

# Tandheelkundige Materiaalkennis

door J. N. Tekenbroek

## TWEEDE GEDEELTE

Het tweede gedeelte van deze artikelenreeks omvat de bespreking van de verschillende materiaalgroepen afzonderlijk. Deze stof zal vermoedelijk meer in de directe belangstellings-sfeer van de lezers van het Tijdschrift liggen, die voor het overgrote deel praktizerende tandartsen zijn.

Het theoretische gedeelte was nodig om de bespreking der materialen op een nuttig niveau te kunnen stellen.

## HOOFDSTUK I

### GIPS

#### § 1. *Voorkomen en vervaardiging*

Gips wordt in de tandheelkunde gebruikt als *afdruk-gips*, als *model-gips* en als *bindmiddel in inbedmassa's*.

In de natuur wordt gips als delfstof aangetroffen en wel op plaatsen, die over de gehele wereld verspreid liggen. De Engelse benaming Plaster of Paris dankt het aan de plaats, waaruit het reeds eeuwen geleden gedolven werd, in de buurt van Parijs (Montmartre). Geologisch wordt het voorkomen van de gipslagen in de bodem toegeschreven aan het indrogen van binnenzeeën. Ook in ons land komen in de Achterhoek volgens vrij recente bodemonderzoekingen uitgebreide gipslagen voor; er zijn thans projecten in uitwerking om deze te gaan exploiteren.

In de natuur komt het gips in twee verschillende vormen voor, namelijk als *dihydraat*  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en als watervrij  $\text{CaSO}_4$ , welk mineraal de naam van *anhydriet* draagt. De zuiverheid van het gedolven gips loopt bij de verschillende vindplaatsen sterk uiteen; voor het vervaardigen van de in de tandheelkunde gebruikte gipssoorten kunnen echter slechts de zuiverste gipsstenen worden gebruikt. Een zeer zuivere gipssoort werd o.a. in het oude Egypte gevonden bij

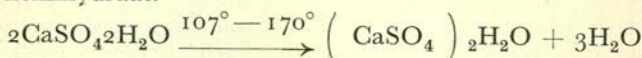
Alabastron. Hiervan is de naam *Alabastergips* afkomstig, die thans meer in het algemeen wordt toegekend aan de zeer zuivere, als marmer doorschijnende gipsstenen, waarvan men thans meerdere vindplaatsen kent. (Fig. 1).

Voor de verwerking van het gips, *het branden*, worden de gedolven gipsstenen (het dihydraat) in slagkruismolens tot vuist- of nootgrote stukken vermalen, die hetzij in roterende trommelovens of ook nog

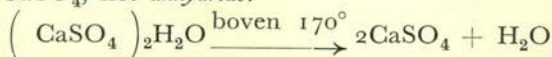


Fig. 1

wel in open ijzeren ketels met roerwerk door verhitting tussen 107—170° ten dele van hun kristalwater worden ontdaan, waarbij, zoals onderstaande vergelijking aangeeft, het dihydraat overgaat in het half of hemihydraat.



Wordt de temperatuur bij het branden boven de 170° opgevoerd, dan verliest ook het hemihydraat zijn kristalwater en ontstaat het water vrije  $\text{CaSO}_4$ , het *anhydride*.

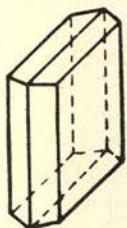


Het dihydraat heeft een kristalvorm behorende tot het monokline stelsel, het hemihydraat en het anhydride hebben kristalvormen, die tot het rhombische stelsel behoren. (Fig. 2).

Van belang is te weten, dat het branden van gips, nodig voor de vervaardiging van de gipssoorten, die in de tandheelkunde gebruikt kunnen worden, een bewerking is waarvoor een grote bedrijfservaring nodig is en dat daarbij de wijze van branden naast de aard van de

aanwezige verontreinigingen, zowel de korrelgrootte als de opzettelijk toegevoegde bijmengsels, de eigenschappen van de gebrande gips bepalen.

Bij een meer moderne wijze van gipsbranden wordt deze bewerking uitgevoerd in een autoclaaf met behulp van stoom onder druk, waarbij de reeds zeer fijngemalen en goed gezeefde grondstof gedurende 6 à 7 uur op  $\pm 123^\circ$  wordt gedehydrateerd. Er ontstaat dan een gebrande gipssoort, die een weinig poreus is en die na aanmaking met water en verharding een product met goede eigenschappen, o.a. met grotere hardheid geeft. Deze gipssoort, die in de Engelse vakliteratuur



dihydraat (monoklien)



anhydride (rhombisch)

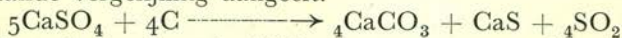
Fig. 2

met de naam *hydrocal* wordt aangeduid, wordt thans nog slechts gebruikt in speciale gipssoorten, doch het schijnt in de ontwikkelingsgang van de gipsfabricatie te liggen, dat in de toekomst alle gips op deze manier gebrand zal worden.

Naast het door branden verkregen hemihydraat, waaraan door de fabrikant vertragers worden toegevoegd om de verharding ervan te vertragen (zie later), wordt tegenwoordig ook het natuurlijke anhydriet in zeer fijngemalen toestand en voorzien van versnellers, om de bindingstijd ervan te verkorten, in de handel gebracht.

Wordt, zoals reeds is opgemerkt, het brandproces bij een temperatuur boven  $170^\circ$  uitgevoerd, dan ontstaat het watervrije anhydride, dat zich veel langzamer met water bindt. Komt de brandtemperatuur boven de  $400^\circ$ , dan ontstaat een anhydridevorm, die in het geheel niet meer oplosbaar is in water en daarmee dan ook geen bindingsneigingen meer vertoont. Het gips is dan *doodgebrand*. Doodgebrande gips vindt als vulmiddel ruime technische toepassing o.a. in de papierindustrie. Komt de brandtemperatuur tussen de  $600^\circ$  en  $800^\circ$ , dan krijgt het gevormde anhydride weer bindingsneigingen met water, waarvan o.a. in de cementindustrie gebruik gemaakt wordt (Estrichgips). Boven de  $1000^\circ$  verhit ontleedt het gips en valt uiteen in  $\text{CaO}$  en  $\text{SO}_2$ . Van deze ontleding wordt tegenwoordig gebruik gemaakt om uit het zich daarbij vormende  $\text{SO}_2$  zwavelzuur te maken, waaraan thans een groot wereldtekort is. (De plannen die bestaan om de gipslagen in ons land te exploiteren richten zich o.a. ook op het oprichten van een zwavelzuurindustrie met gips als grondstof).

Indien koolstof aanwezig is, dan ontleedt het gips reeds bij lagere temperaturen dan 1000°. De koolstof werkt daarbij reducerend, zoals onderstaande vergelijking aangeeft.



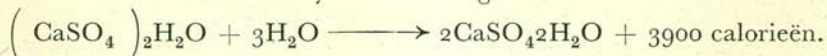
Van de ontleding van gips bij hogere temperaturen dient men zich in de tandtechniek bewust te zijn. Bij het gieten namelijk wordt de inbedmassa, waarin, zoals later uitvoeriger besproken zal worden, gips als bindmiddel gebruikt wordt, vaak op temperatuur in de buurt van 1000° gebracht. De verkoolde restanten o.a. van de uitgebrande gietwas kunnen daarbij reducerend optreden. De zwavelwaterstofreuk, die na het gieten vaak waargenomen kan worden, als de inbedmassa met water in aanraking wordt gebracht, staat inderdaad in verband met de bovenvermelde ontledingsreactie. Aangezien sulfiden op sommige metalen een zeer agressieve inwerking hebben, kan het oppervlak der gietstukken daardoor nadelig beïnvloed worden. Aan de hand van het bovenstaande is het begrijpelijk, dat voor het gieten van nikkel, chroom en cobalt alliages, die tegenwoordig in de tandheekunde gebruikt worden en die smeltpunten hebben boven de 1000°, geen inbedmassa's gebruikt kunnen worden met gips als bindmiddel.

## § 2. Verhardingsreactie

Voor een inzicht in het gips als tandheekkundig materiaal is een wat nadere kennis van de verhardingsreactie van belang.

Bij het aanmaken van gips met water neemt men waar, dat de aanvankelijk dunvloeibare massa eerst roomachtig dik wordt, vervolgens pasteus en tenslotte na verloop van enige tijd hard, terwijl tevens een stijging van temperatuur optreedt.

Het hemihydraat zet zich bij deze verharding onder opname van water wederom in het dihydraat om volgens de onderstaande reactie.



De bovenstaande nogal simpele reactievergelijking zou een eenvoudig verloop van de verhardingsreactie kunnen doen vermoeden, doch dit is in werkelijkheid niet het geval. Er zijn omtrent de gipsverharding meerdere theorieën opgesteld en onder deze theorieën leent zich om het hier gestelde doel, wat nader inzicht in het verloop der verharding te geven, na te komen het beste de zogenaamde *colloïd-chemische theorie* voor een korte nadere uiteenzetting.

Wordt de gebrande gips, het hemihydraat, bij het aanmaken van gips met water in aanraking gebracht, dan lossen de hemihydraatdeeltjes daarin langzaam op. Onder het microscoop waargenomen ziet men de aanvankelijk ondoorzichtige poreuze hemihydraatdeeltjes meer doorzichtig worden door het binnendringen van het water en het in oplossing gaan. Dit oplossen gaat niet snel en wordt o.a. door het roeren in de massa bespoedigd. Het hemihydraat dat matig oplosbaar is, vormt in het water van de aangemaakte gipspap een verzadigde oplossing. De zich daarbij in oplossing bevindende hemihydraatmoleculen echter verbinden zich met het water en bij deze hydratatie

wordt uit het hemihydraat wederom het dihydraat gevormd. Daarbij komt dan ook de warmte weer vrij, die men bij het branden heeft moeten toevoeren om het dihydraat te dehydrateren en door deze warmteontwikkeling stijgt de gipsmassa in temperatuur. Het gevormde dihydraat is belangrijk minder oplosbaar in water dan het hemihydraat, zodat de waterphase oververzadigd wordt aan dihydraat en dit te meer omdat er bovendien water aan de waterphase onttrokken wordt door de opname van de kristalwatermoleculen door het zich vormende dihydraat. Door *kristallisatievertraging* kristalliseert het gevormde dihydraat niet direct voldoende snel uit, waardoor de waterphase in de aangemaakte gipsap een zeer sterk oververzadigde

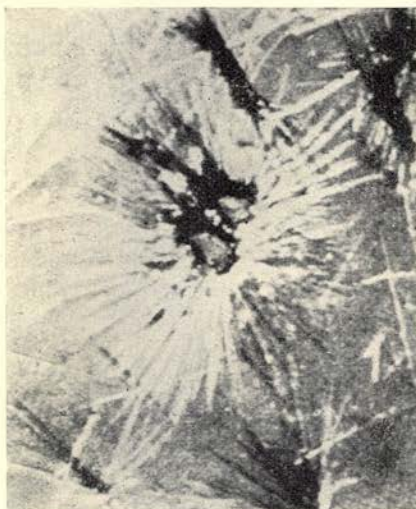


Fig. 3

dihydraat-oplossing wordt, die *gelachtige* eigenschappen vertoont. De aangemaakte gipsmassa wordt roomachtig van consistentie en krijgt een glinsterend, gelachtig uiterlijk. Het dihydraat begint zich uit de oververzadigde oplossing langzaam af te zetten en dit geschiedt in lange naaldvormige kristallen. *Kristallisatiekernen* voor deze kristallisatie vindt het dihydraat veelal in de nog niet in oplossing gegane hemihydraatdeeltjes; het is begrijpelijk, dat door de nooit volledig door te voeren dehydratering bij het gipsbranden in deze gipsdeeltjes kristalfragmenten van het dihydraat aanwezig zullen zijn. Onder het microscoop waargenomen ziet men dan ook de naaldvormige dihydraatkristallen uitgroeien vanuit de nog niet in oplossing gegane hemihydraatdeeltjes. (Fig. 3). De lange *naaldvormige kristallen* van het dihydraat groeien door en aan elkaar, zij *verviltten* zich en doen de massa tenslotte hard worden. Van belang is op te merken, dat het uitkris-

talliseren van het dihydraat uit de oververzadigde, gelachtige massa met een volumevermeerdering gepaard gaat; vandaar dat het gips bij zijn verharding een expansie vertoont.

In het verharde gips treft men dus een netwerk van naaldvormige kristallen met in de ruimten tussen de kristallen het water, dat voor het aanmaken in overmaat was toegevoegd. Bij het drogen van het verharde gips verdampt dit water en ontstaat de bekende poreuze gipsmassa, die zo gretig weer water kan opnemen.

Samenvattend kunnen bij de gipsverharding de volgende stadia onderscheiden worden:

- 1e. het oplossen van het hemihydraat.
- 2e. de vorming van het dihydraat in de waterphase (warmteontwikkeling).
- 3e. het ontstaan van gelachtige eigenschappen door oververzadigingsverschijnselen.
- 4e. de verharding door uitkristallisatie van de naaldvormige kristallen (gaat met expansie gepaard).
- 5e. drogen door verdamping van het fysisch gebonden water in de ruimten tussen de kristallen.

### § 3. *De verhardingstijd*

Voor de tandtechniek is nadere kennis van belang van de factoren, die invloed uitoefenen op *de verhardingstijd* van het gips, op *de expansie*, die bij de verharding optreedt en op *de drukvastheid*, die de massa ten slotte bereikt.

Onder de *verhardingstijd* verstaat men volgens definitie het tijdsverloop tussen het moment, dat het gipspoeder met het water in aanraking is gebracht en het moment, dat het gips hard geworden is. De bepaling van dit laatste moment kan slechts geschieden met behulp van een daarvoor vastgestelde arbitraire methode. Als regel maakt men daarbij gebruik van hetzij Gilmorenaalden dan wel van een Vicatnaald. (Zie afb. 4 en 5).

Zodra een gipsmassa zodanig verhard is, dat een Gilmorenaald, die men voorzichtig op het oppervlak plaatst, daarin geen indruk meer maakt, noemt men de massa verhard. De kleine Gilmorenaald heeft een gewicht van  $\frac{1}{4}$  Eng. pond en een doorsnede van  $\frac{1}{12}$  vierk. inch, de grotere Gilmorenaald weegt 4 Eng. pond en heeft een doorsnede van slechts  $\frac{1}{24}$  vierk. inch. De lichtere Gilmorenaald, die bovendien een grotere diameter heeft, zal eerder geen indruk op een verhardende massa maken dan de zwaardere. Als de lichtere naald geen indruk meer maakt, zegt men, dat de massa het moment van haar „aanvankelijke” verharding (*initial set*) heeft bereikt. Van meer belang is het moment, dat de zwaardere Gilmore geen indruk meer maakt en het tijdsverloop vanaf het begin van het aanmaken tot dat moment noemt men *de verhardingstijd van het gips* (*final set*).

Wordt voor de bepaling van de verhardingstijd van een Vicatnaald (totaal gewicht 300 gr.) gebruik gemaakt, dan beschouwt men het moment van de „aanvankelijke” verharding bereikt, wanneer het

dunne ondergedeelte van deze naald (lengte 5 cm. en diameter 1 mm.) niet meer tot de bodem doordringt van het proefbakje, waarin zich de verhardende massa bevindt. Het moment van de eindverharding

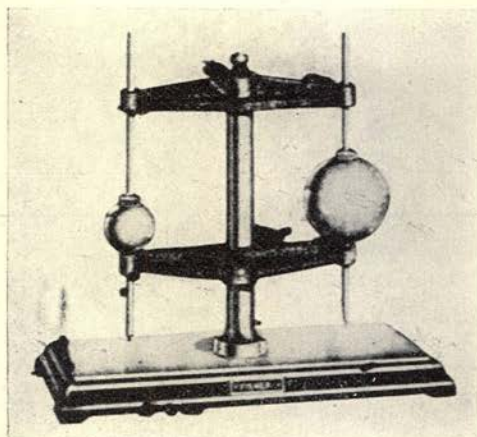


Fig. 4

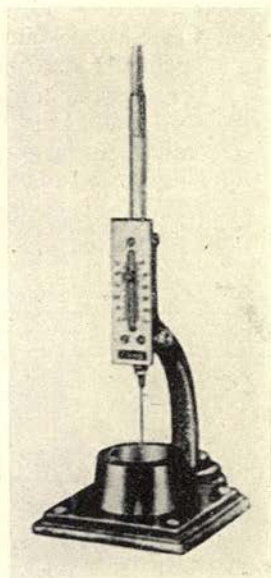


Fig. 5

(final set) acht men bereikt, als de Vicatnaald in het geheel niet meer in de massa vermag door te dringen.

Op de verhardingstijd hebben verschillende factoren invloed en wel:

- de fabricatiemethoden van het gips.*
- de tijdsduur van het gipsaanmaken.*
- de verhouding gipspoeder: water.*
- de temperatuur van het gebruikte water.*
- de aanwezigheid van vertragers of versnellers.*

De fabricatiemethode van het gips

Zoals bij de bespreking van de verhardingsreactie naar voren kwam, berust de verharding op het uitkristalliseren van het dihydraat. De snelheid van deze kristallisatie wordt o.a. bepaald door het aantal kristallisatiekernen, dat in de aanvang in de massa aanwezig is; hoe meer kernen des te sneller is het verloop van deze kristallisatie en dus van de verharding. De wijze waarop het gips gebrand is bepaalt voor een groot deel het aantal fragmenten dihydraatkristallen in het afgeleverde product. Het betreft hier dus een factor, waarop de tandarts geen invloed kan uitoefenen. Het behoort tot de taak van de

fabrikant om in deze door een zorgzame fabricatie een product met constante eigenschappen af te leveren.

#### De tijdsduur van het gipsaanmaken

Door langer en krachtiger roeren (waarbij natuurlijk zorggedragen moet worden zo weinig mogelijk lucht bij te mengen) wordt, zoals dat bij ieder kristallisatieproces het geval is, de verharding versneld. Men bevordert de diffusie in de massa naar de directe omgeving van de aangroeiende kristallen, terwijl, vooral in het begin door het stukslaan van reeds gevormde kristallen, de daarbij gevormde kristalfragmenten het aantal kristallisatie-kernen vergroten. In de cijfers van tabel I komt de invloed van het roeren op de verhardingstijd tot uiting.

TABEL I  
Invloed van aanroertijd op de verhardingstijd van gips

aanroertijd in min.	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	4
verhardingstijd in min.	25	$23\frac{1}{2}$	22	$20\frac{1}{2}$	19	17	10

#### De verhouding water: poeder

Theoretisch is voor het omzetten van het hemihydraat in het dihydraat 18,6 % water nodig. De practisch gebruikte hoeveelheid wisselt echter tussen 40 à 60 %. Deze grotere hoeveelheid water is nodig om de massa practisch te kunnen hanteren; bij gebruik van slechts de theoretische waterhoeveelheid zou een klonterige, brokkelige, niet te hanteren massa ontstaan. Hoe minder water er echter gebruikt wordt, hoe sneller de verharding verloopt. Men zou daaromtrent kunnen opmerken, dat hoe minder de gebruikte waterhoeveelheid is, hoe groter het aantal kristallisatiekernen per volume-eenheid in de verhardende massa zal zijn. Tabel II geeft aan de hand van cijfers een indruk van de hier besproken invloed op de verhardingstijd.

TABEL II  
Invloed verhouding water: gipspoeder op de verhardingstijd van gips

verhouding water: gips	15 : 30	18 : 30	25 : 30
verhardingstijd in min.	$21\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{2}$	30

#### De temperatuur

De verhardingstijd wordt verkort als de temperatuur van het water, dat voor het aanmaken wordt gebruikt, hoger wordt. Dit geldt echter slechts tot een temperatuur van 30°. In het temperatuurgebied tussen 30°—50° blijkt de temperatuur weinig invloed op de verhardingstijd uit te oefenen. Met water boven de 50° echter wordt de verharding vertraagd.

#### Versnellers en vertragers

Een zeer merkwaardig verschijnsel bij de gipsverharding is de grote invloed, die vele stoffen zowel in versnellende als in vertragende richting daarop hebben. De verklaringen van deze verschijnselen liggen



op het gebied der colloïd-chemie en richten zich op de invloed, die de verschillende bijmengsels op de hydratatie van de in de gelphase voorkomende componenten hebben. Tot een afdoend verklarend inzicht in deze is men nog niet kunnen komen en het zou te ver voeren daarop hier in te gaan.

Het zijn vooral de anionen en de zuurgraad, die hier invloed hebben. Versnellend werken in het algemeen de sulfaten, de nitraten, de chloriden en de sterke minerale zuren, vertragend de carbonaten, acetaten, borax, organische zuren, basen, colloïde stoffen als dextrine, zetmeel, gelatine, zeep, etc.

In tabel III zijn enkele van deze stoffen aangegeven.

TABEL III

Versnellend en vertragend op de gipsverharding werkende stoffen

*Versnellers*

zouten:	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CuSO <sub>4</sub> ZnSO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> (aluin)	KCl NaCl NH <sub>4</sub> Cl ZnCl <sub>2</sub> MgCl <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub> NaNO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> AgNO <sub>3</sub>
---------	--	---	---

zuren:	HCl, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
--------	--

*Vertragers*

zouten:	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	borax waterglas
---------	---	---	--------------------

basen:	NaOH, NH <sub>4</sub> OH
--------	--------------------------

org.stoffen:	: lijm, gelatine, dextrine, zeep.
--------------	-----------------------------------

Niet alle van de hierboven opgesomde stoffen zijn even sterk werkzaam. Bovendien is hun werking aan bepaalde concentraties gebonden, hetgeen o.a. blijkt uit de cijfers van tabel IV, die de invloed van de toevoeging van NaCl in verschillende percentages op de verhardingstijd aangeeft.

TABEL IV

Invloed van NaCl op de verhardingstijd van gips

NaCl-toevoeging in %	0	1/2	1	2	2 1/2	3	4	10
verhardingstijd in min.	13	6	5	4 1/2	4 1/2	5 1/2	6 1/2	13

Soortgelijke verschijnselen treden ook bij vertragers op en men kan dus niet zo maar een willekeurige hoeveelheid van een stof toevoegen als men de gipsverharding hetzij versnellen of vertragen wil. Men

moet zich omtrent het percentage van een dergelijke toevoeging georiënteerd weten, wil men niet de kans lopen om juist het tegengestelde effect te zullen bereiken van hetgeen men met zijn toevoeging beoogde.

Een veelal gebruikte versneller is  $K_2SO_4$ , die het beste werkzaam is bij een toevoeging van 2 à 4 %, terwijl als vertrager borax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10 aq.$ ) vaak toegepast wordt, waarbij een toevoeging van ongeveer 1 % (watervrij berekend) gewenst is.

De fabrikanten moeten om producten met constante verhardings-eigenschappen te kunnen afleveren aan hun producten steeds (en meestal vertragend werkende) stoffen toevoegen. Hiervoor worden als regel organische stoffen als gelatine gebruikt.

Indien gipspoeder onvoldoende afgesloten bewaard wordt, zal de waterdamp uit de lucht aangetrokken worden en de omzetting van hemihydraat in dihydraat zich reeds langzaam aan het oppervlak der gipsdeeltjes voltrekken. Het behoeft geen betoog, dat hierdoor de eigenschappen van de betreffende gipshoeveelheid zich volkomen wijzigen en de verdere bindingsneiging met water zelfs geheel verloren kan gaan.

#### § 4. *De expansie bij verharding*

Als men de verhardingsreactie  $(CaSO_4)_2H_2O + 3H_2O \longrightarrow 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$  beschouwt en in aanmerking neemt, dat het s.g. van het hemihydraat 2,72, van het dihydraat 2,32 en van water 1,0 is, dan laat zich theoretisch berekenen, dat er een volumecontractie van ongeveer 7 % bij de gipsverharding zou moeten optreden, hetgeen overeenkomt met een lineaire contractie van  $\pm 2$  %.

In werkelijkheid treedt bij gipsverharding echter een expansie op, die zich bij verschillende gipssoorten tussen 0,15 en 0,4 % beweegt. Deze expansie neemt men waar, als men de dimensie-veranderingen van een stuk gips nagaat vanaf het moment, dat de aanvankelijke hardheid (initial set) is bereikt tot het moment, dat het gips totaal verhard is. Zowel voor het maken van afdrukken als voor het maken van modellen is deze expansie in eerste instantie een welkom verschijnsel. Hierdoor immers wordt het verhardende gips bij de verharding in alle fijne structuur geperst, hetgeen een nauwkeurige weergave van de details ten goede komt. Het nadeel echter, dat er aan verbonden is, treedt o.a. bij een beschouwing van de figuren 6 en 7 naar voren. Fig. 6 betreft een gipsafdruk van een tandeloze bovenkaak genomen voor het vervaardigen van een volle prothese. Door de gipsexpansie, die door de stugge zijwanden van de metalen afdruklepel niet zijdelings kan plaats hebben, zal het palatinale gedeelte van het gips zich van de bodem van de lepel omhoog moeten welfen. De daardoor veroorzaakte fout in de afdruk herhaalt zich bovendien bij het uitgieten van de afdruk, zoals fig. 7 aangeeft, want ook bij het uitgieten kan de gipsexpansie zich niet zijdelings voltrekken door de stugge wanden van de afdruk en wederom zal het palatinale gedeelte zich sterker welfen. Het gevolg van het een en ander zou zijn, dat de prothese, die op het

aldus verkregen model vervaardigd wordt, zou „rijden” op het mediale palatumgedeelte.

Nu heeft men door de veerkrachtigheid van de mondbekleding wel enige speling in deze, maar begrijpelijk is, dat zowel aan de afdruk-

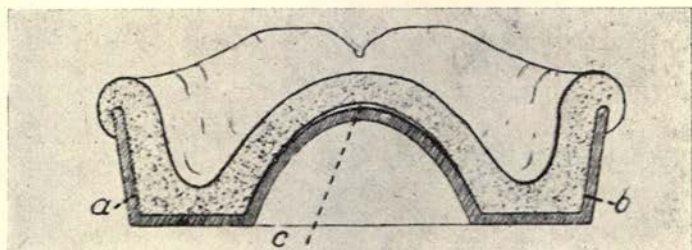


Fig. 6

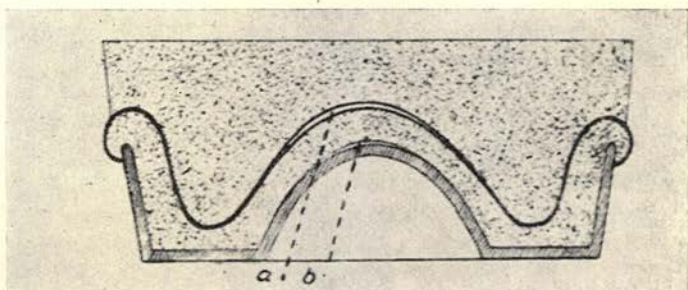


Fig. 7

als aan de modelgips de eis gesteld moet worden, dat de expansie bij verharding slechts een beperkte waarde mag hebben.

Zoekt men naar een verklaring van de expansie, dan zal men die, zoals dit reeds bij de bespreking van de verhardings-reactie is aangegeven, hebben te zoeken in de volumevermeerdering, die optreedt als het dihydraat uit de gelphase kristalliseert. Maar meer dan de verklaring van het verschijnsel is voor de tandarts van belang het een en ander omtrent de factoren te weten, die invloed uitoefenen op de mate van deze expansie.

Hieromtrent is het volgende bekend:

- a. hoe meer water er gebruikt wordt, hoe kleiner de expansie.
- b. hoe hoger de temperatuur van het gebruikte water, hoe groter de expansie.
- c. hoe langer er geroerd wordt, hoe groter de expansie.
- d. vertragers zowel als versnellers verminderen als regel de expansie en kunnen deze zelfs in een contractie doen overgaan.

Vooral het onder *d* genoemde feit is van belang. Een toevoeging van 4 %  $K_2SO_4$  b.v. vermindert de expansie tot 0,06 % en het sterk vertragend werkende borax vermag de expansie zelfs tot een onmeetbaar kleine waarde te reduceren.

De fabrikanten hebben het in hun macht om door de keuze van een juist mengsel van vertragers en versnellers aan een bepaalde gipssoort zowel de gewenste verhardingstijd als de gewenste geringe expansie te geven. Hun keuze inzake het toegevoegde mengsel van vertragers en versnellers vermelden zij niet; zij achten dit een fabrieksgeheim.

Bij een door de fabrikant door de juiste bijmenging goed afgestemd product doet zich het feit voor, dat de andere hierboven genoemde invloeden op de expansie, te weten de invloed van de aanroertijd, van de water—gips-verhouding en van de temperatuur zich minder doen gelden, zodat men in de tandtechniek met een dergelijk product in deze meer vrijheid van handelen heeft.

### § 5. *De drukvastheid*

De drukvastheid van het gips is voor de tandtechniek eveneens een van belang zijnd gegeven; men denke slechts aan de grote druk, die een gipsmodel bij het persen van prothesen, etc. heeft te doorstaan.

Men moet wat betreft de drukvastheid onderscheid maken tussen de drukvastheid van een stuk gips in volkomen droge toestand en in de met water doordrenkte toestand. De cijfers van tabel V tonen het verschil tussen deze beide grootheden duidelijk aan.

TABEL V  
Verandering van drukvastheid van gips bij droging

aantal uren gedroogd	drukvastheid lb/sq. inch	gewichtsverlies
2	1400	5,1 %
4	1700	11,9 %
8	1700	17,4 %
16	1900	—
24	3400	18,0 %
28	3400	18,0 %
72	3400	—

Als men een stuk droog gips met water in aanraking brengt, dan zuigen de capillaire ruimten tussen de naaldvormige kristallen zich vol met water. Aan de wanden dezer ruimten, dus aan de dihydraat-kristallen, zal een deel van het water fysisch geabsorbeerd worden en de watermoleculen zullen zich daarbij tevens dringen tussen de plaatsen, waar de naaldvormige kristallen tegen elkaar aan gegroeid en met elkaar vervlochten zijn. De cohaesiebindingen tussen de kristallen zullen daardoor verzwakt worden, hetgeen zich in de vermindering van de drukvastheid demonstreert. In het algemeen gesproken

krijgt een stuk gips, wanneer het met water verzadigd wordt, weer dezelfde drukvastheid als het één uur na zijn verharding bezat.

De wijze, waarop het gips wordt aangemaakt, heeft door meerdere oorzaken invloed op de drukvastheid, die het gips na verharding zal hebben.

Van invloed b.v. is het verwijderen van luchtbellens uit de aangemaakte gipsmassa, hetgeen door vibreren kan geschieden. Het betreft hier niet alleen het uitdrijven van de lucht, die bij het aanmaken is ingeslagen of die, tussen het droge gipspoeder opgesloten, in de massa terecht gekomen is. In water is n.l. ook lucht opgelost, die in microscopische belletjes eruit gedreven wordt door het bijmengen van het gipspoeder, door het in oplossing gaan van stoffen in het water en door het binden van een deel van het water als kristalwater aan het verhardende gips. Kookt men het voor het aanmaken van het gips gebruikte water van te voren uit (en laat het dan afgesloten van de lucht afkoelen), dan vermindert men daarmee de hoeveelheid lucht, die langs deze weg in de aangemaakte gipsmassa terecht komt. Het onder vacuum brengen van de aangemaakte gipsmassa is naast het vibreren eveneens een middel om de ingesloten lucht uit de massa te verwijderen. Het behoeft geen nader betoog, dat hoe minder microscopische of macroscopische luchtbellens ingesloten zijn, hoe hoger de drukvastheid van het gips zal zijn.

Wat betreft de invloed op de drukvastheid van andere factoren, die bij het aanmaken van het gips een rol spelen, kan het volgende opgemerkt worden. Het gebruik van minder water bij het aanmaken en een krachtiger roeren verhogen de drukvastheid, terwijl in het algemeen gesproken het bijmengen van versnellers en vertragers de drukvastheid vermindert.

Tenslotte zij nog vermeld, dat een bekend middel om reeds verharde gips sterker te maken is, het doordrenken van het goed voorgedroogde gips met gesmolten paraffine of stearine. Het oppervlak van een gipsmodel laat zich verharderen door dit te behandelen met sterke soda- of borax-oplossingen. Hierbij zet zich het  $\text{CaSO}_4$  aan het oppervlak om in resp. Ca-carbonaat en Ca-boraat.

In tabel VI is recapitulerend in het kort samengevat de in het voorafgaande besproken invloed van verschillende factoren op de eigenschappen van het gips.

TABEL VI

	verhardingstijd	expansie	drukvastheid
hogere watertemperatuur	— (tot $\pm 50^\circ$ )	+	—
grotere waterhoeveelheid	+	—	—
langer aanroeren	—	+	—
meer versnellers	—	—	—
meer vertragers	$\pm$	—	—

+ betekent verhogen; — betekent verminderen

## § 6. *Afdruk-gips en modelgips*

Aan *afdruk-gips* moet de eis gesteld worden, dat het vrij snel verhardt, weinig expansie vertoont en na verharding gemakkelijk te breken is, waarbij het geen brokkelige maar een scherpe breuk moet geven om de stukken wederom goed aan elkaar te kunnen passen.

Aan de eisen van een voldoende snelle verharding en geringe expansie voldoet de fabrikant door het toevoegen aan zijn product van een daarop afgestemd mengsel van versnellers en vertragers. Het is vooral voor afdruk-gips van belang, dat het goed afgesloten van de lucht bewaard wordt, aangezien de geringste opname van water de zorgvuldig afgestemde juiste verhardingstijd verloren doet gaan.

Om bij aanwezigheid van ondersnijdingen de verharde gipsmassa in de mond gemakkelijk te kunnen breken, zijn aan afdruk-gips indifferente vulstoffen toegevoegd, waarvoor gewoonlijk gebruikt worden Bolus alba (een reukloos en smaakloos waterhoudend aluminium-silicaat van minerale herkomst) of talk (een waterhoudend magnesiumsilicaat). Bovendien worden om begrijpelijke redenen aan afdruk-gips veelal kleur- en smaakstoffen toegevoegd.

Indien op een droge gipsafdruk bij het uitgieten voor het maken van het tegenmodel de vers aangemaakte modelgipsmassa gegoten zou worden, dan zou de gelphase daarvan in de poriën van het afdruk-gips dringen en daarin bij het verharden uitkristalliseren. Het gevolg daarvan zou zijn, dat de beide gipsmassa's onverbrekkelijk aan elkaar verbonden zouden worden.

Om dit te voorkomen wordt met behulp van een zogenaamd *separatiemiddel* het oppervlak van de gipsafdruk vooraf ondoordringbaar gemaakt, waarbij, door het zich daarbij vormen van een afsluitende laag, tevens voorkomen wordt, dat de dihydraatkristallen van het oppervlak der gipsafdruk als kristallisatiecentra optreden bij de verharding van de daarop gegoten modelgipsmassa, waardoor de beide gipsmassa's eveneens onverbrekkelijk aan elkaar zouden groeien.

Als separatiemiddel wordt als regel alkalizeep gebruikt, veelal in de vorm van zeepspiritus. De oplosbare alkalizeep zet zich aan het gipsoppervlak in onoplosbare Ca-zeep om, welke een afsluitende hydrophobe (waterwerende) laag op het gipsoppervlak van de afdruk vormt.

Na verharding moet het afdruk-gips van het uitgegoten model verwijderd worden, hetgeen door de gemakkelijke breekbaarheid van het afdruk-gips zonder veel moeite kan gebeuren. Sommige afdruk-gipssoorten komen hieraan nog tegemoet, doordat zij een in de warme zwelbare stof (meestal een zetmeelsoort) als bijmengsel bevatten. Men plaatst dan de uitgegoten afdruk na verharding in water van  $\pm 80^\circ$  Celsius, waardoor de beoogde zwelling plaatsheeft en het afdruk-gips vanzelf van het uitgegoten model afspringt.

Aan *modelgips* moet eveneens de eis gesteld worden, dat het binnen redelijke tijd verhardt en niet te veel expansie vertoont.

Aan de vervaardiging van het gewone tandheelkundige gips, zowel het model- als het afdruk-gips, moet door de fabrikant veel meer aan-

dacht worden besteed dan aan de fabricage van het zogenaamde stukgips, dat o.a. door de stucadoors wordt gebruikt. De zuiverste soorten van gipssteen (alabaster) moeten als uitgangsmateriaal worden genomen, terwijl zowel een zorgvuldige uitvoering van het „branden” als de verzorging van een regelmatige korrelgrootte van voldoende fijnheid en het kiezen van een juist mengsel van vertragers en versnellers er mede toe moeten bijdragen om constant een gipssoort met de juiste eigenschappen te kunnen afleveren. Het stukgips van de stucadoos is in de tandtechniek kwalijk bruikbaar.

De bewerkingen, die in het tandtechnisch laboratorium op de modellen moeten worden uitgevoerd, stellen eisen aan de drukvastheid van het modelgips.

Toen, tot voor enige jaren, de rubber in de prothetiek nog een zo grote rol speelde, was het vooral het vulcanisatieproces, dat in deze zware eisen stelde aan het gips. De vulcanisatie immers wordt uitgevoerd bij een temperatuur boven de  $107^{\circ}$ . Bij die temperatuur gaat het dihydraat zijn kristalwater verliezen en gaat weer over in het hemihydraat. De drukvastheid van het gips der in de cuvet aanwezige modellen verminderde daardoor in hoge mate, zodat men wel van gips met een hoge drukvastheid moest uitgaan, wilde men niet het gevaar lopen, dat bij het vulcaniseren de drukvastheid zover terugliep, dat de modellen vertrokken.

De thans in de tandtechniek meer op de voorgrond staande polymerisatie van kunststoffen wordt uitgevoerd bij uiterlijk  $100^{\circ}$ , waarbij het kristalwaterverlies van het gips nog niet optreedt. Maar vanwege de grote krimp, die bij de polymerisatie optreedt, moeten de overstopte cuvetten, onder aanwending van een aanzienlijke druk, gesloten worden en moeten de zich daarin bevindende gipsmodellen tegen aanzienlijke drukken bestand zijn om hun juiste vorm te kunnen handhaven.

Naast het gewone modelgips, het alabaster gips, zijn in de laatste jaren verschillende speciale gipssoorten, zogenaamde hardgipsen aan de tandtechniek ter beschikking gekomen, die een 2 à 3 maal grotere drukvastheid hebben dan het gewone modelgips.

Deze gipssoorten, waarvan het Moldano een bekende vertegenwoordiger is, bestaan in hoofdzaak uit het vroeger reeds genoemde „hydrocal”. Voor de fabricatie van deze gipssoort wordt uitgegaan van de allerzuiverste gipsstenen, die vóór het brandproces reeds direct tot op de gewenste fijnheid vermalen en gezeefd worden. Het „branden” geschiedt, zoals reeds vroeger werd vermeld, in autoclaven met stoom. Bestaat het op de klassieke wijze gebrande gips uit hemihydraatdeeltjes, die poreus zijn en onder het microscoop bekeken een dof en amorf uiterlijk hebben, de hemihydraatdeeltjes van het op deze wijze verkregen gips is niet poreus, maar hebben een kristallijne en doorzichtige habitus; het poeder is dan ook veel zwaarder dan het gewone gipspoeder (fig. 8).

Een gevolg van het niet poreus zijn van deze hemihydraatdeeltjes is, dat veel minder water nodig is om deze gipssoort aan te kunnen maken. Is bij het gewone modelgips een normale water—poeder verhouding,

die voor het aanroeren van de massa nodig is, 40: 60, bij het aanmaken van deze hardgipssoorten kan volstaan worden met een verhouding van 25: 75. Deze hoeveelheid wijkt niet veel af van de hoeveelheid water, die theoretisch bij de verhardingsreactie nodig is (18,6 %).



Fig. 8

¶ Hoe minder water er voor het aanmaken gebruikt wordt, hoe groter de drukvastheid na verharding en het is vooral aan de geringe waterhoeveelheid, die bij het aanmaken van deze hardgipssoorten gebruikt kan worden, te danken, dat zij een grotere drukvastheid hebben.

Het zogenaamde *marmergips*, dat voor het aan de markt komen van de zo juist besproken hardgipssoorten wel eens voor het maken van modellen gebruikt werd, wordt gemaakt door het gipspoeder na het branden te behandelen met een aluinoplossing en dan nogmaals aan een brandproces te onderwerpen. Het marmergips heeft evenals het hardgips een langere verhardingstijd dan het gewone gips en bereikt eveneens een hogere drukvastheid dan het gewone gips, maar blijft daarin ten achter bij de meer moderne hardgipssoorten.

(Wordt vervolgd)