd dienen te worden, zoals simulatie/optimalisatie en postprocessing.

De implementatie van de postprocessor heeft betrekking op de betrouwbaarheid van de postprocessor. Het betrouwbaar krijgen van de postprocessor is dus een continu proces, waarbij men de betrouwbaarheid dient op te bouwen, door de postprocessor zoveel mogelijk te testen en eventuele problemen, terug te koppelen naar de leverancier.

De stappen van implementatie die hierboven zijn beschreven hebben direct betrekking op de bewerkingstechnologie. Minstens zo belangrijk in de implementatie van het CAM systeem is de al veelvuldig genoemde CAD/CAM koppeling. Deze implementatie bestaat uit het maken van afspraken hoe CAD informatie wordt aangeleverd. Enkele voorbeelden van afspraken zijn hieronder opgesomd:

- ▶ Hoe schrijft Engineering CAD bestanden weg voor het CAM systeem, zodat bestanden foutloos kunnen worden ingelezen?
- ▶ Bij het toch optreden van problemen, hoe verloopt de communicatie tussen Engineering en CAM gebruikers?
- ▶ Welke procedure gaat men volgen bij eventuele productieproblemen, welke veroorzaakt worden door ontwerp-technische zaken (maakbaarheid)?
- ▶ Hoe gaat men om met de combinatie digitale 3D bestanden en tekeningen op papier? Welke wordt "leading"?
- ▶ Hoe gaat men om met revisies op modellen? Hoe wordt dit gecommuniceerd?

Al met al is de implementatie van een CAM systeem een complex geheel, welke gestructureerd kan worden uitgevoerd door gebruik te maken van een implementatieplan.

**BIJLAGE A Overzicht CAM leveranciers**

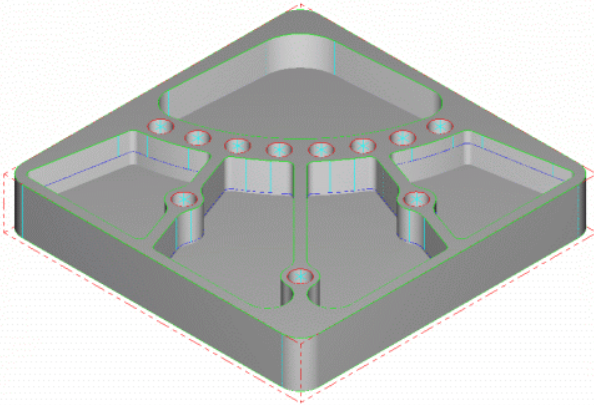
<b>Pakketnaam</b>	<b>Leverancier</b>	<b>Website</b>
CAM TOOL 2-3D	SVM	<a href="http://www.mamut.com/homepages/netherlands/1/18/SVM">www.mamut.com/homepages/netherlands/1/18/SVM</a>
Camworks	Van Leeuwen	<a href="http://www.leeuwencam.nl">www.leeuwencam.nl</a>
Catia	Rand Worldwide	<a href="http://www.rand.com/nl">www.rand.com/nl</a>
EdgeCAM	WIA	<a href="http://www.wia.nl">www.wia.nl</a>
Esprit	Somatech	<a href="http://www.somatech.nl">www.somatech.nl</a>
EZCam	Imperial Machine Support	<a href="http://www.imsbv.com">www.imsbv.com</a>
GibbsCAM	4D CAM	<a href="http://www.4DCam.be">www.4DCam.be</a>
GibbsCAM	CNC Consult	<a href="http://www.cncconsult.nl">www.cncconsult.nl</a>
Goelan	Bemet	<a href="http://www.bemet.nl">www.bemet.nl</a>
Hypermill	CNC Consult	<a href="http://www.cncconsult.nl">www.cncconsult.nl</a>
Mastercam	Camnet	<a href="http://www.camnet.nl">www.camnet.nl</a>
Powermill	4D CAM	<a href="http://www.4DCam.be">www.4DCam.be</a>
Powermill	Bemet	<a href="http://www.bemet.nl">www.bemet.nl</a>
Procam	Van Leeuwen	<a href="http://www.leeuwencam.nl">www.leeuwencam.nl</a>
TopSolid	Bemet	<a href="http://www.bemet.nl">www.bemet.nl</a>
Type3	Somatech	<a href="http://www.somatech.nl">www.somatech.nl</a>
Unigraphics	UGS	<a href="http://www.ugsplm.nl">www.ugsplm.nl</a>
Vector	Centriforce CV	<a href="http://www.centriforce.nl">www.centriforce.nl</a>
Visi	Somatech	<a href="http://www.somatech.nl">www.somatech.nl</a>
VX	4C Consultants	<a href="http://www.4cccc.nl">www.4cccc.nl</a>

## BIJLAGE B Voorbeeld van een praktijkcase

### Inleiding

Deze praktijkcase heeft betrekking op 2½ D frezen, waaraan een bedrijf eisen heeft gesteld. Dit product (zie figuur A1) is een veelvoorkomend product, waarin alle eisen zijn verwerkt. In deze praktijkcase worden de volgende eisen visueel inzichtelijk gemaakt:

- ▶ Inlezen Catia file, door middel van een translator;
- ▶ Programmering;
- ▶ Simulatie;
- ▶ Postprocessing.



figuur A1 Voorbeeld van een veelvoorkomend product

Tijdens het programmeren dient het volgende aange-  
toond te worden:

- ▶ **Vlaktbewerking.** Aandachtspunten zijn:
  - i. Kunnen er verschillende vlakstrategieën worden geselecteerd?
  - ii. Kunnen in en uitloop worden bepaald?
  - iii. Kan er gevakt worden onder verschillende hoeken, bijvoorbeeld onder 45° over het product?
  - iv. Hoe wordt omgegaan met veiligheidsafstanden? Houdt het systeem zelf rekening met deze veiligheidsafstanden in verband met eventuele botsingen?
- ▶ **Kamerfrezen.** Aandachtspunten hierbij zijn:
  - i. Freesstrategieën binnen het CAM systeem voor het kamerfrezen.
  - ii. Mogelijkheden voor inloop en uitloop.
  - iii. Mogelijkheden om kamers eventueel voor en na te frezen. Let hierbij op of wand en bodem apart kunnen worden nagefreest.
  - iv. Hoe wordt omgegaan met radiuscompensatie?
  - v. Kunnen er eventueel kamers geprogrammeerd worden in de 2½ D frezen met tapse wanden?
  - vi. Hoe wordt omgegaan met veiligheidsafstanden? Houdt het systeem zelf rekening met deze veiligheidsafstanden in verband met eventuele botsingen?
  - vii. Zijn er speciale strategieën voor kamers met eilanden?
  - viii. Hoe gaat het systeem om met veranderingen die plaatsvinden binnen de bewerking? Is dit makkelijk door te voeren?
  - ix. Kan restmateriaal herkend worden?
  - x. Kent het systeem HSM (hogesnelheidsstrategieën)?
  - xi. Kan een meettaster worden aangestuurd met CAM?
- ▶ **Contourfrezen.** Aandachtspunten hierbij zijn:
  - i. Contourstrategieën binnen het CAM systeem.
  - ii. Mogelijkheden voor inloop en uitloop.
  - iii. Mogelijkheid om contouren voor en na te frezen.

- iv. Hoe wordt omgegaan met radiuscompensatie?
- v. Hoe wordt omgegaan met veiligheidsafstanden? Houdt het systeem zelf rekening met deze veiligheidsafstanden in verband met eventuele botsingen?
- vi. Kunnen er contouren worden geprogrammeerd waarvan de onderliggende wand taps is?
- vii. Hoe gaat het systeem om met veranderingen die plaatsvinden binnen de bewerking? Is dit makkelijk door te voeren?
- viii. Kan restmateriaal worden herkend?
- ix. Kent het systeem HSM (Hogesnelheidsstrategieën)?

## Auteur

Deze voorlichtingspublicatie is opgesteld in opdracht van de Vereniging FME-CWM in het kader van het project 'Procesinnovatie Verspaning voor MKB-bedrijven'. Hierbij waren de volgende organisaties betrokken: SenterNovem, STODT, Syntens, Koninklijke Metaalunie en de Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC).

De auteur, R. van den Bosch (STODT) werd ondersteund door een begeleidingsgroep bestaande uit: W. Lenselink (STODT), J-W. Klein Winkel (STODT), J. van de Put (Syntens), M. de Graaf (FME) en P. Boers (FME).

## Technische informatie:

Voor technisch inhoudelijke informatie over de in deze voorlichtingspublicatie behandelde onderwerpen kunt u zich richten tot de auteur R. van den Bosch (tel.: 0546-822455, e-mail: r.vandenbosch@stodt.nl).

## Informatie over, en bestelling van VM-publicaties, Praktijkaanbevelingen en Tech-Info-bladen:

### Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC)

Bezoekadres: Boerhaavelaan 40,  
2713 HX ZOETERMEER  
Correspondentie-adres: Postbus 190,  
2700 AD ZOETERMEER  
(079) 353 11 00/353 13 41  
Telefoon: (079) 353 13 65  
Fax: pbo@fme.nl  
E-mail: www.fme.nl  
Internet:



© Vereniging FME-CWM/september 2005 - 02

Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke ander wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel grote zorg is besteed aan de waarborging van een correcte en, waar nodig, volledige uiteenzetting van relevante informatie, wijzen de bij de totstandkoming van de onderhavige publicatie betrokkenen alle aansprakelijkheid voor schade als gevolg van onjuistheden en/of onvolkomenheden in deze publicatie van de hand.

Vereniging FME-CWM  
Afdeling Technologie en Innovatie  
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer  
telefoon 079 - 353 11 00  
telefax 079 - 353 13 65  
e-mail: pbo@fme.nl  
internet: www.fme.nl