

SECUNDAIRE EXPANSIE VAN
ZILVERAMALGAMEN EN HAAR BESTRIJDING *)

DOOR DR. IR. C. A. VAN GUNST en DR. H. J. P. M. HERTOEG

Toen G. V. Black in 1895 en 1896 zijn artikelenserie „Onderzoekingen over de fysische eigenschappen van de menselijke tand in verband met zijn ziekten en met practische tandheelkundige behandelingen, tezamen met de fysische eigenschappen van vulmaterialen” in de Dental Cosmos (1) publiceerde, legde hij de basis voor het materiaalkundig onderzoek van amalgamen. Hij eiste in deze publicaties van een goede amalgaamvulling dat deze:

- 1° bestand zou zijn tegen de kracht, waarmede de tanden in occlusie gebracht worden, zowel in normale als in abnormale omstandigheden.
- 2° niet zou krimpen of uitzetten na het condenseren.

En ook heden is dat nog de grondslag van de keuringseisen voor amalgaamalliages.

Om het bestand zijn tegen de kauwkracht te onderzoeken, plaatste Black blokjes verhard amalgaam langere tijd onder een bepaalde druk. Zulke blokjes werden daardoor kleiner in de drukrichting, een eigenschap die hij „flow under stress” of kortweg „flow” noemde. Black ontdekte daarbij, dat sommige blokjes die vier dagen na het hard worden onder druk werden geplaatst, een aanzienlijker vermindering van hoogte vertoonden, dan die, welke twee dagen na het verharden belast werden. Het kwam hem voor of deze blokjes na aanvankelijke verharding weer zachter gingen worden.

Verder onderzoek wees uit, dat dit zachter worden gepaard ging met een uitzetting, die in de meeste gevallen pas na een dag of tien optrad. Dat is dus een expansie die plaats vindt na de normale hardwordings-expansie, welke doorgaans in ca 10 uur is bereikt en bij goede moderne

amalgamen ca. $\frac{8}{1000}$ mm/cm bedraagt. Black brengt deze laboratoriumexperimenten in direct verband met een bekend klinisch verschijnsel, als hij zegt:

„Deze uitzetting, die plaats vindt als een secundaire verandering, en die langzaam voortschrijdt, lijkt zekere klinische waarnemingen te verklaren welke zeer verwarrend zijn geweest. Ik zinspeel hier in het bij-

*) Voordracht gehouden op 21 October 1954 voor het Nederlandsch Tandheelkundig Genootschap te Utrecht.

zonder op vullingen in het buccale vlak van bovenmolaren, op een plaats dus waar geen directe belasting kan optreden gedurende het kauwen. Deze vullingen werden, na vlak gemaakt te zijn met de caviteitsranden, toch later schijnbaar overvol.”

Na zijn flow-metingen was het B l a c k wel duidelijk geworden, dat een vulling, mits aan druk blootgesteld, kon gaan uitpuilen. Een langzame materiaalverplaatsing door de druk zou zulk een verlies van aansluiting aan de caviteitsranden wel kunnen veroorzaken. Voor de buccale vlakken van bovenmolaren is dat echter onwaarschijnlijk, omdat daar geen directe belasting door de kauwkracht optreedt. Het is deze — langzaam in verloop van maanden optredende — aanzienlijke uitzetting van amalgaamvullingen en haar bestrijding, die het thema van dit betoeg vormen.

Amalgaamvullingen, die deze secundaire expansie — ook wel in de angelsaksische landen als „delayed expansion” aangeduid — vertonen, zijn verzwakt en onooglijk, zij zullen retentieplaatsen voor spijsresten scheppen met risico's voor voortschrijding van het cariesproces; bovendien kunnen zij de gingiva irriteren. Dubieus is het of de pijnreacties, die optreden na het leggen van amalgaamvullingen, wel als gevolg van secundaire expansie beschouwd mogen worden. Betwifelbaar is ook of een grote secundaire expansie van een amalgaamvulling zelfs elementen zou kunnen doen splijten, als de indicatie en preparatie juist zijn geweest.

Hoe veelvuldig het verschijnsel van de secundaire expansie in de praktijk wel voorkomt, moge eruit blijken, dat Phillips en Healy (2) (1949) bij hun onderzoek naar mislukte amalgaamvullingen, in 17% van de gevallen als oorzaak secundaire expansie opgaven. Om de bestrijding van de secundaire expansie ter hand te kunnen nemen, zullen we ons hebben te verdiepen in de oorzaken. Pas na moeizaam vorderend materiaalkundig onderzoek is het gelukt deze op te sporen, vijftig jaar na de onderzoekingen van B l a c k.

Uit B l a c k's werk kunnen we de eerste aanwijzingen al putten. Door systematisch steeds andere metalen bij het zilver en tin te legeren, vervaardigde hij vijsels van wisselende samenstellingen. Voor alliages met zink geeft hij een minstens 30 dagen durende expansie op ter grootte van 0,2 mm per cm lengte van het blokje. In zijn boek „Operative Dentistry” (van 1908) noemt B l a c k $1\frac{1}{2}\%$ zink ontoelaatbaar, terwijl voor alliages met 1% zink een expansie van 3 à 4 duizendste mm per jaar wordt opgegeven, waarvan hij zegt, dat zelfs dit kleine effect op de lange duur de vulling ruïneert. Uit één van zijn proeven blijkt, dat een overigens als Zn-vrij beschreven alliage bij mengen met mortier en stamper zich normaal gedraagt, terwijl mengen in de hand tot een grote secundaire expansie leidde. Men kan zich niet aan de indruk onttrekken, dat B l a c k al dicht bij de oplossing is geweest, maar toch de samenhang van de verschijnselen niet heeft doorzien.

Een grote serie onderzoekingen, door Gray (3) omstreeks 1920 uitgevoerd bij de Caulk Cy, geeft een inzicht in tal van factoren die expansie van amalgaamvullingen kunnen bevorderen. Zo vond hij o.a. dat

geringe condensatiedruk in staat is, expansies in het leven te roepen, die zich over langere tijd uitstrekken dan normaal. Verder vermeldt hij bij één van zijn proeven na 8 maanden: 1,3% expansie gevonden te hebben bij een zinkhoudend alliage. Zonder opgave van redenen verwerpt hij echter de mogelijkheid dat het zink hierin een rol zou spelen.

Ook van andere zijde is er later in 1932 (W a r d en S c o t t) (4) weer op gewezen, dat onvoldoende condensatiedruk resulteert in vullingen, die vrij langzaam blijven uitzetten.

Deze nieuwe oorzaak voor het langzaam uitzetten van amalgaamvullingen had op zichzelf belangrijke consequenties voor de condensatietechniek. Er volgt nl. de eis uit om met grote druk te condenseren. Maar anderzijds moet de ontdekking van dit feit degenen, die de secundaire expansie bestudeerden, op een vals spoor hebben gebracht. Veel dichterbij de oplossing van het secundaire expansie-mysterie was de Australische onderzoeker W o r n e r (5) in de jaren 1937—1940. Bij een systematisch onderzoek naar de invloed, die de manipulatie van het amalgaam door de tandarts en de wijze van fabriceren van het vijlsel op de verhardingsexpansie heeft, bleek in zijn proeven een factor te zijn ingeslopen, die in grootte minstens zo belangrijk was als de andere. Een nauwkeurige vergelijking van alle gegevens bracht aan het licht, dat 's-winters grotere expansies werden gevonden dan 's zomers. Zijn conclusie was, dat de temperatuur waarbij vijlsel en kwik werden gemengd, de gezochte invloed moest zijn. Om dat te verifiëren werden vijlsel en kwik bij verschillende temperaturen gemengd in de mortier en stamper en daarna, zoals toen gebruikelijk was, met de hand gekneed. Naarmate de mengtemperatuur lager was, was de expansie groter. Bij een mengtemperatuur van 0°C werd zelfs al in één week 2,5 % expansie gemeten. Het zinkgehalte van zijn alliaages varieerde tussen 0,7 en 1,7 %, maar tussen samenstelling en secundaire expansie bestond geen verband. Wel bleek, dat hoe lager de temperatuur was, des te groter secundaire expansie optrad. Hoe deze lage mengtemperaturen tot secundaire expansie kunnen leiden is pas later duidelijk geworden.

Op een geheel andere manier ontstond secundaire expansie bij proeven die in de jaren 1935 en 1936 bij de S. S. White Cy werden uitgevoerd door C r o w e l l en A n g e l l (6). Het bleek, dat deze onderzoekers met dezelfde amalgaamalliaages géén overeenstemmende expansies vonden, terwijl zij op precies dezelfde wijze werkten. Eén van beiden vond geregeld secundaire expansie met de steeds zinkhoudende alliaages, de ander niet. Toen zij de verschillen in het kneden in de hand gingen zoeken, bleek, dat één van beiden sterk transpirerende handen had, en de ander doorgaans droge. Om redenen van discretie vermeldt de historicus niet, wie van beiden deze expansie vond. Als zij, ter imitatie van het ingebrachte transpiratievocht, opzettelijk een physiologische zoutoplossing aan amalgaam toevoegden, bleken deze secundaire expansie te vertonen. Achteraf verklaarde dit de opmerking in de publicatie van B l a c k, dat hij één amalgaam na enige dagen zachter zag worden na handmengen, terwijl dat niet het geval was na mengen in de mortier. De waarnemingen van C r o w e l l en A n g e l l worden door vier ver-

schillende groepen van onderzoekers bevestigd nl. Skinner en Jarabak, K. H. Strader, H. K. Worner en Schoonover, Souder en Beall. Een zeer belangrijke aanvulling van deze gegevens leverde Sweeney (7), die uit het werk van Black de waarschuwing voor zink-houdende amalgaamalliages weer opdiepte. Hij werkte

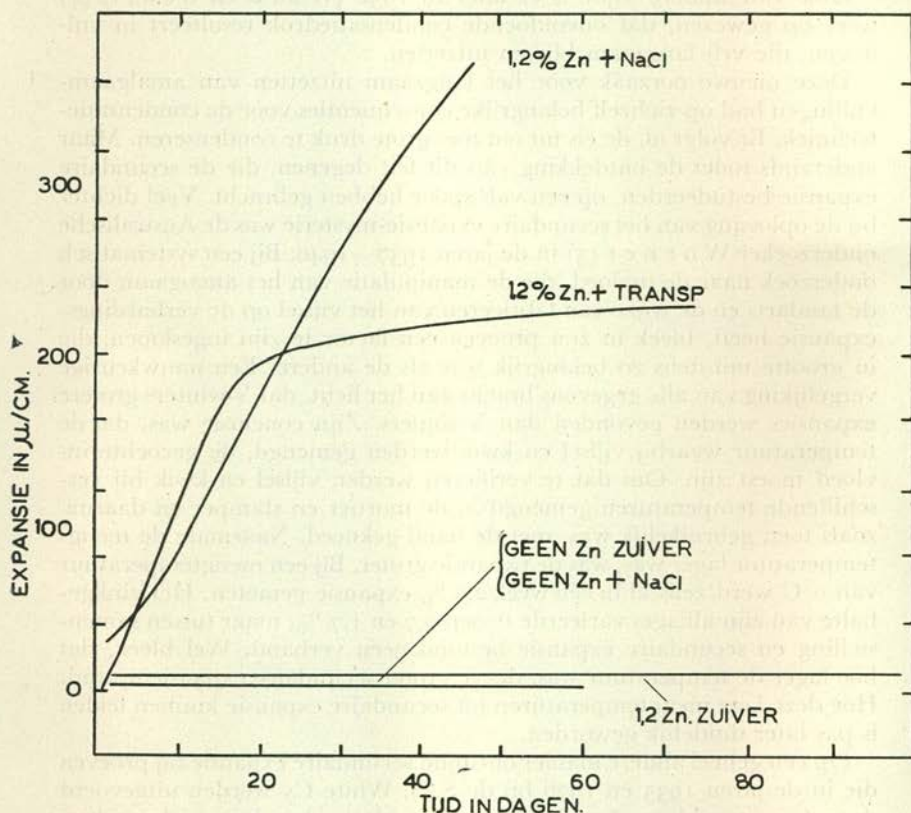


Fig. 1. Expansie van amalgaamstaafjes van een zinkvrije amalgaam alliage en één die 1,2 % zink bevat. Het bijschrift NaCl duidt aan dat het amalgaam tijdens het mengen met een 2% keukenzoutoplossing is verontreinigd. Het bijschrift transp. duidt aan dat tijdens het mengen transpiratievocht is ingebracht. „Zuiver” betekent dat tijdens mengen en condenseren verontreiniging is vermeden (naar Schoonover, Souder en Beall⁸)

in een klinisch onderzoek in het Stockton State Hospital met zinkvrije alliages en vond geen spoor van secundaire expansies, en dat terwijl het amalgaam in de hand gekneed werd met een keukenzoutoplossing, terwijl speciaal de klasse 5 caviteiten voor deze vullingen werden uitgezocht. Het zink in de amalgaamalliage is dus een noodzakelijke voorwaarde voor het optreden van secundaire expansie. Een fraai onderzoek

van S c h o o n o v e r, S o u d e r e n B e a l l (8) in 1942 op het National Bureau of Standards te Washington maakt dan de zaak rond. De hoofdconclusie luidt, dat verontreiniging van amalgamen van zinkhoudende alliages met water, keukenzoutoplossingen, of met transpiratievocht, en dus ook speeksel, tot grote secundaire expansies leidt, terwijl zinkvrije alliages door deze verontreinigingen geen secundaire expansies gaan vertonen (fig. 1). Essentieel is dat de vochtverontreiniging gedurende het mengen of condenseren wordt ingebracht, zodat het zich fijn verdeelt in de vulling bevindt. Of het amalgaam na het condenseren met vocht in contact komt is niet meer belangrijk, anders zou immers elke zinkhoudende amalgaamalliage in de mondvloeistof vullingen met secundaire expansie moeten opleveren.

Achteraf beschouwd is het wel duidelijk waarom de oorzaak van de secundaire expansie zo moeilijk te vinden was. Er zijn immers tal van verschillende wijzen, waarop het vocht tijdens het mengen en condenseren ingebracht kan worden. Ten eerste door het kneden in de hand na afloop van het mengen, wat tot 1942 een normale werkwijze was. Ten tweede doordat speeksel, secreet of bloed tijdens het condenseren in de caviteit komt. Dat zal vooral bij caviteiten dichtbij of ten dele onder de gingiva plaats vinden; vandaar dat de klasse 5 caviteiten in het klinisch onderzoek de secundaire expansie vaker vertonen, dan die van andere klassen. Ten derde, en dat moet bij de proeven van W o r n e r deze onderzoeker parten hebben gespeeld, door koelen van amalgaam en mortier tijdens het mengen. In elk vertrek heerst een zekere relatieve vochtigheid. Plaatst men nu een voorwerp in dat vertrek met een temperatuur beneden het dauwpunt, dan slaat vocht neer op dat voorwerp. Hoe kouder het voorwerp is des te meer vocht zal erop neerslaan.

Wat de materiaalkundige onderzoekers parten heeft gespeeld, is zeker dat het verschijnsel bij mondtemperatuur veel sterker uitgesproken optreedt dan bij kamertemperatuur, waarbij zij vaak werkten. Tenslotte wordt reeds bij zeer lage zinkgehalten van de amalgaamalliage secundaire expansie gevonden, waardoor waarschijnlijk ook B l a c k misleid werd, in een tijd toen metalen niet die zuiverheid bezaten, die thans bereikbaar is. Hij vond immers verschil tussen mortier- en handmengen van een zinkvrije alliage.

Wij hebben nu wel gezien hoe secundaire expansie te voorschijn te roepen is, maar nog niet wat nu eigenlijk de reden van deze langzame grote expansie is. S c h o o n o v e r, S o u d e r e n B e a l l hebben ook daarover hun licht laten schijnen. Bij het kapotdrukken onder een vloeistof van amalgaamblokjes die secundaire expansie vertoonden, kwam een gas vrij, dat waterstof bleek te zijn. De hoeveelheid gas, die uit zulke blokjes kwam, was zodanig dat moest worden aangenomen, dat het gas zich ongeveer onder een druk van 150 at. bevond. Bevindt zich zo'n kleine gas-opéénhoping dicht bij het oppervlak van de vulling dan kan een plaatselijke uitstulping ontstaan, die soms openbarst en op het oppervlak een krater achterlaat. Bevinden de gas-opéénhopingen zich fijn verdeeld door de massa heen, dan wordt de vulling gelijkmatig opge-

blazen. De inwendige gasdruk laat de amalgaamvulling door materiaalverplaatsing — flow dus — een groter volume innemen. Het amalgaam wordt daardoor poreus. Dat de waterstof uit het ingebrachte vocht ontstaat is nogal voor de hand liggend. Maar welke rol speelt het zink in de alliage dan? Dat is eerst duidelijk geworden na het röntgen-fijnstructuur-onderzoek van verharde amalgamen door F r a n k e l en F a n k u c h e n (9) in 1952. Daarbij bleek dat het zink in de alliage, na het verharden van het amalgaam, tenminste voor een deel als zuiver zink of als mengkristal met kwik, dat veel zink bevat, in fijn verdeelde toestand door de gehele massa aanwezig is.

Blijkens dit onderzoek is in elk geval ook zuiver koper fijn verdeeld in het verharde amalgaam aanwezig. Het moet voorts niet onmogelijk worden geacht dat ook nog onomgezet kwik in de vulling voorkomt. In een met vocht verontreinigd verhard amalgaam zal dus een fijn verdeeld onedel metaal zink, een fijn verdeeld edel metaal koper en waarschijnlijk ook vloeibaar Hg, naast vocht in het amalgaam ingebed zijn. Deze vormen tezamen een galvanische cel, waarin het water tot waterstof ontleed wordt aan de edelmetaalzijde, terwijl het onedele metaal aan de andere zijde in oplossing gaat. Een nauwkeuriger beeld van wat zich bij de secundaire expansie afspeelt is thans niet te geven. O.a. ontbreekt informatie over de invloed die de hoeveelheid vocht, welke wordt ingebracht, op de grootte van de secundaire expansie uitoefent. Uit de reeds beschreven proeven van W o r n e r met het koelen van amalgaam bestaat wel de indruk, dat de hoeveelheid vocht in belangrijke mate bepalend is voor de grootte van de optredende secundaire expansie.

Nadat nu belicht is, welke factoren secundaire expansie veroorzaken en hoe zij deze secundaire expansie tot gevolg hebben, komt de belangrijkste vraag aan de orde, nl. hoe kan secundaire expansie vermeden worden.

In principe staan daarvoor twee wegen open.

De eerste is het weren van vochtverontreiniging gedurende het mengen en condenseren. Koelen van het vers gemengd amalgaam werd wel uitgevoerd in enkele grote klinieken. Het doel was om slechts éénmaal per dag amalgaam aan te maken, en dat in een koelkast te bewaren tot het gebruikt werd. O.a. wegens de grote vochtcondensatie, als het koude amalgaam in een warm vertrek komt, is deze procedure zeer verwerpelijk. Die fout is gemakkelijk vermijdbaar. Een veel voorkomende bron van vochtverontreiniging is stellig het kneden van het amalgaam in de hand, waardoor transpiratievocht in het mengsel komt. De Research commissie van de American Dental Association (10) heeft direct na het bekend worden van de resultaten van S c h o o n o v e r, S o u d e r e n B e a l l het kneden in de hand dan ook ontraden. Door het kneden in de hand achterwege te laten is het gevaar voor verontreiniging door transpiratie eenvoudig te bestrijden. Door het uitpersen van kwik uit te voeren in rubber en het amalgaam in de caviteit te brengen met een amalgaampistool is ook het verder aanraken met de handen geheel te vermijden. Het drogen van de caviteit levert doorgaans geen probleem op.

Het in de mond brengen van het amalgaam bevat echter nog wel een risico voor vochtverontreiniging.

Tijdens het mengen ondergaat het amalgaam een temperatuursverhoging van 4—8° C. (11) Bij mengen met een vingerling zal het amalgaam nog bovendien warmte opnemen van de vingers. Bij een kamertemperatuur van 20° C komt het amalgaam in het eerste geval,

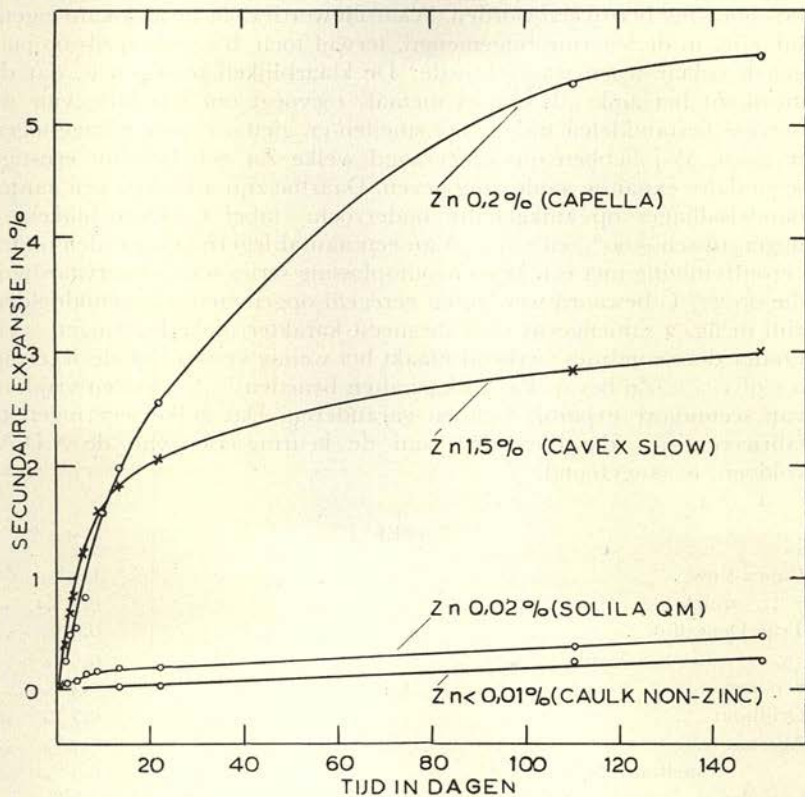


Fig. 2. Secundaire expansie van enige amalgamen vervaardigd van handelslegeringen, die tijdens het mengen met een keuzenzoutoplossing werden verontreinigd. Het zinkgehalte van deze legeringen is aangegeven. De curven stellen gemiddelden voor van 3 proefstaafjes

dan nog wel 10° C beneden mondtemperatuur in de mondholte, waar een hoge relatieve vochtigheid heerst. Er zou dus vocht op kunnen neerslaan, dat tijdens het condenseren door het amalgaam heengemengd wordt. Door het element met rubberdam van de mondatmosfera te isoleren zou dit risico in vele gevallen uitgesloten kunnen worden. Bij de klasse-vijf caviteiten, die grenzen aan de gingiva of daar ten dele onder liggen, is echter toetreding van vocht in de vorm van secret of bloed

niet in alle gevallen te vermijden en dan dient dus een andere oplossing te worden gezocht.

Het tweede antwoord op de vraag hoe de secundaire expansie verijd-baar is, is het voorkomen dat vrij zink in de vulling ontstaat. De eenvoudigste oplossing lijkt het weglaten of vervangen van het zink in de alliage door de fabrikant. Omdat de tandarts, zoals we zagen, niet in alle gevallen in staat is vocht te weren, moet deze mogelijkheid wel in de beschouwing betrokken worden. Waarom wordt door de fabrikant eigen-lijk zink in de legering bijgemengd, terwijl toch Black reeds 60 jaar geleden daar tegen waarschuwde? De klaarblijkelijke reden is, dat de fabrikant het zink (als onedel metaal) toevoegt om oxydatie van de overige bestanddelen tijdens het smelten en gieten van de alliage tegen te gaan. Wij hebben ons afgevraagd welke Zn gehalten tot ernstige secundaire expansie aanleiding geven. Daartoe zijn allereerst een aantal handelsalliaages op zinkgehalte onderzocht (tabel 1). Deze blijken te liggen tussen 0,00% en 1,5%. Van een aantal legeringen werden onder verontreiniging met een keukenzoutoplossing series staafjes vervaardigd, die op 37° C bewaard werden en geregeld opgemeten. De gemiddelden zijn in fig. 2 samengevat voor de meest karakteristieke legeringen (12). Onder deze condities werkend maakt het weinig verschil of de legering 0,1 of 1,5 % Zn bevat. Pas zinkgehalten beneden $\frac{1}{100}$ % zullen vrijdom van secundaire expansie kunnen garanderen. Dat zulke legeringen te fabriceren zijn, die bovendien aan de keuringseisen van de A.D.A. voldoen, is aangetoond.

TABEL 1

Cavex slow	1,5 % Zn
„ quick.	0,7 % „
True Dentalloy	0,5 % „
„ „ A-cut.	0,5 % „
Schöne	0,3 % „
Drijf hout	0,7 % „
Agestan	1,4 % „
„ snelhardend	0,3 % „
Capellet	0,06 % „
Tholen	1,5 % „
Capella 67	0,2 % „
Solila Quick-Mixing	0,02 % „
Caulk non-zinc	<0,01 % „

Moeten nu voortaan alle amalgaamvullingen met zinkvrije legeringen vervaardigd worden? Voor caviteiten, waarbij vochttoetreding niet te vermijden is, luidt het antwoord bevestigend. Voor de andere gevallen is het niet noodzakelijk en of het wenselijk is, is op dit moment nog dubieus. Er is wel betoogd, dat zinkvrije amalgaamlegeringen bij on-juiste verwerking sneller tot krimp aanleiding zouden geven. Pas als dat bezwaar weerlegd zou zijn — maar onderzoekingen daar omtrent zijn

nog niet bekend — zouden wij tot het algemeen gebruik van zinkvrije legeringen mogen adviseren.

Deze conclusies zijn voldoende afwijkend van de tot nog toe gangbare opvattingen in tandheelkundige kringen, dat ik meende ze onder het oog van de practici te moeten brengen.

Literatuur:

1. G. V. Black, Dental Cosmos **37** (1895), 553, 637 (ook 353, 469, 737)
Dental Cosmos **38** (1896), 965.
2. H. J. Healy en R. W. Phillips, J. Dental Research **28** (1949), 439.
3. A. W. Gray, Phys. Rev. series II, **18** (1921), 108, J.N.D.A. **6** (1919) 513,
909.
Interessant voor het onderwerp is ook J.N.D.A. **8** (1921) 197.
4. M. L. Warden en E. D. Scott, J.A.D.A. **19** (1932), 1683.
5. H. K. Wornner, Austr. J. Dentistry **41** (1937), 117.
vooral echter H. K. Wornner, Austr. J. Dent. **44** (1940), 81.
" " " " " " **45** (1941), 161.
6. Zie bijv. E. W. Skinner, The Science of Dental Materials (1954) 267.
7. J. T. Sweeney, J.A.D.A. **28** (1941), 2018.
8. I. C. Schoonover, W. Souder, J. R. Beall, J.A.D.A. **29** (1942),
1825.
9. C. B. Frankel en J. Fankuchen J.A.D.A. **44** (1952), 543.
10. Research Commission A.D.A., J.A.D.A. **28** (1941), 830
" " " " **29** (1942), 292.
11. Zie eerste verwijzing onder 3.
12. C. A. van Gunst en H. J. P. M. Hertog nog te publiceren metingen.