

# Kwaliteitsbewust construeren : een keuzeprogramma voor bewerkingen

**Citation for published version (APA):**

Molengraaf, van den, J. C. M., Mal, van, H. H., & Wijnia, J. (1991). Kwaliteitsbewust construeren : een keuzeprogramma voor bewerkingen. *De Constructeur*, 30(5), 28-33.

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

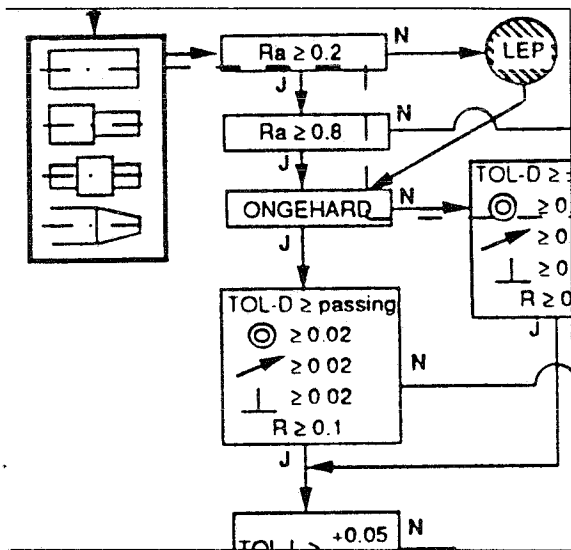
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Kwaliteitsbewust construeren: een keuzeprogramma voor bewerkingen

Ir J.C.M. van den Molengraaf, T.U. Eindhoven; dr ir H.H. van Mal, T.U. Eindhoven; J. Wijnia,  
Nederlandse Philips Bedrijven b.v., Divisie DAP



In de werkvoorbereidingsafdeling van een groter bedrijf is een communicatiehulpmiddel ontwikkeld om de ontwerpers van bedrijfsmiddelen meer zicht te geven op de kwaliteit van hun ontwerpen. Onder kwaliteit van een ontwerp wordt in dit artikel verstaan: een ontwerp met de gewenste functionaliteit tegen minimale maakkosten en binnen een minimaal tijdsbestek. Het communicatiehulpmiddel bestaat uit 'keuzeprogramma's voor bewerkingen' aangevuld met kostengrafieken. De kostengrafieken geven de constructeur inzicht in de relatieve bewerkingskosten bij de diverse bewerkingstechnologieën. De opgestelde 'keuzeprogramma's voor bewerkingen' ondersteunen de constructeur bij de keuze van bewerkingsgrondvormen en de bijbehorende parameters, zoals tolerantie, oppervlakteruwheid en speciale eigenschappen.

Het kiezen van deze parameters bepaalt de noodzakelijke bewerkingstechnologieën die in de bewerkingsmethode worden opgenomen. Verwacht wordt dat door dit communicatiehulpmiddel ook een reductie van vijf procent kan worden bereikt in de belasting van de onderdelenfabricage. Aan de hand van een praktijksituatie in een bedrijf wordt in dit artikel beschreven op welke wijze de mogelijkheden van de werkplaatstechnologie, en de daaraan verbonden kosten, aan constructeurs van bedrijfsmiddelen (bedrijfsmechanisatie) kan worden overgedragen, [7]. Deze kennis moet op een toegankelijke en overzichtelijke manier worden weergegeven, zodat daar tijdens het construeren en tekenen gemakkelijk aan kan worden gerefeerd. Belangrijk zijn de omslagpunten, waarbij een andere bewerkingstechnologie in de bewerkingsmethode moet worden opgenomen, en waarbij de bewerkingskosten met een sprong zullen toenemen, zie figuur 4. De constructeur kan tijdens het construeren rekening houden met deze informatie, door gebruik te maken van het hulpmiddel: 'keuzeprogramma's voor bewerkingen'. Dit levert een bijdrage tot kwaliteitsbewust construeren. [5] [12]: het maken van een ontwerp met de gewenste functionaliteit tegen minimale maakkosten en binnen een minimaal tijdsbestek. Naast de bewerkingskosten bestaan de maakkosten van een produktiemiddel ook uit de montagekosten. De benodigde montage tijd, en dus de montagekosten, wordt in belangrijke mate bepaald door het aantal onderdelen voor montage en bij niet-gestandaardiseerde onderdelen tevens door de nauwkeurigheid waarmee de onderdelen op of in elkaar moeten worden gepast. Bij het ontwerpen op minimale maakkosten spelen dan onder andere twee vraagstukken een rol:

1. Pas zoveel mogelijk standaardonderdelen toe, maar bekijk of:
  - één standaardonderdeel enkele andere standaardonderdelen kan vervangen;
  - enkele standaard- en/of niet-gestandaardiseerde onderdelen kunnen worden vervangen door een niet-gestandaardiseerd onderdeel, maar waarbij de nauwkeurigheid van dat onderdeel niet te hoog mag worden. Zie vraagstuk 2.
2. In geval van niet-gestandaardiseerde onderdelen dient een optimum te worden gevonden tussen de bewerkingskosten en de montagekosten, zodanig dat de maakkosten minimaal zijn. Door het aantal onderdelen te laten afnemen, bestaat de kans dat de nauwkeurigheid waarmee de overige onderdelen op of in elkaar moeten passen hoger moet worden, wat weer negatieve invloed heeft op de montage tijd.

Om dit optimum te kunnen bepalen, is het in de eerste plaats noodzakelijk dat de consequenties van de nauwkeurigheid van de onderdelen op de bewerkingskosten bekend zijn. Deze problematiek wordt in dit artikel verder uitgewerkt.

Het onderzoek is uitgevoerd op de afdeling Bedrijfsmechanisatie van een groter bedrijf. Dit bedrijf ( $\pm 1700$  medewerkers) brengt een eigen produktenpakket op de markt. De afdeling Bedrijfsmechanisatie verzorgt de mechanisering en de automatisering van het productieproces, vanaf de voorontwikkelingsfase van het produktiemiddel tot en met het in gebruik nemen in de productie, en dus inclusief de fysieke realisatie van het produktiemiddel.













Dit artikel richt zich op de constructie van het mechanisch gedeelte van het produktiemiddel en de daarna volgende onderdelenfabricage. Eerst zal worden ingegaan op de functionaliteit van een ontwerp versus de maakbaarheid ervan, en het gebruik van bewerkingsgrondvormen daarbij. Vervolgens wordt ingegaan op de criteria voor het hulpmiddel voor de constructeur, het bepalen van de bewerkingsmethode, het ontwikkelen van het communicatiehulpmiddel en enkele opmerkingen daarbij. De praktijk situatie dient daarbij als voorbeeld.

### Functionaliteit versus maakbaarheid

Tijdens de constructiefase wordt voornamelijk gelet op de functionaliteit van het ontwerp: kan het in ontwerp zijnde produktiemiddel haar taak goed uitvoeren, zodat de gewenste functie wordt vervuld, [10]. Bij het construeren van een produktiemiddel stelt de constructeur op basis van de taak, die het produktiemiddel moet uitvoeren, [10], een concept van het produktiemiddel op. Daarin zijn de modules opgenomen, die nodig zijn voor het uitvoeren van die taak. Vervolgens worden deze modules onderverdeeld in submodules, waarna deze submodules worden uitgewerkt in onderdelen, [1].

De kosten van de onderdelenfabricage van een produktiemiddel worden in belangrijke mate bepaald door de keuzes die worden gedaan tijdens de constructiefase. De constructeur maakt keuzes met betrekking tot de technische uitvoering van het produktiemiddel, ondermeer keuzes ten aanzien van de vormgeving van de onderdelen, de nauwkeurigheid van de verschillende afmetingen, relaties tussen vormen en materiaaleigenschappen.

De constructeur maakt gebruik van bewerkingsgrondvormen bij het detailleren van de onderdelen, zie figuur 1. Het idee van bewerkingsgrondvormen is niet nieuw, zie bijvoorbeeld het 'Komplextel' van Mitrofanov uit de jaren zestig, [6].

BEWERKINGSGRONDVORMEN			
	ongetrapt as		omtrek
	eenzijdig getrapte as		schuine kant
	tweezijdig getrapte as		rechte hoek
	schroefdraad (uitwendig)		stompe hoek
	conus (uitwendig)		scherpe hoek
	groef (uitwendig)		rechthoekige gleuf

Figuur 1. Enkele bewerkingsgrondvormen

[12]

Een bewerkingsgrondvorm vraagt een specifieke technologie, onder andere de instelling van de machine voor draaien, frezen, slijpen etcetera., de opspanning van het werkstuk en specifieke verspaningsgereedschappen. Bij de overwegingen, die leiden tot de keuze van bewerkingsgrondvormen en de bijbehorende parameters (zoals afmetingen, toleranties), wordt één aspect meestal onvoldoende belicht: de maakbaarheid van het ontwerp, [9]. Dit heeft diverse oorzaken:

- constructeurs hebben onvoldoende inzicht in de invloed van ontwerpkeuzes op de kosten van de onderdelenfabricage, als gevolg van onvoldoende kennis ten aanzien van de mogelijkheden (en moeilijkheden) van de aanwezige bewerkingsmethodieën in de werkplaats.
- een gebrekkige communicatie tussen de constructeur en de werkvoorbereidingsafdeling.
- constructeurs voelen zich geremd in hun creativiteit als de maakbaarheid van het ontwerp tijdens het construeren in de overwegingen moet worden meegenomen.

Volgens de auteurs spelen de in het onderzoek beschouwde bewerkingsgrondvormen in de meeste bedrijven een belangrijke rol. Daarom is het in dit artikel beschreven communicatiemiddel, eventueel in aangepaste vorm, toepasbaar in een groot aantal bedrijven.

### Criteria voor een communicatiehulpmiddel

Om het inzicht van de constructeur te verbeteren in de wijze waarop en de mate waarin het produktiemiddelontwerp in het maaktraject de kosten beïnvloedt, is een communicatiehulpmiddel ontwikkeld.

Dit hulpmiddel dient te voldoen aan de volgende criteria:

- snel toegankelijk en overzichtelijk (korte zoektijden).
- de gewenste informatie bieden. Oftewel: bewerkingsgrondvormen gerelateerd aan de kostbaarheid van bewerkingsmethodieën. Dit omdat de constructeur bij het ontwerpen denkt in (combinaties van) bewerkingsgrondvormen.
- eenvoudig aanpasbaar in geval van toepassing van nieuwe, of aanpassing van bestaande bewerkingsmethodieën, omdat daardoor wijzigingen kunnen optreden in de omslagpunten (sprong in de kosten), waarbij een andere bewerkingsmethodie in de bewerkingsmethode wordt opgenomen.

### Bepalen van de bewerkingsmethode van de onderdelen

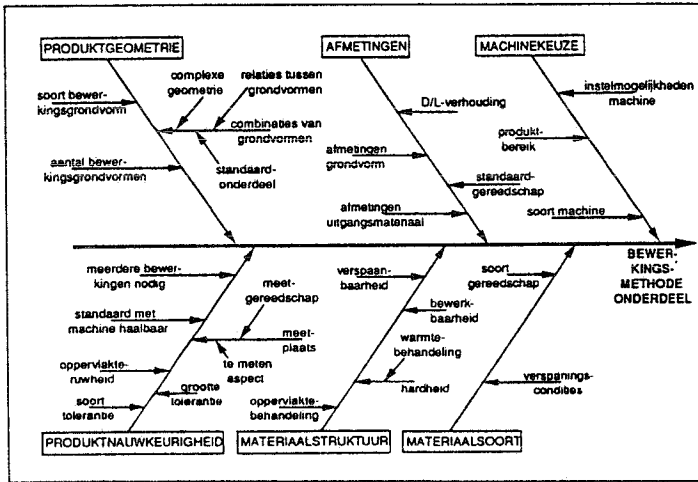
Voor het ontwikkelen van het communicatiehulpmiddel is het noodzakelijk de bepaling van de bewerkingsmethode te voorzien, [3]. De factoren, of combinaties van factoren, die daarbij worden gehanteerd zijn namelijk bepalend voor de bewerkingskosten van het onderdeel. In de bewerkingsmethode wordt beschreven welke bewerkingsplaatsen een onderdeel moet doorlopen en welke bewerkingen daar moeten plaatsvinden.

De bewerkingsmethode van een onderdeel wordt op basis van hun ervaring vastgesteld door de werkvoorbereiders van de werkvoorbereidingsafdeling. Daarbij wordt uitgegaan van de optimale bewerkingsmethode, waarbij wordt voldaan aan de eisen van kwaliteit zoals die op de onderdeeltekening staan vermeld, bij minimale bewerkingskosten. Zij houden meestal geen rekening met de gevolgen van de bewerkingsmethode voor de doorlooptijd. Voor dit geval zijn de factoren, die van invloed zijn op de bewerkingsmethode van een onderdeel, samengevat in figuur 2.

# Kwaliteitsbewust construeren: een keuzeprogramma voor bewerkingen

Het opstellen van de bewerkingsmethode is een beslissingsproces, waarbij al deze factoren dienen als input. De kwaliteit van het beslissingsproces wordt bepaald door het opleidingsniveau, de kennis en de ervaring van de werkvoorbereider, [2] [4] [10] [11] [12].

De combinatie van de invloedsfactoren leidt tot een be-



Figuur 2. Factoren bepalend voor de bewerkingsmethode

werkingsmethode, waarbij de wegingsfactoren per factor verschillen. De belangrijkste factoren blijken te zijn:

- soort bewerkingsgrondvormen;
- soort en grootte van de tolerantie;
- oppervlakterutheid (Ra);
- wel of geen warmtebehandeling.

## Grafieken met kostenfactoren

De consequenties van toenemende maatnauwkeurigheid op de bewerkingskosten kunnen het best grafisch worden weergegeven, [8]. Meer gedetailleerd en in aangepaste vorm kunnen deze grafieken als aanvulling dienen op de 'keuzeprogramma's voor bewerkingen', die in de volgende paragraaf worden geïntroduceerd.

Het is ten eerste aan te bevelen, [8], de keuze van toleranties en oppervlakteruhteden te baseren op de functionaliteit van het betreffende onderdeel. Functioneel niet verantwoorde keuzes kunnen leiden tot hoge bewerkingskosten, zoals wordt geïllustreerd in figuur 3. Daarin wordt voor rotatiesymmetrische bewerkingsgrondvormen aangegeven hoe de bewerkingskosten zich ontwikkelen bij een toenemende maatnauwkeurigheid.

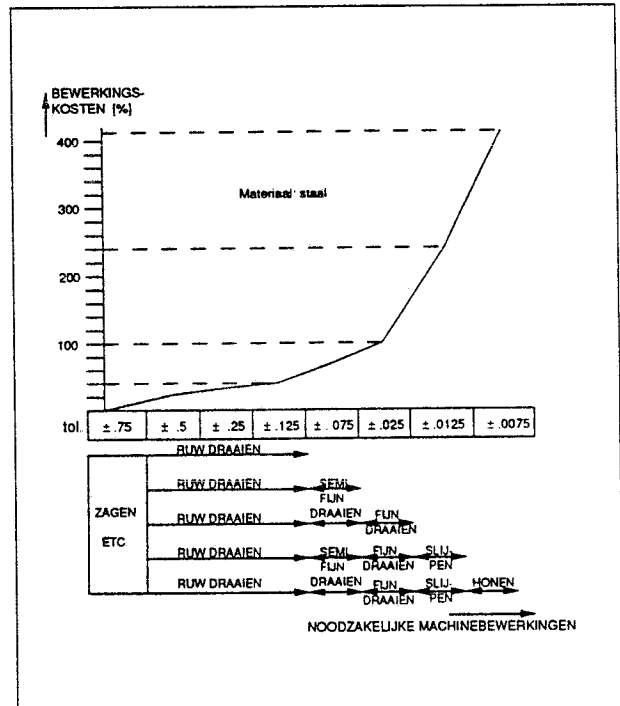
Soortgelijke grafieken zijn ook opgesteld voor de situatie bij het bedrijf waar het onderzoek is uitgevoerd, met als voorbeeld de relatieve bewerkingskosten voor een (on)gegrapte as in relatie tot de 'bewerkingsklasse', zie figuur 4. Dit type grafieken vertoont enkele verschillen met de grafiek uit figuur 3:

- per bewerkingsgrondvorm is een grafiek opgesteld, omdat de bewerkingskosten per grondvorm anders reage-

ren op verschillende waarden van de kostenbepalende factoren. Sommige bewerkingsgrondvormen zijn samengevoegd in één grafiek.

- naast tolerantie (in figuur 4: TOL-L, TOL-D en SLAG-TOL.) wordt tevens gekeken naar de invloed van oppervlakterutheid (Ra) en wel of geen warmtebehandeling. Dit zijn namelijk de belangrijkste kostenbepalende factoren. Materiaalkosten zijn opgenomen in het uurtarief van de werkplaats.

In de grafieken (figuur 4) wordt het relatieve kostenverschil aangegeven bij verschillende waarden van de ontwerpeisen tolerantie, oppervlakterutheid en wel of geen warmtebehandeling. De relatieve bewerkingskosten, in de vorm van 'kostenfactoren', worden uitgezet tegen de 'bewerkingsklasse'. De 'bewerkingsklasse' geeft de te volgen



Figuur 3. Relatieve bewerkingskosten bij toenemende maatnauwkeurigheid

[8]

bewerkingsmethode aan bij de in die klasse geldende ontwerpeisen.

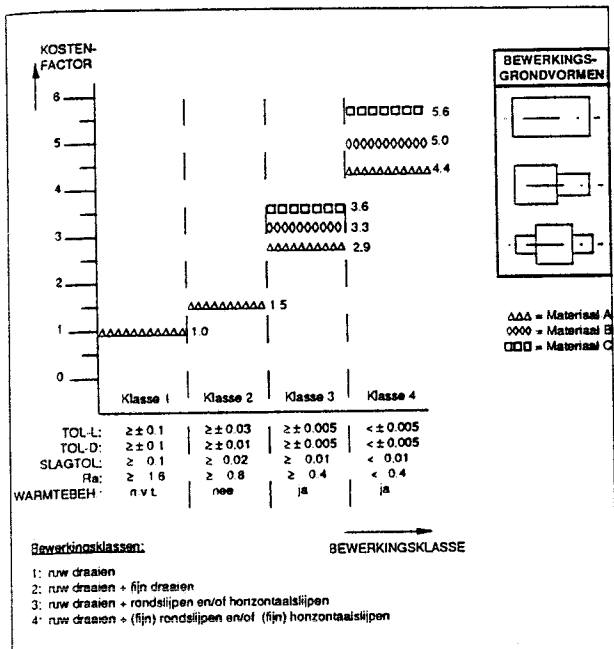
De overgang van de ene naar de andere bewerkingsklasse correspondeert met de omslagpunten (sprong in de kosten), waarbij een andere bewerkingstechnologie in de bewerkingsmethode moet worden opgenomen.

In de grafieken wordt de kostenfactor van een bepaalde bewerkingsklasse op de waarde 1 gesteld, als referentiewaarde.

De grafieken werken als volgt:

- Pak de grafiek die correspondeert met de betreffende bewerkingsgrondvorm.
- Selecteer de hoogste bewerkingsklasse waar één of meer van de ontwerpeisen invallen.
- De 'kostenfactor' die overeenkomt met deze klasse is van toepassing op deze bewerkingsgrondvorm.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat als de tolerantie op de lengte dermate nauwkeurig wordt dat een nauwkeurige horizontaalslijpbewerking moet worden uitgevoerd (bewerkingsklasse 4), terwijl de overige eisen via een draaibewerking kunnen worden gerealiseerd (bewer-



Figuur 4. Voorbeeld van één van de grafieken met kostenfactoren

kingsklasse 1 of 2), de kostenfactor niet helemaal beweringsklasse 4 is, maar ongeveer 3.5 zal zijn. Als het onderdeel een rondslijpbewerking moet ondergaan, valt het onderdeel automatisch in beweringsklasse 3 of 4, afhankelijk van de gewenste toleranties. Als een warmtebehandeling is vereist, terwijl de overige eisen in beweringsklasse 1 vallen, dan valt de kostenfactor in beweringsklasse 1. Het onderdeel wordt compleet gedraaid; de warmtebehandeling die dan volgt zal het onderdeel enigszins doen vervormen, maar dit blijft binnen de tolerantiegrenzen.

Bij het bedrijf uit het onderzoek wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën van materiaal: categorie A, B en C, waarbij de bewerkbaarheid van het materiaal moeilijker wordt van categorie A naar categorie C. Als een warmtebehandeling en nauwkeurige toleranties worden gevraagd, veroorzaakt dit significante verschillen in de beweringskosten, zodat deze categorieën ook in de grafieken worden onderscheiden.

Na het toetsen van deze grafieken in de praktijk, bleek dit hulpmiddel niet te voldoen. Ten eerste omdat de grafieken niet goed toegankelijk zijn, en wat belangrijker is: de constructeur kan niet uit de grafieken aflezen waarom de gekozen ontwerpeisen leiden tot hoge beweringskosten. Hij krijgt dus geen terugkoppeling over de gevolgen van de ontwerpeisen voor de toe te passen bewerkingstechnologieën. Een beter communicatiehulpmiddel moest worden ontwikkeld.

### Keuzeprogramma's voor bewerkingen

Het communicatiehulpmiddel, dat is ontwikkeld, heeft als doel het inzicht van de constructeur in de beweringsmethode te verbeteren. Dit hulpmiddel bestaat uit 'keuzeprogramma's voor bewerkingen'. Daaruit kan worden afgelezen welke bewerkingstechnologieën in de beweringsmethode moeten worden opgenomen, en de reden waarom. Voor enkele beweringsgrondvormen wordt dit getoond in figuur 5.

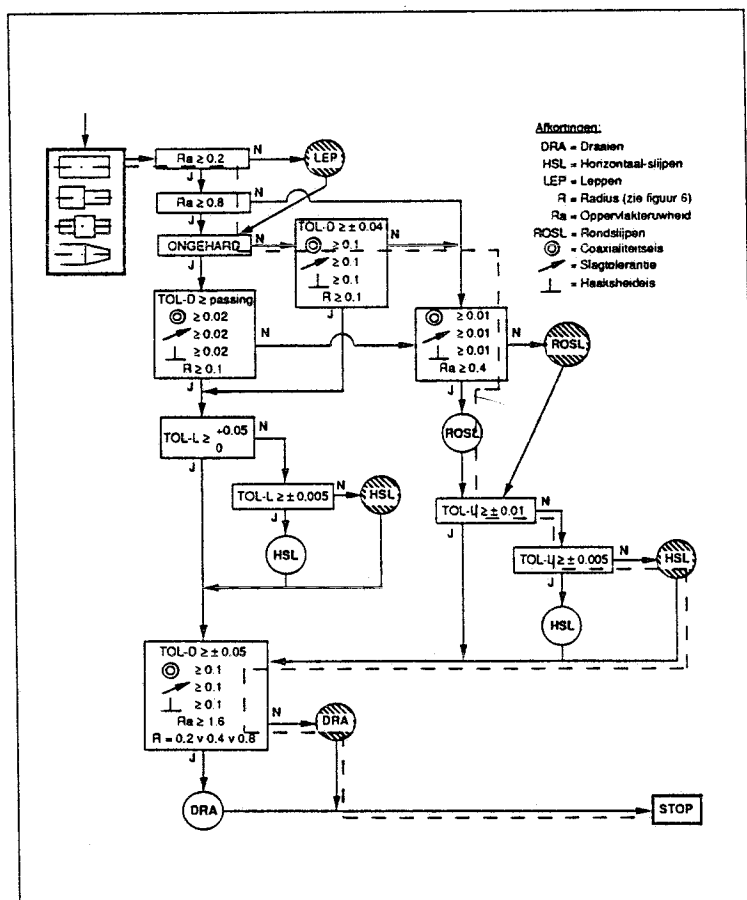
De keuzeprogramma's zijn opgesteld in de vorm van een

keuzeproces, waarin per beweringsgrondvorm de relevante factoren voor het bepalen van de beweringsmethode zijn meegenomen.

Per beweringsgrondvorm is een keuzeprogramma geformuleerd, omdat:

- het aantal en de waarden van de factoren, die leiden tot een bepaalde beweringsmethode, per beweringsgrondvorm verschillen;
- het aantal mogelijke combinaties van beweringsgrondvormen zeer groot is, en dat dus zou leiden tot een zeer groot aantal keuzeprogramma's;
- een constructeur duidelijk kan zien wat de gevolgen zijn van de eisen, die aan een bepaalde beweringsgrondvorm (moeten) worden gesteld. Daardoor kan de constructeur overwegen voor een andere ontwerp oplossing te kiezen.

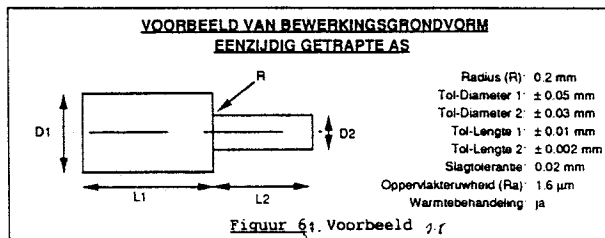
N.B. Indien beweringsgrondvormen (nagenoeg) dezelfde keuzeprogramma's opleveren, zijn deze grondvormen samengevoegd in één keuzeprogramma. Bij het bedrijf uit het onderzoek heeft dat geleid tot twaalf combinaties van beweringsgrondvormen, en dus ook tot twaalf keuzeprogramma's.



Figuur 5. Voorbeeld van een keuzeprogramma voor bewerkingen

Bij iedere keuzemogelijkheid (figuur 5) kan, aan de hand van de daarbij vermelde factoren, de te volgen weg door het keuzeprogramma worden bepaald. Daaruit volgen de beweringsplaatsen die het onderdeel tijdens de onderdelenfabricage zal moeten doorlopen als gevolg van de ontwerpeisen aan de betreffende beweringsgrondvorm. De constructeur kan nu ook zien hoe kan worden voorkomen dat een onderdeel een beweringsplaats moet bezoeken.

# Kwaliteitsbewust construeren: een keuzeprogramma voor bewerkingen



In een keuzeprogramma mag een keuze slechts bevestigend worden beantwoord als aan alle factoren, die bij de keuzemogelijkheid gelden, wordt voldaan.

Het negatief beantwoorden van een keuzemogelijkheid leidt tot hogere kosten. Als bij een bepaalde bewerkings-technologie de kosten verhoudingsgewijs hoog zullen zijn, wordt dit apart met behulp van arcering aangegeven (in figuur 5: LEP, ROSL, HSL (2x) en DRA). In de uiteindelijke presentatie voor de constructeurs, een boekje met 'keuzeprogramma's' voor twaalf combinaties van bewerkingsgrondvormen, is gekozen voor kleuren in plaats van arcering. In het 'plaatjesboek' zijn ook de grafieken met kostenfactoren opgenomen.

## Voorbeeld

Als aan de hand van de eisen aan het onderdeel uit figuur 6 het keuzeprogramma wordt doorlopen (in figuur 5 aangegeven met een stippellijn), dan volgt daaruit dat de bewerkingen draaien, rondslijpen en horizontaalslijpen in de bewerkingsmethode worden opgenomen.

Dus nu kent de constructeur de bewerkingsplaatsen die het onderdeel moet bezoeken, als gevolg van de ontwerp-eisen waaraan de grondvorm moet voldoen, en de reden waarom. De volgorde waarin de bewerkingsplaatsen worden doorlopen kan niet worden afgelezen uit de 'keuzeprogramma's voor bewerkingen'. Dit kan als volgt worden gerechtvaardigd:

- Alleen de omslagpunten, waarbij een andere bewerkings-technologie in de bewerkingsmethode moet worden opgenomen, zijn van belang voor de bewerkingskosten, en niet de volgorde waarin deze bewerkings-technologieën later worden afgewerkt.
- De (lay out van de) 'keuzeprogramma's voor bewerkingen' wordt te complex.

De bewerkingsmethode wordt:

- draaien: voordraaien met toefgift
  - harden
  - rondslijpen: diameter en slag op maat
  - horizontaalslijpen: lengte op maat; de bewerkingskosten voor deze bewerking zullen hoog worden (horizontaalslijpen (HSL) is gearceerd aangegeven), omdat een tolerantie op de lengte wordt gevraagd van ± 0.002 mm.
- Als hetzelfde voorbeeld wordt vergeleken met de grafiek met kostenfactoren (figuur 4), dan volgt daaruit dat het onderdeel valt in bewerkingsklasse 4, met een kostenfactor van 4.4, 5.0 of 5.6, afhankelijk van de materiaal-soort waarvan het onderdeel wordt gemaakt.

## Opmerkingen

Het communicatiehulpmiddel is op beperkte schaal getoetst, waaruit kan worden geconcludeerd dat het hulpmiddel positief wordt ontvangen. Bij het beschreven hulpmiddel kan een aantal opmerkingen worden geplaatst:

- Functionaliteit van het ontwerp staat voorop. Bij twijfel over de grootte van de tolerantie moet daarom aan de veilige kant worden gekozen. Overleg van de construc-

Figuur 6 Voorbeeld van bewerkingsgrondvorm met eenzijdig getrapte as

teur met de werkvoorbereidingsafdeling kan daarbij verhelderend werken.

- In de beginfase is het aanbevelenswaardig het hulpmiddel bij alle onderdelen, en dus bij alle bewerkingsgrondvormen, te gebruiken. Hierdoor raakt de constructeur bekend met de factoren voor de omslagpunten, waarbij een andere bewerkings-technologie in de bewerkingsmethode wordt opgenomen.

Als ervaring met het hulpmiddel is opgedaan, kan de toepassing ervan worden teruggebracht tot gelegenheden, waarbij enige twijfel bestaat bij het maken van een bepaalde keuze ten aanzien van de eisen die aan een onderdeel worden gesteld.

- De 'keuzeprogramma's voor bewerkingen' kunnen worden opgenomen in de constructeursopleiding. Daardoor kan tijdens de opleiding gestructureerd aandacht worden besteed aan dit aspect van de maakbaarheid van een ontwerp, gezien in het licht van de gewenste functionaliteit van het ontwerp.

- De benodigde montagetijd van een produktiemiddel wordt niet zozeer bepaald door het aantal onderdelen als wel door de ingewikkeldheid van de montage. De onderdelen moeten nauwkeurig in elkaar passen: hoe nauwkeuriger de toleranties zijn, hoe groter de kans is dat de onderdelen niet precies in elkaar passen, en dus problemen veroorzaken tijdens de montage. Daarom moeten toleranties in principe zo ruim mogelijk worden gekozen.

- In plaats van zich geremd te voelen in de creativiteit door toepassing van het hulpmiddel, zou dit moeten worden gezien als een extra uitdaging. Namelijk een ontwerp maken met de gewenste functionaliteit tegen minimale kosten.

Kwaliteitsbewust construeren zou door de organisatie als doel moeten worden gesteld, zodat onder andere op basis daarvan de beoordeling van constructeurs kan plaatsvinden.

## Conclusies

Het in dit artikel beschreven communicatiehulpmiddel: 'keuzeprogramma's voor bewerkingen' aangevuld met grafieken van de relatieve bewerkingskosten, in de vorm van een 'plaatjesboek', vormt een ondersteuning tot kwaliteitsbewust construeren. Door het hulpmiddel wordt het inzicht van de constructeur verbeterd in de wijze waarop en de mate waarin het produktiemiddelontwerp in het maaktraject de kosten beïnvloedt.

Op beperkte schaal is dit communicatiehulpmiddel getoetst in het bedrijf waar het onderzoek zich heeft afgespeeld. Een voorlopige schatting wijst uit dat ook een besparing van vijf procent in kosten en capaciteit op de onderdelenfabricage kan worden bereikt. ■

## Literatuur

- [1] Bragt, J.M. van, *Projectstrategie*, Rapportnr. WPA 0803, Faculteit Werktuigbouwkunde, T.U. Eindhoven, 1989.
- [2] Kals, H.J.J., *De functie van de werkvoorbereiding en de integratie van CAD/CAM, een blik in de toekomst*, MB-Produktietechniek 51, nr. 23, pp. 587-591, 1985.
- [3] Kals, H.J.J., Houten, F.J.A.M. van, Erve, A.H. van 't, *Integrated process planning, Proceedings of the Seminar on the automated factory approaching the year 2000*, pp. 45-62, Pisa, Italië, 1989.
- [4] Mal, H.H. van, *Fasen in het productieproces, Handboek CAD/CAM*, Samsom Uitgeverij b.v., Alphen aan den Rijn/Brussel, artikel B-3000, pp. 1-27, juni 1988.
- [5] Mal, H.H. van, Vliegen, H.J.W., *Kenmerken van fasen in het productieproces*, Handboek CAD/CAM, Samsom Uitgeverij b.v., Alphen aan den Rijn/Brussel, pp. 1-31, november 1989.
- [6] Mitrofanov, S.P., *Scientific principles of group technology*, (Engelse vertaling), Yorkshire, Groot-Brittannië, National Lending Library for Science and Technology, Vol. I, 1966.
- [7] Molengraaf, J.C.M. van den, *Kostprijbewust construeren: een keuzeprogramma voor bewerkingen*, Afstudeerverslag T.U. Eindhoven, 1990.
- [8] Remmerswaal, J.L., Nijpjes, J.M., Wely, F.E., Miclass, *Brochure nr. 5 Metaalinstituut TNO*, Apeldoorn, 1976.
- [9] Snead, C.S., *Group technology: foundation for competitive manufacturing*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- [10] Vliegen, H.J.W., Mal, H.H. van, *The structuring of process knowledge: function, task, properties and state*, Robotics & Computer Integrated Manufacturing, Vol. 6, nr. 2, pp. 101-107, 1989.
- [11] Vliegen, H.J.W., Wijnia, J., Mal, H.H. van, *Automatisering van de werkvoorbereiding: van eilandautomatisering tot integratie*, MB-Produktietechniek 54, nr. 8, september 1988.
- [12] Wijnia, J., *Kostenbewust construeren op basis van bewerkingsgrondvormen*, Pt-Werktuigbouw 31, nr. 11 pp. 657-666, nr. 12 pp. 733-736, 1976.
-