

Compensatiemethoden, toegepast bij de vervaardiging van inlays

door *J. v. Amerongen, en J. v. Aken.*

I

In 1930 werd door het National Bureau of Standards in Amerika een onderzoek ingesteld naar de waarde van de verschillende inlay-technieken. Hierbij kwam aan het licht, dat de meeste methoden niet konden beantwoorden aan de te stellen eisen, enerzijds doordat men niet voldoende inzicht had in de eigenschappen van de diverse materialen, die voor dit doel nodig waren, anderzijds omdat de meeste materialen zelf niet voldeden aan de eisen, die men eraan zou moeten stellen. Sindsdien hebben de medewerkers van genoemd instituut nauwkeurige normen vastgesteld, waaraan afdrukmetaal, inlaywas, inbedmassa en goudalliages moesten voldoen en zodoende bijgedragen tot de verbetering van deze materialen. Tevens hebben zij door middel van publicaties¹ de tandartsen in de gelegenheid gesteld kennis te nemen van hun onderzoekingen. Dit heeft ertoe geleid, dat men een beter begrip kreeg omtrent de problemen, die inhaerent zijn aan de vervaardiging van inlays.

Vóór 1930 waren de gietstukken meestal te klein, hetgeen in hoofdzaak te wijten was aan de geringe thermische expansie van de inbedmassa's. Om tot nauwkeurig passende gietstukken te geraken, maakte men hoofdzakelijk gebruik van de thermische expansie van was, waarbij het ingebedde waspatroon onmiddellijk in een ruimte werd gebracht, waarin een temperatuur heerste van 37° C of zelfs hoger. Temperaturen boven de 37° C hebben echter een ongunstige invloed op het waspatroon. Dit krijgt, doordat het zacht begint te worden, de gelegenheid zich te ontspannen en gaat dan vertrekken. Men ontdekte, dat wanneer in de inbedmassa (hoofdzakelijk bestaande uit gips en kwarts) het kwarts vervangen werd door een modificatie, nl. cristoballiet, er zelfs te grote gietstukken waren te verkrijgen. Sindsdien is men nu ongeveer 20 jaar bezig een eenvoudige en gestandaardiseerde methode te bedenken en uit te werken, waarbij het ideaal van een exact passend gietstuk zoveel mogelijk wordt nagestreefd.

In de loop der jaren zijn in hoofdzaak drie methoden naar voren gekomen, berustend op uitkomsten, welke verkregen zijn door experimenten met de diverse materialen.

Tot een juist begrip moge de volgende gedachtengang dienen.

In de regel gaat men uit van een waspatroon, dat in de mond ver-

vaardig is (de directe inlay-techniek dus). Wanneer dit waspatroon uit de mond genomen wordt, zal dit door afkoeling en afhankelijk van de kamertemperatuur, meer of minder krimpen.

Een tweede contractie treedt op, wanneer het metaal, nadat het gegoten is, afkoelt tot kamertemperatuur. Opdat nu het gietstuk goed zal passen, zal de som van deze contracties gecompenseerd dienen te worden. Dit gebeurt voor het grootste deel door een expansie van de inbedmassa.

Deze expansie kan worden onderverdeeld in:

- a. een uitzetting gedurende het hard worden,
- b. een thermische expansie.

Ter verduidelijking moge de eerste afbeelding dienen (fig. 1).

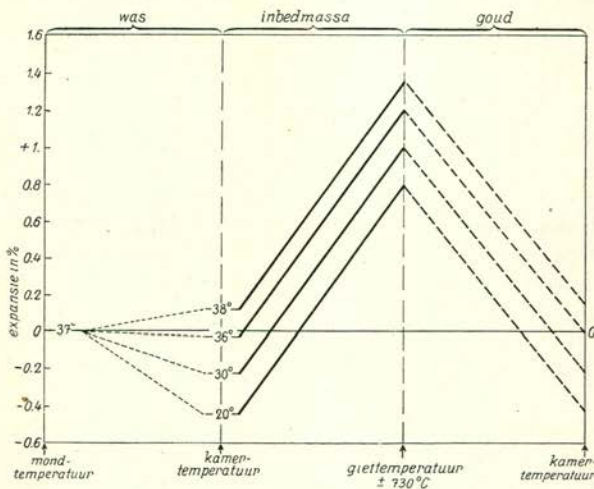


Fig. 1. Schetsmatige voorstelling van het uiteindelijke verschil in grootte tussen caviteit en vulling bij het inlay-proces onder invloed van de afkoeling van het waspatroon tot diverse kamertemperaturen bij de directe methode.

De kamertemperaturen zijn verschillend; als gevolg daarvan zal de totale wascontractie dienovereenkomstig variëren.

Wanneer men aanneemt, dat de expansie tijdens het hardworden en de thermische uitzetting van een bepaalde soort inbedmassa constant is, hetgeen men o.a. hoopt te bereiken door standaardisering van a. de verhouding tussen poeder en water, van b. de mengtechniek en c. de giets-temperatuur en men tevens veronderstelt dat de gietcontractie constant is, zullen de uitkomsten niettemin verschillend zijn. Om hieraan tegemoet te komen ligt het in de lijn dat naar een werkwijze wordt gestreefd waarbij men zich onafhankelijk kan maken van het variërende interval tussen de mondtemperatuur en de kamertemperatuur. Dit kan bereikt worden door gebruik te maken van een thermische was-expansie (fig. 2.).

I. Thermische wasexpansie.

Bij deze methode wordt het ingebedde waspatroon in een waterbad geplaatst van 37°C , zodanig, dat dit water niet tot de inbedmassa kan

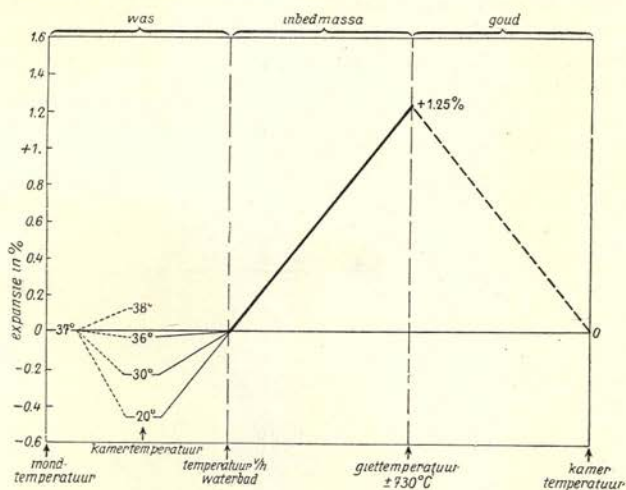


Fig. 2. Schetsmatige voorstelling van de voordelen wanneer het waspatroon bij lichaamstemperatuur wordt ingebed (directe methode)

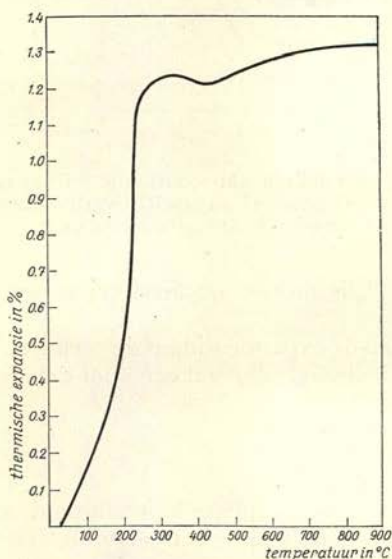


Fig. 3. Grafische voorstelling van de expansie van Cristobalite (Kerr) tijdens verhitting.

doordringen. Dit is te bereiken door op de gietring bv. een gummi opzetting te plaatsen. Hierdoor zal het waspatroon zijn oorspronkelijke

volume hernemen. Het gevaar dreigt, dat de was zich gedeeltelijk zal gaan ontspannen. L a s a t e r² toonde echter aan, dat bij een goede verwerking van de was de optredende vormveranderingen minimaal zijn mits de temperatuur niet boven 37° C stijgt. Men heeft voor deze werkwijze een inbedmassa nodig, welke een dusdanige expansie vertoont, dat alleen de krimp van het metaal wordt gecompenseerd. Neemt men aan, dat deze krimping 1,25% is, zoals men vaak vermeld vindt voor gietgoud, dan zal, de som van de expansie tijdens het hardworden en die bij de verhitting van de gietring 1,25% moeten zijn. M.a.w. wanneer men de grafiek beschouwt van de bekende inbedmassa van K e r r (Cristobalite) dan ziet men, dat de thermische ex-

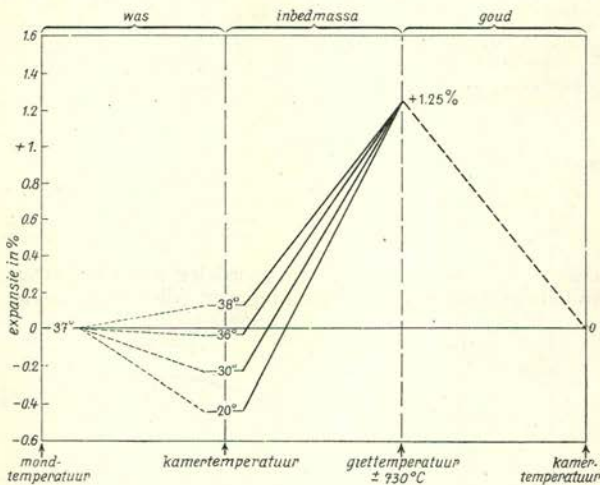


Fig. 4. Schematische voorstelling van contractie en expansie bij gebruik van „Cristobalite” en „Control powder” in gewichtsverhoudingen aangepast aan de wisselende kamertemperatuur.

pansie alleen al 1,25% is, althans wanneer gegoten wordt bij $\pm 700^{\circ}$ C (fig. 3).

Voegt men hieraan de expansie tijdens de verharding toe, die volgens opgave 0,3 à 0,4% bedraagt, dan zal een voor de caviteit te grote inlay het resultaat zijn.

II. Methode volgens Phillips.

Phillips³ zocht een compensatie uitsluitend door middel van de inbedmassa. Zijn gedachtengang was als volgt: wanneer de kamertemperatuur laag is, zal de contractie van het waspatroon na verwijdering uit de caviteit groot zijn. Bijgevolg is er meer expansie nodig dan wanneer de kamertemperatuur hoog is (fig. 4). Om aan deze variaties het hoofd te bieden, nam hij twee inbedmassa's, nl. Cristobalite van K e r r en daarnaast het zogenaamde „Control-powder”, een inbed-

massa met een belangrijk geringere thermische expansie. In fig. 5 geven de bovenste en benedenste curves de lineaire thermische expansies weer van respectievelijk Cristobalite en Control-powder. Door deze twee poeders in verschillende gewichtsverhoudingen te mengen, kon hij de thermische expansie regelen. Aan de rechterzijde van de grafiek vindt men de kamertemperaturen in °F aangegeven. Deze corresponderen met de daarbij vereiste expansies. Aan de hand van de uitkomsten van zijn onderzoekingen construeerde Phillips een eenvoudige weegschaal, waarmee de poederverhoudingen per 5° F konden worden afgewogen.

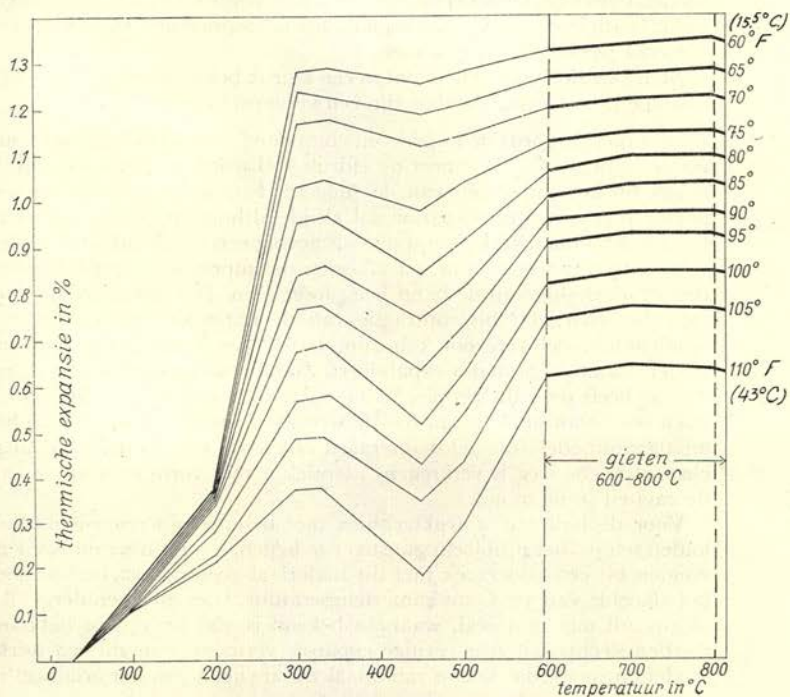


Fig. 5. Verloop van de thermische expansie bij verschillende gewichtsverhoudingen van „Cristobalite” en „Control powder” tijdens verhitting tot de giettemperatuur.

Er blijkt in de praktijk wel eens verwarring te bestaan over de juiste verhouding van de beide inbedmassa's, wanneer men de indirecte techniek toepast.

Men maakt geen grote fout, wanneer aangenomen wordt, dat de lineaire contractie van impression compound gelijk is aan die van inlay-was. Oppervlakkig bezien zou men dan kunnen veronderstellen, dat het amalgaammodel 0,3 à 0,4% te klein zou zijn, $\pm 0,1\%$ voor eventuele volumeveranderingen van het amalgaam. Ruw geschat zou de verhouding „Cristobalite”: „Controlpowder” dan dezelfde moeten wezen als bij de directe tech-

niek. De consequentie hiervan zal dan zijn, dat de gegoten inlay te groot zal zijn voor het werkmodel en dus hierop niet kan worden afgewerkt.

Er zijn echter bedenkingen tegen deze gedachtengang aan te voeren:

- 1e. Wordt de impression compound in de mond met water van 37°C gekoeld, dan zal inderdaad op het moment van uitnemen de massa deze temperatuur bezitten om daarna af te koelen tot kamertemperatuur. Het is nu zeer de vraag, of de hiermede gepaard gaande contractie zich openbaart in een kleiner worden van de vorm, daar het afdruk materiaal in meerdere of mindere mate is vastgekit aan de binnenzijde van de band. Laat de inhoud van de band los, dan zal de contractie naar binnen optreden. Gebeurt dit niet, dan is de contractie naar de band gericht. In dit laatste geval kan men na het uitstoppen met amalgaam een vergroot werkmodel verwachten.

Men kan zich voorstellen, dat in een afdruk beide mogelijkheden zich voordoen; het gevolg zal dan zijn een vervormd model.

- 2e. In de praktijk wordt de impression compound veelal gekoeld met koud water (10 à 15°C). Wanneer de afdruk snel wordt uitgenomen, zal de massa bij het aannemen van de (hogere) kamertemperatuur een expansie vertonen. Deze expansie zal altijd (althans in horizontale richting) naar binnen gericht zijn met als gevolg een verkleind werkmodel, tenminste wanneer tijdens het afkoelen de impression compound niet reeds gedeeltelijk van de band heeft losgelaten. Het eigenaardige doet zich dus voor, dat bij contractie van de impression compound het amalgaammodel vergroot kan zijn, terwijl het omgekeerde kan optreden wanneer de massa expandeert. Zo lang men geen duidelijke gegevens heeft over dit probleem, zal men daarom in de praktijk goed doen om ervan uit te gaan, dat de weergave van de preparatie op het amalgaammodel (dit geldt uiteraard ook voor een model, dat langs electrolytische weg is verkregen) identiek is met vorm en volume van de caviteit in de mond.

Voor de indirecte afdruktechniek met behulp van reversibele koloiden schijnt het probleem gunstiger te liggen. S k i n n e r e n K e r n⁴ vonden bij een onderzoek met dit materiaal geen contractie wanneer het afkoelde van 37°C tot kamertemperatuur. Giet men een dergelijke afdruk uit met hydrocal, waarvan bekend is, dat het tijdens het hard worden slechts een zeer geringe expansie vertoont, dan zal een werkmodel ontstaan, dat slechts minimaal zal afwijken van het origineel in de mond. Hieruit kan worden afgeleid, dat een „indirect waspatroon” minder compensatie vereist dan een „direct waspatroon”, daar het eerste bij kamertemperatuur op het werkmodel wordt vervaardigd en dus na het afnemen niet zal krimpen.

Ongeveer tegelijkertijd deed S c h e u⁵ de ontdekking, dat sommige inbedmassa's, wanneer zij tijdens het hardwordingsproces in contact kwamen met water, een hardwordingsexpansie vertoonden, die ver boven het normale uitging. Dit noemde hij de hygrosopische expansie. Het bleek dat dit verschijnsel ook optrad wanneer de inbedmassa omgeven was door een laag natte asbest, die gebruikt wordt als kussen in de gietring om expansie mogelijk te maken. Zelfs met een droge asbestlaag nam hij dit verschijnsel waar, zij het in mindere mate. (fig. 6). De verklaring voor dit laatste is gelegen in het feit, dat droog asbest water

uit de inbedmassa absorbeert om in aldus bevochtigde toestand een hygroscopische expansie te induceren. Daaruit concludeerde S c h e u, dat de techniek van P h i l l i p s niet tot betrouwbare resultaten kon leiden, aangezien hij van hygroscopische expansie gebruik maakte, zonder zich daarvan bewust te zijn.

III. Hygroscopische expansie-methode.

S c h e u⁵ en later ook H o l l e n b a c k⁶ hebben een werkwijze ontwikkeld, die gebaseerd is op dit hygroscopische verschijnsel, waarvoor volgens S k i n n e r¹³ nog geen afdoende verklaring is gevonden. Zij dompelen na de inbedding van het waspatroon de gevulde gietring onmiddellijk dan wel na enige minuten in een waterbad van 37° C. Deze

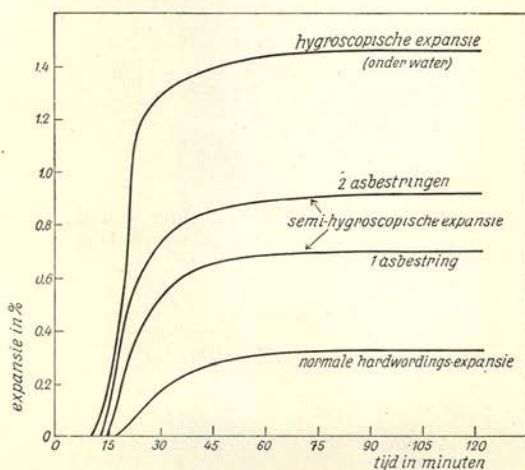


Fig. 6. Invloed van water op de uitzetting tijdens het hard worden van de inbedmassa.

temperatuur schijnt nodig te zijn omdat het waspatroon dan een zekere plasticiteit verkrijgt om te kunnen toegeven aan de expansiekracht van de inbedmassa. Door deze verwarming treedt vanzelfsprekend ook een thermische volumevergroting van het waspatroon op.

Uit de in fig. 7 weergegeven grafiek blijkt dat deze hygroscopische expansie van een bepaalde inbedmassa (R a n s o m en R a n d o l p h Hygroscopic Investment) na 30 minuten 1 1/2% is. Hieruit vloeit de noodzakelijkheid voort dat de thermische expansie laag moet zijn, daar de inlays anders te groot zouden worden. Fig. 8 geeft de thermische expansie weer van genoemde inbedmassa, waaruit blijkt, dat bij een lagere temperatuur dan de gebruikelijke gegoten moet worden, en wel bij 450° C (low heat technic). Het is gewenst, dat het temperatuurtraject horizontaal loopt, daar de geringste stijging of daling anders aanleiding zou kunnen geven tot een grotere of kleinere expansie dan de gewenste. Wanneer de gietring uit de oven naar het gietapparaat wordt over-

gebracht, zal de temperatuur uiteraard iets dalen. Wordt daarentegen – zoals bij de Solbrig-methode – het goud in de gietconus verhit, dan kan de temperatuur diensgevolge toenemen.

Een inbedmassa, (Beauty-Cast), waarbij de thermische expansie-

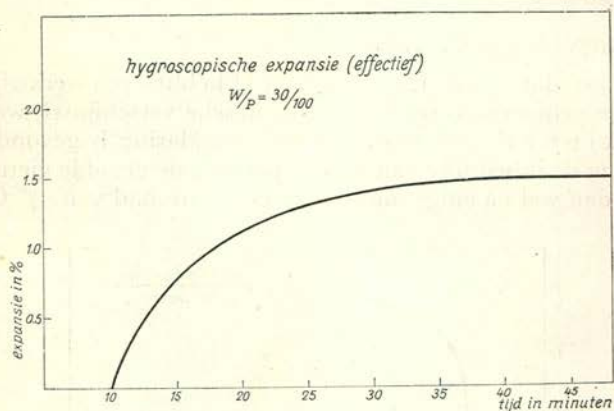


Fig. 7. Verloop van de expansie bij hardwording van de inbedmassa onder water (Ransom & Randolph Hygroscopic Investment).

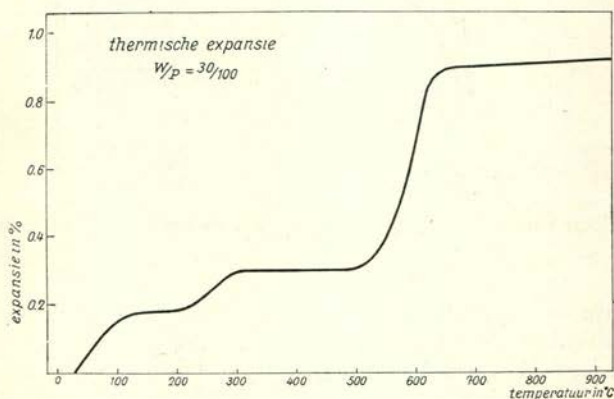


Fig. 8. Thermische uitzetting van de inbedmassa in fig. 7. De juiste giettemperatuur bij ± 450 C. ligt op het horizontale traject van 300 tot 500, waarbij de expansie constant blijft. (Bij hogere temperatuur neemt de uitzetting weer toe).

curve verloopt zoals in fig. 9, is voor deze techniek dus minder geschikt.

Voor de toepassing van de hygroscopische expansietechniek zijn dus speciale inbedmassa's nodig.

Wanneer men de expansie gedurende de binding en de thermische expansie samenvoegt, blijkt, dat het totaal bij de hygroscopische expansietechniek groter is dan bij de werkwijze van Phillips. Laatstgenoemde gaat van de veronderstelling uit, dat het goud een contractie

vertoont van 1,25%. Scheu⁷ en ook Hollenback en Skinner⁸ hebben bij onderzoek een hogere waarde gevonden, waarmee zij dan ook rekening houden.

Het principiële verschil tussen de methode van Phillips en die van Scheu ligt in de omstandigheid, dat de eerste grotendeels gebruik maakt van de thermische expansie en de ander van de expansie tijdens het hardworden.

Wanneer men de vraag stelt welke van de drie genoemde methoden het meest voor toepassing in aanmerking komt, dan zou op het eerste

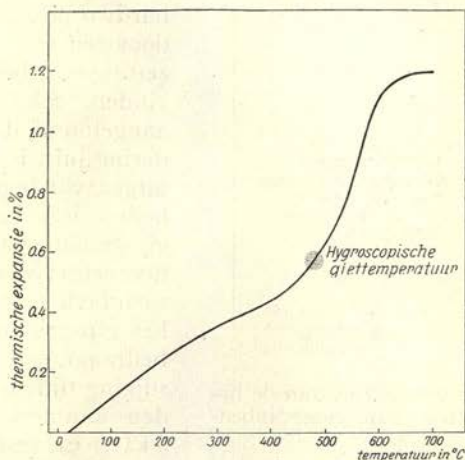


Fig. 9. Thermische expansiecurve van een inbedmassa, die door het ontbreken van een horizontaal traject als in fig 8 geen speling in de giettemperatuur toelaat.

gezicht uit het voorgaande kunnen worden afgeleid, dat met elk dezer werkwijzen een goed resultaat kan worden verkregen. Bij het bepalen van de keuze is het van belang, dat de apparatuur zo eenvoudig mogelijk is. In dit verband lijkt de techniek volgens Phillips de meest aanbevelenswaardige. Hierbij zijn geen waterbaden nodig, terwijl de speciale weegschaal geen financieel bezwaar oplevert. Een nadere beschouwing van de literatuur doet echter twijfel ontstaan aan de betrouwbaarheid van de bovengenoemde methoden.

Men kan onder meer de volgende bedenkingen inbrengen:

- 1e. De meeste grafieken zijn verkregen door waarnemingen aan het vrije materiaal (geen gietring, geen ingebed waspatroon). Een voorbeeld hiervan is juist de Phillips-techniek, die voor elke 5° F een nauwkeurige dosering geeft. Phillips wekt de verwachting, dat de resultaten bij de praktische toepassing dienovereenkomstig zullen zijn. Zoals reeds gezegd past hij onbewust een hygroscopische expansie toe, waarbij o.a. blijkt, dat het Control-powder (hetwelk moet zorgen voor de vermindering van de thermische ex-

pansie) een grotere hygroscopische expansie vertoont dan Cristobalite, (fig. 10).

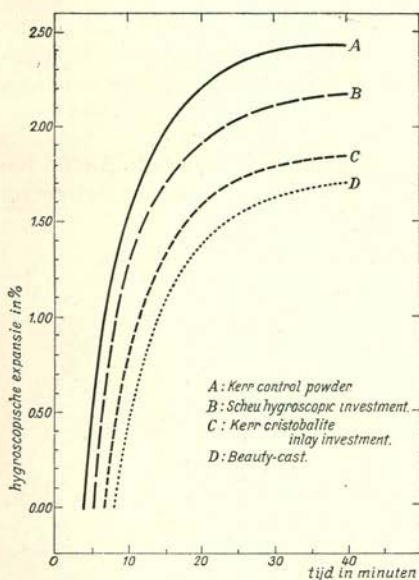


Fig. 10. Curves ter vergelijking van de hygroscopische uitzetting van enige inbedmassa's.

dien de aandacht op, dat de temperatuurstijging nauw afhankelijk is van de hoeveelheid inbedmassa. Zo kan bij zeer kleine hoeveelheden de verdamping van het water aan de oppervlakte zo veel warmte onttrekken, dat inplaats van een temperatuurstijging een daling optreedt. Verwacht mag worden, dat in een gietring de stijging dermate gering zal zijn, dat de expansie tijdens het hardworden onberekenbaar door het waspatroon zal worden belemmerd. De consequentie hiervan kan zijn dat de vorm van het waspatroon van invloed is op de mate van expansie (vergelijk een driekwart-kroon met een klasse V-inlay). Dit geldt in versterkte mate, wanneer een hygroscopische expansie wordt toegepast bij kamertemperatuur. In een waterbad van 37° C zal door de verminderde stugheid van de was de remming minder sterk zijn, maar de kans op vervorming van het waspatroon groter tengevolge van de druk, die de expanderende inbedmassa hierop uitoefent. Skinner betwijfelt voorts of de asbestvoering in de gietring een grotere hardwordings- resp. hygroscopische expansie toestaat, dan ruim 0,4%.

Aan de hand van deze overwegingen ziet het er naar uit, dat men beter dan de hygroscopische uitzetting een methode kan toepassen, waarbij gebruik gemaakt wordt van de thermische expansie

2e. Vele auteurs nemen aan (o.a. T e k e n b r o e k⁹) dat tijdens het hard worden van de inbedmassa een dusdanige hoeveelheid warmte vrijkomt, dat het waspatroon een thermische expansie ondergaat, die ongeveer gelijk is aan de hardwordingsexpansie, waardoor een onbelemmerde uitzetting van beide plaats kan vinden. Skinner¹⁰ heeft aangetoond, dat dit bij benadering juist is, wanneer men uitgaat van bepaalde hoeveelheden inbedmassa met een gipsgehalte van 40%. Wanneer echter, zoals bij vele nieuwe inbedmassa's het geval is, het gipsgehalte slechts 25% bedraagt, is de temperatuurstijging tijdens het hard worden aanmerkelijk geringer. Skinner vestigt er bovendien

alleen, nadat dus de was reeds verwijderd is. Het meest gewenst zou zijn een inbedmassa, zonder expansie tijdens het hardworden, doch daarentegen met een grote thermische uitzetting.

- 3e. Sedert de onderzoekingen van Coleman¹¹ wordt veelal aangenomen, dat de gietcontractie van het goud 1,25% bedraagt. Nieuwe onderzoekingen (o.a. Hollenback en Skinner⁸) hebben echter aangetoond, dat de (constant veronderstelde) gietcontractie aan wisseling onderhevig is en in vele gevallen meer bedraagt. Bovendien is aannemelijk gemaakt, dat zowel de vorm van het gietstuk als de temperatuur van de inbedmassa tijdens het gieten van invloed zijn op de mate van krimpings- en vormverandering van het gietstuk (Granger¹²).

Bovenstaande factoren doen twijfel rijzen aan de betrouwbaarheid van de beschreven methoden. Om uit te maken of bovenvermelde factoren de oorzaak zijn van de wisselende resultaten zoals deze in de praktijk worden verkregen, zal men de vervaardiging van inlays dusdanig dienen te standaardiseren, dat op een constant resultaat gerekend kan worden. Wil men nagaan of dit in voldoende mate mogelijk is dan zal in de eerste plaats hiernaar een onderzoek dienen te worden ingesteld.

De schrijvers hopen in een volgende uiteenzetting de problemen, die aan een standaardisering van het inlayproces verbonden zijn, nader te belichten.

LITERATUUR

1. Souder, W. and Paffenbarger G. C., Physical Properties of Dental Materials. Circular of the National Bureau of Standards C. 433 1942.
2. Lasater, R. L.: Control of Wax Distortions by Manipulations. J.A.D.A. 27: 518: 1940.
3. Phillips, D. W.: Controlled Casting. J.A.D.A. 22: 439: 1935.
4. Skinner, E. W. and Kern, W. R.: Colloidal Impression Materials. J.A.D.A. 25: 578: 1938.
5. Scheu, C. H.: Controlled Hygroscopic Expansion of Investment to Compensate for Shrinkage in Inlay Casting. J.A.D.A. 22 452: 1935.
6. Hollenback, G. M.: Simple Technic for Accurate Castings. New and Original Method of Vacuum Investing. J.A.D.A. 36 391: 1948.
7. Scheu, C. H.: A New Precision Casting Technic. J.A.D.A. 19: 639: 1932.
8. Hollenback G. M. and Skinner, E.: Shrinkage during Casting of Gold and Gold Alloys. J.A.D.A. 33: 1391: 1946.
9. Tekenbroek, J. N. Tandheelkundige Materiaalkennis. T. v. T. 59: 4: 1952.
10. Skinner, E. W.: The Role of Investment setting Expansion in Gold Compensation Casting Technic. Dental Cosmos LXXV: 1009: 1933.
11. Coleman Jr., R. L. Physical Properties of Dental Materials. (Analysis of Problems in Casting Gold Alloys) Dental Cosmos LXVIII: 743: 1926.
12. Granger, E. R.: Platinum - Iridium Casting: A new Concept of the Dental Casting Process. J.A.D.A. 27: 1718: 1940.
13. Skinner, E. W.: The Science of Dental Materials. 3e druk 1949.

De afbeeldingen zijn ontleend aan de volgende publicaties:

- fig. 1, 2, 4, 5: D. W. Phillips - Controlled Casting. J.A.D.A. 22: 439: 1935.
fig. 3, 7, 8 The J. M. Ney Company. The Ney Inlay Book 1949.
fig. 6, 9: Mededeling van de Whip-Mix Corporation.
fig. 10: S. D. Tylman: Theory and Practice of Crown and Bridge Prosthesis. St. Louis. The C.V. Mosby Company 1947 second edition.