

# Het ultrasoon boren van gaatjes kleiner dan 200 $\mu\text{m}$

R. Brehm, Philips Natuurkundig Laboratorium Eindhoven, Nederland

Een van de problemen bij het ultrasoon boren van kleine gaatjes is de krachtinstelling om de gewenste boordruk te kunnen aanbrengen. Zo is het vereist, in het geval dat gaatjes geboord moeten worden met een diameter kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ , dat de kracht met een nauwkeurigheid van 1 mN ingesteld kan worden.

Daarom is de inrichting ontwikkeld, waarmee de boordruk met de gewenste nauwkeurigheid kan worden ingesteld.

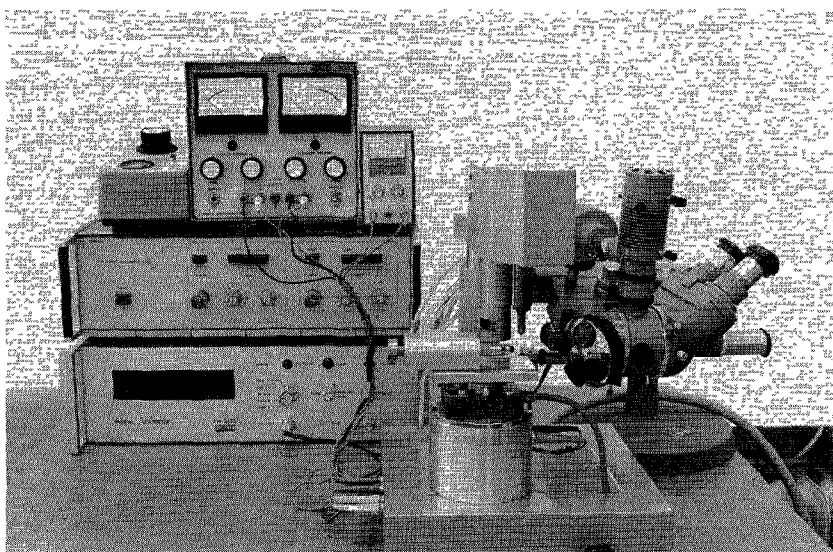
Een tweede probleem is het slinger vrij monteren van de boortjes. Hiertoe is gekozen voor een oplossing waarbij de boortjes in de opstelling op de gewenste diameter worden gebracht, met een speciaal daartoe gemaakt slijpparaat.

Om een goede stabiliteit van het boorproces te verzekeren is de boormachine voorzien van twee luchtlagers. Eén lager is ingebouwd in de inrichting voor het aanbrengen van de kracht om bij de instelling van de boordruk verzekerd te zijn van een zo klein mogelijke wrijvingskracht. Het tweede luchtlager is aangebracht in de kop waaraan het boorgereedschap is bevestigd. Hierdoor kunnen de boortjes praktisch slinger vrij op de gewenste maat geslepen worden.

## De booropstelling

De boormachine bestaat uit een kolom, een juk, een trillend systeem, de positionerings-inrichting voor het instellen van de boordruk en een slijpparaat voor het op diameter brengen van de boortjes. De kolom is gemonteerd op een micromanipulator die zowel in de X- als in de Y-richting instelbaar is. Met behulp van een schroefspil kan het juk, dat aan de kolom is bevestigd, in de Z-richting worden verplaatst. Aan het juk zijn de aandrijfmotor en de roteren-

de kop bevestigd. Figuur 1 toont de afbeelding van de boormachine en figuur 2 geeft een aanzicht weer waarin schematisch de verschillende onderdelen aangeduid zijn. De boormachine is uitgevoerd met een trillend systeem met een resonantiefrequentie van 40 kHz. De ultrasonische mechanische trilling wordt verkregen door een elektrische trilling om te zetten in een mechanische trilling. De gebruikte omzetter (transducer) is van het piezo-elektrische type.



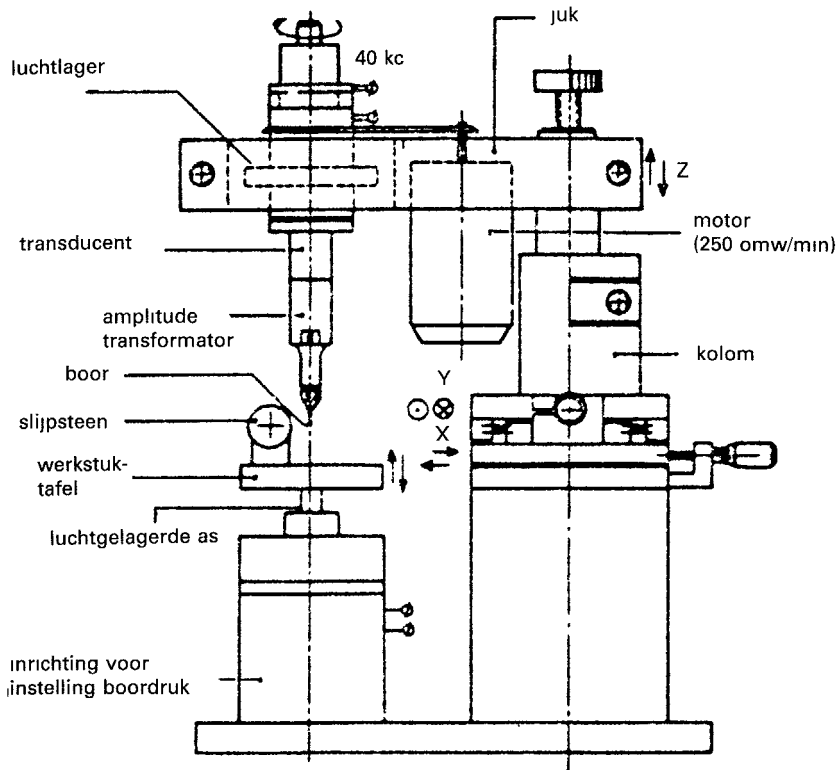
Figuur 1 Ultrasoon-booropstelling met roterende kop

Een amplitudetransformator brengt de mechanische trilling met de gewenste amplitude over op de boor. De elektrische voeding komt van een generator met een automatische frequentieregeling en met een uitgangsvermogen van 30 watt. De kop, waaraan het trillend systeem is gemonteerd wordt aangedreven via een snaaroverbrenging door een synchronomotor en draait met 50 omw/min. Via sleepcontacten wordt de stroomdoorvoer van de generator naar de transducent verkregen. Het boorgereedschap is gekoppeld aan de amplitudetransformator. De constructie van de bevestiging is weergegeven in figuur 3. De boor wordt door een moer in axiale richting tegen de amplitudetransformator geklemd. Deze inklemming voldoet bijzonder goed. Er is weinig demping; de energie wordt goed overgedragen van de amplitudetransformator naar het boorgereedschap. Bovendien zijn de boortjes snel te vervangen. De rotatie van de kop heeft niets te maken met het ultrasoon-boorproces zelf. Het roteren van de boor is nodig om zuiver ronde gaten te kunnen boren.

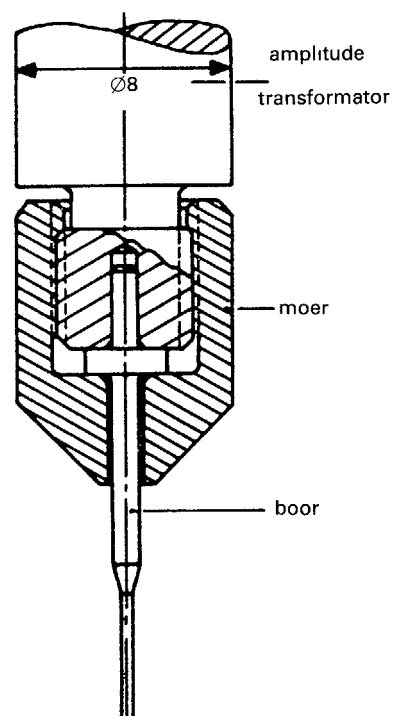
## Het slijpen van de boor

De boor wordt in de opstelling op maat geslepen. Een overmaatse boor met een diameter van 0,5 mm wordt opgenomen in de houder die bevestigd is aan de amplitudetransformator. Met een slijpparaat wordt de boor op de gewenste diameter gebracht. Het slijpparaat wordt hiertoe op de werktafel gemonteerd (b.v. met een vacuümanzuiging). Het slijpparaat bestaat uit een op lucht gelagerde en lucht aangedreven as met aan het uiteinde een slijpsteen met een diameter van 10 mm. Het toerental van de slijpschijf is 60.000 omw/min. De slijpschijf is een diamantschijf met een nikkelbinding. De as van de slijpschijf staat loodrecht op de hartlijn van de te slijpen boor. De omtrek-snelheid van de schijf op het slijppunt ligt dan in de lengterichting van de boor; zie figuur 4 en 5. Het is mogelijk op deze manier boortjes te slijpen tot een minimum diameter van 35  $\mu\text{m}$  zonder dat zij slingeren. De lengte van een dergelijk boortje is enkele tienden van een millimeter.

(Een boortje met een diameter van 200  $\mu\text{m}$  heeft een lengte van ongeveer 6 mm.)



Figuur 2 Aanzicht van de ultrasoonbooropstelling met roterende kop



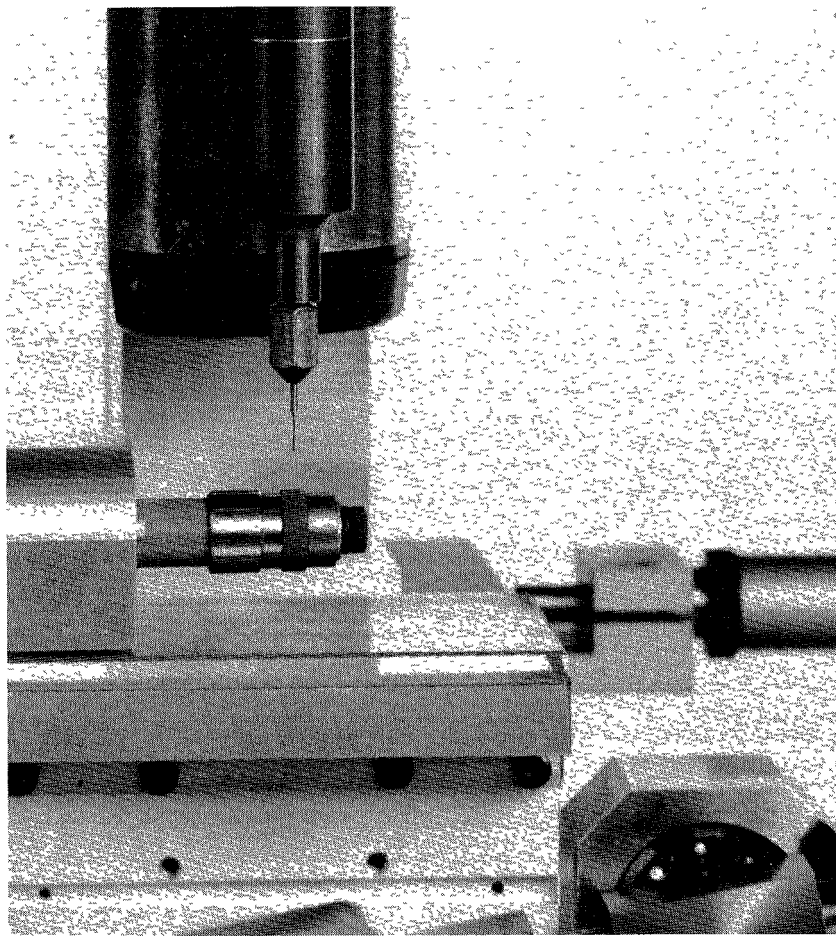
Figuur 3 Constructie van de boorinklemming

Het materiaal waaruit de boortjes gemaakt worden is gehard zilverstaal. Meestal worden bij het ultrasoon boren boorstempels van een taai materiaal gebruikt, doch voor deze toepassing bleek een hard materiaal betere resultaten te geven dan een taai materiaal.

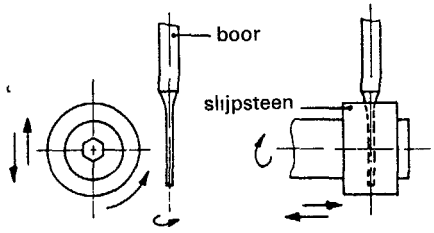
### Het instellen van de boordruk

Tijdens het boren moet afhankelijk van een aantal omstandigheden een bepaalde kracht ingesteld worden. De grootte van deze in te stellen kracht is afhankelijk van de diameter van de boor, de amplitude van de trilling van de boor en de aard van het materiaal dat bewerkt moet worden. De optimale boordrukken voor kleine booroppervlakken (oppervlakken  $\ll 1 \text{ mm}^2$ ) bij het boren in borosilicaatglas en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  verschillen ongeveer een factor 3. Figuur 6 toont voor  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en borosilicaatglas de optimale boordruk afhankelijk van de amplitude.

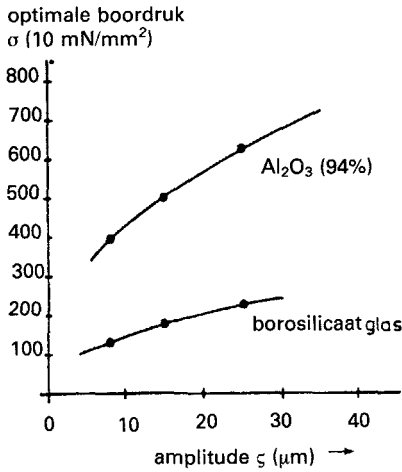
Met een speciale inrichting is het mogelijk om de boorkracht, onafhankelijk van de positie van het boortje, met een nauwkeurigheid van 0,5 mN in te stellen. Figuur 7 toont een doorsnede van de constructie van deze positioneringsinrichting. De as waarop het werktafeltje is gemonteerd is d.m.v. lucht gelagerd. Hierdoor is de wrijving in axiale



Figuur 4 Foto van de slijpopstelling



Figuur 5 Schematische weergave van de slijpopstelling



Figuur 6 Optimale boordruk voor booroppervlakken  $< 1 \text{ mm}^2$  bij een trillingsfrequentie van 20 kHz

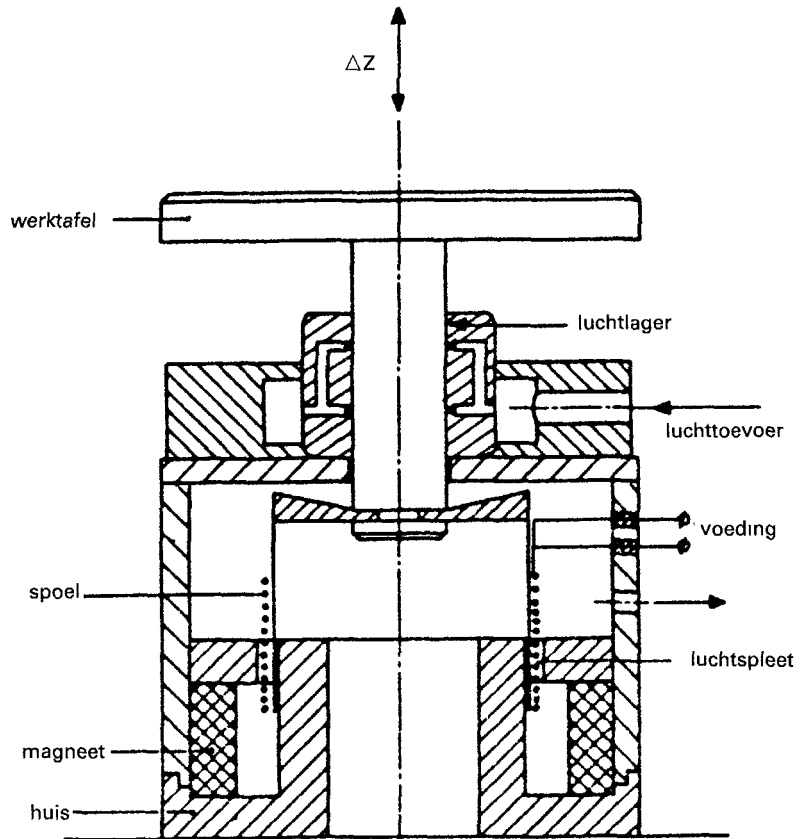
richting (de boorricting) kleiner dan 0,1 mN. Aan deze luchtgelagerde as is een spoel gekoppeld. De spoel bevindt zich voor een gedeelte in een magneetveld dat wordt opgewekt in een luchtspleet door een permanentmagneet (Ticonal). De hoogte van de spoel is veel groter dan de hoogte van de luchtspleet. Wanneer door de spoel een stroom gestuurd wordt ontstaat een kracht in axiale richting. De kracht wordt bepaald door de magnetische veldsterkte (B), de stroom (I) en het aantal windingen en de afmetingen van de spoel die door het magneetveld om-

sloten worden. De grootte van de kracht is  $F = B \times I \times l$  waarin  $l = \pi \cdot d \cdot n$  (d = diameter van de spoel en n het aantal omsloten windingen). Omdat in iedere positie van de spoel het aantal omvatte windingen steeds gelijk is zal bij een bepaalde stroominstelling de kracht steeds constant zijn. Er is een ruststroom  $I_0$  nodig om het gewicht van de as, de spoel, het werkstuk en de werktuktafel te compenseren. Met deze constructie kunnen boorkrachten in het gebied van 0-100 mN worden ingesteld. De nauwkeurigheid van de instelling hangt mede af van de

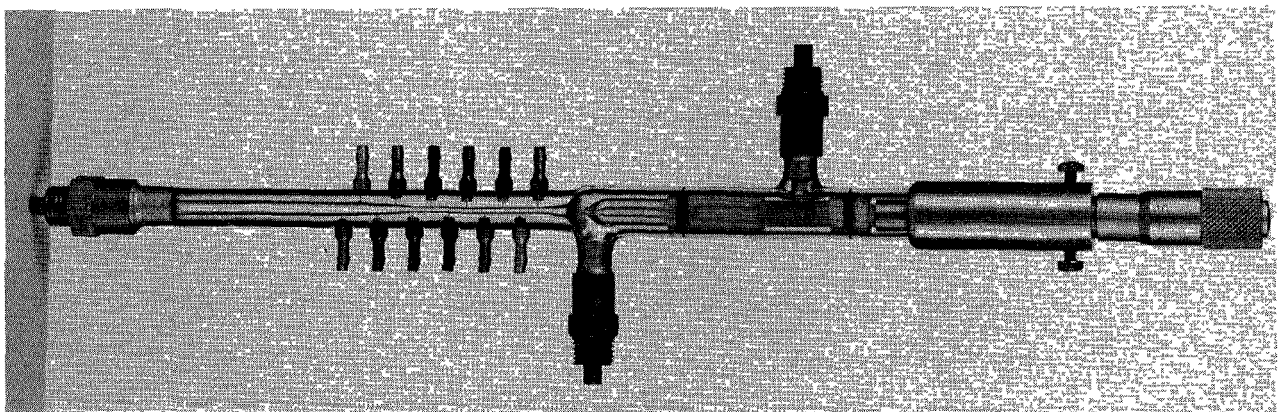
nauwkeurigheid van de stroombron.

### Het boren

Tijdens het boren wordt een slurry gebruikt bestaande uit diamantpoeder in water. De korrelgrootte van het diamantpoeder ligt tussen 4 en 7  $\mu\text{m}$ . De slurry wordt met een penseel toegevoerd. Het boren moet voorzichtig gebeuren vanwege de vaak geringe afmetingen van de boor. Ook moet de boor tijdens het boren gelost worden om de slijpslurry te kunnen verversen, zodat de afgewerkte korrels en de materiaalschilfers kunnen worden afgevoerd.



Figuur 7 Doorsnede van de inrichting voor het instellen van de boorkracht

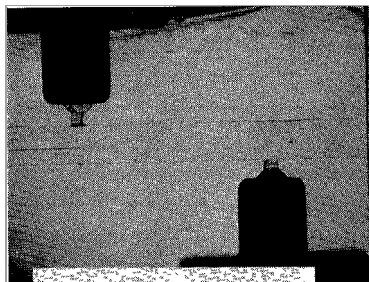


Figuur 8 Smoorejecteur met ultrasoon geboorde gaten

Het boren van kleine gaatjes, zeker bij diameters kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ , is een tijdrovende zaak. Voor gaatjes met een diameter van 100  $\mu\text{m}$  zijn boortijden van 20 tot 30 min normaal (afhankelijk van de geboorde diepte, nl. 0.5–0.7 mm). De amplitude van de boor is ongeveer 10  $\mu\text{m}$ . Voor het boren van gaten van 200  $\mu\text{m}$  kan een grotere amplitude ingesteld worden, nl. 15 á 20  $\mu\text{m}$ , waardoor het boren aanzienlijk sneller gaat. In veel gevallen is het positioneren van de boor op het werkstuk een probleem met een microscoop of met een gesloten televisie-circuit (camera + monitor) kunnen echter veel problemen opgelost worden.

Figuur 8 toont een afbeelding van een

smoorejecteur. Deze ejecteur, die is gebruikt in het onderzoek bij twee-fase stromingen, is voorzien van een aantal drukaansluitingen. De ejecteur, die geheel in glas werd uitgevoerd, heeft



Figuur 9 Detail van de smoorejecteur

twalf drukaansluitingen. De diameter van de drukaansluitingen is 200  $\mu\text{m}$  en de lengte 350  $\mu\text{m}$ , zie figuur 9.

Ook voor andere toepassingen werd reeds gebruik gemaakt van deze booropstelling, o.a. bij het onderzoek naar moleculaire stromingen van gassen, het maken van precisiedoorvoeren in keramische substraten en in halfgeleidermaterialen. De kleinste gaten die geboord zijn hebben een diameter van 40  $\mu\text{m}$ .

#### Referenties

1. L.D. Rozenburg, V.F. Kazantsev, L.O. Makarov en D.F. Yakhimovich.  
Ultrasonic Cutting, Consultants Bureau, New York

## Kunststof recycling-industrie bundelt zich

De Technische Advies Commissie Milieu-effecten (TACM), een werkgroep van de Nederlandse Federatie voor Kunststoffen (NFK), is actief bezig met de problematiek van kunststoffen in het afvalstadium. Op initiatief van de TACM heeft een aantal bedrijven, dat zich bezig houdt met de herverwerking van kunststofafval, besloten een samenwerkingsverband op te richten. Dit samenwerkingsverband van recycling bedrijven is een onderdeel van de NFK.

#### Doel

Het doel van het samenwerkingsverband is het behartigen van de gezamenlijke belangen van de aangesloten kunststofrecycling bedrijven teneinde een milieutechnisch verantwoorde en economisch haalbare recycling van kunststofafval te bevorderen.

#### Aanpak

Men wil voorlichting geven aan potentiële leveranciers van kunststofafval, opdat het afval schoon en gescheiden wordt geleverd. Verder wordt gedacht aan voorlichting aan de kunststofindustrie, waardoor deze reeds in de ontwerpfase rekening houdt met de mogelijkheden om het produkt t.z.t. te herverwerken.

Verder wil men dit bereiken door het opstellen van een gedragscode. Deze is erop gericht te verzekeren dat de diverse producten voldoen aan door de markt gestelde kwaliteitseisen.

Door recycling te stimuleren wordt de hoeveelheid kunststofafval die op de stortplaats belandt, verminderd.

#### Snelle ontwikkeling

De herverwerking van kunststoffen is pas enkele jaren geleden actief op gang gebracht en maakt sedertdien een snelle ontwikkeling door. Ongeveer 15% van het kunststofafval wordt thans omgezet in nieuwe producten.

#### Veeltoepassingsmogelijkheden

Een reeks van producten kan worden vervaardigd van teruggewonnen kunststofafval. Wij kennen reeds: plaat, voerbakken, huisvuilzakken, buizen en kokers, bouwfolie, palen voor afrastering en oeverbescherming, wegmarkeringen, roosters, zandbakken, afdekbands voor hoogspannings- en TV-kabels, klerhangers en bloempotten. Heel vaak is de voorkeur voor zulke producten gebaseerd op de eigenschap dat kunststoffen niet rotten of roesten.

#### Recycling is belangrijk

De voornaamste motieven waarom er naarstig wordt gezocht naar verdere mogelijkheden om kunststofafval in een kringloopproces te verwerken, zijn zowel van milieutechnische als van economische aard.

Door de toegenomen hoeveelheid huishoudelijk en industrieel afval bestaat er een grotere behoefte om hiervoor een oplossing te vinden.

Verkleining van de hoeveelheid te storten afval, beperking van het aantal stortplaatsen en de kosten voor afvalverwerking staan daarbij voor ogen. De kosten van het inzamelen van afval en de technische mogelijkheden om hiervan nieuwe producten te maken spelen bij dit alles een belangrijke rol.

Een bijkomend gunstig aspect is dat de werkgelegenheid in deze jonge bedrijfstak wordt bevorderd.

#### Tal van activiteiten

De volgende activiteiten zullen ter hand worden genomen:

- Het geven van voorlichting aan potentiële leveranciers van kunststofafval, over de eisen waaraan moet worden voldaan om dit afval te kunnen herverwerken.
- Het bevorderen en coördineren van het overleg tussen industrie en overheid betreffende wetgeving en maatregelen op het gebied van het milieu.
- Het opstellen van een gedragscode die erop gericht is te verzekeren dat de diverse producten van deze industrie voldoen aan de door de markt gewenste kwaliteitseisen.
- Het geven van voorlichting aan potentiële afnemers van herverwerkte producten over toepassingsmogelijkheden en voordelen van producten die zijn gemaakt van kunststofafval.
- Het fungeren als adviesinstantie voor de overheid op het gebied van de kunststof-recycling, onder meer om het subsidiebeleid te ondersteunen en bij te dragen aan een juist gebruik van overheidsgelden.

Voor nadere informatie kunt u zich wenden tot:

Nederlandse Federatie voor Kunststoffen  
Postbus 344  
3440 AH WOERDEN  
Tel.: 03480 - 1 40 05