

- duced by four abrasives. *J Dent Res* 54: 993-998.
13. Harte, D. B., Manly, R. S. (1976): Four variables affecting magnitude of dentifrice abrasiveness. *J Dent Res* 55: 322-328.
 14. Heath, J. R., Wilson, H. J. (1974): The effect of dentifrices on restorative materials. *J Oral Rehab* 1: 47-54.
 15. Heath, J. R., Wilson, H. J. (1976 a): Surface roughness of restorations. *Br Dent J* 140: 131-138.
 16. Heath, J. R., Wilson, H. J. (1976 b): Abrasion of restorative materials by toothpaste. *J Oral Rehab* 3: 121-138.
 17. Hefferen, J. J. (1976): A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. *J Dent Res* 55: 563-574.
 18. Manly, R. S., Wiren, J., Harte, D. B., Ahern, J. M. (1974): Influence of method of testing on dentifrice abrasiveness. *J Dent Res* 53: 835-840.
 19. Muijderman, E. A. (1974): Inleiding in de tribotechniek. Uitg. Techn. Hogeschool Delft, Afd. Werktuigbouwkunde.
 20. Petrin, P. (1975): Licht und elektronenmicroscopische Untersuchungen über die Schleifkörper in den Oesterreichische gebräuchliche Zahnpasten. *Oesterr Z Stomatol* 72: 414-418.
 21. Peyton, F. A. (1968): Restorative dental materials. Mosby Co. St. Louis.
 22. Phillips, R. W. (1973): Science of dental materials. Saunders Co.
 23. Phillips, R. W., Swartz, M. L. (1953): Effects of diameter of nylon bristles on enamel surface. *J Am Dent Assoc* 47: 20-27.
 24. Pipko, D. J., El Sadek, M. (1972) An *in vitro* investigation of abrasion and staining of dental resins. *J Dent Res* 51: 689-706.
 25. Schiff, T., Volpe, A. R. (1975): A two-year clinical study comparing the effect of dentifrices on selected dental materials. *J Oral Rehab* 2: 407-412.
 26. Stookey, G. K., Muhler, J. C. (1968): Laboratory studies concerning the enamel and dentine abrasion properties of common dentifrice polishing agents. *J Dent Res* 47: 524-532.

Maart 1979.

Louwesweg 1,
1066 EA Amsterdam.

PULPA-IRRITATIE EN PULPABESCHERMING (SLOT)

D. F. VELDKAMP

*Uit de vakgroep Parodontologie-
Prothetodontie-Sosiodontie
van de rijksuniversiteit te Groningen.*

Trefwoorden: Pulpa - Restauratieve tandheelkunde

7.7. Silicaatcement

Silicaatcement-vullingen werken sterk irriterend op de pulpa. In de meeste gevallen vertoont de odontoblastenlaag, corresponderend met de geopende tubuli, een degeneratie. In het onderliggende pulpaweefsel wordt veelal een ontstekingsinfiltraat aangetroffen, dat vooral in diepere caviteiten aanleiding kan geven tot abcesvorming. Het beschreven beeld treedt vooral op bij cariësvrije elementen, die bij het onderzoek zijn gebruikt. Bij oudere patiënten en in gevallen waarbij door het cariësproces al afzetting van tertiair dentine heeft plaatsgevonden, is de reactie in het algemeen minder heftig of zelfs, bij ondiepe caviteiten, afwezig. Uit onderzoek van Zander (1959) blijkt dan ook dat het grootste percentage necrotische pulpae onder silicaatvullingen optreedt bij jonge patiënten. Verder is gebleken dat de diepte van de caviteit een grote invloed heeft op de pulpareactie: hoe dieper de preparatie, hoe groter de reactie. Silicaatcement brengt vooral schade

toe aan de pulpa wanneer het in contact is met gezond dentine. Daarom dient een uitbreiding van de caviteit in gezond weefsel tot een minimum beperkt te blijven.

Lange jaren gold het als vaststaand dat de pulpaschade alleen door de lage pH van het silicaatcement werd veroorzaakt. Reeds in 1949 twijfelde Prader er echter al aan of de irritatie door het fosforzuur wordt veroorzaakt. Indien zuur de enige oorzaak zou zijn voor de ontsteking, zou dit een steriele ontsteking moeten zijn. Prader toonde echter met zijn 'lokale Blutbilddiagnose' aan dat er steeds bacteriën aanwezig zijn, en wel gramnegatieve micrococci. Ook Roydhouse (1961) betwijfelde ernstig of zuur wel de enige oorzaak is. Hij veronderstelt de mogelijkheid dat neutralisatie van het zeer langzaam vrijkomende zuur een antigeen-antili-chaamreactie oproept en vraagt zich af of dit wellicht de oorzaak is van de pulp necrose.

De invloed van een bacterielaag onder de restauratie kan echter zeker ook pulpa-irritatie tot gevolg hebben. En-

kele weken na het aanbrengen van de restauratie kan een film van 5 tot 20 μ m dikte onder de vulling worden aangetoond, met penetratie van bacteriën in de tubuli.

Brännström (1976, 1977) is van oordeel dat de aanwezigheid van bacteriën een belangrijker oorzaak vormt voor pulpa-irritatie dan het restauratiemateriaal zelf. In een recent artikel (1979) toont hij aan dat silicaatcement in met Tubulicid behandelde caviteiten, en bacteriedicht van de mondholte afgesloten, zelfs in een geëxponeerde pulpa geen ontstekingsreactie oproept. Wel is soms een dunne necrotische laag aanwezig, vergelijkbaar met die onder calciumhydroxyde bij een directe pulpa-overkapping. Volgens hem is het verwijderen van bacteriën van de caviteitwanden en het aanbrengen van een onderlaag die de dentinekanaaltjes afsluit, noodzakelijk om (re-)infectie van de tubuli en dus irritatie van de pulpa te voorkomen.

In matig diepe caviteiten zal Copalite vermoedelijk voldoende bescherming geven. Toch is het gebruik ervan in dit geval niet aan te raden omdat het vrijhouden van de glazuurranden of het verwijderen van Copalite dat daarop terecht is gekomen, lastig kan zijn. Copalite op de randen van de preparatie belemmert diffusie van fluor-ionen uit het silicaat in het glazuur (Swartz e.a., 1962). Daarentegen wordt in recent onderzoek aangetoond dat fluoride-

opname zelfs door een dubbele laag Copalite niet wordt belemmerd.

Hoewel zinkfosfaatcement irriterend op de pulpa werkt, heeft dit cement toch gedurende vele decennia bewezen, vrijwel steeds een voldoende bescherming onder silicaatrestauraties te kunnen geven.

Als onderlagen kunnen ook calciumhydroxyde- en polycarboxylaatcementen gebruikt worden.

Een onderlaag van een calciumhydroxyde-cement, b.v. Dycal wordt door diverse onderzoekers als voldoende beschouwd. Er dient echter rekening mee te worden gehouden dat het Dycal door vrijgekomen zuur wordt aangetast, waardoor op den duur het zuur toch zou kunnen passeren. Het aanbrengen van Dycal alleen wordt echter veelal ontraden in uitgebreide en diepe caviteiten, omdat de silicaat-gel zuur blijft reageren en dus bij voortduring H-ionen afgeeft. Het is zeer wel mogelijk dat op den duur niet voldoende base aanwezig is om het zuur te neutraliseren.

De vorming van tertiair dentine wordt door silicaatcement nauwelijks bevorderd. Door cariës gevormd tertiair dentine schijnt wel enige bescherming te geven.

7.8. Composieten

Pulpareacties onder composieten zijn vergelijkbaar met die, welke door polymethylmethacrylaten en silicaatcementen worden veroorzaakt. Hoewel het grote aantal gepubliceerde onderzoeken door de uiteenlopende onderzoeksmethoden moeilijk vergelijkbaar is, bestaat de indruk dat de reactie op de diverse fabrikaten nogal uiteenloopt. Vaak wordt aangegeven dat de aanvankelijk toegebrachte schade reversibel is. Van belang is de waarneming dat een ontsteking van de pulpa zich klinisch niet direct manifesteert door het optreden van pijn, een verschijnsel dat zich eveneens voordoet bij silicaatcementvullingen.

Onderhuidse implantatie van composieten veroorzaakt geen heftige reacties. Na omstreeks vier weken is het composiet geheel ingekapseld en wordt slechts weinig ontsteking meer

gevonden (Sayegh en Reed, 1969; Kai Chin Chan e.a., 1972).

Door verschillende onderzoekers wordt de afstand van de caviteitbodem tot de pulpa beschouwd als een factor, die de pulpareactie beïnvloedt. Anderen zijn van oordeel dat de irriterende werking onafhankelijk is van deze afstand en het reeds gevormde tertiair dentine (Suarez e.a., 1970; Golo e.a., 1972). Volgens Baume (1971) is de reactie van de pulpa bij oudere patiënten heviger dan bij jongere elementen, juist tegengesteld aan hetgeen bij silicaatrestauraties wordt gevonden.

Bescherming van de pulpa is evenzeer noodzakelijk als bij silicaatcement. Zinkfosfaatcement komt niet in aanmerking omdat de irriterende bestanddelen hierdoor diffunderen. Zinkoxyde-eugenolcement en Copalite beïnvloeden de hardingsreactie van composieten en zijn daarom niet bruikbaar.

Wel in aanmerking komen Dycal – hoewel het oppervlakkig enigszins door composiet wordt aangetast – als mede polycarboxylaatcementen en Tubulitec.

Brännström (1974) is van mening dat pulpa-irritatie die bij composieten en andere, tijdens verharding krimpende, vulmaterialen optreedt, wordt veroorzaakt door penetratie van bacteriën tussen vulling en caviteitwand. De pulpa-irritatie bleek namelijk steeds gecorreleerd aan het aantal bacteriën dat onder de restauratie in de dentinekanaaltjes werd aangetroffen. Indien een caviteit, waarvan de wanden zijn behandeld met Tubulicid, wordt gevuld met Adaptic, en de vulling van de mondholte wordt geïsoleerd door een laag Cavit of zinkoxyde-eugenolcement, dan treedt geen pulpareactie op, zelfs niet bij diepe caviteiten.

Wanneer de etstechniek wordt toegepast dient het dentine te worden beschermd tegen de inwerking van het zuur. Bij applicatie van fosforzuur of citroenzuur worden de tubuli trechtervormig verwijd tot een diepte van 10 tot 20 μm (Brännström, 1974). Tevens wordt door het zuur ernstige schade aan de pulpa toegebracht.

Bescherming van het geëxponeerde dentine moet geschieden met Dycal.

7.9. Amalgaam

Van de blijvende restauratiematerialen oefent amalgaam de geringste irritatie uit op de pulpa, zelfs wanneer geen vernis wordt gebruikt. In ondiepe preparaties veroorzaakt amalgaam in het geheel geen of uitermate geringe reacties. In caviteiten waar de afstand van caviteitbodem tot pulpa klein is, worden geringe veranderingen gevonden, waarvan de pulpa zich binnen ongeveer een maand geheel herstelt onder vorming van tertiair dentine (Silberkweit, 1955; Granath en Möller, 1971). De reactie is gekenmerkt door reductie van de odontoblastenlaag en beperkte aanwezigheid van leucocyten. Alleen Swerdlow en Stanley (1962) vonden ernstiger pulporeacties onder amalgaamrestauraties.

Bij onderhuidse implantatie bij ratten treedt de eerste dagen een matige ontstekingsreactie op die na twee weken tot licht is gereduceerd en daarna nog wel iets afneemt, maar niet geheel verdwijnt (Mitchell, 1959).

Aangezien de thermische geleidingscoëfficiënt van amalgaam 40 maal zo hoog is als die van de harde tandweefsels, is vooral bij diepe caviteiten een isolerende tussenlaag noodzakelijk. De cementen die voor thermische isolatie in aanmerking komen zijn: polycarboxylaatcement, zinkfosfaatcement, zinkoxyde-eugenolcement en calciumhydroxyde-cementen. De thermische geleidingscoëfficiënt van deze cementen ligt in dezelfde orde van grootte als die van dentine. Daarom is het onjuist een caviteit te verdiepen ten einde een isolerende cementlaag te kunnen aanbrengen om temperatuurinvloeden op de pulpa te voorkomen.

Door galvanische activiteit kunnen metaalionen in dentine penetreren. Hoeveel onderzoek met moderne technieken zoals spectroscopische micro-analyse met laserstralen-emissie (Söremark e.a., 1968) aantoont dat alle metalen uit amalgaamrestauraties in het dentine doordringen, is het geenszins duidelijk welke invloed deze metalen uitoefenen op het pulpaweefsel. Wel is met radiografische middelen aangetoond dat penetratie

van metaalionen door het gebruik van Copalite geheel kan worden voorkomen.

Klinische ervaring gedurende lange jaren heeft geleerd dat het aanbrengen van een film Copalite onder amalgaamrestauraties verkeuringen van het element geheel voorkomt (Eames en Hollenback, 1966).

Bij onderzoek met radio-actieve isotopen blijkt dat gedurende de eerste dagen tot weken een belangrijke marginale lekkage aanwezig is, en dat deze niet kan worden gereduceerd door een goede meng- of condensatietechniek (Phillips, 1973). Corrosieproducten die zich na enige tijd vormen, zijn er de oorzaak van dat bij een amalgaamrestauratie na drie maanden nauwelijks nog marginale lekkage optreedt en dat deze na zes maanden geheel is verdwenen, ook bij de nieuwe non- γ -amalgamen (Jørgensen, 1977). Het uitstekende klinische gedrag van amalgaamvullingen is vermoedelijk hieraan te danken.

Hoewel het (nog) niet mogelijk is gebleken onomstotelijk vast te stellen of een pulpreactie onder een amalgaamvulling wordt veroorzaakt door microlekkage of door invloeden van het amalgaam zelf, is het wel zeker dat de reactie door het aanbrengen van een laag Copalite of Tubulitec aanmerkelijk wordt gereduceerd of zelfs geheel voorkomen. Het feit dat de dentinekanaaltjes worden afgesloten door deze caviteitlakken geeft evenmin uitsluitend over de vraag, wat nu precies de pulpa irriteert. Het lijkt het meest waarschijnlijk dat door marginale lekkage bacteriën in de ruimte tussen vulling en caviteitwand penetreren en dat hun toxinen via de bij de preparatie geopende tubuli in staat zijn de pulpa te irriteren.

De spleet tussen caviteitwand en amalgaam varieert, afhankelijk van de wijze van condenseren en het kwikgehalte, van 7 tot 30 μm (de grootte van een lactobacil bedraagt ongeveer 2 μm) zodat grote aantallen bacteriën bij temperatuurwisselingen in- en uitstromen. Er zijn aanwijzingen dat behalve irritatie door bacteriën ook het kwik in het amalgaam bij het condenseren een

nadelige invloed kan uitoefenen (Granath en Möller, 1971).

De gevoeligheid die soms postoperatief optreedt, vooral bij klasse V-restauraties, wordt veelal toegeschreven aan marginale lekkage. Het gebruik van een caviteitlak (het meeste onderzoek is gedaan met Copalite en Tubulitec) voorkomt vrijwel steeds spontane postoperatieve pijn. Isolatie tegen thermische prikkels kan van deze caviteitlakken niet worden verwacht.

In vitro is aangetoond dat het aanbrengen van Copalite het optreden van secundaire cariës belemmert (Grieve, 1973). Het gebruik van Copalite bij amalgaamrestauraties is dan ook als routinebehandeling aan te bevelen (Barber e.a., 1964; Eames, 1966; Dachi, 1967; Castagnola, 1968; Going, 1964, 1972; Phillips, 1973). De retentie van een amalgaamrestauratie wordt door het aanbrengen van een dunne laag Copalite niet beïnvloed.

Geraadpleegde literatuur:

1. Amet, E. M., Sayegh, F. S. (1977): Pulp response to enamel restorations in teeth of rhesus monkeys. *J Prosthet Dent* 37:42.
2. Barber, D., Leyell, J., Massler, M. (1964): Effectiveness of copal varnish under amalgam restorations. *J Prosthet Dent* 14:533.
3. Baume, L. J., Fiore-Donno, G., Holz, J. (1971): La réaction pulpaire à l'égard de l'Addent XV et sa prévention. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 81:1099.
4. Brännström, M. (1963): Reaction of the pulp to amalgam fillings. *Odont Revy* 14:244.
5. Brännström, M. (1974): Effect of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: A scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent* 31: 422.
6. Brännström, M., Nyborg, H. (1971): The presence of bacteria in cavities filled with silicate cement and composite resin materials. *Swed Dent J* 64:149.
7. Brännström, M., Nyborg, H. (1972): Pulpal reactions to composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 27:181.
8. Brännström, M., Nyborg, H. (1976): Pulp reaction to a temporary zinc oxide eugenol cement. *J Prosthet Dent* 35:105.
9. Brännström, M., Nyborg, H. (1977): Pulpal reaction to polycarboxylate and zinc phosphate cements, used with inlays in deep cavity preparations. *J Am Dent Assoc* 94:308.
10. Brännström, M., Vajinovic, O. (1976): Response of the dental pulp to invasion of

- bacteria around three filling materials. *J Dent Child* 43:83.
11. Brännström, M., Vojinovic, O., Nordenvall, K. J. (1979): Bacteria and pulpal reactions under silicate cement restorations. *J Prosthet Dent* 41:290.
12. Castagnola, L., Garderoglio, R. (1968): Können Lacke die Spaltbildung zwischen Kavität und Füllungs-material beeinflussen? *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 78:766.
13. Chong, W. F., Swartz, M. L., Phillips, R. W. (1967): Displacement of cement bases by amalgam condensation. *J Am Dent Assoc* 74:96.
14. Dachi, S. F., Stegers, W. R. (1967): Reduction of pulpal inflammation and thermal sensitivity in amalgam-restored teeth treated with copal varnish. *J Am Dent Assoc* 74:1281.
14. Eames, W. B., Hollenback, G. M. (1966): Cavity liner thicknesses and retentive characteristics. *J Am Dent Assoc* 72:69.
15. Eames, W. B., O'Neal, S. J., Rogers, L. B. (1976): Composite plain talk. *J Am Dent Assoc* 92:550.
16. Ellis, J. M., Brown, L. R. (1967): Application of an in vitro cariogenic technic to study the development of carious lesions around dental restorations. *J Dent Res* 46:403.
17. Erikson, H. M. (1974): Protective effect of different lining materials placed under composite resin restorations in monkeys. *Scand J Dent Res* 82:373.
18. Going, R. E. (1964): Cavity liners and dentin treatment. *J Am Dent Assoc* 69:415.
19. Going, R. E. (1972): Microleakage around dental restorations, a summarizing review. *J Am Dent Assoc* 84:1349.
20. Golo, G., Jordan, R. E. (1972): Pulpal response to composite resin materials. *J Prosthet Dent* 28:601.
21. Gourley, J. M., Rose, D. E. (1972): Comparison of three cavity base materials under amalgam restorations. *J Can Dent Assoc* 38:406.
22. Grajower, R., Hirschfeld, Z., Zalkind, M. (1974): Compatibility of a composite resin with pulp isolating materials, a scanning electron microscopic study. *J Prosthet Dent* 32:70.
23. Granath, L. E., Möller, B. (1971): Reaction of the human dental pulp to silver amalgam restorations. Effect of insertion of amalgam of high plasticity in shallow cavities. *Acta Odontol Scand* 29:165.
24. Grieve, A. R. (1973): The occurrence of secondary caries like lesions in vitro. *Br Dent J* 134:530.
25. Kai Chin Chan, Soni, N. J., Khowassa, M. A. F. (1972): Tissue reactions to two composite resin resins. *J Prosthet Dent* 27:176.
26. Langeland, K., Dogon, L. I., Langeland, L. K. (1970): Pulp protection for two composite resin restorative materials. *Aust Dent J* 15:349.
27. Langeland, L. K., Gutto, J., Jerome, D. R., Langeland, K. (1966): Histologic and

- clinical comparison of Addent with silicate cements and cold curing materials. *J Am Dent Assoc* 72:373.
28. Massler, M., Barber, T. K. (1953): Action of amalgam on dentin. *J Am Dent Assoc* 47:415.
 29. Mitchell, D. F. (1959): The irritational qualities of dental materials. *J Am Dent Assoc* 59:954.
 30. Möller, B., Granath, L. E. (1973): Reactions of the human dental pulp to silver amalgam restorations. The effect of insertion of amalgam of high plasticity in deep cavities. *Acta Odontol Scand* 31:187.
 31. Nelson, R. J., Wolcott, R. B., Paffenberger, G. C. (1952): Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J Am Dent Assoc* 44:288.
 32. Oldhave, D. F., Swartz, M. J., Phillips, R. W. (1964): Retention properties of dental cements. *J Prosthet Dent* 14:760.
 33. Peyton, F. A., Craig, R. G. (1971): Restorative dental materials. 4th ed., Mosby.
 34. Phillips, R. W. (1965): Cavity varnishes and bases. *Dent Clin North Am*, p.159.
 35. Phillips, R. W. (1970): Composite restorative resins. *J Am Dent Assoc* 80:357.
 36. Phillips, R. W., Johnson, R. J., Phillips, L. J. (1956): An improved method for measuring the coefficient of thermal conductivity of dental cement. *J Am Dent Assoc* 53:577.
 37. Prader, F. (1949): Diagnose und Therapie der infizierten Wurzelkanäle. Schwabe, Basel.
 38. Retief, D. H., Austin, J. C., Fatti, L. P. (1974): Pulpal response to phosphoric acid. *J Oral Pathol* 3:114.
 39. Roydhouse, R. H. (1961): Silicate cements and pulpal degeneration. *J Am Dent Assoc* 62:670.
 40. Sayegh, F. S., Reed, A. J. (1969): Tissue reactions to a new restorative material. *J Prosthet Dent* 22:468.
 41. Silberkweit, M., Massler, M., Schour, I., Weinmann, J. P. (1955): Effects of filling materials on the pulp of the rat incisor. *J Dent Res* 34:854.
 42. Söremark, R., Wing, K., Olson, K., Goldin, J. (1968): Penetration of metallic ions from restorations into teeth. *J Prosthet Dent* 20:531.
 43. Suarez, C. L., Stanley, H. R., Gilmore, H. W. (1970): Histopathologic response of the human dental pulp to restorative resins. *J Am Dent Assoc* 80:792.
 44. Swartz, M. L., Niblack, B. F., Alter, E. A., Norman, R. D., Phillips, R. W. (1968): In vivo studies on the penetration of dentin by constituents of silicate cement. *J Am Dent Assoc* 76:573.
 45. Swerdlow, H., Stanley, H. R. (1962): Response of the human pulp to amalgam restorations. *Oral Surg* 15:499.
 46. Virmani, R., Norman, R. D., Swartz, M. L., Phillips, R. W. (1970): The pH of setting cements in vivo. *J Prosthet Dent* 23:66.
 47. Voth, E.D. (1966): Thermal diffusion through amalgam and various liners. *J Dent Res* 45:1184.
 48. Zander, H. H. (1946): The reaction of den-

tal pulps to silicate cements. *J Am Dent Assoc* 33:1233.

49. Zander, H. H. (1959): Pulp response to restorative materials. *J Am Dent Assoc* 59:911.

Adres: Prof. D. F. Veldkamp,
Ant. Deusinglaan 1,
9713 AV Groningen.

Rectificatie

In het artikel 'Pulpa-irritatie en pulpabescherming IV, van de auteur D. F. Veldkamp, gepubliceerd in de juli/augustus-aflevering van deze jaargang, is – bij de opmaak van de desbetreffende proeven – ter drukkerij op pagina 270 tussen de eerste en tweede kolom een regel uitgevallen.

Voor alle duidelijkheid wordt deze regel hieronder (cursief) weergegeven in de context van de gehele alinea waarin dit zinsgedeelte ontbrak.

'Potentiaalverschillen tussen verschillende metalen in de mondholte en ook tussen verschillende metalen in één restauratie veroorzaken galvanische stromen die corrosie tot gevolg hebben. Een goudinlay en een amalgaamrestauratie die geen contact maken in dezelfde mond kunnen een elektrische stroom van 0.5 tot 1 micro-ampère opwekken. De hoeveelheid stroom tussen restauraties en ook die in dezelfde restauratie vermindert in de loop van de tijd slechts zeer weinig.'

Boekbesprekingen

Lenore Wiegman-Ho: *The kinetics of the hydration of calcium sulfate hemihydrate and cement, investigated by an electrical resistance method.* 120 pag. Proefschrift Universiteit van Amsterdam, 1979.

De dissertatie is gebaseerd op de bestudering van de snelheid waarmee de verhardingsreacties van gips, portlandcement en van hoogovencement verlopen. Dit geschiedt door de bepaling van het verloop van het elektrische geleidingsvermogen tijdens de verharding.

De meeste aandacht is gegeven aan de verharding van gips, in de vorm van chemisch zuiver calciumsulfaathemihydraat en van Velmix, omdat de chemische reactie hiervan met water veel minder complex is dan de verharding van bouwementen. Een

uitgebreide thermodynamische behandeling van de gipsverharding is dan ook opgenomen.

Het idee om door gebruikmaking van een weerstandsmeting een maatstaf te vinden voor de initiële verharding van gips, is in de tandheelkunde reeds langere tijd bekend. Mevrouw Wiegman-Ho heeft er echter een nieuwe dimensie aan toegevoegd. Het blijkt nl. dat een redelijk eenvoudige empirische formule opgesteld kan worden die het verloop van de gipsverharding weergeeft. De elektrische geleidbaarheid, gemeten bij een constante stroom, verandert niet gedurende de zgn. inductieperiode, dus tot het moment dat de uitharding een aanvang neemt. Vervolgens neemt de geleidbaarheid af volgens een exponentiële curve, die door één snelheidsconstante gekarakteriseerd kan worden. Door middel van de snelheidsconstante en de inductie-

periode is het tempo van de gipsverharding dus volledig omschreven.

Het aardige van deze methode is nu dat nagegaan kan worden in welke mate de snelheid van de gipsverharding wordt beïnvloed door toevoegingen zoals versnellers en vertragers en door o.a. een variatie in de mengtijd.

De auteur van het proefschrift heeft ook aandacht gegeven aan de uitharding van portlandcement en hoogovencement. Dit onderdeel is echter minder uitgebreid behandeld. Het schijnt dat behalve de inductieperiode, die meerdere uren beslaat, er nu twee snelheidsconstanten moeten worden ingevoerd om de uitharding te omschrijven.

H. P. L. Schoenmakers