

## Gietwerk met zeer goede maatnauwkeurigheid (1)

**Ir. M. Breuning**

Vooral bij kleine aantallen ingewikkelde werkstukken, zoals freems voor instrumenten e.d., wordt in de Fijnmechanische Techniek dikwijls uit massief materiaal "gebeeldhouwd", dat wil zeggen door verspaning het werkstuk gerealiseerd.

Ook in de werkplaatsen van laboratoria is de verleiding daartoe zeer groot door de aanwezigheid van CNC-freesmachines.

Wanneer het werkstuk licht van gewicht moet worden, betekent dat echter dat zèèr veel materiaal moet worden "verspaand". Daarbij zijn dan allerlei voorzorgen noodzakelijk om spanningen en vormafwijkingen te voorkomen.

Ook bij zeer kleine aantallen of enkelstuks verdient daarom realisering door middel van vloeibare vormgeving overweging, dat wil zeggen door gieten. Zeker nu met moderne vorm- en gietmethoden zeer goede maatnauwkeurigheid is te bereiken.

In veel gevallen behoeven voor de functie van een werkstuk niet alle maten aan zeer nauwe toleranties te voldoen. Des te groter de nauwkeurigheid van een gietstuk, des te minder nabewerking is er nodig voor het realiseren van het meestal beperkte aantal maten dat aan zeer nauwe toleranties moet voldoen.

Bij gietwerk heeft men bovendien ten aanzien van de materiaalkeuze in het algemeen een zeer grote vrijheid. Deze laat een zo optimaal mogelijke keuze toe als voor de functie van het werkstuk nodig is.

Voor gietwerk waarbij een zeer goede maatnauwkeurigheid wordt geëist komen tegenwoordig twee gietprocessen in aanmerking.

De eerste is het voor vele lezers wel enigszins bekende "wasmodel (lost wax)"-gietproces. Hierbij wordt een model, gemaakt van was, eenmalig gebruikt teneinde een keramische schaal-

vorm te maken, die ook eenmalig wordt gebruikt.

Het tweede is een niet zo erg bekend, uit Japan afkomstig, proces teweten: het "vacuüm vorm proces in folie", VPF.

In dit deel I zal op het eerstgenoemde proces nader worden ingegaan, terwijl deel II van dit artikel gewijd zal zijn aan het VPF.

### Het "wasmodel"-gietproces

Voor een goed begrip van de mogelijkheden laten wij de verschillende processtappen hier nog eens de revue passer. Zie figuur 1 (ontleend aan [3]).

#### Fase 1.

Op basis van het werkstuk c.q. produktontwerp wordt een positief model in een "was"-soort vervaardigd: het wasmodel. Hiertoe wordt een matrijs gemaakt, meestal van aluminium of eventueel een ander non-ferro materiaal dat zich relatief gemakkelijk laat bewerken.

In deze matrijs wordt de was geïnjecteerd, hetgeen vergelijkbaar is met het spuitgieten van bijvoorbeeld kunststof. Daar dit gietproces meestal voor niet erg grote werkstukken wordt toegepast, wordt een aantal wasmodellen gemonteerd aan een gezamenlijke gietloop door aansmelten, zodat een "boom" ontstaat.

De boom is voorzien van een giet-

trechter van was, eventueel van keramiek.

Opmerking: het is evident dat bij de maatvoering van het wasmodel, dus ook van de matrijs daarvoor, rekening dient te worden gehouden met zowel de krimp van de was bij het stollen als met de krimp van het te gieten metaal bij het stolproces dààrvan.

#### Fase 2.

De volgende processtap is de bekleding van het wasmodel c.q. de boom met een keramische vormmassa.

Dit gebeurt door herhaald onderdompelen in een keramische slurrie en het daarna bestrooien met keramisch zand van iedere laag. Na iedere laag volgt een droogtijd van een paar uur.

Is aldus een voldoende stevige schaalvorm ontstaan, dan wordt de was in een autoclaaf met behulp van stoom van circa 120°C uitgesmolten. De was kan worden hergebruikt na een geschikt regeneratieproces. Vervolgens wordt de keramische schaalvorm, inclusief de gietloop en giettrechter, gebakken bij circa 1000°C gedurende tenminste een uur. Daarna is de vorm gereed om er het gesmolten materiaal in te gieten.

#### Fase 3.

Het eigenlijke gieten vindt plaats in de nog hete vorm, waarna men de gegoten produkten in de vorm laat afkoelen. De relatief dunwandige kerami-

Het principe van het "wasmodel"-gietproces is al zeer oud. Het was reeds bekend in de Egyptische oudheid en is onder andere naar India en Zuid-Oost-Azië verbreid geraakt. De zeer fijn gedetailleerde beeldjes van 10 cm en kleiner, die in het voorjaar van 1992 te zien waren in de Grote Kerk te Amsterdam op de tentoonstelling "Het Goddelijk Gezicht van Indonesië" kunnen vrijwel zeker niet anders dan volgens dit proces zijn gemaakt.

Het is ook al zeer lang in Europa bekend onder de naam "cire perdue" en werd hoofdzakelijk toegepast voor het gieten van kleine beeldjes in brons en andere metalen en voor sieraden in zilver of goud.

Tijdens, en vooral na de Tweede Wereldoorlog heeft het proces, verder ontwikkeld met behulp van moderne wassoorten en vormmaterialen, een grote vlucht genomen; vooral voor het gieten van bijzondere, moeilijk bewerkbare legeringen.

sche schaalvorm is voldoende poreus voor een goede ontgassing en ontluchting van de gietholten.

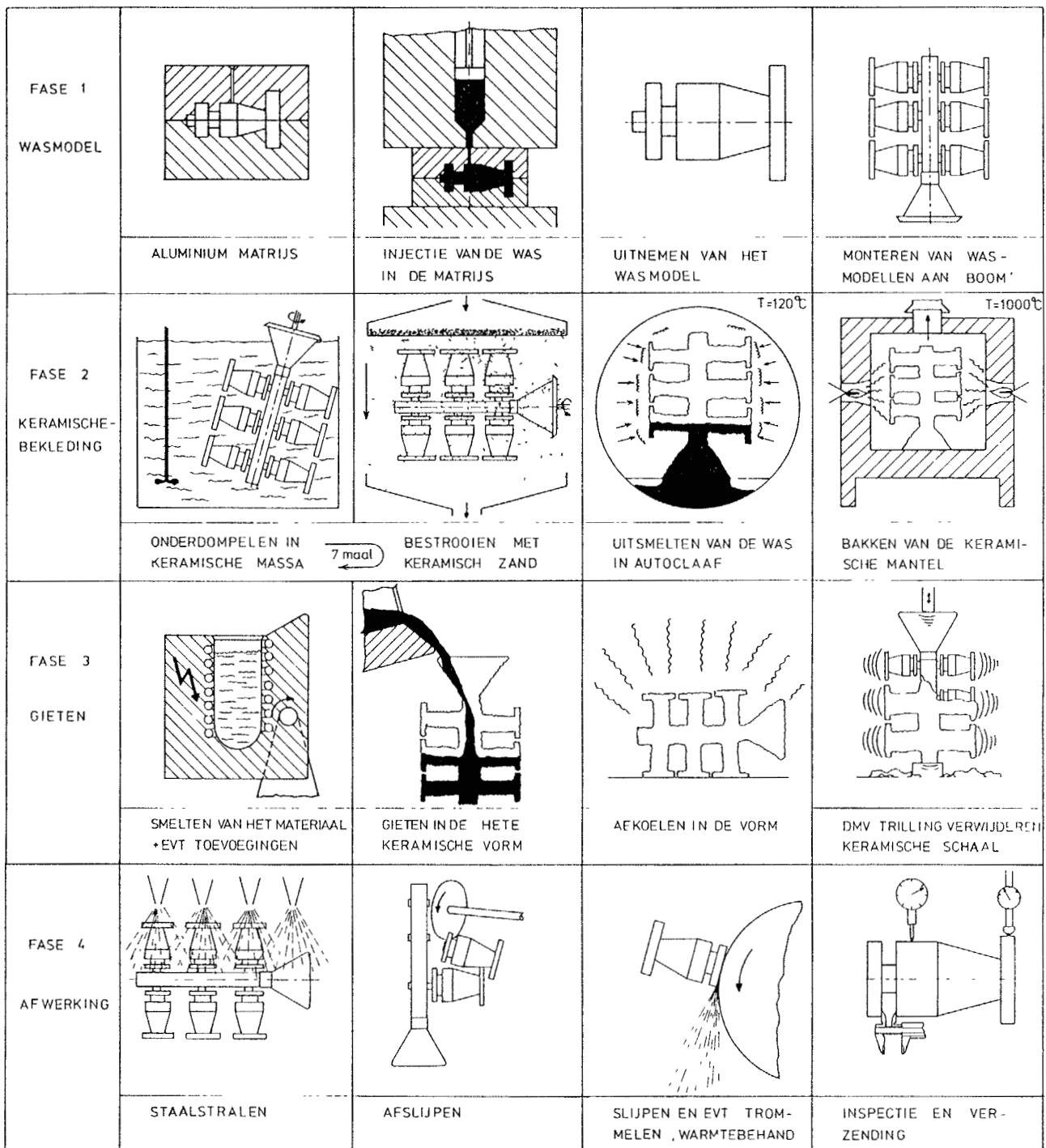
Na het afkoelen wordt het gietstuk (of de boom met een aantal, al dan niet gelijke, gietstukken) ontdaan van de keramische schaalvorm. Dit gebeurt in eerste instantie door trillen.

Fase 4.

Eventuele resten worden door staalstralen verwijderd, waarna gietstukken door middel van doorslijpen van de aangieting worden gescheiden van de boom. De resten van de aangieting worden tenslotte van het gietstuk afgeslepen.

Daarna kan een eventueel noodzakelijke warmtebehandeling plaatshebben. Uiteraard volgt controle van het gietstuk. Als er veel kritische maten zijn kan dit in een speciale meetopstelling gebeuren.

De totale doorlooptijd van het proces bedraagt ca. drie weken, namelijk: een



Figuur 1. Overzicht van het wasmodel- gietproces (Precisiewerk, Zierikzee).

## Gietwerk met zeer goede maatnauwkeurigheid (1)

bedraagt ca. drie weken, namelijk: een week voor de modelbomen in was, een week voor de keramische vorm en ca. een week voor het gieten.

### De eigenschappen van het proces nader beschouwd

De keramische schaalvorm heeft door de zeer goede oppervlaktekwaliteit van het wasmodel en het gebruik van zeer fijn korrelige keramische slurrie ook een zeer goede oppervlaktekwaliteit van de gietholte.

Mede door de goede ontgassing krijgen dan ook de gietstukken een zeer goede oppervlaktekwaliteit.

Afhankelijk van de gebruikte legering, het gietstukgewicht en zijn wanddikte en de eventuele afwerkingstechniek zal de ruwheid  $R_a$  variëren van 1,6 tot circa 6 micrometer. Gebruikelijk is een  $R_a$  van 3,2 micrometer overeenkomend met klasse N8 volgens ISO norm R468.

De hittebestendigheid, de relatieve sterkte en de poreusiteit van de schaalvorm maken het mogelijk zeer veel verschillende metalen en legerin-

gen te gieten, waaronder hooggeleerde staalsoorten en kobaltlegeringen. Het proces leent zich temeer daarvoor omdat dergelijke staalsoorten en legeringen dikwijls zeer moeilijk te bewerken zijn en het gietstuk dus zoveel mogelijk aan de juiste maat moet zijn zodat nabewerking (meestal door slijpen) nauwelijks nodig is.

Ook non-ferro-legeringen, waaronder aluminium, laten zich overigens met dit proces goed gieten.

Het model in was laat nauwkeurige reproductie toe van kleine details. Ook wanddikten van 1 mm over grotere oppervlakken zijn mogelijk, afhankelijk van vormgeving en grootte van het produkt. Dunne delen in overigens dikwandige gietstukken zijn echter niet aan te bevelen.

De tegenwoordig toegepaste was blijft hard tot temperaturen boven 40°C en heeft een beperkte warmte-uitzetting.

Ook ingewikkelde, niet "lossende", vormen laten zich in het wasmodel realiseren. Hetzij met behulp van schuiven of uitneembare delen in de

matrijs voor het wasmodel, hetzij door het model op te bouwen uit een aantal op zich wél lossende delen uit eenvoudiger matrijzen. Het opbouwen geschiedt door lijmen met een soort nagellak, een lijm op acetonbasis, of met gesmolten was van circa 100°C. Men realiseert zich echter wel dat het opbouwen van het model tijdrovende en dus kostbare handarbeid vraagt.

Voor wat betreft de haalbare maatnauwkeurigheid kunnen de volgende richtwaarden worden genoemd (ontleend aan [3]).

Toleranties op lineaire maten bedragen  $\pm 0,1$  mm tot lengtes van 20 mm; daarboven  $\pm 0,7\%$  van de maat.

Toleranties op hoekmaten worden gesteld op  $\pm 1/2^\circ$ .

Gattoleranties:  $\pm 0,1$  mm tot diameters van 12 mm; daarboven  $\pm 1\%$  van de diametermaat.

Voor ovaliteit en concentriciteit wordt circa 1% van de maten opgegeven.

Bij langere gietstukken met gaten c.q. boringen, waarbij de hartafstand kritisch is, kunnen de maatafwijkingen tengevolge van de krimp worden vermindert door het plaatsen van keramische kernen in de gaten.

Bijgaande Tabel I (ontleend aan [2]) levert wat meer gedetailleerde informatie.

### Enkele voorbeelden

Bijgaande foto's, zie de figuren 2 t.m. 7, tonen een aantal voorbeelden van produkten, gegoten in verschillende materialen. Nadere gegevens zijn in de bijchriften vermeld.

Deze voorbeelden werden ter beschikking gesteld door Precisiewerk Zierikzee.

### Procesvariant voor grotere werkstukken met dunne wanden

Voor werkstukken met wat grotere afmetingen, zoals bijvoorbeeld behuizingen in lichtmetaal voor elektronica in vliegtuigen, wordt wel een enigszins andere vormtechniek toegepast.

Over het wasmodel wordt een heel dunne keramische schil gevormd, die vervolgens wordt verstevigd met be-

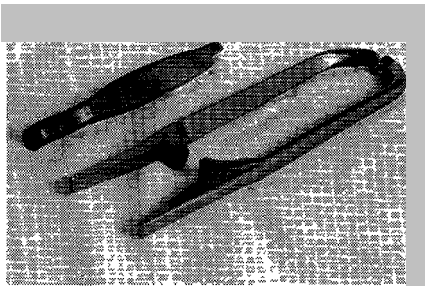
Nominale maat [mm]		Lengte, breedte, hoogte				Hartafstand	
groter	t/m	tolerantieklasse					
dan		D1		D2		D1	D2
		tolerantie	veld	tolerantie	veld		
	6	$\pm 0,10$	0,20	$\pm 0,08$	0,16	$\pm 0,25$	$\pm 0,16$
6	10	$\pm 0,12$	0,24	$\pm 0,10$	0,20		
10	14	$\pm 0,15$	0,30	$\pm 0,12$	0,24		
14	18	$\pm 0,20$	0,40	$\pm 0,14$	0,28	$\pm 0,32$	$\pm 0,20$
18	24	$\pm 0,25$	0,50	$\pm 0,17$	0,34		
24	30	$\pm 0,30$	0,60	$\pm 0,20$	0,40	$\pm 0,50$	$\pm 0,30$
30	40	$\pm 0,37$	0,74	$\pm 0,25$	0,50		
40	50	$\pm 0,44$	0,88	$\pm 0,30$	0,60		
wanddikte van vlakken $\leq 100 \times 100$ mm							
	10					0,6	0,4
meelengte		rechtheid, vlakheid en evenwijdigheid					
tot	25	0,15		0,10			
25	50	0,25		0,20			
boven	50	0,6%		0,4%			

**Tabel 1. Maattoleranties**

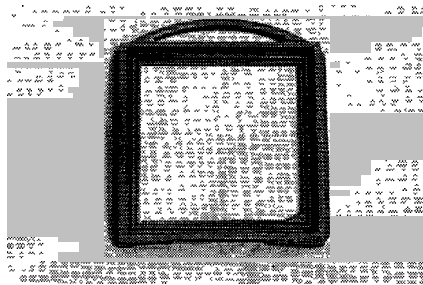
Klasse D1: toleranties van maten (mm) waaraan geen speciale eisen worden gesteld.

Klasse D2: toleranties van maten (mm) waaraan tolerantie-eisen worden gesteld.

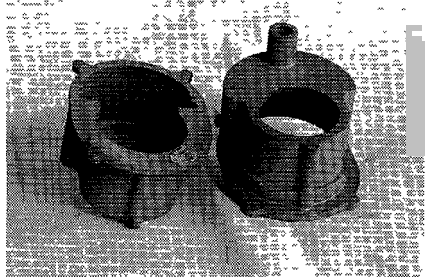
Opmerking: de afwijkingen van verschillende partijen gietwerk onderling dienen apart met de leverancier te worden overeengekomen (Cirex, Almelo).



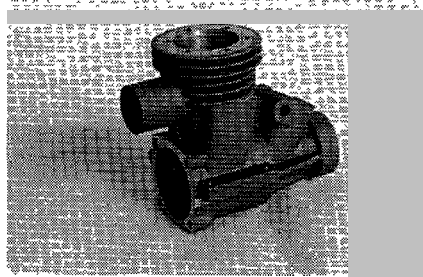
2



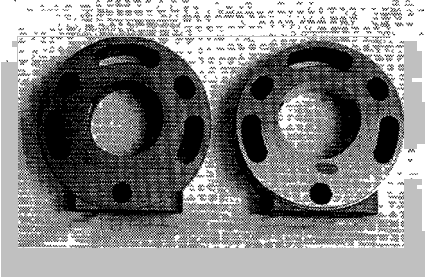
3



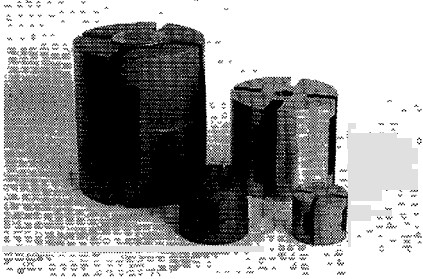
4



5



6



7

- Figuur 2. Links een onderdeel voor een striptang voor infuusleidingen; roestvaststaal, ca. 120 mm lang (NPBI). Rechts onderdelen van een slachtmachine; eveneens roestvaststaal.
- Figuur 3. Houder (raam) voor een elektronisch apparaat, uitgevoerd in niet-magnetisch messing; ca. 100 mm vierkant. (Nederlandse Philips Bedrijven, Machinefabrieken, Almelo.)
- Figuur 4. Huis voor elektronisch meetapparaat; aluminium legering, afmetingen ca. 100 x 70 x 60 mm. (Nederlandse Philips Bedrijven, Machinefabrieken, Almelo.)
- Figuur 5. Tweetakt modelvliegtuigmotorje, cilinders en krukast geïntegreerd; aluminium, ca. 80 mm hoog. (De Ridder Fijnmechanica, Veenendaal.)
- Figuur 6. Huis voor rotor, diameter 42 mm, voor vloeistof meetapparaat; gelegeerd staal, buitendiameter ca. 100 mm. (VAF-Instruments B.V., Dordrecht.)
- Figuur 7. Diverse rotoren. Aan het linker, onbewerkte exemplaar is aan de aftekening te zien dat het wasmodel is opgebouwd uit twee helften. Maten: diameter 87 mm onbewerkt, 72 mm bewerkt, 43 mm onbewerkt en 34 mm onbewerkt.

hulp van vormvast gips in een metalen vormkast. Dit wordt wel "block-mould" genoemd.

In sommige gevallen wordt de schil opgebouwd met behulp van keramische "lijm" en van lijmtangen. De vorm wordt uitgestookt na het samenstellen. Bij het verder vullen c.q. opbouwen van de "blockmould" kan vacuümtrekken worden toegepast; dit bevordert verdichting en verhoogt de sterkte door het onttrekken van overtollig water.

Deze techniek is onder andere door een Israëlische gieterij toegepast voor produkten voor de vliegtuigindustrie.

Ook in Engeland is er tenminste één gieterij die dit toepast, de firma "Finecast" [4].

### Slotbeschouwing

Het wasmodelproces levert weliswaar gietstukken met zeer goede nauwkeurigheid; voor precisie in het tolerantiegebied van 5 micrometer of minder blijft nabewerking echter noodzakelijk.

Voor werkstukken uit materialen die zich zeer moeilijk laten bewerken, zoals de reeds genoemde hooggeleger-

### Wasmodel-gieterijen in de Benelux:

- B.V. Precisiewerk, Zierikzee.  
Dit kleine maar zeer produktieve bedrijf is gespecialiseerd in kleine tot middelgrote series. Men kan alle staalsoorten en legeringen gieten alsmede koper-, aluminium- en magnesiumlegeringen.
- CIREX in Almelo (behorend tot de Hoogovens Groep).  
Deze gieterij is gespecialiseerd in grote tot zeer grote produktseries. Men giet alle staalsoorten en legeringen (constructie-, zuur- en roestvaste, hittevaste), kobaltlegeringen en zacht magnetisch staal. Men giet geen non-ferro metalen.
- Eurocast B.V. (Mifa Aluminium) te Apeldoorn.  
Deze middelgrote gieterij levert gecompliceerde produkten in staal-, koper- en aluminiumlegeringen.
- Precimetal te Senefte, België.  
Ook deze gieterij biedt een uitgebreide keuze in ferro- en non-ferro legeringen. Werkt onder andere voor de luchtvaartindustrie en is daarvoor gecertificeerd.

de staalsoorten en kobaltlegeringen, is het een zeer goede produktiemethode. De aard van het proces, in dit geval de relatief kostbare methode om het "model" te produceren, maakt het proces minder geschikt voor het maken van enkel-stuks of zeer kleine aantallen. De gieterij, die het meest gespecialiseerd is in zulke kleine aantallen, indiceert toch een minimum van tien stuks en een kleinste economisch aantrekkelijke seriegrootte van vijftig stuks voor relatief gecompliceerde werkstukken.

### Literatuur:

- [1] Precisiegieten. De verloren wasmodeltechniek, ir F Nuyts, ir W Polloni (Precimetal), Tijdschrift Technisch Management Juni 1989
- [2] Brochure "De Cirex Formule", Publikatie van Gieterij Cirex, Almelo.
- [3] Brochure Precisie gietwerk, Publikatie van BV Precisiewerk, Zierikzee
- [4] "Finecast", Clivemount Road, Cordwallis Estate Maidenhead, Berks SLG 7 BK, England