

# Ultrasoon Reinigen

## Technieken en Toepassingen

Ries van den Berg  
Quality Sonic Products



# Ultrasoon Technieken en Toepassingen

1. Basisprincipe
2. Werkingsprincipe
3. Opbouw geluidsgolf
4. Ultrasoon frequenties
5. Factoren welke de ultrasoon werking beïnvloeden
6. Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon
7. Eisen aan de te gebruiken reinigingsvloeistof
8. Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen
  - Scharnierpunten
  - Holle instrumenten

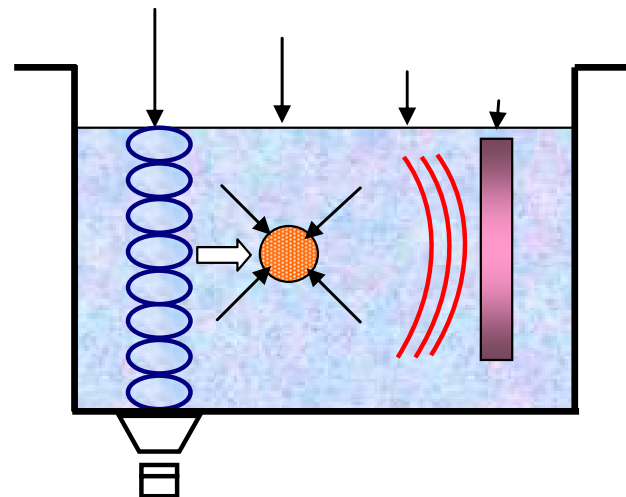
# 1 Basisprincipe

In een (reinigings) vloeistof worden hoogfrequente, boven de menselijke gehoor grens (16 kHz) geluidsgolven opgewekt.

De hierdoor sterk turbulent bewegende vloeistof creëert vacuümbelletjes (= cavitatie).

Deze vacuümbelletjes zullen een fractie later met kracht imploderen.

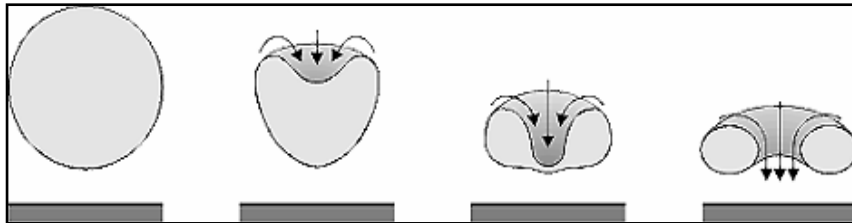
De schokgolf welke hierbij ontstaat, is te horen als ultrasoon geruis en zal waar deze het product raakt, samen met de vloeistof een intensief borstelende werking op het oppervlak geven.



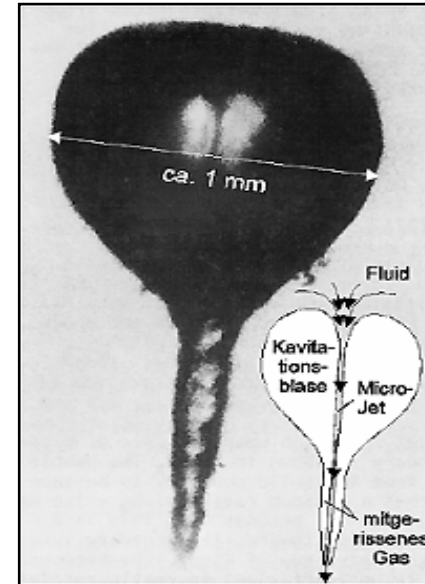
# 1 Basisprincipe



Cavities bel aan het oppervlak van een te reinigen voorwerp.



Schematische voorstelling van de voortgang implosie van een cavities bel (vertikale doorsnede door het midden van de bel).

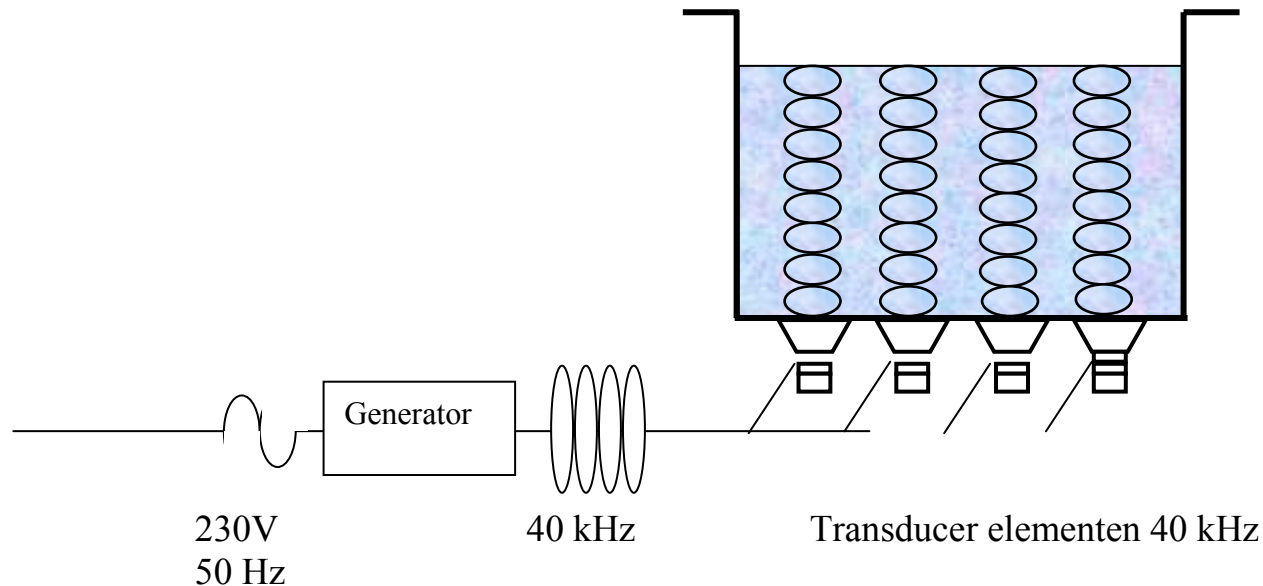


Imploderende cavities bel (met Micro-Jet (volgens Lauterborn 1980).

- druk tot 700 Bar
- temperatuur tot 5500°C
- (< 1m. sec.) - diameter ca. 1  $\mu$ m

## 2 Werkingsprincipe

- De overdracht van de geluidstrillingen naar de vloeistof vindt meestal plaats door de piëzo-elektrische of keramieke transducer elementen (luidsprekers), deze transducer elementen zetten de elektrische trillingen om naar mechanische trillingen.
- Deze transducer elementen zijn verbonden met het afstralend oppervlak (bijvoorbeeld: bodem van de reinigingstank). Aan deze transducer elementen wordt een hoog frequent wisselspanning aangesloten via de ultrasone generator.
- Deze generator levert een wisselspanning gelijk aan de eigen resonantie frequentie van het transducer element. De trillingen worden vervolgens via de tankbodem naar de reinigingsvloeistof overgebracht.



### 3 Opbouw geluidsgolf

- De geluidsgolf beweegt zich vanaf het afstralend oppervlak in de vloeistof als een longitudinale golf (pakketjes van lage- en hoge druk).
- Voor het gemak tekenen wij de geluidsgolf echter als sinusgolf.
- In de ultrasonische reiniging worden veelal frequenties toegepast van 25 of 40 kHz.
- De snelheid, waarmee de golf door de vloeistof beweegt, is ca. 1500m/sec. (voor lucht is de snelheid ca. 340m/sec).
- Voor de golflengte in vloeistof geldt:
  - 25 kHz            golflengte 6cm
  - 40 kHz            golflengte 3,75cm
- In de praktijk zullen door reflecties van de golf op wanden en vloeistof oppervlakken ook golven in tegengestelde richting komen.
- De heen en teruggaande golven interfereren met elkaar tot staande golven met “knopen” (stilstaande punten) en “buiken” (punten met maximale uitslag).
- Door deze knopen en buiken moeten we rekening houden met actieve en minder actieve ultrasoon punten in de reinigingsvloeistof.
- Voor staande golven geldt, dat de amplitude (= maximale uitslag) 2 x groter is als de basis frequentie en dat de golflengte (knoop/knoop of buik/buik) de helft van de basis frequentie is.

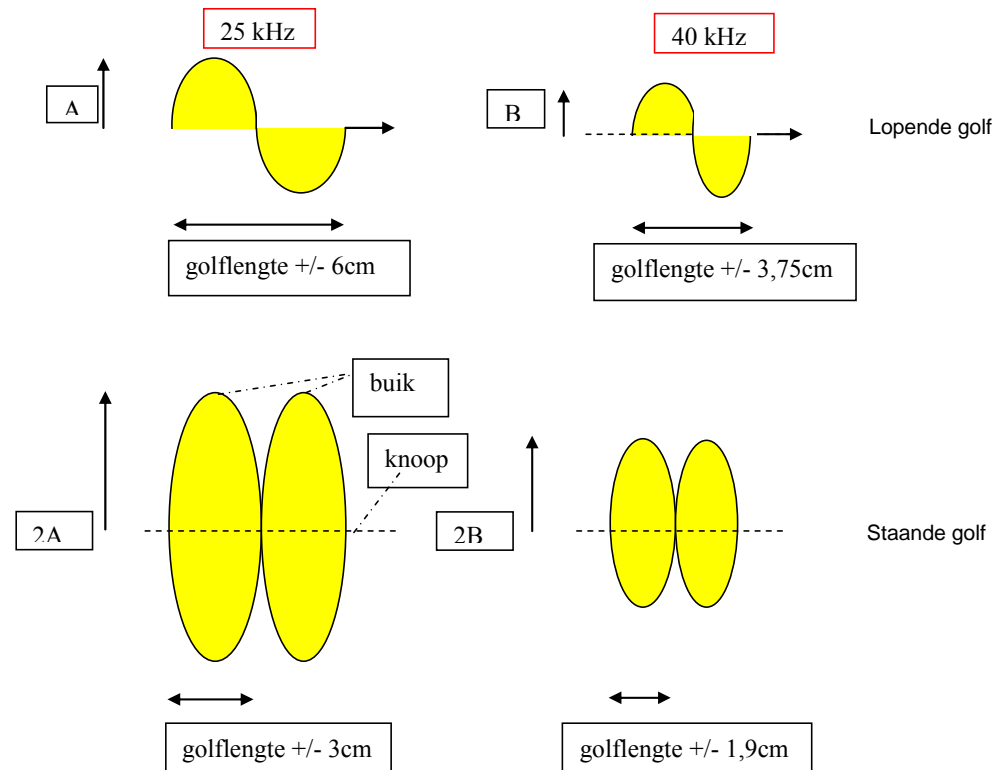
# 3 Opbouw geluidsgolf

## Staande golven

- 25 kHz: afstand “knoop – knoop” en “buik – buik” =  $\pm 3\text{cm}$
- 40 kHz: afstand “knoop – knoop” en “buik – buik” =  $\pm 1,9\text{cm}$

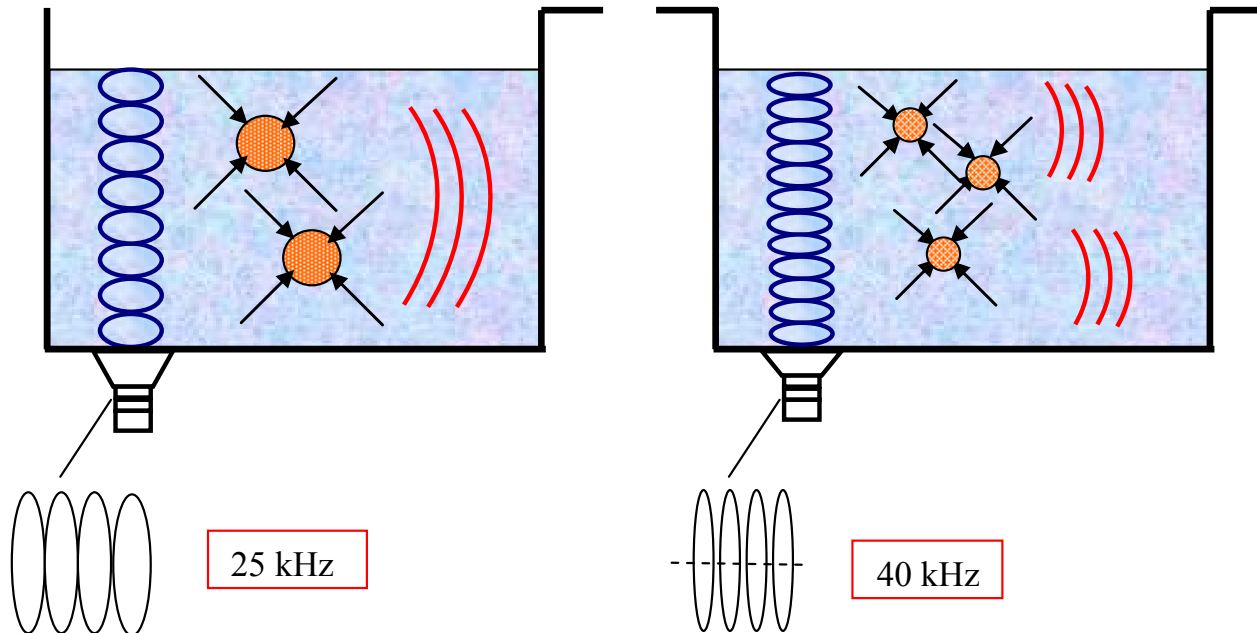
Opmerking:

De aanwezigheid van de “knopen” – “buiken” kan zichtbaar gemaakt worden met behulp van bijvoorbeeld de aluminium folie test.



## 4 Ultrasoon frequenties

- Ultrasonische geluidsgolven liggen in het bereik van ca. 20– 800 kHz.
- Voor het reinigen wordt veelal gebruik gemaakt van de frequenties 25 – 40 kHz.
- De lagere frequenties brengen geluidsgolven voort met een grotere amplitude en grotere/krachtige cavitatie bellen.
- De hogere frequenties hebben golven met kleinere amplitudes en minder krachtige, fijn verdeelde cavitatie bellen.





## 25 kHz:

### Voordeel:

- grote krachtige implosies
- grotere draagwijdte
- minder last van demping

### Nadeel:

- grovere reiniging
- Lawaai
- Resonantie

### Toepassing:

- zware massieve producten
- sterkere vervuiling

## 40 kHz:

### Voordeel:

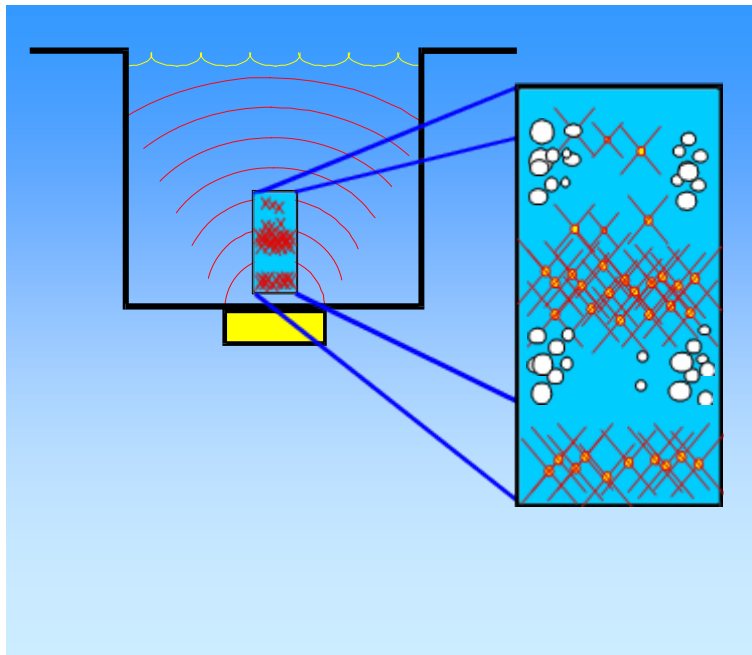
- fijner verdeelde
- Implosies
- grotere pakkans fijne deeltjes
- minder lawaai

### Nadeel:

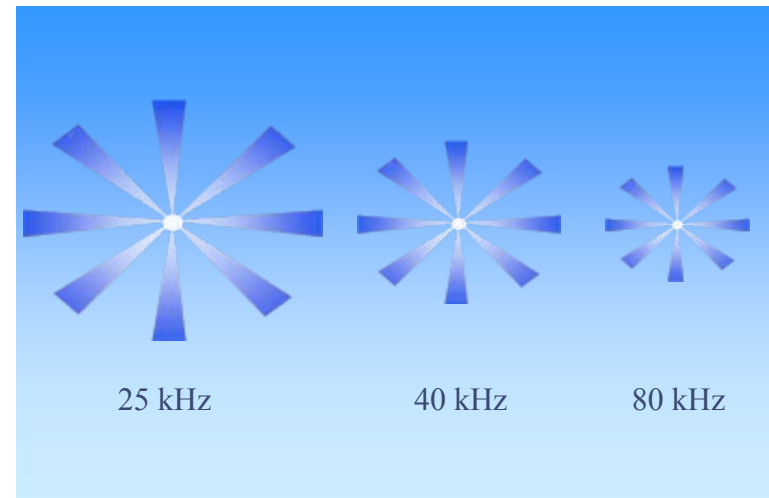
- minder krachtig
- dempt sneller

### Toepassing:

- fijn mechanische
- lichte vervuiling/kleine vuildeeltjes



Schematische voorstelling opbouw  
cavitation bellen voor en na de implosie.



Schematische voorstelling cavitation  
grootte afhankelijk van frequentie.

## 5 Factoren welke de ultrasoon werking beïnvloeden

- I Energie transport
- II Reinigende kracht

### Ad I - Energie transport

**De geluidsgolf transporteert de energie door de vloeistof naar het te reinigen product.**

Om een goede reinigingsactiviteit in de gehele vloeistof te verkrijgen is het van belang, dat de geluidsgolf zich door de hele vloeistof kan verplaatsen.

Als ultrasone geluidsgolven in de vloeistof een hindernis tegenkomen zal de geluidsgolf afhankelijk van de materie van deze hindernis gereflecteerd of geabsorbeerd / gedempt worden.

Deze dempingsfactor van de materie noemt men akoestische impedantie =  $\rho$  = dichtheid

$v$  = voortplantingssnelheid

## 5 Factoren welke de ultrasoon werking beïnvloeden

### Ad I - Energie transport (vervolg)

Een praktisch altijd voorkomende hindernis bij het ultrasoon reinigen is de overgang van vloeistof naar lucht:

- vloeistof oppervlak
- vrijkomende luchtbelletjes uit de reinigingsvloeistof (ontgassen van de vloeistof) als gevolg van opwarmen toevoegen chemie
- luchtinsluitingen bijvoorbeeld bij holle instrumenten / producten

Scheidingsvlakken met verschillende impedantie kaatsen de geluidsgolven gedeeltelijk terug. Aangezien de akoestische impedantie van lucht quasi nul is, zal zeer veel geluid op het grensvlak van vloeistof – lucht terug gekaatst worden. Dit houdt in:

- praktisch alle geluidsgolven welke tegen het vloeistof oppervlak kaatsen komen terug in het bad, dit is positief voor het reinigingseffect.
- luchtbelletjes welke vrijkomen tijdens het “ontgassen” van de vloeistof geven een sterk remmende werking op de ultrasoon golven. Meestal begint het ontgassen bij de bron van het ultrasoon (tank bodem). Hierdoor wordt de ultrasoon golf bij de bron reeds gedempt.
- Conclusie: Zolang de vloeistof niet is ontgast géén goede ultrasoon werking.

## 5 Factoren welke de ultrasoon werking beïnvloeden

### Ad II - Reinigende kracht

**De drukgolf ten gevolge van de implosie zorgt uiteindelijk voor de borstelende werking op het te reinigen product.**

- De reinigende kracht van ultrasoon wordt uiteindelijk bepaald door de implosiekracht van de cavitatie bel
- De maximale kracht van de implosie wordt bepaald door de
  - ultrasoon frequentie
  - vloeistof eigenschappen (temperatuur, dampspanning, viscositeit, s.g.)
- Om een cavitatie bel op te bouwen moet een minimale hoeveelheid energie aangevoerd worden (drempelwaarde).
- De intensiteit (aantal) cavitaties is gerelateerd aan het toegeleverde ultrasoon vermogen.
- Indien het vermogen de maximale cavitatie grens heeft bereikt zal extra ultrasoon vermogen geen extra cavitatie belletjes meer aan het proces toeleveren.
- De extra energie wordt gesmoord door de reeds aanwezige cavitatie belletjes (cavitatie scherm).
- De intensiteit waarbij deze cavitatie grens wordt bereikt ligt bij ca. 0,6 Watt/cm<sup>2</sup>.
- Bij hogere intensiteiten zal een versterkte erosie (slijtage) van het afstralend oppervlak optreden.

## 5 Factoren welke de ultrasoon werking beïnvloeden

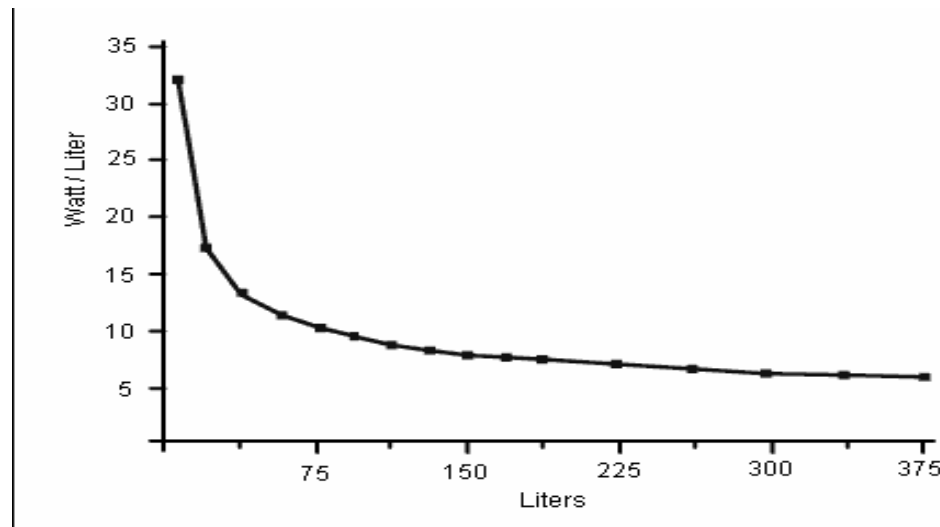
### Belang van minimale hoeveelheid opgelost gas in de vloeistof (ontgassen)

Naast dat gasbelletjes het energie transport (geluidsgolf) door de vloeistof sterk afremmen, zal hierdoor ook de implosie kracht van de cavitatie bel sterk afnemen. Tijdens het vormen van het vacuüm zal gas (lucht) het belletje binnen dringen en tijdens de compressie zal het gas zich weer in de vloeistof verspreiden totdat de concentratie gas het minimale niveau heeft bereikt. Pas dan kunnen de cavitatie belletjes de gewenste afmetingen krijgen en gewenste implosies veroorzaken.

## 6

# Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon

- Drempelwaarde om cavitatie in waterige oplossingen te verkrijgen: 0,25 Watt/cm<sup>2</sup>. Cavitatie grens ca. 0,6 Watt/cm<sup>2</sup> (afhankelijk van vloeistof condities).
- Gebruikelijk ultrasoon vermogen in waterige reinigingsprocessen: 5 – 20 Watt/ltr. (Zie ook grafiek)



Het aan de reinigingsvloeistof toegevoegde ultrasoon vermogen dient cavitatie te genereren in het hele bad. Het aantal watts per liter reinigingsvloeistof is een maatstaf voor het toe te voegen ultrasoon vermogen. In de grafiek is duidelijk te zien dat kleine baden relatief meer vermogen per liter reinigingsvloeistof nodig hebben

## 6

### Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon

- Voldoende ontgassing van de vloeistof is nodig om een goede energie overdracht en sterke cavitatie te verkrijgen, dit wordt bereikt door:
  - Ontgassingtijd
  - op temperatuur brengen van de vloeistof
  - moduleren / sweep van de ultrasoon generator
  - combineren van bodem ultrasoon met zijwand ultrasoon



## 6 Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon

### Productagitatie

Ultrasoon wordt in de vorm van geluidsgolven overgedragen waarbij “knopen” en “buiken” in het reinigingsveld ontstaan. Bij kritische reinigingstoepassingen wordt daarom sterk aanbevolen de producten tijdens de reiniging door dit veld te bewegen (bewegingssnelheid ca. 20 slagen/min., bewegingsafstand: 3-5 cm).

### Voordeel:

- de producten worden continu door de pieken/dalen van de ultrasoon gevoerd → homogene reiniging
- betere spoelwerking chemie
- betere reiniging bij resonantie gevoelige producten.

## 6 Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon

### Plaatsbepaling van ultrasoon

De keuze van bodem of zijwand ultrasoon (of combinaties) wordt in de praktijk bepaald door de tank- productafmetingen en aard van de vervuiling. Hierbij speelt de afstand van het ultrasoon oppervlak tot het te reinigen product een rol als ook de toegankelijkheid van de ultrasoon tot het product (schaduwwerking). Indien men één laag producten plaatst op de bodem van het mandje dan heeft de tankbodem als afstralend ultrasoon oppervlak de voorkeur (zou men ultrasoon vanaf de zijkant plaatsen dan liggen de producten in elkaars “schaduw”).

Grote massieve platen hangend in een tank straalt men bij voorkeur loodrecht aan vanaf de zijwand van de tank. Bij sterke badvervuiling welke op de tankbodem bezinkt geeft men de voorkeur aan zijwand ultrasoon of ultrasonische dompelementen vrij van de tankbodem waaronder het vuil kan bezinken.

## 6 Praktische vuistregels bij toepassen van ultrasoon

Bij het reinigen van mandjes met medische instrumenten wordt bij voorkeur ultrasoon vanuit de tankbodem toegepast. De producten worden hierdoor homogeen, maximaal toegankelijk aangestraald met het voordeel van reflecterende energie vanaf het badoppervlak.

Het gebruik van extra ultrasoon op een zijwand wordt ook wel toegepast. Uit het oogpunt van een snellere ontgassing van de vloeistof kan dit zinvol zijn, hoewel dit ook met standaard ultrasone generator techniek (moduleren – pulsen) wordt bereikt.

De combinatie bodem – zijwand ultrasoon geeft in het bad (zonder belading) door interferentie een fijnere/wisselende “knopen – buiken” effect. Echter bij belading met producten (demping/schaduwwerking), wordt dit effect vaak weer “teniet” gedaan.

# 7

## Eisen aan de te gebruiken reinigingsvloeistof

- Om een optimaal ultrasoon reinigingsproces te verkrijgen is ook de keuze van reinigingsmiddel en werkt temperatuur belangrijk.
- Het reinigingsmiddel dient de tank en de te reinigen producten niet aan te tasten en moet in staat zijn de verontreiniging weg te nemen.
- De toegepaste reinigingsmiddelen bevatten chemicaliën met veelal samengestelde reinigingswerking zoals:
  - chemisch als fysisch oplossen van vervuiling
  - verlagen van de oppervlakte spanning
  - emulgeren, dispergeren, suspenderen
  - verzepen van vet – olie
  - oxyderen en reduceren
  - enzymische afbraak

# 7

## Eisen aan de te gebruiken reinigingsvloeistof

Bij gebruik van reinigingsmiddelen ten behoeve van ultrasoon, moet men rekening houden dat:

- bij het toepassen van sterk emulgerende – dispergerende reinigingsmiddelen, kunnen veel vetdeeltjes en onoplosbare eiwitten, zetmeel deeltjes etc. in de oplossing zwevend worden gehouden. De ultrasone werking wordt hierdoor op den duur verstoord
- bij voorkeur maken we bij ultrasoon gebruik van heldere oplossingen
- ook schuimremmers (sproeireinigers) kunnen het ultrasoon effect verminderen.

## Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen

Vervuiling op moeilijk bereikbare plaatsen (spleten – capillair – holle ruimtes) zijn met conventionele methoden (borstelen – sproeien) vaak niet meer afdoende te verwijderen.

Met ultrasone reinigingstechniek levert dit zeer goede resultaten met minimale handelingen (mits juist gepositioneerd).

## 8 Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen (voorbeeld I)

### Reinigen van scharen – tangen (scharnierpunten).

Het typische probleem hierbij zijn de metaalvlakken welke via een scharnierpunt over elkaar draaien. In de nauwe spleet tussen deze vlakken kan zich gemakkelijk vuil verzamelen welke met een conventionele reinigingsmethode niet meer bereikbaar is.

Bij het onderdompelen in het ultrasoonbad zullen de geluidsgolven zich via de reinigingsvloeistof tot op het metaaloppervlak bewegen. Echter de geluidsgolf plant zich ook voort (met enige demping) door het metaaloppervlak tot in de spleet welke met reinigingsvloeistof is gevuld. De geluidsgolf zal in de spleet met de vloeistof cavitatie/implosies opwekken en het reinigingsresultaat is een feit. Dit proces kan zichtbaar gemaakt worden door 2 heldere glasplaatjes waar tussen vervuiling is aangebracht in het ultrasoonbad onder te dompelen.

## 8 Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen (voorbeeld II)

### Holle instrumenten.

Zoals uit het voorbeeld met de glasplaatjes blijkt zijn wanden van het metaal – glas – keramiek géén grote hindernis om geluidsgolven te laten passeren mits de geluidsgolf na het passeren van de wand géén lucht insluitingen tegenkomt (zie hoofdstuk 5 Ad I: akoestische impedantie van lucht is quasi nul).

De overgang metaal lucht geeft een zeer sterke reflectie van de geluidsgolf.

Wil men een instrument met holtes inwendig reinigen, dan moet men ervoor zorgen, dat deze inwendig met reinigingsvloeistof is gevuld (injecteren).

In deze vloeistof kan de geluidsgolf binnen dringen en cavitatie implosies opwekken. De vervuiling wordt in de geïnjecteerde vloeistof opgenomen.

Na de ultrasoon werking zal men de holle instrumenten ook inwendig moeten doorspoelen om er zeker van te zijn, dat reinigingschemie met de vervuiling naar buiten wordt gebracht.

Conclusie: holle instrumenten waarbij reinigings- spoelvloeistof niet vanzelf in – uit kunnen stromen en/of luchtinsluitingen kunnen achter blijven, kunnen alleen dan effectief met ultrasoon gereinigd worden met behulp van injecteren van reinigings- spoelvloeistof.

Afhankelijk van de vorm van het instrument en vervuiling wordt het injecteren eventueel in tegenstroom uitgevoerd.



8

## Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen



8

## Voorbeelden van specifieke ultrasoon reinigingstoepassingen

