

Tandheelkundige Materiaalkennis

door J. N. Tekenbroek

(Vervolg)

TWEEDE GEDEELTE

HOOFDSTUK II. INBEDMASSA'S

§ 1. Toepassing

Inbedmassa's worden in de tandtechniek gebruikt bij het *solderen* en bij het *gieten*. Zij bestaan in principe uit een poedervormig mengsel van een *vuurvast materiaal* en een *bindmiddel*; aangemaakt met water verharden zij tot een vaste massa, waarin de te solderen werkstukken in de gewenste positie ten opzichte van elkaar gefixeerd worden, dan wel, als het gietwerk betreft, de in was gemodelde gietvorm, voorzien van een gietkanaal, ingebed wordt. Gebracht op een temperatuur, die voor het gieten of solderen nodig is, moet de inbedmassa zijn vastheid tot op een redelijke hoogte weten te handhaven, teneinde b.v. bij het gieten de kracht te kunnen weerstaan, waarmede het gesmolten metaal tegen de wanden van de gietvorm geslingerd wordt.

Als bindmiddel wordt als regel gips gebruikt, hetzij in de vorm van de gewone alabastergips, dan wel als hardgips (hydrocal), terwijl als vuurvast materiaal fijngemalen zand, chamotte-steen, puimsteen of asbestpoeder en soortgelijke stoffen worden gebruikt. Het percentage aan bindmiddel schommelt tussen 25 en 35 %.

Aan inbedmassa's, die uitsluitend voor soldeerdoeleinden gebruikt worden, behoeft geen andere eis gesteld te worden, dan dat zij bij temperaturen tot $\pm 800^\circ$ vormbestendig moeten blijven en bij die hoge temperatuur geen schadelijke werking op het metaal van het werkstuk, dat zij insluiten, uitoefenen.

Anders is dit met de inbedmassa's, die bij het gieten gebruikt worden. De eisen, die daaraan gesteld moeten worden, vloeien voort uit de problemen, waartegenover men in de tandtechniek bij het gieten staat.

De belangrijkste en meest voorkomende opdracht voor het tandtechnisch laboratorium is, wat betreft het gieten, het langs die weg vervaardigen van gegoten vullingen en kronen. Daarbij moet de in was gemodelde vulling in een nauwkeurig in de betreffende caviteit passende metalen vulling omgezet worden. Gaat men de bewerkingen na, die verricht worden, dan blijken de moeilijkheden, die voor het nauwkeurig gieten moeten worden overwonnen, voornamelijk veroorzaakt te worden door het verschil in thermische uitzetting tussen de verschillende materialen, die bij deze bewerkingen gebruikt worden.

In de eerste plaats zal de in was gemodelde vulling, die bij 37° nauwkeurig in de caviteit past, door afkoeling tot 20° (kamertempera-

tuur) krimpen. *De lineaire uitzettingscoëfficiënt van was is zeer hoog*; de gemiddelde waarde voor de krimp, die de wasvorm bij deze afkoeling ondergaat is op 0,3 à 0,4 % (*lineair*) te stellen.

Bij het inbedden van het wasmodel treedt tijdens het verharden van de inbedmassa, evenals bij de verharding van gips, een expansie op, welke men *de koude expansie* van de inbedmassa noemt.

De ruimte, die de gietvorm in de verhardende inbedmassa inneemt, wordt door deze expansie groter en dit is eveneens het geval door de expansie, die optreedt bij de daarop volgende verhitting van de inbedmassa tot de temperatuur, waarop in de gietvorm gegoten kan worden, welke temperatuur bij het gieten van goud $\pm 700^\circ$ kan bedragen. Men noemt deze expansie *de warme expansie* van de inbedmassa. In de aldus geëxpandeerde gietvorm wordt het metaal gegoten en stolt daarin bij de hoge temperatuur, waarop de inbedmassa gebracht was.

Bij de daarop volgende afkoeling van de gegoten vulling tot kamertemperatuur (of juister uitgedrukt tot 37° , de temperatuur namelijk, waarop de gegoten vulling in de caviteit moet passen) krimpt de vulling, waarbij het de gewone contractie betreft, die iedere stof bij afkoeling ondergaat. (De krimp, die bij het stollen van het metaal optreedt kan hier geheel buiten beschouwing blijven, aangezien deze door de verloren kop opgevangen wordt; de gietvorm wordt bij de beschouwde temperatuur geheel met gestold metaal gevuld).

De lineaire uitzettingscoëfficiënten van de in de tandheelkunde gebruikte goud- en zilver-gietalliages ontlopen elkaar niet veel en kunnen gemiddeld op $1,25 \pm 0,05$ % gesteld worden over het temperatuurtraject van hun smeltpunt tot 37° .

Bij het gietprocédé krimpt dus de gietvorm 0,3 à 0,4 % door het krimpen van de was en bovendien bij de afkoeling $1,25 \pm 0,05$ % door de thermische contractie van het metaal. In totaal bedraagt de *contractie* $\pm 1,6$ %. Wil men een goed passende vulling verkrijgen, dan moet de gietvorm bij de temperatuur, waarop deze volgegoten wordt ten opzichte van de wasvorm bij $37^\circ \pm 1,6$ % (*lineair*) geëxpandeerd zijn. *De koude en de warme expansie* van de inbedmassa moeten *tezamen* $\pm 1,6$ % (*lineair*) bedragen, om de totale contractie, die bij het gieten optreedt, te compenseren.

Het was een materiaalprobleem inbedmassa's te vervaardigen, die bij de bewerkingen, welke zij bij de uitvoering van het gietprocédé ondergaan, een dergelijke expansie kunnen opbrengen.

Hierin is de dental-industrie omstreeks 1930 inderdaad geslaagd en wel voornamelijk door als vuurvast materiaal voor de inbedmassa's een bepaalde vorm van het kwarts, namelijk het *crystobaliet* te gebruiken.

Voor het verkrijgen van een inzicht in de moderne inbedmassa's en daarmee het gieten in de tandtechniek ook met begrip omtrent hetgeen men daarbij doet te kunnen uitvoeren, is het van nut hier nader in te gaan op het waarom van het gebruik van het *crystobaliet* als vuurvast materiaal.

Om tot de juiste probleemstelling daarbij te kunnen komen is een voorafgaande nadere beschouwing van de koude expansie dienstig.

§ 2. De koude expansie

De keuze van de vuurvaste grondstof staat geheel buiten de koude expansie, die een inbedmassa vertoont, aangezien deze expansie alleen veroorzaakt wordt door het bindmiddel, het gips.

Na hetgeen omtrent de expansie bij de verharding van gips in het vorige hoofdstuk is besproken, kan hier dienaangaande het volgende in herinnering worden gebracht.

De expansie van gips wordt bevorderd door het gebruik van minder water bij het aanmaken, door langduriger roeren bij het aanmaken en door het bijmengen van stoffen, die de verhardings-expansie positief beïnvloeden.

Deze punten, die de gipsverharding betreffen, gelden evenzeer voor de expansie bij het verharden van inbedmassa's, voor de koude expansie dus.

Wat betreft het bijmengen van stoffen, die de expansie vergroten, moet opgemerkt worden, dat het tot de zorgvuldig bewaarde fabrieksgeheimen gerekend moet worden, welke stoffen een fabrikant aan zijn product voor dit doel toevoegt en daaromtrent is weinig bekend. Het is evenmin bekend of een fabrikant door een bepaald brandprocédé een gipssoort met een hogere expansie kan verkrijgen. Het is waarschijnlijk, dat dit inderdaad het geval is.

Een te korte aanmaaktijd verkleint de expansie, maar een overmatig lang aanroeren heeft eveneens nadelige gevolgen. De beste aanmaaktijd is natuurlijk die, welke de fabrikant in het verwerkingsvoorschrift van zijn product aangeeft.

Het gebruik van minder water bij het aanmaken bevordert de expansie. De gipssoort, die in de Engelse literatuur door de naam *hydrocal* aangeduid wordt, heeft, zoals vroeger besproken is, minder water nodig om aangemaakt te worden. Als gevolg daarvan vertoont hardgips inderdaad een grotere expansie bij verharding dan gewoon gips. Dit is dan ook ongetwijfeld een van de redenen, waarom in de moderne inbedmassa's *het hardgips (hydrocal)* als bindmiddel toegepast wordt. Het heeft bovendien grotere drukvastheid dan gewone gips, hetgeen de drukvastheid van de inbedmassa's, waarin immers maar 25—35% bindmiddel aanwezig is, ten goede komt.

Het is begrijpelijk, dat ook de fijnheid, zowel van het bindmiddel als van de vuurvaste grondstof, invloed moet hebben op de koude expansie. Het kan niet onverschillig zijn of een inbedmassa bestaat uit grove vuurvaste deeltjes, die tegen elkaar rusten met in de tussenuitruimten de fijnere deeltjes van het bindmiddel, dan wel uit grove gipsdeeltjes met fijnere vuurvaste deeltjes daartussen.

Op welke wijze een fabrikant aan zijn product een behoorlijke koude expansie geeft, is moeilijk na te gaan, maar zeker is, dat als men een product in dit opzicht zo veel mogelijk wil uitnutten, men nauwgezet het verwerkingsvoorschrift, o.a. wat betreft het nauwkeurig afwegen (tot in 0,1 gram nauwkeurig) van water en poeder, moet opvolgen.

Alhoewel er mogelijk inbedmassa's bestaan of eventueel nog aan de

markt kunnen komen met excessief hoge koude expansie, wordt voor *de koude expansie*, waarop men bij de moderne inbedmassa's betrouwbaar rekenen kan, thans 0,3 à 0,4 % (*lineair*) aangenomen.

Verdiept men zich in het probleem, hoe gedurende het verharden de koude expansie zich aan de ingesloten in was gemodeleerde gietvorm evenredig in alle richtingen kan effectueren, dan stuit men op meerdere netelige vragen. Dat een vaste metalen ring, die de inbedmassa omsluit, deze expansie in zijdelingse richting onmogelijk maakt en dus een soepele voering van deze ring b.v. met *vochtig asbestpapier*, noodzakelijk is, ligt voor de hand. Maar men stelle zich eens de vraag, hoe men het zich voor te stellen heeft, dat b.v. bij een zadelvormige M.O.D. vulling de inbedmassa, die tussen het zadel ingesloten is (of bij het gieten van een kroon in de kroonband) zich congruent aan de gietvorm expanderen moet? De vrees, dat hierbij een vertrekking van de gietvorm kan optreden, is niet ongegrond. Als een gelukkige bijkomstigheid kan in dit verband ongetwijfeld het feit aangemerkt worden, dat de thermische uitzettingscoëfficiënt van was zeer hoog is en dat er bij het verharden van de inbedmassa warmte ontwikkeld wordt. Door deze *temperatuurverhoging* zal het wasmodel expanderen en wel — omdat het hier een expansie betreft, die door het inwendige van het materiaal, de was, zelf geleverd wordt — evenredig over zijn gehele vorm, waardoor de juiste vorm gehandhaafd blijft. En aangezien de thermische expansie van de was bij de 20° temperatuurverhoging, die de verharding van de inbedmassa vergezelt, van dezelfde orde van grootte is als de koude expansie, gaan hier op zeer toevallige, maar uiterst gelukkige wijze twee factoren hand in hand, waardoor de koude expansie van de inbedmassa zich niet te zeer in ongewenste vervorming van de gietvorm demonstreert.

§ 3. *De warme expansie*

Zoals besproken werd, ondervindt een gietvorm bij de bewerkingen, die bij het gieten moeten worden uitgevoerd een totale contractie van ± 1.60 %, welke door de koude en warme expansie van de inbedmassa moet worden gecompenseerd. In de vorige paragraaf kon worden opgemerkt, dat bij een moderne inbedmassa betrouwbaar op 0,3 à 0,4 % koude expansie te rekenen is, waaruit dan volgt, dat de warme expansie $\pm 1,25$ % moet bedragen om tot een goed passend gietstuk te kunnen komen.

Indien men het thermische gedrag van een inbedmassa, die geheel uit gips bestaat, nagaat, dan blijkt duidelijk, dat een dergelijke massa in hoge mate te kort schiet in het leveren van de vereiste $\pm 1,25$ % expansie. Dit leert de beschouwing van fig. 9, die grafisch het thermische gedrag van een dergelijke, alleen uit gips bestaande, massa weergeeft, waarbij de liniaire dimensiewijzigingen in percenten zijn aangegeven.

Aanvankelijk treedt een expansie op, maar reeds bij 150° demonstreert zich een contractie, die zich bij verdere verhitting voortzet.

Bij 550° werd de opvoering der temperatuur afgebroken, de totale contractie was toen reeds $\pm 2\%$ en bij afkoeling contraheert de massa verder om tenslotte bij kamertemperatuur met een totale krimp van 2,8% te eindigen. De verklaring van dit gedrag is, dat boven 107° het bij de verharding van het bindmiddel gips gevormde dihydraat

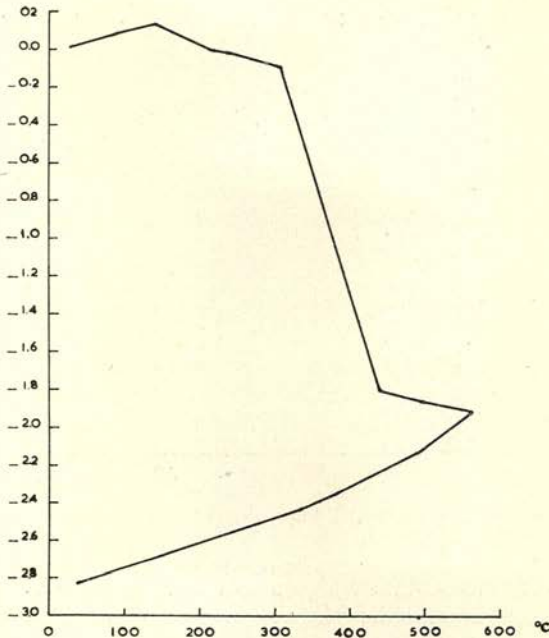


Fig. 9

(soort. gew. 2,72) zijn kristalwater gaat verliezen en weer overgaat in het hemihydraat (soort. gew. 2,32), hetgeen met een zeer sterke volumecontractie gepaard gaat.

Het is logisch om naast het thermische gedrag van gips het gedrag van crystobaliet te stellen, de vuurvaste grondstof, die naast gips in de moderne inbedmassa's voorkomt. De getrokken lijn *a* van fig. 10 betreft de expansie van crystobaliet (de lijn *b* betreft het straks ter sprake komende trimydiaet).

De grote thermische expansie van het crystobaliet valt hier direct op. Bij nadere beschouwing van het verloop van de kromme blijkt, dat bij $\pm 230^\circ$ de expansie zeer snel met een groot bedrag toeneemt, terwijl de temperatuur practisch gelijk blijft. Om dit verschijnsel en daarmee dan tevens de grote expansie te verklaren van het crystobaliet, is het noodzakelijk het kwarts, waarvan crystobaliet een bepaalde vorm is, nader te beschouwen.

SiO₂ (kwarts) is evenals de daaraan verwante silicaten een stof, die

in grote hoeveelheden in de natuur voorkomt. Van SiO_2 zijn niet minder dan zeven verschillende *modificaties* bekend; bij SiO_2 demonstreert zich dan ook het verschijnsel der *allotropie* in hoge mate. Allotropie is het kunnen voorkomen van meerdere vormen bij een en dezelfde stof. Bij die verschillende vormen zijn de moleculen van de betreffende stof op een andere wijze t.o.v. elkaar gerangschikt of uitgedrukt op een meer gebruikelijke wijze, de moleculen zijn volgens een

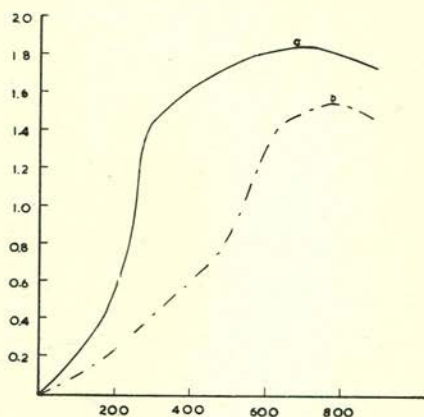


Fig. 10

ander patroon (elementaircel) gerangschikt. De verschillende modificaties hebben onderscheidene kristalvormen, veelal tot een ander kristalstelsel behorend en lopen onderling in fysische eigenschappen als soortelijk-gewicht, brekingsindex, geleidbaarheid, enz. uiteen.

De allotrope vormen van een stof kunnen in elkaar overgaan en dat geschiedt bij een bepaalde temperatuur. Men kan op een dergelijke overgang de phasenregel toepassen, waaruit dan blijkt, dat *de overgangstemperatuur* tussen twee modificaties vastligt, evenals b.v. de temperatuur van het smeltpunt van een stof, de overgang van de gekristalliseerde toestand in de gesmolten toestand, vastligt.

Het zou hier te ver voeren om het volledige zogenaamde druk-temperatuur-diagram van SiO_2 , waarin de verschillende stabiliteits-gebieden en overgangstemperaturen der modificaties te vinden zijn, te bespreken.

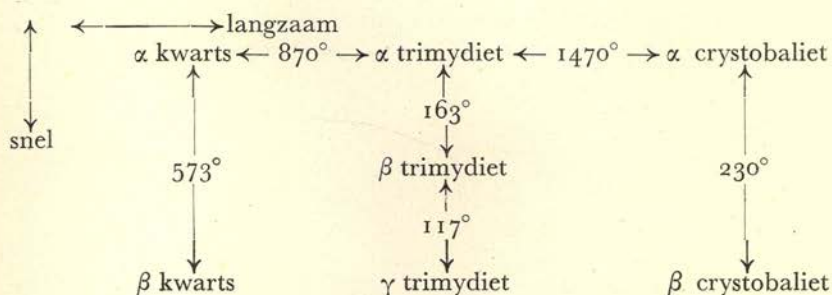
Voor het hier gestelde doel kan met het volgende worden volstaan.

Van SiO_2 zijn de volgende zeven modificaties bekend: β kwarts, α kwarts, γ tridymiet, β tridymiet, α tridymiet, β crystobaliet en α crystobaliet. Daarnaast kan kwarts in gesmolten toestand voorkomen (smeltpunt 1700°C) en het gesmolten kwarts kan door onderkoeling in het amorfe *kwartsglas* overgaan, waaruit zich, evenals dit bij gewoon glas het geval is, door sterke kristallisatievertraging geen kristallijne phase afscheidt. Kwartsglas is dan ook bij gewone temperatuur bestendig en

vindt vanwege zijn bijzondere fysische eigenschappen veel toepassing in fysische apparatuur.

Omtrent de overgang van de verschillende SiO_2 -modificaties in elkaar dient hier vermeld te worden, dat daaronder zijn, die zich snel voltrekken als de betreffende overgangstemperatuur bereikt is, met daarnaast overgangen, die uiterst langzaam verlopen.

In het volgende schema zijn de mogelijke modificatie-wijzigingen van SiO_2 aangegeven met opgave van de betreffende overgangstemperaturen, en waarbij de mutaties in de horizontale richting van het schema zeer langzaam, doch die in de verticale richting sneller verlopen.



De meest voorkomende modificatie van SiO_2 is het β kwarts; het gewone kwartzsand is er een voorbeeld van. Wordt het β kwarts, dus b.v. zand, verhit, dan zal dit, zoals bovenstaand schema aangeeft, bij 573° overgaan in α kwarts, welke overgang vrij vlot verloopt. Bij het gieten van een inlay wordt de inbedmassa tot ongeveer 500 à 700° verhit. Indien de inbedmassa gemalen zand als vuurvast materiaal bevat, zal, zij het dat de overgangstemperatuur van 573° wel wat dicht bij 500 à 700° gelegen is, het β kwarts zich in α kwarts omzetten. Het s.g. van β kwarts is 2.65, het α kwarts is lichter, het heeft namelijk een s.g. van 2.60. Bij de overgang zal dus een expansie optreden en deze laat zich uit de beide opgegeven s.g. berekenen, als bedragende 2 % in volume, dat is 0,7 % lineair.

Nog gunstiger staat het er voor als men uitgaat van β crystobaliet. Het β crystobaliet komt maar sporadisch in de natuur voor, doch men is er in geslaagd om β crystobaliet fabriekmatig te maken, zodat het ter beschikking staat om in inbedmassa's verwerkt te worden.

Bij een inbedmassa, waarin het crystobaliet verwerkt is, zal reeds bij een temperatuur van 230° de omzetting van het β crystobaliet in het α crystobaliet plaats hebben.

Aangezien het s.g. van β crystobaliet 2,32 en van α crystobaliet 2,21 is, gaat deze overgang vergezeld van een volumetoename van 5 %, hetgeen een lineaire uitzetting van 1,7 % betekent. Deze gunstige expansie en de gunstig gelegen overgangstemperatuur is dan ook de reden, waarom deze kwartsmodificatie als vuurvast materiaal in de moderne inbedmassa's gebruikt wordt.

Zoals vermeld, bevat een inbedmassa 25 à 35 % bindmiddel, zodat het thermische gedrag daarvan, indien β crystobaliet als vuurvast materiaal gebruikt wordt, feitelijk een combinatie is van de kromme van fig. 9 en fig. 10, resp. het thermische gedrag van zuiver gips en zuiver crystobaliet betreffende.

Het thermische gedrag van een inbedmassa, die 30 % bindmiddel en 70 % crystobaliet bevat, wordt weergegeven door fig. 11.

De met deze inbedmassa's bereikte expansie is inderdaad toereikend om de $\pm 1,25$ % thermische expansie, die van de massa verlangd wordt, te leveren.

Een tweede voordeel van crystobaliet is, dat de overgangstemperatuur ervan laag is, namelijk 230° . Indien men bij het gieten, hetgeen nog al eens voorkomt, de gietvorm niet voldoende hoog verhit, dan heeft er toch reeds een aanzienlijke expansie plaats gehad.

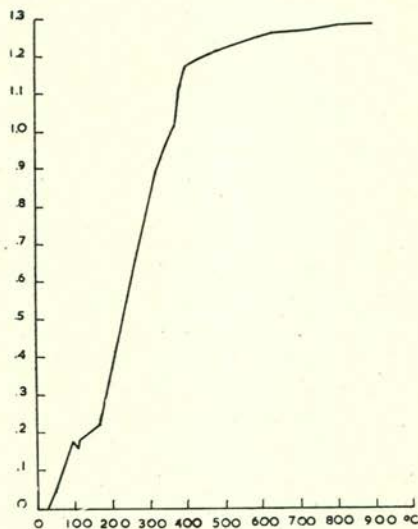


Fig. 11

Dat het bij inbedmassa's wenselijk is de verwerkingsvoorschriften nauwkeurig op te volgen, blijkt uit de volgende leerzame proef. Eenzelfde inbedmassa werd met verschillende hoeveelheden water aangemaakt en het thermische gedrag van de aldus verkregen massa's naast elkaar nagegaan. Fig. 12 geeft het resultaat ervan.

De krommen *a*, *b* en *c* hebben respectievelijk betrekking op de aanmaakverhoudingen water: poeder = 30:100; water: poeder = 40:100 en water: poeder = 50:100. De te bereiken thermische expansie blijkt sterk af te nemen met het toenemen van de hoeveelheid water, die voor aanmaken wordt gebruikt.

Bij het willen verklaren van de invloed, die de hoeveelheid bij het

aanmaken gebruikte water op de thermische expansie heeft, raakt men verstrikt in problemen waaromtrent niets bekend is, b.v. omtrent de invloed, die de fijnheid van de vuurvaste- en van de bindmiddel-deeltjes op de structuur van de verharde massa heeft en de consequentie daarvan op het aanmaken met verschillende hoeveelheden water. Heeft men grove vuurvaste deeltjes, die tegen elkaar rusten met daartussen het fijnere verdeelde bindmiddel, dan zal de thermische ex-

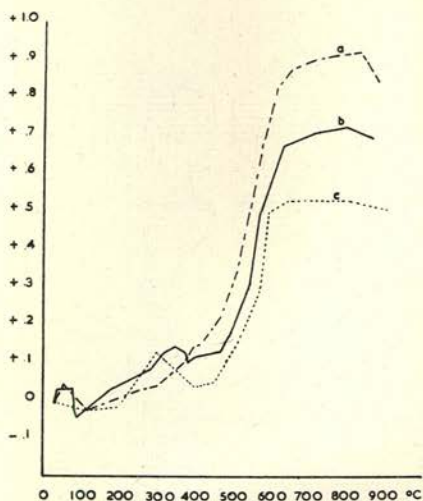


Fig. 12

pansie van het vuurvaste materiaal zich in sterke mate kunnen laten gelden. Zijn de bindmiddel-deeltjes het grofste en dragen zij de structuur van de massa, dan zal de expansie bij verharding en de krimp door het dehydrateren van het bindmiddel gedurende de verhitting meer invloed uitoefenen.

Sommigen stuiten op moeilijkheden als zij trachten te verklaren, hoe de thermische expansie zich aan de gietvorm voltrekt. Waarom, zo redeneren zij, expandeert de inbedmassa ook niet naar de lege ruimte, die na het verbranden van de was door de gietvorm wordt ingenomen? Inplaats van te expanderen zou de gietvorm dan juist kleiner worden.

In onderscheid met de koude expansie, die voor een deel reeds optreedt als de inbedmassa nog wat plastisch is, heeft de thermische expansie plaats in een vast en goed samenhangend materiaal. De verhitting geschiedt aan de buitenzijde; de buitenste lagen van de massa expanderen dus het eerst en maken daarbij ruimte voor de expansie van de meer naar binnen gelegen massa, waarvan de temperatuur bij het voortduren van de warmtetoevoer geleidelijk oploopt. Fig. 13 geeft deze gang van zaken schematisch aan. Door het indrogen van

de vochtige asbestbekleding van de ring, die de inbedmassa omsluit, neemt men aan, dat er voldoende ruimte voor de thermische expansie naar buiten aanwezig is. Het behoeft geen verder betoog, dat een langzame en een goede alzijdige verhitting van de inbedmassa een eerste vereiste is om de gietvorm, die zich in het binnenste van de massa bevindt, congruent aan zijn vorm te doen uitzetten.

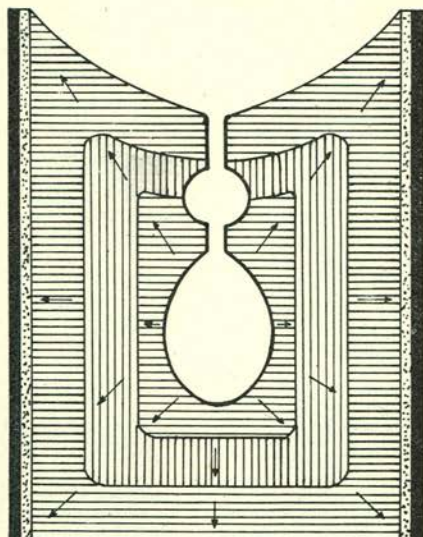


Fig. 13

De fabrikant heeft er voor te zorgen, dat zijn inbedmassa voldoende poreus is om de lucht te doen ontwijken bij het naar binnen treden van het gesmolten metaal. Voor het verkrijgen van behoorlijk gladde vlakken van de gietstukken zijn eisen te stellen van voldoende fijnheid der bindmiddelen en vuurvaste deeltjes.

§ 6. *Inbedmassa's voor hoogs meltende gietalliages*

De tot nu toe besproken inbedmassa's kunnen niet gebruikt worden bij het gieten van de moderne gietstaal alliages, veelal op nikkel-, chroom- en cobaltbasis (ticonium, vitallium), die tegenwoordig een veelvuldige toepassing in de tandheelkunde vinden. Het smeltpunt dezer alliages ligt bij 1300 à 1400° en inbedmassa's, waarin gips als bindmiddel voorkomt, ontleden bij deze temperatuur. Bovendien heeft men bij het gieten van de genoemde alliages met een veel hogere lineaire contractie te maken dan bij de gebruikelijke zilver- en goudgietalliages. Kon van deze laatsten de lineaire thermische contractie bij het gieten op gemiddeld $1,25 \pm 0,5 \%$ worden gesteld, bij de hier ter sprake zijnde alliages bedraagt dit zelfs $\pm 2,5 \%$.

De verwerking van deze materialen geschiedt vanwege de hoge kosten der daarvoor benodigde installaties, slechts door de grotere commerciële tandtechnische laboratoria. De tandarts zelf komt praktisch niet met deze verwerking in aanraking. Een kleine oriëntering echter over de wijze, waarop voor deze materialen het probleem, dat zij aan de daarvoor benodigde inbedmassa's stellen, is opgelost, kan men wenselijk achten.

De oplossing van het bindmiddelvraagstuk bij deze inbedmassa's is o.a. gevonden in het gebruik als zodanig van waterglas en ook wel van $ZnO +$ fosforzuur, het in de tandheelkunde bekende zink-oxy-phosphaatcement-mengsel. Het ZnO -poeder bevindt zich dan bijgemengd in de inbedmassa en het fosforzuur wordt als aanmaakvloeistof gebruikt. Waterglas is een oplossing van Na-silicaat, waaruit zich in zuur milieu en ook wel bij het in reactie treden met andere zouten, kiezelzuur of onoplosbare silicaten afscheiden, die de massa tot binding brengen.

Na hetgeen in het bovenstaande omtrent de kwartsmodificaties is medegedeeld, is het interessant te kunnen verklaren, hoe men de grotere thermische expansie van $\pm 2,5\%$ bij deze inbedmassa's bereikt.

Als vuurvast materiaal kan hier β kwarts gebruikt worden, dus gemalen zand. Uit het op blz. 7 gegeven schema van de kwartsmodificaties valt te leren, dat bij 573° het β kwarts overgaat in α kwarts, waaruit zich, en thans in horizontale richting in het schema gaande, bij 870° het α trimydit vormt. Aangezien de gietvorm vanwege het hogere smeltpunt dezer alliages tot boven de 870° verhit moet worden, wordt deze omzetting hier mogelijk. Een moeilijkheid echter was, dat de omzetting van α kwarts in α trimydit langzaam gaat. Alhoewel men door een langdurige verhitting van de ingebiede gietvorm in een elektrische oven de afloop van deze omzetting reeds zou kunnen afwachten, wordt men in deze nog tegemoetgekomen door het feit, dat er katalysatoren bekend zijn, die deze langzamere omzetting aanzienlijk bespoedigen. Een voorbeeld van een dergelijke katalysator is b.v. waterglas.

In deze inbedmassa zet zich dus het β kwarts tenslotte in α trimydit om en als men nu het s.g. van β kwarts 2,65 stelt naast dat van α trimydit, zijnde 2,30, dan laat zich hieruit een overgangsexpansie van niet minder dan 15 volume % of 5 % lineair berekenen. Men heeft aan deze expansie meer dan voldoende en moet zelfs door bijmenging van een ander vuurvast, minder expansief materiaal (b.v. chamotte) de kwartshoeveelheid in de inbedmassa verminderen om de verlangde expansie van $\pm 2,5\%$ niet te overschrijden.

(Wordt vervolgd)