

Onbreekbare bekens

Een module voor de bovenbouw, 4 havo chemie

bronnen



Universiteit Utrecht
Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education

Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education
Universiteit Utrecht
Postbus 80000
3508 TA Utrecht

Onbreekbare bekers.
Marijn Meijer, Astrid Bulte & Albert Pilot
Eindredactie Jan van Rossum en Heleen Driessen
Versie 2.0 gebaseerd op het werk van Jerneja Pavlin. Vertaald door Bernard Klok.
© 2007. Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education
Document nummer: #07-08b

Deze publicatie mag niet worden verveelvoudigd en verspreid. Voor alle vormen van openbaarmaking is schriftelijke toestemming van de Universiteit Utrecht vereist.

Bron bij activiteit 1a

[logo eigen school]

Kenmerk:

[...], 21 augustus 2007.

Aan de scheikunde leerlingen van havo 4,

Onze school wil tijdens speciale gelegenheden, zoals examenfeesten, ouderavonden en de open dag, zich goed presenteren naar de buitenwereld. Dit wordt tot uiting gebracht in een gezellige school, die aangekleed is met door jullie gemaakte kunstwerken, maar ook met mooie schoolbekers voor de kantine.

Daarom hebben we verschillende leveranciers gevraagd om offertes te maken voor de levering van bekers aan de school. Zoals jullie kunnen zien in de bijgevoegde offerte van Keramiek BV staat deze vol met chemische termen. Daar snappen we als directie niets van, omdat geen van ons directieteam een bèta achtergrond heeft.

Op basis van het aanbod van Keramiek BV. vragen we ons het volgende af:

- zijn de gestelde eisen volledig en
- is de keuze van keramiek als grondstof wel juist?

Nu moeten we wel binnenkort een reactie geven aan Keramiek BV over de keuze van de bekers. Als directie achten we ons daartoe niet instaat. Laat staan dat we begrijpen wat hier staat. Daarom vragen we aan jullie (na overleg met jullie scheikunde docent) om dit goed uit te zoeken, te begrijpen wat er nu staat en ons een goed en onderbouwd advies te geven.

Daarmee bedoelen we dat jullie ons precies kunnen uitleggen waarom welke keuze (en dat hoeft niet de goedkoopste te zijn) het meest geschikt is voor onze school. Het verzoek aan jullie is om ons een advies te geven over de keuze van de bekers. We willen daarom ook weten hoe je tot dit advies bent gekomen.

Daarbij denken we aan

- welke denkstappen heb je genomen
- welke kennis heb je gebruikt tijdens die denkstappen

Graag zien we het advies tegemoet in een poster, voorzien van een toelichting.

Met vriendelijke groet,

[.....]

Rector [naam school]

Bron bij activiteit 1b.

Keramiek BV.
Plateelbakkerlaan 27
4317 XC Leerdam

Kenmerk:

Leerdam, 5 augustus 2007.

Aan de directie van [...],

Na aanleiding van ons gesprek op 25 juli 2007 stuur ik u een overzicht met de eigenschappen van de bekers uit ons assortiment.

Dit overzicht is gebaseerd op de volgende punten:

- U wilt mooie bekers die gebruikt kunnen worden op uw school voor feesten, ouderavonden, examenfeesten e.d.
- Deze bekers moet voldoen aan alle gestelde eisen m.b.t. normale bekers.
- Deze eisen hebben betrekking op langdurig en frequent gebruik en de warmte geleidbaarheid. De bekers moeten ook waterbestendig, vaatwasbestendig en chemisch inactief zijn
- De bekers moeten bijvoorkeur van keramiek zijn gemaakt
- De bekers worden voorzien van het schoollogo

Het overzicht bestaat uit een tabel met drie mogelijkheden (Alcade, Bridgewood en Castel) die voldoen aan de door u gestelde eisen. U bent vrij om zelf een keuze te maken.

Graag horen we van u welke keuze u heeft gemaakt.

Met vriendelijke groeten,

G. J. Schoonveld

Directeur Keramiek BV.

Bijlage: Keuzemogelijkheden bekers.

Bijlage 1 Keuzemogelijkheden bekers.

Gegevens	Alcade	Bridgewood	Castel
Materiaal: Beschrijving Eigenschappen: <ul style="list-style-type: none"> - Dichtheid [g/cm³] - Porositeit [-] - Elasticiteitsmodulus [Gpa] - Warmte geleidingscoëfficiënt [W/m K] 	bros 2,15 0,35 90 1,5	bros 2,35 0,20 85 1,2	bros 2,40 0,25 75 1,3
Proces: <ul style="list-style-type: none"> - Sintertemperatuur [°C] - Gemiddelde deeltjesgrootte [µm] - Sintertijd [uur] - Droogtijd voor sinteren [uur] - Krimp na drogen [%] - Krimp na sinteren [%] 	1220 2,3 1 48 6 15	1270 5,0 1 48 5 12	1270 7,1 1 48 4 10
Vormkenmerken <ul style="list-style-type: none"> - beker zonder oor (stapelbaar) - beker met oor 	leverbaar leverbaar	leverbaar leverbaar	leverbaar leverbaar
Afmetingen (binnendiameter) <ul style="list-style-type: none"> - hoogte 60 mm <ul style="list-style-type: none"> o Ø30 mm o Ø40 mm - hoogte 80 mm <ul style="list-style-type: none"> o Ø60 mm o Ø70 mm - hoogte 100 mm <ul style="list-style-type: none"> o Ø60 mm o Ø70 mm o Ø80 mm 	niet leverbaar + + - + + -	+ + - + + - + + +	+ + - + + + + + -
Minimale afname <ul style="list-style-type: none"> - daarna in partijen van 	100 stuks 50	100 stuks 50	100 stuks 50
Mogelijke kleuren	Wit Ivoor Diep rood Aqua blauw Bos groen	Wit Ivoor Aqua blauw	Wit Ivoor Diep rood

Bron bij activiteit 4.

Wat is Keramiek?

Materialen gemaakt van keramiek zijn anorganisch en niet-metaalachtig. Ze worden meestal gevormd uit ruw materiaal (klei) bij kamertemperatuur en verkrijgen hun typische fysische eigenschappen door de hoge temperatuur tijdens het bakproces.

Groepen van materiaal

Keramiek dat met machines is gemaakt, wordt vaak onderverdeeld volgens de definities hierboven. Maar er is geen eenduidige en duidelijke classificatie. Daardoor wordt keramiek vaak op een alternatieve manier onderverdeeld. Daarbij wordt gekeken uit welke mineralen de keramiek is opgebouwd en wat de chemische samenstelling is.

De volgende groepen behoren tot de materialen die gedefinieerd zijn als keramiek dat machinaal is gemaakt:

- keramiek gemaakt van silicaat
- oxide keramiek
- niet-oxide keramiek

Keramiek gemaakt van silicaat. Deze groep is de oudste groep van alle keramieksoorten en vormen ook de grote groep van de 'fijne' keramische producten. De belangrijkste componenten van deze materialen zijn **klei** en kaolien, veldspaat en zeepsteen die samen de belangrijkste silicaat bronnen vormen. Componenten zoals aluminium en zirkoon worden gebruikt om speciale eigenschappen te verkrijgen, zoals een grotere sterkte.

Oxide keramiek. Het oxide keramiek wordt vaak gedefinieerd als alle materialen die voor het grootste gedeelte (>90%) bestaan uit één component: metaaloxide. De grondstoffen zijn synthetische producten met een hoge zuiverheid. Bij een hoge temperatuur tijdens het sinteren wordt een uniforme microstructuur gevormd die verantwoordelijk is voor de verbeterde eigenschappen.

Niet-oxide keramiek. Niet oxide keramiek is altijd die gebaseerd op componenten met boron, koolstof, stikstof en silicium. Niet-oxide keramiek bevat meestal een grote hoeveelheid covalente verbindingen. Dit zorgt ervoor dat ze gebruikt kunnen worden bij hoge temperaturen omdat dit keramiek een grote elasticiteit, hoge sterkte en hardheid heeft samen met een hoge weerstand tegen corrosie en slijtage.

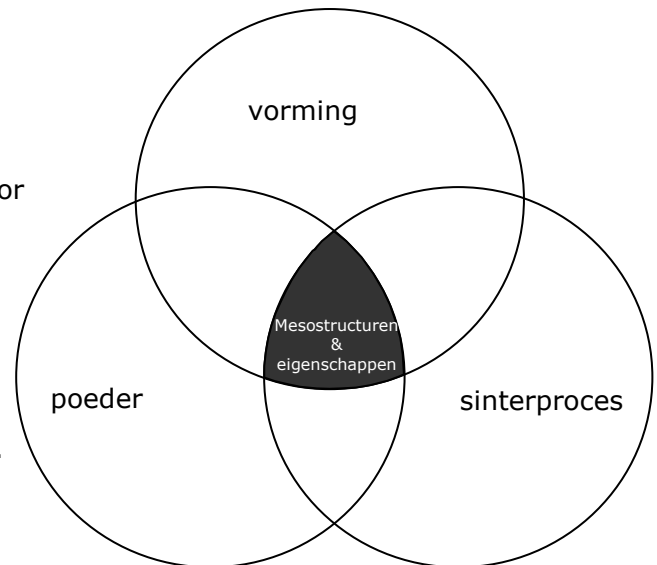
A Van poeder tot bestandsdeel

Productie

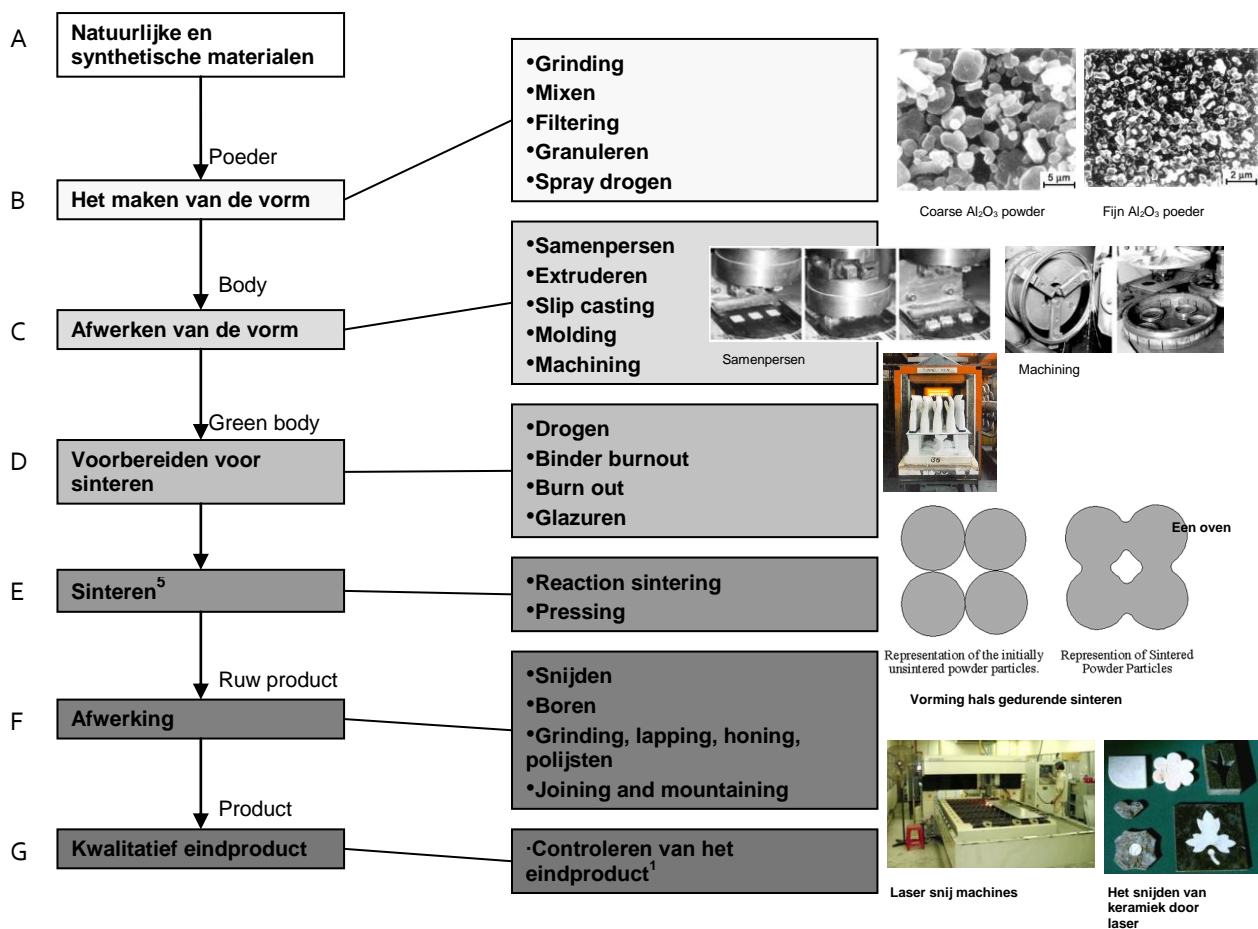
De basiseigenschappen van producten die gemaakt zijn van keramiek worden beïnvloed door de keuze van de grondstoffen, korrelgrootte en het productieproces.

Gedurende het hele productieproces zal de vormgeving en het sinteren samen de grootste invloed hebben op de vorming van de cruciale microstructuur en daarmee ook op de gewenste eigenschappen van het uiteindelijke eindproduct.

Productietechnieken zijn zeer belangrijk om een consistente hoge kwaliteit te behouden. Een regelmatige controle is daarbij essentieel.



Schema 1: Invloeden op de mesostructuur



Schema 2: Het productieproces van keramiek

⁵ Sinteren is een methode om van poeder een object te maken door het materiaal te verhitten (onder zijn smeltpunt) totdat de deeltjes aan elkaar vastplakken

B Het maken van de vorm

Er zijn twee mogelijkheden:

- a) De producent van de keramiek verkrijgt de benodigde grondstoffen en voert vervolgens zelf de verdere productiestappen uit. Specifieke voorbereidingen aan het ongebakken materiaal zijn nodig voor de verschillende vormingsprocessen: gieten of drukpersen.
- b) De producent krijgt voorbewerkt, ongebakken materiaal en begint direct aan het vormingsproces. Malen en slijpen zijn belangrijke en vereiste stappen omdat de uiteindelijke diameter van de deeltjes in deze fase wordt bepaald.

C Vormgeving

De poederdeeltjes worden samengeperst waardoor een coherente vorm ontstaat die stevig genoeg is voor de verdere behandelingen. Deze ongesinterde massa van poeder (ook wel 'green body' genoemd) kan, als dat nodig is, machinaal worden bewerkt voor het bakproces. Dit wordt vaak gedaan omdat de bijbehorende stappen na het sinteren erg duur zijn. Tijdens de verschillende stappen bij het vormgeven moet er voorzichtig gewerkt worden om te voorkomen dat er significante verschillen in dichtheid en samenstelling van de 'green body' ontstaan. Deze verschillen kunnen gedurende het sinteren ontstaan en leiden tot vertekeningen en mechanische spanningen. De keuze voor het meest geschikte vormingsproces hangt gewoonlijk af van de kosten (efficiënt produceren).

D Van vormen tot bakken

De 'green bodies' bevatten door het vormingsproces naast de keramiek poedermengsel ook organische deflocculants, weekmakers, bindmiddelen en andere toevoegingen. Alle componenten die bij hogere temperaturen vervliegen (bijvoorbeeld verdampen) moeten voor het sinteren met grote zorg verwijderd worden uit de 'green body' om schade te voorkomen. Afhankelijk van het poeder, de vorm, de omvang en het vormingsproces, zullen in de 'green body' verschillen ontstaan in de dichtheid.

De 'green bodies' die gevormd worden uit het ongebakken materiaal (dat vaak plastisch is) zijn in deze fase niet goed bestand tegen breken. De weerstand tegen breken kan echter verder verhoogd worden door het gebruik van organische additieven. Het uitbranden van de overgebleven weekmakers en bindmiddelen samen met andere organische additieven vereist een nauwlettend profiel van temperatuur, druk en tijd. Dit moet ervoor zorgen dat deze additieven zonder veel schade worden verwijderd uit de fijne, poreuze 'green body.' Een variatie op dit proces is het verkolen, dit gebeurt bijvoorbeeld met SiC. Hierbij worden de organische componenten omgezet tot koolstof die aanwezig blijft in de structuur. Reagentia die worden toegevoegd zorgen ervoor dat de koolstof wordt omgezet naar een matrix in de keramiek gedurende het sinteren. Na het drogen of uitbranden (of verkolen) zal de structuur van de 'green body' (geperst poeder in de vorm van de keramische componenten) bijeen worden gehouden door zwakke coherente krachten. Daardoor is voorzichtigheid geboden bij de volgende productiestappen. Daarom wordt waar dat mogelijk is, het drogen en uitbranden geïntegreerd met het sinteren.

E Sinteren

Het doel van de keramiekttechnologie is de productie van een mechanisch sterk body die in staat is om verschillende toepassingen en condities te doorstaan. In deze fase is er weinig binding tussen de verschillende deeltjes van de 'green body'. Het sinteren bij hoge temperatuur zorgt voor het verkrijgen van grotere sterkte. Een hoge temperatuur zorgt ervoor dat het sinteren plaatsvindt en creëert in feite het keramische materiaal. De processen die plaatsvinden tijdens het sinteren zijn erg complex. Belangrijke factoren die hierin een rol spelen zijn zuiverheid, korrelgrootte, compactheid en de atmosfeer tijdens het sinteren. Producten die gemaakt zijn van oxide keramiek met een hoge zuiverheid worden gesinterd door reacties tussen vaste stoffen; deze reacties hebben daarom hogere temperaturen nodig tijdens het sinteren dan bodies gemaakt van veldspaat zoals porselein.

Gedurende het sinteren zal de sterkte van de keramiek groter worden evenals de dichtheid. Dit is ten gevolge van een verlaging van de porositeit. Dit proces zorgt daarmee voor een vermindering in volume wat ook wel 'sinteren krimp' wordt genoemd. De mate van krimp voor de verschillende keramische materialen is erg verschillend. Net als bij het drogen spelen tijd en passende atmosfeer (temperatuur is erg belangrijk) een belangrijke rol wanneer de keramiek wordt gebakken. Als hiermee geen rekening wordt gehouden kan dit leiden tot spanning in het materiaal waardoor het materiaal defecten gaat bevatten en niet meer goed aan de eisen kan voldoen. Dunne vormen en producten kunnen veel sneller gesinterd worden dan grote producten met een veel dikkere wand.



Afbeelding 2: Een tunnel-oven

De energie die nodig is voor het sinteren neemt onevenredig toe als de temperatuur stijgt. Bovendien bestaat het materiaal, waarmee de 'green bodies' in de oven worden gestopt, uit hittebestendig materiaal en is daarmee een significante kostenfactor.

Speciale variaties kunnen gemaakt worden met behulp van bepaalde typen uitgangsmaterialen of sinterprocessen.

Afmetingen en krimp

Het doel bij de vorming van een 'green body' van ongebakken keramisch materiaal is om zo dicht mogelijk de uiteindelijke afmetingen en vorm van de producten te benaderen, omdat het bewerken van het materiaal na sinteren vanwege de hardheid van het materiaal erg duur is. In tegenstelling tot metalen, is de vorming van de keramiekdeeltjes niet de laatste stap in de productieketen maar juist een van de eerste stappen.

De 'green body' voor de keramische producten moet grotere afmetingen hebben dan de afmetingen van het eindproduct omdat alle materialen die op deze wijze worden bewerkt, te maken krijgen met een afname van volume gedurende het productieproces. Deze afname in volume wordt veroorzaakt door de verwijdering van vocht, het drogen en het bakken. Het materiaal van keramiek met zijn karakteristieke microstructuur wordt pas

gevormd bij het bakken. Daarom moet het gewenste materiaal gemaakt worden uit een mix van grondstoffen. De hoge temperatuur leidt tot een afname van het oppervlak van de deeltjes en zorgt zodoende voor compactheid van de microstructuur. Dit is geassocieerd met een afname in volume en wordt ook wel **krimp** genoemd.

F Afwerking

De afwerking vindt plaats op producten die geheel gesinterd zijn. Deze producten krijgen de afmetingen en vorm die gewenst zijn door het te slijpen of polijsten.

G Glazuren

Afhankelijk van de korrelgrootte van het startmateriaal en het bakken zal het oppervlak van het keramische product een bepaalde ruwheid hebben. Een ruw oppervlak wordt gemakkelijk vuil.

Door te glazuren wordt het oppervlak glad en ziet het product er aantrekkelijk uit. Door de glazuurlaag worden een aantal eigenschappen van de keramiek beter. Voorbeelden hiervan zijn elektrische geleidbaarheid, sterkte en weerstand tegen chemicaliën. Verschillende kleuren glazuur worden gemaakt door bepaalde kleurstoffen (metaal oxiden) in verschillende verhoudingen te mengen.

Literatuur:

- http://www.keramverband.de/brevier_engl/4/1/4_1.htm [12/10/2006]
- http://www.keramverband.de/brevier_engl/4/1/4_1_3.htm [12/10/2006]

Bron bij activiteit 5

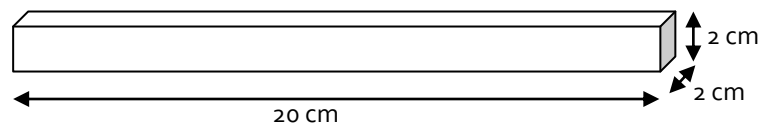
Experiment: sinterproces van klei

Wat heb je nodig?

- Normale klei (zoek eventueel m.b.v. wikipedia op wat klei precies is)
- Plaat van hout
- deegroller
- mes
- oven
- liniaal

Methode:

Leg de klei op de houten plaat en gebruik de deegroller om een gelijkmatige laag klei te krijgen van 2 cm dik. Snij uit deze laag 8 staven met een lengte van 20,0 cm (afmetingen 20*2*2cm). Laat deze staven van klei 4 dagen drogen. Meet dan de lengte van de staaf (l_1).



Vervolgens plaats je deze staven in de oven en verhoog je geleidelijk de temperatuur zoals beschreven in onderstaande tabel:

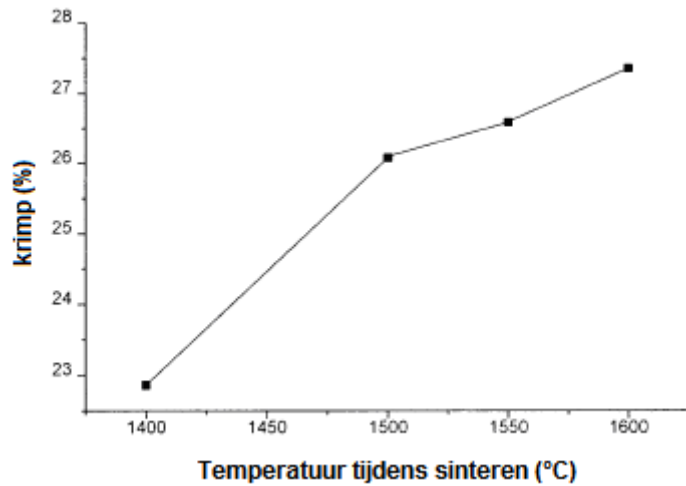
Tabel 2: Experiment krimpen

krimp percentage [%]	T[°C]	
t[min]	500	800
40		
80		
120		
160		

Daarna laat je de staven afkoelen tot kamertemperatuur. Meet de lengte van elke staaf (l_2). Bereken de krimp ($\Delta l = l_2 - l_1$), als percentage van de oorspronkelijke lengte (l_1).

Verandering van lengte: $\Delta l = l_2 - l_1 \rightarrow$ Krimp als percentage: $\frac{|l_2 - l_1|}{l_1} \cdot 100\% = \frac{|\Delta l|}{l_1} \cdot 100\%$

Bron bij activiteit 7a



Grafiek 1: Krimp van aluminium monsters gesinterd bij 1400, 1550 en 1600°C
Adapted from: Y. Han, J. Li, Q. Wei, K. Tang, The effects of sintering temperatures on alumina foam strength, Ceramics International 28 (2002) 755-759

Wat gebeurt er tijdens het sinteren?

Maak gebruik van bron 4 en bekijk de animatie op:

http://www.ikm.uni-karlsruhe.de/forschung/pzt_webseiten/eng/pzt_sinter_eng.html en de afbeeldingen op: <http://ciks.cbt.nist.gov/garbocz/paper36/node3.html>

Bron bij activiteit 7b

De diameter van deeltjes speelt een belangrijke rol bij het sinteren.

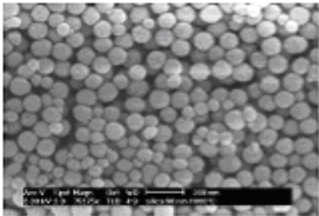
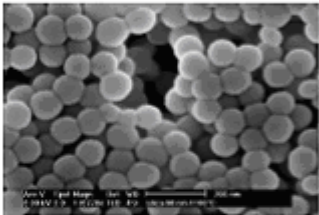
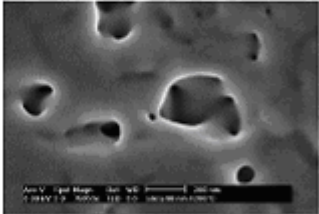
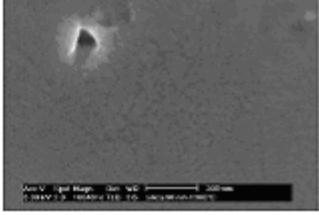
We kunnen verschillende deeltjes onderscheiden, zoals in de onderstaande afbeeldingen:



Afbeelding 7.1: Sinaasappelen **Afbeelding 7.2:** Appels **Afbeelding 7.3:** Kersen

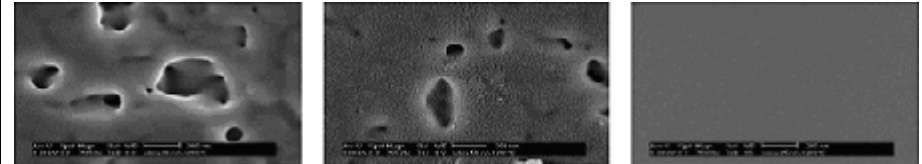
Bij de bovenstaande afbeeldingen kunnen we een 'systeem' van fruit beschrijven als de hoeveelheid van de ruimte die niet is opgevuld door materiaal. Er zijn poriën, kanaaltjes en gaten tussen de stukken fruit. Je kunt de niet opgevulde ruimte ook in een percentage uitdrukken.

(zie ook volgende pagina)

Colloïdale Silica	Het sinteren duurde 30 minuten.
De temperatuur tijdens het sinteren	De deeltjesgrootte vóór sinteren was 90 nm.
1000°C	
1100°C	
1200°C	
1300°C	

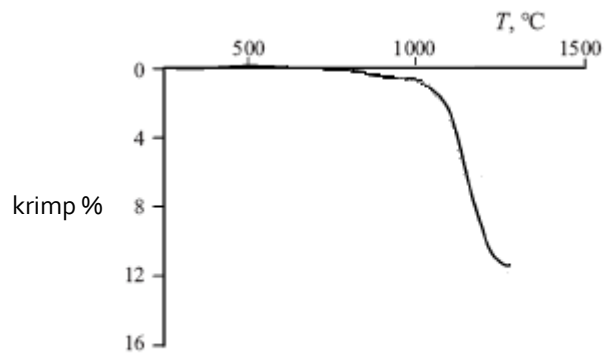
Afbeelding 7.4: Colloïdale Silica bij verschillende sintertemperaturen.

<http://dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/science/2002/r.l.w.popma/c4.pdf>
[1/11/2006]

Colloïdale Silica			
Deeltjesgrootte	90 nm	50 nm	25 nm
Het sinteren duurde 30 minuten.			
De sintertemperatuur bedroeg 1200°C.			

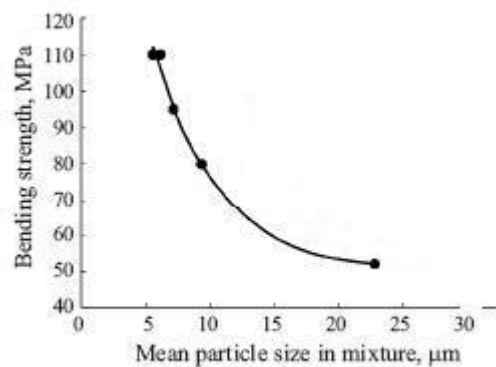
Afbeelding 7.5: Colloïdale Silica met verschillende deeltjesgrootte

<http://dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/science/2002/r.l.w.popma/c4.pdf>
[1/11/2006]



Grafiek 2: Krimp door het sinteren van een porseleinen mengsel bij verschillende temperaturen. De deeltjesgrootte is 5 μm .

Adapted from: N. A. Andreeva, S. S. Ordan'yan, Technological implications in increasing the strength of porcelain, Refractories and Industrial Ceramics 43, (2002), 11-12



Grafiek 3: Sterkte van porselein als gevolg van het gebruik van verschillende deeltjesgrootte.

Adapted from: N. A. Andreeva, S. S. Ordan'yan, Technological implications in increasing the strength of porcelain, Refractories and Industrial Ceramics 43, (2002), 11-12

Bron bij activiteit 8

Afbeeldingen gevonden bij het zoeken m.b.v. de trefwoorden 'structure' en 'keramiek'.



Foto 1



foto 2



Foto 3



foto 4



Foto 5

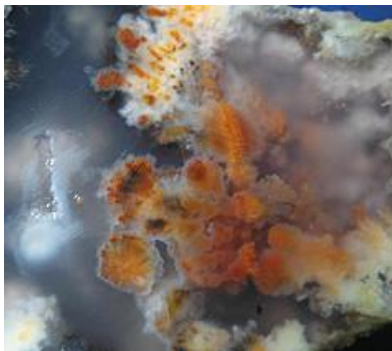


foto 6

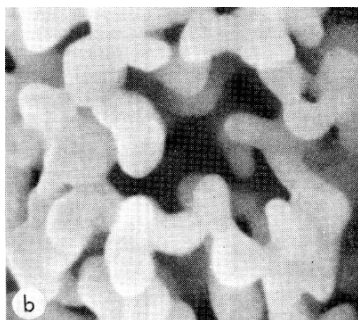


Foto 7 Gesinterende klei

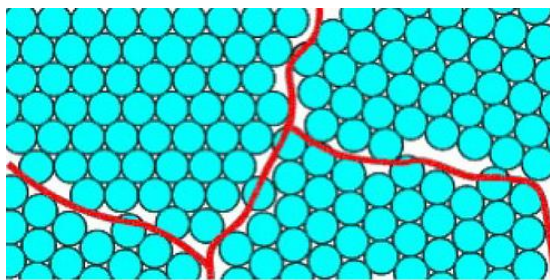


foto 8 Korrel grenzen in polykristallijne structuren

Bron bij activiteit 10: overzicht kogelvrij vest

