

## VERVORMINGEN VAN AFDRUKMATERIALEN OP SILICOONBASIS

Ir. H. P. L. SCHOENMAKERS

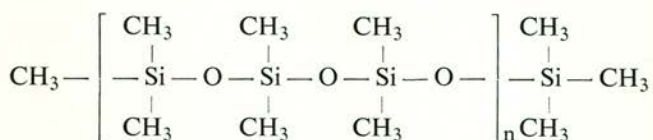
Voor de vervaardiging van afdrukken van de gedeelten der mondholte waar ondersnijdingen voorkomen, verdient het aanbeveling gebruik te maken van elastische afdrukmaterialen.

Tot de jongste soort van deze materialen behoren de afdrukmaterialen op silicoonbasis.

Het hoofdbestanddeel hiervan wordt gevormd door een silicoon, die de gedaante van een vloeistof bezit.

Onder de siliconen verstaat men de groep polymeren met een geraamte van afwisselend silicium- en zuurstofatomen, waarbij de vierwaardige siliciumatomen tevens gebonden zijn aan organische groepen, zoals de methylgroep (CH<sub>3</sub>-).

De meest voorkomende vorm is polydimethylsiloxan:



De zijgroepen kunnen echter ook uit fenyl- en vinylgroepen bestaan.

De siliconen danken hun technische toepassing vooral aan de hoge hittevastheid (tot ongeveer 200°C) en aan het grote waterafstotende vermogen.

Het silicoonrubber, dat in de techniek toepassing vindt als elastisch materiaal dat bij hogere temperatuur zijn eigenschappen behoudt, wordt verkregen door de silicoonmoleculen overdwars aan elkaar te verbinden.

Dit kan bereikt worden door de silicoon bij hogere temperatuur met een organisch peroxyde te doen reageren. Het peroxyde wordt bij de hogere temperatuur ontleed en is dan in staat om methylgroepen te oxyderen,

waarna onder afsplitsing van een bijproduct twee methylgroepen van verschillende silicoonmoleculen gebonden worden.

De eigenschappen van het silicoonrubber zijn afhankelijk van het aantal bindingen dat tussen de grote silicoonmoleculen gevormd is. Te weinig bindingen maken het rubber te slap terwijl te veel bindingen het rubber te stijf maken.

Het silicoonrubber dankt zijn elastische eigenschappen vooral aan de spiraalvormige opbouw van de moleculen, waardoor deze gemakkelijk opgerekt kunnen worden.

De bindingen tussen de moleculen onderling voorkomen dat deze bij de deformatie over elkaar heen glijden.

Het afdrukmetaal op silicoonbasis moet ook een verstijvingsreactie ondergaan. Nu echter moet de reactie bij kamertemperatuur verlopen.

Om op enige plaatsen de zijgroepen van de silicoonmoleculen aaneen te binden, moet men meestal de hulp inroepen van twee reagentia.

Als beide reagentia met elkaar vermengd worden, zal de een de ander ontleden, zodat alsnog enige zijgroepen van de silicoonmoleculen aangegrepen worden, waarna zij onderling gebonden worden.

Over de samenstelling van de genoemde reagentia is slechts weinig bekend, maar waarschijnlijk zijn zij er de oorzaak van dat de afdrukmaterialen slechts een beperkte houdbaarheid bezitten.

Het kan voorkomen dat het positief, dat met de afdruk verkregen is, niet de juiste afmetingen van het gereproduceerde gedeelte in de mond weergeeft. Dit is het geval als de afdruk een vervorming heeft ondergaan.

Deze vervorming kan door twee oorzaken tot stand komen.

Op de eerste plaats komt het voor dat het verstijfde afdrukmetaal niet voor de volle honderd procent elastisch is, zodat na de deformatie, die optreedt bij het uitnemen der afdruk, het metaal niet meer volledig terugveert. Er is dus sprake van een blijvende vervorming.

Op de tweede plaats kan de chemische reactie tot gevolg hebben dat er een krimp van het metaal optreedt, terwijl tevens een fysische reactie, zoals het verdampen van bepaalde ingrediënten, tot een volumeverandering bijdraagt.

Om na te gaan in welke mate vervorming bij de afdrukmaterialen op silicoonbasis optreden, zijn de in tabel I genoteerde fabrikaten op materiaalkundige wijze onderzocht.

De experimenten hebben plaats gevonden bij een temperatuur van

23±1°C. terwijl de vochtigheidsgraad der omgeving niet kon worden geregeld.

Bij alle fabrikaten was het silicoon-bestanddeel verwerkt tot een pasta.

De versneller was in 4 gevallen opgelost in een vloeistof terwijl bij Jelcone de versneller tevens tot een pasta was verwerkt.

Omdat de eigenschappen van de beschouwde afdruckmaterialen afhankelijk zijn van de relatieve hoeveelheid versneller, die aan de silicoon-pasta moet worden toegevoegd, is door berekening nagegaan welk volume aan pasta met één druppel versneller moet worden vermengd. Meestal geeft de gebruiksaanwijzing aan dat één druppel versneller moet worden toegevoegd aan één lengteëenheid van de pastastreng.

Bij genoemde berekening is er van uitgegaan dat de streng een diameter heeft gelijk aan de opening van de tube.

Voor Lastic-55 is de hoeveelheid pasta berekend waaraan zowel één druppel van de activator als één druppel van de katalysatorvloeistof moet worden toegevoegd.

De dosering van Jelcone vond plaats door het afmeten van gelijke strenglengten der beide pasta's.

De dosering is eveneens in tabel I aangegeven alsmede de produktie-nummers der materialen.

De experimenten hebben plaats gevonden in de zomer van 1964.

TABEL I

<i>Materiaal</i>	<i>Productie no.</i>	<i>Fabriikaat</i>	<i>Dosering (ml/druppel)</i>
Jelcone	—	Caulk Co. Milford Del. U.S.A.	*)
Lastic 55-3c	—	Kettenbach, Wissenbach	0,95
Sil 21	10631	Keur & Sneltsjes, Haarlem	0,5
Sta-Seal	1263	Detax-Dental, Karlsruhe	0,7
Verone	692	Davis Schottlander, London	0,8
			*) gelijke strengen van beide pasta's

### *Verstijvingstijden*

De chemische reactie, die leidt tot de verstijving van de silicoon-pasta, zal reeds beginnen zodra de versneller met de pasta vermengd wordt.

Geleidelijk aan wordt de pasta meer visceus en gaat dan over in een elastischer wordende materie. Waarschijnlijk verlopen er meerdere uren voordat de reactie beëindigd is. (1)

Door middel van de aanvankelijke verstijvingstijd (a.v.) wordt aangegeven hoe lang het afdruk materiaal nog in het plastische stadium verkeert terwijl de definitieve verstijvingstijd (d.v.) aangeeft wanneer het afdruk materiaal zodanig elastisch is geworden dat de afdruk uit de mondholtte verwijderd kan worden.

De meest bekende methode ter bepaling van de verstijvingstijden berust op de penetratie van een vicatnaald in het afdruk materiaal dat een 8 mm diep bakje geheel vult.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een stift met een diameter van 3,0 mm die aan de beneden zijde scherp is afgeplat en is verzaard tot een gewicht van 300 gr. Om de 30 seconden krijgt de vicatnaald gedurende 10 seconden de gelegenheid om te penetreren in de pasta. Zodra de bodem van het bakje niet meer bereikt wordt, is de aanvankelijke verstijvingstijd verkregen.

Ook als het afdruk materiaal de elastische toestand heeft ingenomen, laat de vicatnaald nog een indruk op het oppervlak achter. Zodra er geen veranderingen in 3 achtereenvolgende indrukkingen optreden, neemt men aan dat de definitieve verstijvingstijd bereikt is.

In tabel II staan beide tijden genoemd, die zowel bij 23°C (aan de lucht) als bij 37°C (onder water) zijn bepaald.

Tevens zijn de tijden genoemd in zoverre als de diverse gebruiksaanwijzingen aangeven, waarbij de a.v. vergeleken moet worden met die welke bij 23°C bepaald is en de d.v. vergeleken moet worden met die welke bij 37°C is vastgesteld.

Omdat hier slechts enkele facetten van de materialen worden belicht zijn codeletters A t/m E zodanig gekozen dat er geen verband bestaat met volgorde van de in tabel I genoemde fabrikaten.

TABEL II

Aanvankelijke en definitieve verstijvingstijd in minuten volgens vicat-methode.

Materiaal	Temperatuur 23°C.		37°C.		Volgens fabrikant	
	a.v.*)	d.v.**)	a.v.	d.v.	a.v.	d.v.
A	1	3	1	2½	1½	4½
B	3	7½	2½	4½	2	5
C	3½	8	2½	6	1½	5
D	3½	9½	2½	6½	2	5
E	7	13½	3½	8	2	—

\*) a.v.= aanvankelijke verstijvingstijd

\*\*) d.v.= definitieve verstijvingstijd

*Blijvende vervorming na deformatie*

Om de elastische eigenschappen der afdrukmaterialen te bepalen is allereerst de methode gekozen volgens welke de „strain” en „set” worden bepaald, zoals die in de specificatie voor de reversibele hydrocolloïden staat beschreven (2).

Hierbij wordt uitgegaan van een cilinder afdruk materiaal met een hoogte van 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  inch) en een diameter van 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$  inch).

De relatieve hoogtevermindering die de cilinder ondergaat als deze wordt belast van 100 gr/cm<sup>2</sup> tot 1000 gr/cm<sup>2</sup> is een maat voor de elastische vormverandering, die „strain” wordt genoemd.

De relatieve hoogtevermindering, die na het ontlasten en weer belasten met 100 gr/cm<sup>2</sup> resulteert, wordt „set” genoemd en is een maat voor de blijvende vormverandering.

Volgens genoemde specificatie mag de strain variëren tussen 4 en 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, terwijl de set kleiner moet zijn dan 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

De strain en set zijn bepaald bij 23°C, terwijl de cilinders opvolgend 2, 7, 12 en 60 minuten ouder zijn dan de definitieve verstijvingstijd bij 23°C.

De resultaten staan weergegeven in tabel III.

TABEL III

Moment van proefn. in minuten *)	Strain in <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				Set in <sup>0</sup> / <sub>0</sub>			
	2	7	12	60	2	7	12	60
A	5,5	4,0	3,9	3,6	1,0	0,2	0,1	0,02
B	9,9	5,8	4,3	3,4	1,5	0,6	0,3	0,03
C	7,3	5,3	4,9	4,0	1,3	0,4	0,3	0,03
D	7,3	4,7	3,7	3,0	1,6	0,9	0,5	0,10
E	6,9	6,1	5,2	4,0	0,7	0,4	0,2	0,03

\*) De genoemde tijden zijn gerekend vanaf de definitieve verstijvingstijd bij 23°C.

Omdat bij het uitnemen van een afdruk het materiaal niet gelijkmatig wordt belast maar plaatselijk een zekere deformatie moet ondergaan, die afhankelijk is van de diepte der ondersnijdingen en van de ruimte tussen de lepel en de elementen, is de grootte van de „set” bepaald nadat de cilinder afdruk materiaal gedurende 1 minuut tot 80 % van de originele hoogte was samengedrukt.

De vervorming, die na de 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> deformatie resteert, is weergegeven in tabel IV. De belasting vond plaats bij 23°C, terwijl de cilinders 2, 7, 12 en 60 minuten ouder waren dan de definitieve verstijvingstijd bij 23°C.

TABEL IV

Moment van proefn. in minuten *)	Set na 20 % deformatie in %			
	2	7	12	60
A	2,6	0,9	0,3	0,1
B	2,4	1,6	1,2	0,3
C	1,9	1,3	0,8	0,3
D	4,7	2,5	1,4	0,4
E	2,1	1,5	1,0	0,2

\*) De genoemde tijden zijn gerekend vanaf de definitieve verstijvingstijd bij 23°C.

Uit de tabellen III en IV blijkt dat de afdrumaterialen op het moment van de definitieve verstijvingstijd niet de optimale elastische eigenschappen bezitten, maar dat deze daarentegen nog met de tijd toenemen.

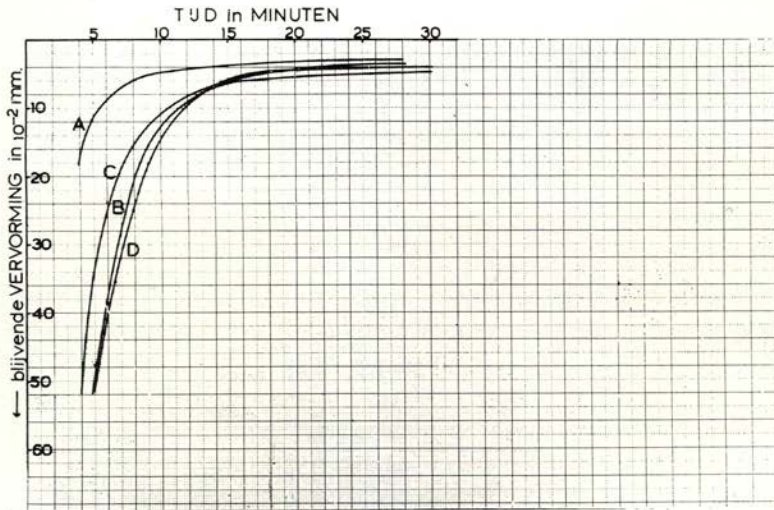


Fig. 1

Om de toename in elasticiteit bij een temperatuur van 37°C als functie van de tijd te kunnen volgen werd een methode ontwikkeld die berust op de bepaling van een blijvende vervorming na een aangebrachte deformatie.

Een kogel met een diameter van 7,50 mm was bevestigd aan de stift van een meetklokje. De stiftdruk varieerde van 75 tot 85 gr., afhankelijk van de richting van verplaatsing.

Een bakje met een diepte van 6 mm werd geheel gevuld met afdruk-materiaal. De volgende handelingen werden uitgevoerd:

De kogel werd neergelaten op het afdrukmetaal. Na 10 seconden werd de aanwijzing van de meetklok afgelezen. Na totaal 15 seconden werd de kogel 2 mm dieper in het afdrukmetaal geplaatst.

Na totaal 30 seconden werd het metaal ontlast door het heffen van de kogel. Na totaal 45 seconden werd de kogel weer neergelaten en de aanwijzing der meetklok werd na totaal 55 seconden afgelezen.

Het verschil in de stand van de meetklok na 10 seconden en na 55 seconden geeft de blijvende vervorming van het afdrukmetaal aan nadat het ten dele was samengedrukt.

Meerdere achtereenvolgende metingen werden onder water met een temperatuur van 37°C uitgevoerd. De resultaten staan weergegeven in fig. 1.

Uit bovenstaande volgt dat het aanbeveling verdient om de opgegeven definitieve verstijvingstijd met meerdere minuten te overschrijden wil men een betrouwbare afdruk verkrijgen.

#### *Vervorming van het afdrukmetaal, optredende bij het bewaren van de afdruk*

Nadat de afdruk is uitgenomen zal het afdrukmetaal een vervorming ondergaan, die het gevolg is van een krimpverschijnsel dat zelfs na dagen nog voortgang vindt (1).

De contractie kan het gevolg zijn van de polymerisatie van het metaal, maar zal tevens veroorzaakt worden door het verdampen van vloeistoffen, die in het metaal aanwezig zijn.

In eerste instantie werd de contractie van het metaal C bepaald door een reep afdrukmetaal aan één einde te fixeren en aan het andere einde te voorzien van een metalen merkteken, waarvan de verplaatsing met een microscoop tot op 0,01 mm nauwkeurig werd opgemeten. De afstand tussen de fixatie en het merkteken bedroeg ongeveer 60 mm. De reep afdrukmetaal werd met een spuit, die voorzien was van een opening van 3 x 10 mm, aangebracht. De dikte van de reep varieerde, afhankelijk van de consistentie van het metaal, van 1 tot 2 mm.

Om na te gaan welke de invloed is van de substantie, waarop de reep gelegd is, werd het metaal C aangebracht op glasplaten bedekt met respectievelijk vaseline en talk en op een kwikbad.

De resultaten staan weergegeven in fig. 2, waarin de contractie is weergegeven als functie van de logaritmische van de tijd.

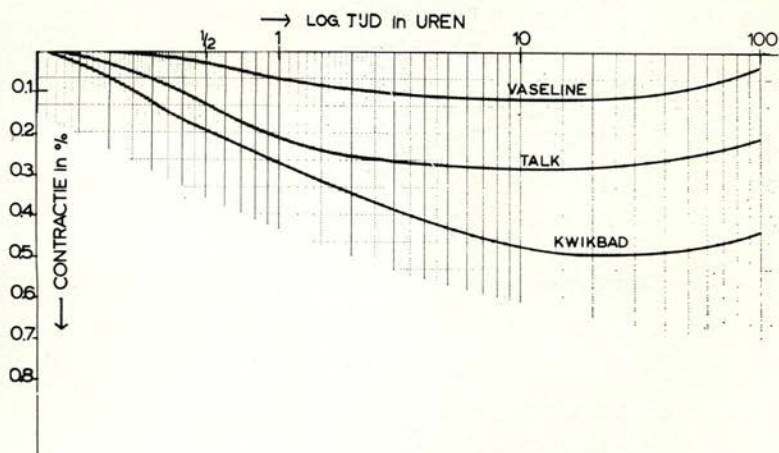


Fig. 2

Het blijkt dat op een kwikbad de grootste contractie ontstaat, hetgeen overeenstemt met de geringe weerstand die door kwik op een verplaat-sing wordt uitgeoefend.

Het is opmerkelijk dat het materiaal C een contractie vertoont, die na verloop van tijd weer geringer wordt.

Om de contractie te bepalen, zonder dat de weerstand van de ondergrond een belemmerende invloed uitoefent (het is niet onmogelijk dat de bijzonder grote oppervlakte-energie van kwik storend werkt) werd een cilinder afdrukmetaal met een diameter van 12,7 mm en een hoogte van 19 mm vervaardigd, voorzien van een niet-corroderende zeer dunne draad, zodat op gezette tijden de volumeverandering van de cilinder bepaald kon worden door middel van de opwaartse kracht die de cilinder in gedestilleerd water ondervindt.

Hiertoe werd eerst het gewicht van de cilinder met een microbalans bepaald aan de lucht, en daarna terwijl de cilinder ondergedompeld was in water. Het verschil tussen beide waarden komt overeen met het volume van de cilinder.

De berekende lineaire contractie bleek minder te zijn dan de contractie die het materiaal op het kwikbad onderging.

De berekende lineaire contractie van de cilinder is weergegeven in fig. 3C (de curve is met een streep-punt combinatie aangegeven).

Tijdens de metingen bleek het gewicht van de specimen af te nemen en wel zodanig dat er nagenoeg een lineair verband aanwezig was tussen ge-



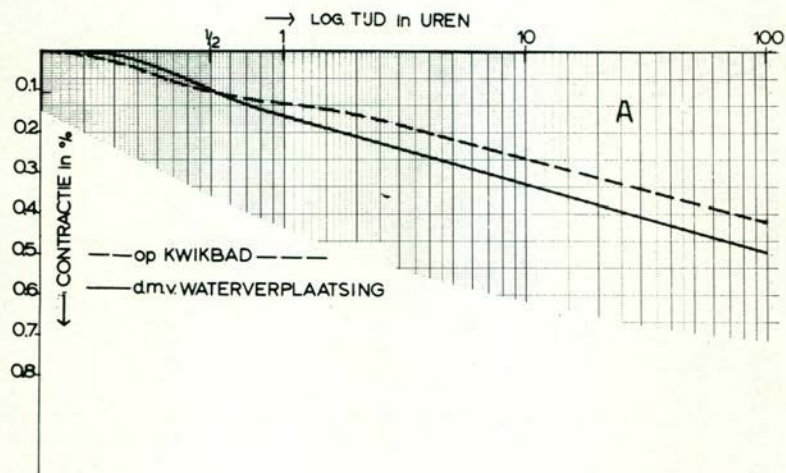


Fig. 3A

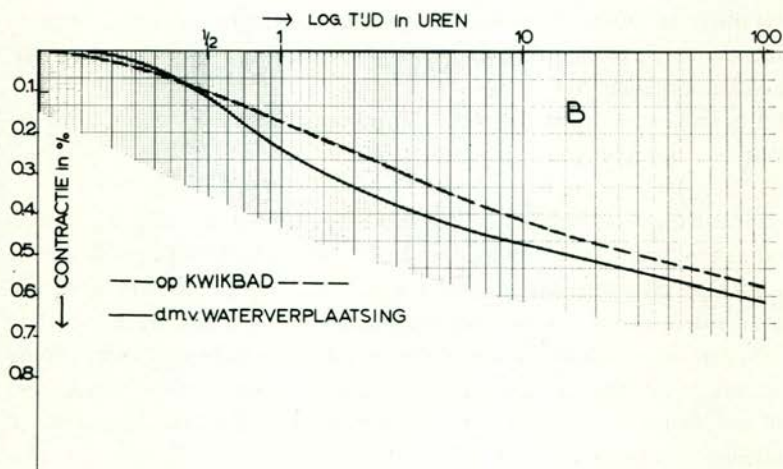


Fig. 3B

wichtsvermindering en volumeafname, alsof door verdamping een vloeistof met een soortelijk gewicht van 0,8 aan de cilinder onttrokken werd.

Omdat de contractie dus kennelijk het gevolg is van verdamping, is het te verklaren dat de contractie op het kwikbad groter was dan de contractie van de cilinder omdat deze laatste een kleiner oppervlak bezit in verhouding tot het volume, dan de reep afdruk materiaal die op het kwikbad was aangebracht.

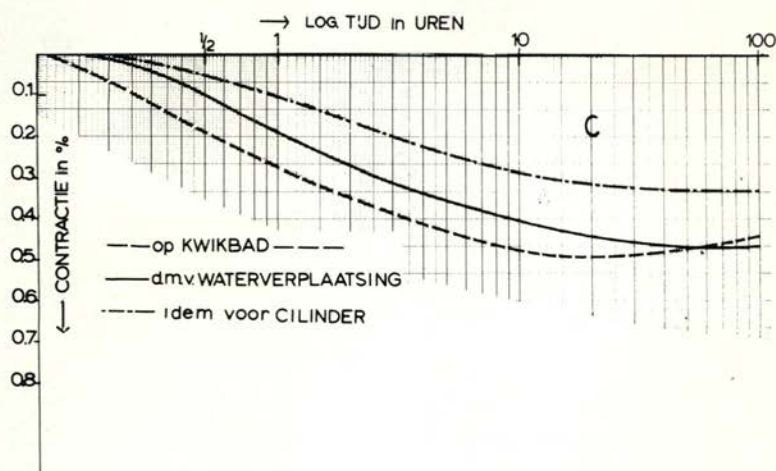


Fig. 3C

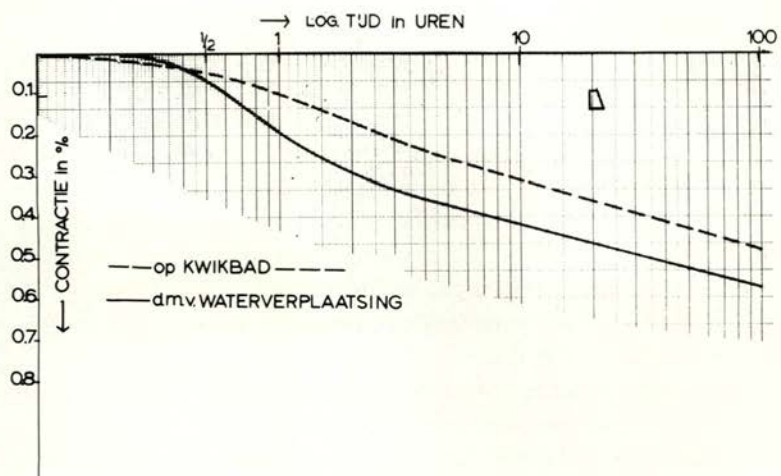


Fig. 3D

Om de verhouding tussen oppervlak en volume te benaderen, zoals die bij een afdruck met een gemiddelde wanddikte van  $1\frac{1}{2}$  mm aanwezig is, werd de volume-verandering bepaald van schijfjes afdruckmateriaal met een diameter van 25 mm en een dikte van 3 mm.

De berekende lineaire contractie die deze schijfjes ondergaan, is weergegeven in de figuren 3A t/m 3E, waarin tevens de contracties staan weergegeven die de materialen op het kwikbad ondergaan.

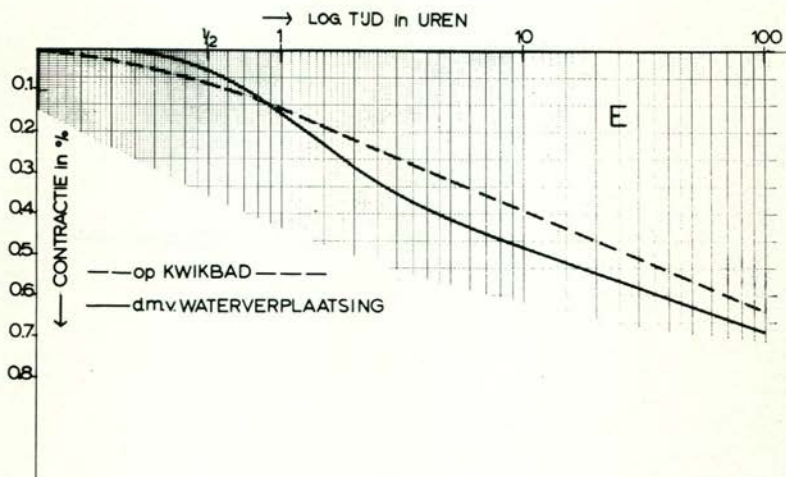


Fig. 3E

De contractie die het materiaal ondergaat op het kwikbad komt niet overeen met de contractie die door middel van waterverplaatsing is bepaald.

In aanvang blijft de contractie d.m.v. waterverplaatsing achter, hetgeen waarschijnlijk het gevolg is van de herhaalde onderdompeling in water, waardoor de verdamping der vloeibare bestanddelen van het afdruckmateriaal belemmerd wordt. Later wordt door middel van waterverplaatsing een grotere contractie geconstateerd, hetgeen waarschijnlijk het gevolg is van het grotere verdampingsoppervlak der schijven in vergelijking tot de ongeveer 2 mm dikke repen.

Een uitzondering hierop vormt het materiaal C, dat op het kwikbad uitvloede tot een reep, die dunner was dan  $1\frac{1}{2}$  mm.

Na meerdere uren schijnt er bij de materialen A, B, D en E een lineair verband te gaan ontstaan tussen de contractie en de logaritmie van de tijd.

Toch mag deze conclusie nog niet getrokken worden omdat na 100 uur soms een gewichtstoename der specimen, gepaard gaande met een volumetoename, te constateren viel.

### Conclusie

Op het moment van de definitieve verstijvingstijd, zoals deze wordt aangegeven door de fabrikant of is bepaald met de vicatnaald, bezit het afdruckmateriaal op silicoonbasis niet de optimale elastische eigenschappen.

Wanneer in hogere mate een beroep moet worden gedaan op de elasticiteit van het materiaal, verdient het aanbeveling de afdruk later uit te nemen dan de definitieve verstijvingstijd aangeeft.

Als men de dubbele verstijvingstijd laat verstrijken voordat men de afdruk uitneemt, zal dit in grote mate leiden tot een nauwkeuriger afdruk.

Omdat na deformatie van het afdruk materiaal altijd nog een blijvende vervorming resteert, verdient het aanbeveling om de deformatie zelf zo gering mogelijk te houden. Hieraan kan tegemoet worden gekomen door de afdruklepel of het koperbandje zo groot te kiezen dat er nog een ruimte aanwezig is van 1 à 2 mm tussen de gebitselementen en de afdruklepel.

De vervorming die optreedt ten gevolge van de contractie, die het materiaal tijdens het bewaren ondergaat, is in het algemeen gering te noemen.

De contractie is het gevolg van verdamping der vloeibare ingrediënten, dus afhankelijk van de grootte van het oppervlak dat aan verdamping blootstaat.

Bij de afdrukken die een groter oppervlak bezitten, zal dan ook een grotere contractie optreden, die vertrekkingen van de afdruk tot gevolg heeft.

Het verdient derhalve aanbeveling om de uitgebreide afdrukken zo spoedig mogelijk uit te gieten of van een metaallaag te voorzien.

#### *Literatuur*

1. SKINNER & PHILLIPS The science of dental materials 5e-druk. W.B. Saunders Co-London
2. Guide to dental materials, Amer. Dental Ass. Chicago

Loopplantsoen 150, Utrecht