

APPARATUUR EN TECHNIEKEN

INLEIDING

De bereiding van testmonsters, vertrekkend van het laboratoriummonster vraagt dikwijls een opeenvolging van handelingen zoals homogeniseren, fasescheiding, drogen, deeltjesgrootte verkleinen, monstergrootte verkleinen, deelstaalname. De apparaten en technieken die men hiervoor kan gebruiken, worden in deze procedure beschreven.

In onderstaand overzicht wordt voor ieder apparaat en voor iedere techniek aangegeven voor welke voorbereidingsstappen men ze kan gebruiken, vervolgens wordt dan het principe van ieder apparaat en iedere techniek verder besproken.

	homogenisatie	fasescheiding	drogen	deeltjesgrootte verkleining	deeltstaalname	monstergrootte verkleining
1. Boor						
2. Centrifuge						
3. Drogen						
3.1. Droogstoof						
3.2. Lyofilisator						
3.3. Universele sneldroger						
4. Filtratie						
5. Handmatige deelmonsterneming						
6. Kaakbreker						
7. Kogelmolen						
7.1. Planetaire kogelmolen						
7.2. Centrifugale kogelmolen						
7.3. Kogeltrilmolen						
8. Kwarteren						
9. Magnetische roerder						
10. Manueel omzetten- en opschudden						
11. Mechanische mixer						
12. Mortier en stamper						
13. Mortiermolens						
13.1. Micro mortiermolen						
13.2. Laboratorium mortiermolen						
13.3. Halfautomatische mortiermolen						
14. Overkopmenger						
15. Rollenbank						
16. Scheitrechter						
17. Schijventrilmolen						
18. Schudtafel						
19. Slagmolen						
19.1. Slagkruismolen						
19.2. Slagrotormolen						
19.3. Snijmolen						
19.4. Ultracentrifugaal molen						
20. Snijmolen (mixersysteem) of messenmolen						
21. Steekmonsterneming						
22. Steenbeitel/geologenhamer						
23. Turbula						
24. Ultrasoonbad						
25. Verdeler						
25.1 Roterende verdeler						
25.2 Statische spleetverdeler						
26. Voorhamer						
27. Zaag						
28. Zeven						

1 BOOR

Een boormachine kan gebruikt worden om grofkorrelige materialen of vormgegeven materialen die deeltjes bevatten groter dan de invoer van de breekapparatuur, handmatig voor te verkleinen.

2 CENTRIFUGE

Een centrifuge wordt gebruikt om een vaste fase van een vloeibare fase te scheiden.



Figuur 1: Centrifuge

3 DROGEN

3.1 Droogstoof

De droogstoof wordt aangewend om stalen te drogen, de temperatuur kan worden ingesteld. Voor sommige toepassingen dient een droogstoof met ventilatie te worden voorzien.



Figuur 2: Droogstoof

3.2 Lyofilisator

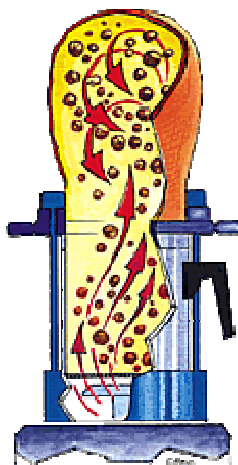
Vriesdrogen is het onttrekken van water aan bevroren materiaal. De droging gebeurt door sublimatie, dit is een directe omzetting van ijs naar damp. Dit gebeurt onder vacuüm waarbij de temperatuur binnenin het ingevroren materiaal lager moet zijn dan min 10°C. De waterdamp die onttrokken wordt aan het product tijdens het vriesdrogen, vriest terug aan op de ijscondensor.



Figuur 3: Lyofilisator

3.3 Universele sneldroger

Het droogprocédé in de universele sneldroger is volgens het wervelbedprincipe. De omgevingslucht wordt door een filter aangezogen en door een ventilator rond de motor en langs de verwarmings-elementen gevoerd om uiteindelijk door de geperforeerde bodem in de afneembare droogcontainer geblazen te worden. De stofdeeltjes worden door de luchtstroom uit elkaar gehouden om te verhinderen dat ze aan elkaars oppervlakte zouden samenklitten. De luchtstroom onttrekt het vocht aan de stofdeeltjes en verlaat de droogcontainer via de filterzak in het deksel. Voor stofdeeltjes kleiner dan 100 μm gebruikt men best een spandeksel met filtervlies.



Figuur 4: Universele sneldroger

4 FILTRATIE

Een filtratie wordt uitgevoerd om een vaste fase van een vloeibare fase te scheiden. Men kan opteren voor een filtratie onder atmosferische druk of voor een filtratie met over- of onderdruk.



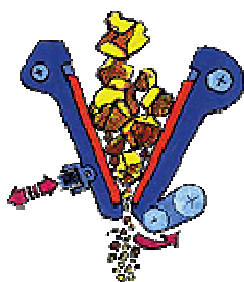
Figuur 5: Filtratie eenheid

5 HANDMATIGE DEELMONSTERNEMING

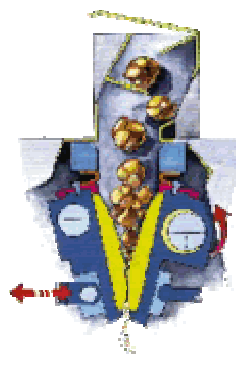
Zoals in CMA/5/A.6 al werd aangegeven, mag een deelmonster handmatig genomen worden, wanneer een monster goed gehomogeniseerd is en de deeltjesgrootte voldoende klein is. Het materiaal wordt eerst met een spatel goed doorgeroerd, waarna representatieve deelmonsters kunnen genomen worden. Wanneer de twee randvoorwaarden niet worden ingevuld, is het deelmonster niet representatief voor het originele laboratoriummonster.

6 KAAKBREKER (JAW CRUSHER)

De kaakbreker is een breker met één beweeglijke arm en één vaste arm. De vaste arm kan met behulp van een schroef bewogen worden naar de beweeglijke arm. Op deze manier kan de bodemopening worden ingesteld, waardoor de gewenste deeltjesgrootte wordt bepaald. Het monster passeert langs de vulopening, welke zo ontworpen is zodat uitwerping wordt vermeden, en komt dan terecht in de wigvormige breekkamer. Door de ellipsvormige beweging van de beweeglijke arm en de druk die deze teweeg brengt, verpulvert het monster en beweegt het naar beneden. Zodra de deeltjesgrootte verkleind is tot een grootte kleiner dan die van de bodemopening vallen ze in een opvangbak. De fijnheid en de verwerkingscapaciteit hangen niet enkel af van de bodemopening die wordt ingesteld (bv. van 0 tot 10 mm), maar ook van de breek eigenschappen van het monster. Afhankelijk van het type toestel, kan de instelling van de bodemopening continu geregeld worden of volgens vaste instellingen.



Figuur 6: Kaakbreker (jaw crusher)

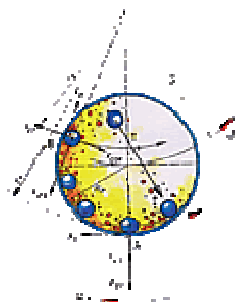


7 KOGELMOLEN (BALL MILLS)

Voor de homogenisatie en het verkleinen van de deeltjesgrootte kunnen kogelmolens gebruikt worden. De verschillende typen die ter beschikking zijn op de markt, zijn de planetaire kogelmolens, centrifugaal kogelmolens en de kogeltrilmolens.

7.1 Planetaire kogelmolen (Planetary ball mill)

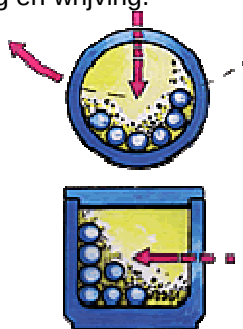
De maalbekers van de planetaire kogelmolen draaien om hun eigen as en om de centrale as van de schijf waarop ze zich bevinden. De kogels beschrijven een Coriolische beweging. De kogels maken een half cirkelvormige beweging, verwijderen zich van de binnenkant van de beker en botsen tegen de tegenoverliggende wand met een zekere botsingsenergie. De botsings- en wrijvingskrachten resulteren in een sterke verkleining van de deeltjesgrootte van het monster.



Figuur 7: Planetaire kogelmolen (Planetary ball mill)

7.2 Centrifugaal kogelmolen (Centrifugal ball mill)

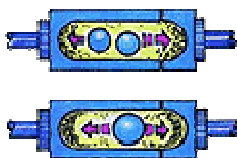
De maalbekers in de centrifugaal kogelmolen bewegen in een horizontaal vlak. Tijdens het maalproces wordt de snelheid constant geregeld bij een bepaald toerental. De centrifugaalkrachten drukken de kogels tegen de binnenkant van de beker waar ze vervolgens over het monster rollen. Het maalproces gebeurt op basis van botsing en wrijving.



Figuur 8: Centrifugaal kogelmolen (Centrifugal ball mill)

7.3 Kogeltrilmolen (Mixer mill)

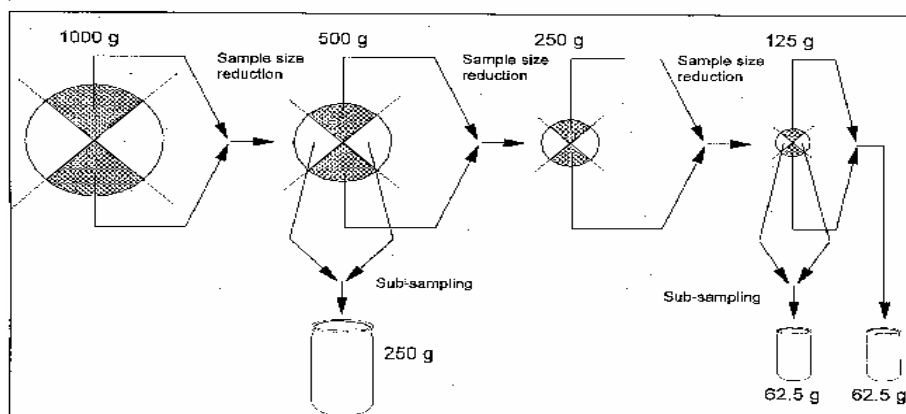
In de mixermolen gebeurt de verkleining door de slagwerking van de kogels op het monster. De homogenisering is het gevolg van de schudbeweging en de beweging van de kogels in de maalbeker. De bekers maken horizontaal radiale bewegingen, waardoor de kogels wederzijds op het monster inslaan. De slingerfrequentie kan ingesteld worden en wordt tijdens het maalproces door een elektronische regeling met de ingestelde waarde vergeleken en constant gehouden. De maal- en mengtijd kan ingesteld worden. Het maalproces duurt maximaal 5 minuten.



Figuur 9: Kogeltrilmolen – horizontale beweging (Mixer mills)

8 KWARTEREN

Kwarteren wordt toegepast wanneer de monsterhoeveelheid groter is dan 20 kg, indien roterend verdelen en statisch spleetverdelen niet kan gebruikt worden en/of wanneer door de aard van het materiaal geen representatieve verdeling kan bereikt worden (bijvoorbeeld omwille van het vochtgehalte).



Figuur 10: Kwarteren

9 MAGNETISCHE ROORDER

De homogenisatie van vloeibare monsters kan uitgevoerd worden met een magnetische roerder.



Figuur 11: Magnetische roerder

10 MANUEEL OMZETTEN EN OPSCHUDDEN

De homogenisatie van vaste monsters kan uitgevoerd worden door het monster op te roeren met een spatel. Het is aangeraden om enkel materialen met gelijkaardige korrelgrootteverdeling op deze manier te homogeniseren.

De homogenisatie van vloeibare monsters kan uitgevoerd worden door het monster op te schudden. De monsternamen dienen onmiddellijk nadien te gebeuren.

11 MECHANISCHE MIXER

De homogenisatie van vloeibare monsters kan uitgevoerd worden met een mechanische mixer. Voor het mengen van kleine hoeveelheden kan een homogenisator aangewend worden die kan uitgerust worden met verschillende dispergeerstaven afhankelijk van het te mengen volume. Voor grote hoeveelheden en zeer viskeuze monsters dient een krachtiger systeem gebruikt te worden.



Figuur 12: Mechanische mixers

12 MORTIER EN STAMPER

Voor het verkleinen en homogeniseren van kleine hoeveelheden minder harde materialen is het gebruik van mortier en stamper eenvoudig en goedkoop. Om contaminatie te vermijden wordt bij voorkeur een agaat mortier en stamper gebruikt.

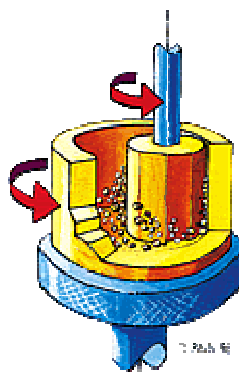


Figuur 13: Mortier en stamper

13 MORTIERMOLEN (MORTAR GRINDER)

13.1 Micro mortiermolen

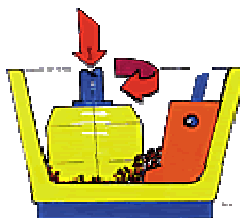
De micro mortiermolen verkleint het materiaal door druk- en wrijving tussen de mortier en de stamper. De stamper is zijdelings ingeslepen zodat het gemalen product niet aan de maalvlakken gaat koeken. Het trapvormige einde van de stamper zorgt voor een constante beweging van het monster tussen de mortier en de stamper, wat een snel en gelijkmatig maal- en mengproces garandeert.



Figuur 14: Micro mortiermolen

13.2 Laboratorium mortiermolen

Net als bij het pletten met de hand, gebeurt het verkleinen en mengen in de laboratorium mortiermolen door druk en wrijving. Het monster wordt door de draaiende mortier en de schraper in de maalopening tussen mortier en stamper geleid. Door deze geforceerde toevoer wordt de volledige hoeveelheid product steeds opnieuw aan het maal- en wrijvingsproces onderworpen en dus intensief gemengd. De stamper is uit het center ten opzichte van de mortier geplaatst. Door het contact met de roterende mortier, respectievelijk het monster, draait hij automatisch mee. De maaldruk ontstaat door het eigen gewicht van de stamper en de veerdruk op de as van de stamper.

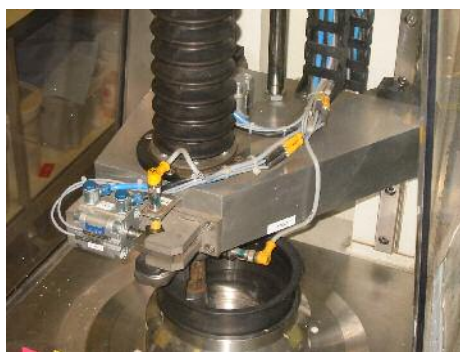


Figuur 15: Laboratorium mortiermolen

13.3 Halfautomatische mortiermolen

De halfautomatische maal/mengmachine is uitgerust met een maaldoorn, een schraper en een mengbeker. De maximale hoeveelheid product in de mengbeker is maximaal 600 ml. De maximale initiële deeltjesgrootte mag niet groter zijn dan ± 10 mm. Wanneer de delen in het monster groter zijn, moeten deze eerst voorverkleind worden.

Deze mortiermolen biedt de mogelijkheid om ook viskeuze en natte monsters te malen en te mengen.



Figuur 16: Halfautomatische mortiermolen

14 OVERKOPMENER

De homogenisatie van vloeibare en vaste monsters kan uitgevoerd worden met een overkopmenger. Deze mengers roteren continu rond hun as resulterend in een menging van het monster.



Figuur 17: Overkopmenger

15 ROLLENBANK

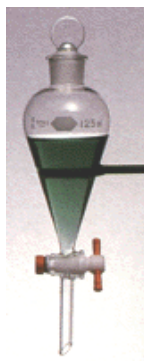
De homogenisatie van vaste monsters kan uitgevoerd worden met behulp van een rollenbank. Het recipiënt welke het monster bevat, wordt op rollen gelegd. Door de continue draaibeweging van de rollen, draait het recipiënt rond en wordt het monster gehomogeniseerd.



Figuur 18: Rollenbank

16 SCHEITRECHTER

Een scheitrechter kan aangewend worden voor het scheiden van verschillende vloeistoffasen. Het ontmengen van de fasen kan bespoedigd worden door de scheitrechter op te warmen met een haardroger of onder te dompelen in een ultrasoonbad. Na ontmengen van de vloeistoffasen worden de verschillende lagen afzonderlijk afgelaten en opgevangen in een recipiënt.



Figuur 19: Scheitrechter

17 SCHIJVENTRILMOLEN

De schijventrilmolen verkleint door druk, impact en wrijving. Het maalgarnituur wordt door middel van een snelspanhendel op de trilplaat vastgeklemd. De plaat met maalgarnituur maakt horizontale en cirkelvormige trilbewegingen. Door de centrifugale werking oefenen de maalhulpmiddelen die zich in de maalbeker bevinden extreme druk, impact en wrijving uit op het monster.



Figuur 20: Schijventrilmolen

18 SCHUDTAFEL

Voor de homogenisatie van vloeistoffen kan een schudtafel aangewend worden.

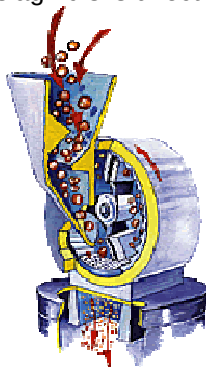


Figuur 21: Schudtafel met heen- en weergaande beweging

19 SLAGMOLEN (ROTOR MILLS)

19.1 Slagkruismolen

In de slagkruismolen gebeurt het vermalen door slag-, impact- en schaarwerking. Monsters met een maximale deeltjesgrootte van 15 mm kunnen in de vultrechter gebracht worden. Het monster komt direct in de maalkamer terecht. Daar wordt het door het slagkruis gegrepen en tussen de slagplaten van het kruis en de getande maalinzet gemalen. Zodra de stukjes kleiner zijn dan de mazen van de gebruikte bodemzeef (gaande van 10 mm tot 120 μ m maaswijdte), vallen ze erdoor en komen in de opvangbak terecht. Het gemalen product wordt versneld afgevoerd onder de druk van de lucht die door het kruis via de trechter wordt aangezogen. Via een filtersysteem worden de door de lucht gedragen stofdeeltjes afgescheiden. Het slagkruis is direct op de as van de motor bevestigd.



Figuur 22: Slagkruismolen (Cross beater mill)

Meestal gebeurt de verkleining in 2 stappen waarbij een eerste fractie wordt afgezeefd op bv. 750 µm om vervolgens verder verfijnd te worden tot bv. 250µm.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen van het maaltoestel.

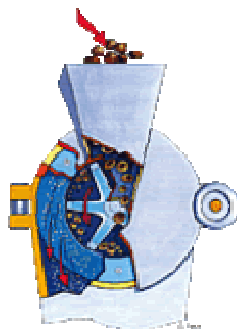
Eigenschappen slagkruismolen	
Toepassing	Grof- en fijnvermaling
Type monsters	Hard, middelhard en bros materiaal
Toevoer: deeltjesgrootte monster	< 15 mm
Eindfijnheid	Van 120 µm tot 10 mm (instelbare zeven)
Materiaalsamenstelling maaltoestel:	
Maaltoestel	Aluminium
Vultrechter	RVS, gietijzer, chroom staal
Slagplaten ¹	RVS, chroom staal
Bodemzeven	RVS

¹ Contaminatie van Cr is mogelijk

19.2 Slagrotormolen

In de slagrotormolens gebeurt het verkleinen en desagglomeren door slag-, impact- en schaarwerking. Het monster komt via de trechter in het centrum van de maalkamer terecht. Daar wordt het tussen de rotor, de zeef- en de maalinzet verkleind. Zodra het monster kleiner is dan de maaswijdte van de zeef (gaande van 10 mm tot 80 µm), valt het in de opvangbak.

Meestal gebeurt de verkleining in 2 stappen waarbij een eerste fractie wordt afgezeefd op bv. 750 µm om vervolgens verder verfijnd te worden tot bv. 250µm.



Figuur 23: Slagrotormolen (Rotor beater mill)

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen van het maaltoestel.

Eigenschappen slagrotormolen	
Toepassing	Grof-, fijn- en ultrafijnvermaling
Type monsters	Zacht tot middelhard materiaal
Toevoer: deeltjesgrootte monster	< 15 mm
Eindfijnheid	Van 80 µm tot 10 mm (instelbare zeven)
Materiaalsamenstelling maaltoestel:	
Vultrechter	RVS
Rotor platen ¹	RVS, gietijzer
Bodemzeven	RVS

¹ Contaminatie van Cr is mogelijk

19.3 Snijmolen

19.3.1 laboratorium snijmolen

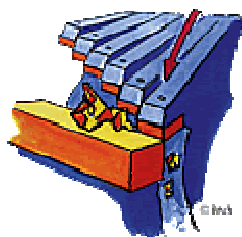
Het verkleinen in de snijmolen wordt verwezenlijkt door snij- en schaarwerking. Het monster komt via de trechter in de maalkamer terecht. Daar wordt het gegrepen door een rotor die uitgerust is met 3 messen. Het wordt verkleind tussen de messen en de 4 in het huis gemonteerde snijstangen. Het product blijft slechts even in de maalkamer: zodra de stukken kleiner zijn dan de diameter van de gaten in de bodemzeef, vallen ze in een opvangbak.



Figuur 24: Laboratorium snijmolen

19.3.2 universele snijmolen

De universele snijmolen verkleint het monster door snij- en schaarwerking. Het ingebracht materiaal wordt door de aan beide zijden gelagerde rotor gegrepen en tussen de rotor en de in het maalhuis aangebrachte messen verkleind. Spiraalvormig geschikte, omkeerbare messen van hard metaal bij de schijven- en de snijwalsrotor maken opeenvolgende snijbewegingen.



Figuur 25: Universele snijmolen

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen van het maaltoestel.

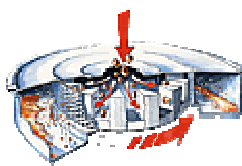
Eigenschappen universele snijmolen	
Toepassing	Grof-, fijn- en ultrafijnvermaling
Type monsters	Zacht, middelhard, taai, elastisch en vezelig materiaal
Toevoer: deeltjesgrootte monster	< 100 mm
Eindfijnheid	Van 250 µm tot 20 mm (instelbare zeven)
Materiaalsamenstelling maaltoestel:	
Maaltoestel	Aluminium
Vultrechter	RVS
Rotor, motorflens ¹	RVS
Bodemzeven	RVS

¹ Snijmolens voor een deeltjesgrootte verkleining waarbij geen contaminatie van zware metalen (Cr) optreedt, zijn beschikbaar. Deze dienen ingezet te worden indien Cr in houtafval dient bepaald te worden.

19.4 Ultracentrifugaalmolen

In de ultracentrifugaalmolen gebeurt het malen door impact en schaarwerking tussen de rotor en een vaste ringzeef. Het monster valt door de trechter op de rotor. Door de centrifugale versnelling wordt het met grote kracht naar buiten geslingerd en door de wigvormige rotortanden voorvermalen. De fijnvermaling gebeurt tussen de rotor en de zeef. Deze 2-trapse verkleining garandeert een snelle vermaling zonder beschadiging van het monster. Het monster blijft maar even in de maalkamer. Zodra de deeltjes kleiner zijn dan de diameter van de gaten in de gebruikte zeef, wordt het opgevangen in de cassette die rond de maalkamer zit, in een gekoppelde cycloon of in een papieren filterzak. Toevoer

van het materiaal kan met de hand gebeuren of automatisch door middel van de vibrerende voedingsunit.



Figuur 26: Ultracentrifugaalmolen

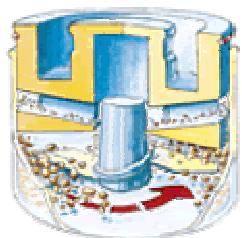
In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste eigenschappen van het maaltoestel.

Eigenschappen ultracentrifugaalmolen	
Toepassing	Fijnvermaling
Type monsters	Zacht, middelhard, taai en vezelig materiaal
Toevoer: deeltjesgrootte monster	< 10 mm
Eindfijnheid	Van 80 µm tot 6 mm (instelbare zeven)
Materiaalsamenstelling maaltoestel ¹ :	
Rotor	RVS, titanium
Zeven	RVS, titanium

¹ De titanium onderdelen dienen gebruikt te worden indien Cr in houtafval dient bepaald te worden.

20 SNIJMOLEN OF MESSENMOLEN

Met zijn speciaal slagmessensysteem en variabele maalkamer verwerkt de messenmolen droge, zachte en zelfs alle mogelijke vochthoudende stoffen snel en probleemloos tot homogeen analysemateriaal. Twee rechte messen, op verschillende hoogte en haaks op de draairichting gemonteerd, roteren in het centrum van het maalvat.



Figuur 27: Snijmolen of messenmolen

21 STEEKMONSTERNEMING

Steekmonsterneming is een monsternemingsmethode waarbij een representatief deelmonster wordt verkregen door het nemen van een aantal steekmonsters uit het gehele laboratoriummonster. De methodiek van steekmonsterneming wordt alleen toegepast indien de aard van de te analyseren stof dit noodzakelijk maakt (bijv. vluchtigheid) of indien de spreiding van de concentratie in het monster min of meer kan worden voorspeld (bijv. droge stof).

22 Steenbeitel/geologenhamer

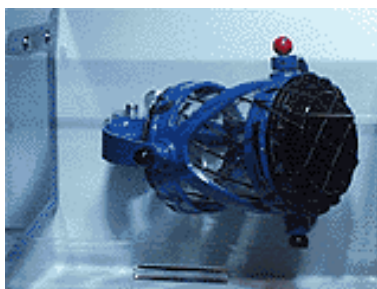
De steenbeitel kan gebruikt worden om grofkorrelige materialen of vormgegeven materialen die deeltjes bevatten groter dan de invoer van de breekapparatuur, handmatig voor te verkleinen.



Figuur 28: Steenbeitel of geologenhamer

23 TURBULA MENDER

De turbula mender wordt gebruikt voor het homogeen mengen van poedervormige monsters. Het is mogelijk om zowel natte als droge monsters te mengen en te homogeniseren. Het recipiënt met het te mengen monster wordt in een houder geplaatst. Deze houder beweegt tijdens het mengproces 3-dimensioneel resulterend in een hoge meng/homogenisatie efficiëntie.



Figuur 29: Turbula

24 ULTRASOONBAD

Het ultrasoonbad kan aangewend worden voor de homogenisatie van vloeistoffen. Een hoogfrequentiegenerator produceert ca. 35000 trillingen/seconde, die op de vloeistof in het bad overgebracht worden en in resonanties omgezet worden. De energiedichtheid van het klankveld is daarbij zo hoog, dat cavitatie optreedt. Er ontstaan ontelbare, minuscule kleine luchtbelletjes die door druk en zuiging binnen microseconden invallen, met andere woorden imploderen. De aldus vrijgekomen impulsen verwijderen verontreinigingen zelfs uit de diepste, ontoegankelijke plaatsen of resulteren in homogenisering, dispersie of ontgassing.



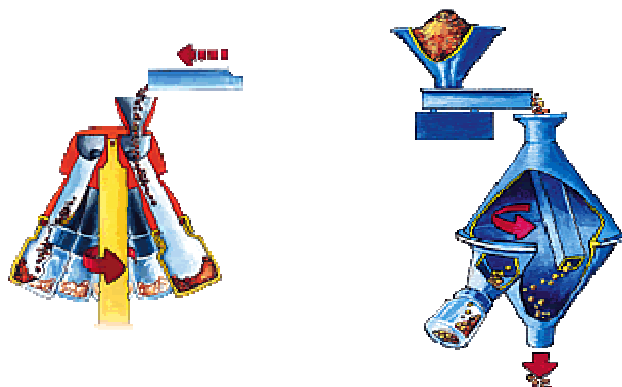
Figuur 30: Ultrasoonbad

25 VERDELERS

25.1 Roterende verdelers

De monsterverdeler is uitgerust met roterende verdeelkronen en een vaste toevoertrechter. Het te verdelen monster komt via de decentraal opgestelde toevoertrechter direct in de openingen van de verdeelkroon terecht. De spleetbreedte van de invoer moet minstens 3 keer groter zijn dan de maximale korrelgrootte van het materiaal. De verdeelkroon draait met een constante draaisnelheid. Door het ronddraaien van een vast aantal opvangpotten wordt het monster verdeeld in een aantal gelijke deelmonsters.

Een andere manier van roteren is door middel van een variable spleetopening met een ronddraaiende materiaalstroom. Een klein deel van het bulkmateriaal wordt afgescheiden. Hoe meer omwentelingen de roterende verdeler maakt tijdens het verdelen, hoe groter de representativiteit van het deelmonster.



Figuur 31: Roterende verdelers

25.2 Statische spleetverdeler

Bij statisch verdelen wordt het monster verdeeld in twee even grote deelmonsters door het te spreiden over een verdeler met voldoende spleten (minimaal 6). De spleetverdeler moet een spleetbreedte hebben die minstens 3 keer groter is dan de grootste van de te verdelen korrels.



Figuur 32: Statische spleetverdeler

26 HAMER

De (voor)hamer kan gebruikt worden om grofkorrelige materialen of vormgegeven materialen die deeltjes bevatten groter dan de invoer van de breekapparatuur, handmatig voor te verkleinen.

27 ZAAG

De zaag kan gebruikt worden om grofkorrelige materialen of vormgegeven materialen die deeltjes bevatten groter dan de invoer van de breekapparatuur, handmatig voor te verkleinen.

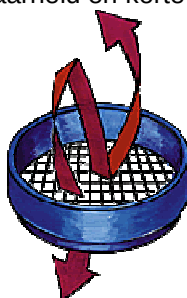
28 ZEVEN

Het zeefproces kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. Bij een horizontale zeping wordt de zeef met de gewenste maaswijdte op een schudplaat gemonteerd. Het monster wordt gezeefd door een rondgaande horizontale beweging.



Figuur 33: Horizontale zeping

De analytische zeeftoestellen worden zodanig gestuurd dat het monster een 3-dimensionele werpbeweging ondergaat waardoor het homogeen wordt verdeeld over het zeefoppervlak. Dit proces resulteert in een zeer goede reproduceerbaarheid en korte zeef tijd.



Figuur 34: Analytische zeping

Het zeefproces kan uitgevoerd worden met een waterstraal zeeftoestel. Bij dit systeem wordt boven elke analysezeef een sproeiring bevestigd. In elke ring draait een door waterdruk bewogen sproeiarm met 34 sproeiers: het volledige zeefoppervlak wordt daardoor gelijkmatig besproeid, de fijne korrels worden van de grove korrels gescheiden en door de zeefopeningen gespoeld. Door middel van een stuureenheid wordt het leidingwater gefilterd, kan de werkdruk ingesteld worden en de zeef tijd digitaal weergegeven worden. Eens de waterdruk ingesteld, kunnen de rotatiesnelheid van de sproeiarmen en de kracht van de straal nauwkeurig ingesteld worden.



Figuur 35: Waterstraal zeeftoestel