

Hechting aan dentine

Samenvatting

De ontwikkeling van hechtsystemen aan dentine concentreert zich voornamelijk op de mogelijkheid van chemische hechting. Hoewel glasionomeercement zowel aan glazuur als aan dentine chemisch hecht en zich bewezen heeft als klasse V-restauratiemateriaal, is toch het uiteindelijke doel om met de esthetische composietmaterialen een stevige, duurzame hechting tot stand te brengen. In deze bijdrage wordt nader ingegaan op het mechanisme van chemische hechting aan dentine-apatiet en collageen.

DE GEE AJ. Hechting aan dentine. Ned Tijdschr Tandheelkd 1990; 97: 109-13.

A. J. de Gee, chemicus

Uit de vakgroep Tandheelkundige
Materiaalwetenschappen van het Academisch
Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA).

Trefwoorden: **Restauratieve tandheelkunde –
Materiaalkunde – Dentinehechting**

Datum van acceptatie: 12 januari 1990.

Adres: Dr. A. J. de Gee, Louwesweg 1, 1066 EA
Amsterdam.

1 INLEIDING

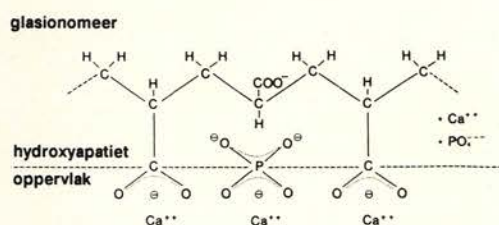
Het ideale restauratiemateriaal moet een sterke permanente hechting met de harde tandweefsels aangaan. Ondersnijdingen voor retentie zijn dan overbodig, zodat veel gezond weefsel gespaard kan blijven. Tevens wordt daardoor penetratie van bacteriën en kleurstoffen tegengegaan, en daarmee secundaire cariës, pulpaschade en randverkleuring. Dit ideaalbeeld heeft ertoe geleid, dat zeer veel onderzoekers zich bezighouden met de ontwikkeling van dentinehechtsystemen. Dit artikel behandelt de mogelijkheden van chemische hechting aan dentine en beschrijft voor een aantal recente dentinebondings op welk mechanisme de hechting is gebaseerd.

2 CHEMISCHE HECHTING AAN GLAZUUR

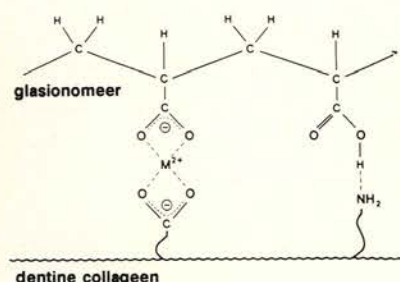
Chemische hechting aan glazuur, dat bijna uitsluitend uit hydroxylapatiet bestaat, kan tot stand komen via de fosfaationen en/of calciumionen, zoals dat bijvoorbeeld het geval is voor glasionomeercement.¹ De carboxylaationen (COO^-) van het glasionomeercement verdringen de fosfaationen aan het apatietoppervlak, waardoor een stevige ionogene verankering met het glazuur optreedt (afb. 1).² Daarnaast kunnen de Ca-ionen ionogene bruggen vormen tussen het glasionomeercement en hydroxylapatiet. De hechtsterkte aan glazuur bedraagt ongeveer 4-6 MPa*.⁴

3 CHEMISCHE HECHTING AAN DENTINE

De hechtsterkte van glasionomeercement aan dentine is kleiner dan aan glazuur (ca. 3



Afb. 1. Mechanisme van adhesie van glasionomeercement aan hydroxylapatiet volgens Wilson.²



Afb. 2. Mechanisme van adhesie van glasionomeercement aan dentinecollageen. (M stelt een metaalion voor) volgens Wilson.³

MPa), omdat dentine slechts voor 50 volume procent uit hydroxylapatiet bestaat. Dat de hechtsterkte toch groter is dan de helft van die aan glazuur, komt omdat tevens brugvorming met het dentinecollageen plaatsvindt (afb. 2). Etsen van het dentine leidt tot verzwakking van de hechting (afb. 3), omdat de Ca-ionen uit het hydroxylapatiet (noodzakelijk voor de binding van de carboxylaatgroepen van het glasionomeercement) door het zuur worden verwijderd.

Ondanks de relatief lage hechtsterkte blijken glasionomeerrestauraties van bijvoorbeeld klasse V-erosies niet los te raken. De esthetische eigenschappen zijn echter gering vanwege de snelle verruwing van het oppervlak. Glasionomeercement wordt daarom vaak gebruikt in combinatie met composiet en fungeert dan als een intermediair tussen dentine en composiet. Met de composiet komt een micromechani-

sche hechting tot stand, nadat het glasionomeercement is geëtsd. De hechtsterkte is echter afhankelijk van het soort glasionomeercement, dikte van de laag, de etsprocedure en het tijdstip van etsen en kan variëren tussen 2 en 14 MPa.

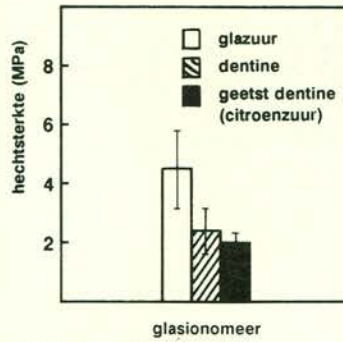
Als gevolg van de polymerisatiekrachten van composiet kunnen zich drie situaties voordoen. Wanneer de hechtsterkte tussen composiet en glasionomeercement van voldoende kwaliteit is, kunnen de krimpkrachten van de composiet de glasionomeer-dentinehechting verbreken, maar ook kan in het glasionomeercement zelf een cohesieve breuk optreden. Is de hechtsterkte met de composiet van onvoldoende kwaliteit, dan zal de hechting met de composiet verloren gaan. Deze onzekerheden in het dentine-glasionomeer-composietsysteem stimuleren de ontwikkeling tot een betere hechting tussen dentine en composiet.

*) 1 MPa = 10 kg/cm²

4 DENTINE-HECHTMIDDELEN

Directe hechting van composiet aan dentine is niet mogelijk. Composiet is zo hydrofoob en dentine altijd vochtig, dat het benodigde intieme contact voor de totstandkoming van een chemische hechting (ionogeen of covalent) of van een micromechanische bijdrage in de hechting, niet kan plaatsvinden. Om composiet aan dentine te hechten, zal dus altijd een intermediair adhesief nodig zijn. Dit adhesief moet hydrofiel zijn ten opzichte van het dentine en tegelijkertijd hydrofoob ten opzichte van composiet en met beide chemische bindingen aangaan. Wat het dentine betreft zou het adhesief moeten kunnen reageren met het hydroxylapatiet en/of het collageen naar het voorbeeld, zoals beschreven voor glasionomeercement. Verder bestaat de mogelijkheid om naast de ionogene brugvorming moleculen aan collageen te 'enten' (Eng.: grafting) met de zeer sterke covalente bindingen. Molecuulgroepen van het collageen, die hiervoor in aanmerking komen zijn weergegeven in afbeelding 4.

De adhesieven, die in de loop der jaren ontwikkeld zijn om op een van de bovenbeschreven manieren aan dentine te hechten en vervolgens ook met composiet kunnen reageren door middel van copolymerisatie van verschillende acrylaatgroepen worden dentinehechtmiddelen of dentinebondings genoemd. Van het snelgroeende aantal dentinehechtsystemen, dat op de tandheelkundige markt terecht komt, zijn enkele vermeld in de tabel I. Meestal verschijnen deze producten op de markt na een laboratoriumevaluatie van de hechtsterkte. Het klinische succes is hier echter niet altijd mee gerelateerd, zoals uit de tabel blijkt. Sommige dentinebondings verdwijnen hierdoor weer geruisloos, of de fabrikant wijzigt de samenstelling al dan niet met een naamsverandering.



Afb. 3. Hechtsterkte van glasionomeercement aan glazuur en dentine.



Afb. 4. Functionele groepen van het dentinecollageen, die in aanmerking komen voor covalente bindingen d.m.v. 'enten'.

5 DENTINESMEERLAAG

De smeerlaag (zie bijdrage Cox) sluit de dentinetubuli af en kan als barrière dienen tegen een invasie van bacteriën, mocht deze zich voordoen. Om deze reden zou het dus te prefereren zijn de dentinebonding direct aan de smeerlaag te hechten. Voor een aantal dentinebondings wordt de smeerlaag intact gehouden, door deze alleen met water of een andere neutrale vloeistof te reinigen (zie tabel). Voor andere hechtsystemen wordt de smeerlaag juist wel verwijderd. Dit gebeurt dan met cleansers zoals bijvoorbeeld citroenzuur, polyacrylzuur, fosforzuur, aluminiumoxalaat of EDTA. Aangezien dentinebondings doorgaans ontwikkeld zijn om ionogene bindingen met het hydroxylapatiet en collageen aan te gaan, zoals beschreven voor glasio-

nomeercement, is het verwijderen van de smeerlaag en vervolgens ontkalken (onttrekken van Ca-ionen) van het onderliggende dentine door een zuur niet gunstig voor de ionogene hechting. Dit kan worden ondervangen door ervoor te zorgen dat weer andere metaalionen aan de apatietstructuur gebonden worden, zoals dat gebeurt met de cleanser van Superbond® (Sun Medical) of Tenure® (Denmat). Cleansers met deze eigenschap (i.e. de samenstelling van het substraatoppervlak chemisch te veranderen), worden conditioners genoemd. Een tweede manier om door het tekort aan Ca-ionen, als gevolg van de cleansingprocedure, geen verlies aan hechting te krijgen, is de dentinebonding covalent te binden ('enten') aan het collageen (afb. 4). Een voorbeeld hiervan is Gluma® (Bayer), dat zich chemisch bindt met de collageen aminogroepen. Voor het verwijderen van de smeerlaag mag hier echter alleen gebruik gemaakt worden van de neutrale (decalcificerende) EDTA-oplossing. Zuren, zoals fosforzuur inactiveren de aminogroepen, waardoor koppeling niet meer mogelijk is.⁵

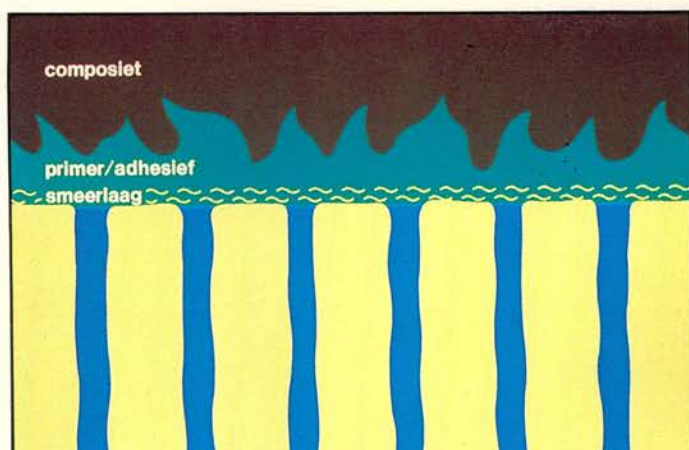
Naast het intact houden of verwijderen van de smeerlaag is er nog de mogelijkheid om de smeerlaag te modifieren met een primer met de bedoeling om een verwevenheid tussen smeerlaag en bonding te laten ontstaan. Scotchbond® (3M), Tripton® (ICI) en in zekere mate Scotchbond 2® (3M) berusten op dit principe. Na applicatie van de primer mag niet worden gespoeld zoals bij de cleansers en conditioners. De reactieproducten moeten op het dentineoppervlak blijven.

De dentinevoorbereiding is dus zeer afhankelijk van de bonding die gebruikt gaat worden. Voor maximale hechting van het product moet het voorschrift van de fabrikant dus nauwkeurig opgevolgd worden.

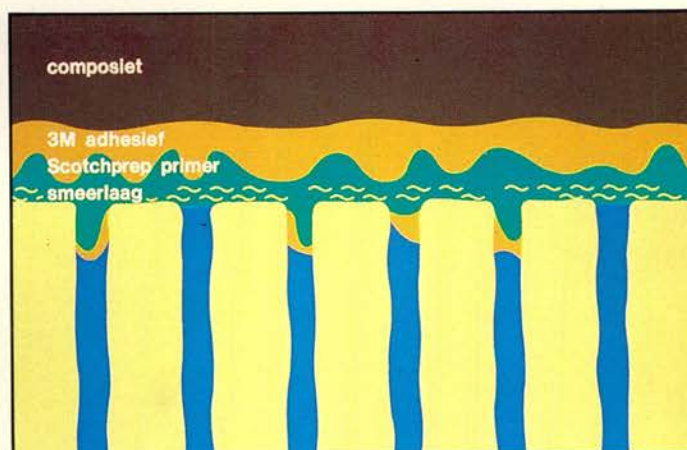
Tabel I. Enige voorbeelden van dentine-hechtsystemen.

Dentine-hechtmiddel	Fabrikant	Dentine voorbehandeling	Schuifsterkte (MPa)*	Verlies (%) uit klasse V (erosies) na 1 jr.
Superbond	Sun Medical	Fe-oxalaat	17	
Scotchbond 2	3M	water	15	
Gluma	Bayer	EDTA	14	18
Tripton	ICI	bisguanide	11	
Universal Bond	Cauk	water	9	40
Tenure	Denmat	Al-oxalaat	9	
Scotchbond	3M	water	6	21
Bond Lite	Kerr	water	6	25
Clearfil New Bond	Kuraray	fosforzuur	6	
Dentin Bond	Bosworth	water	6	
Creation Bonding Agent	Denmat	polyacrylzuur	5	96
Dentin Bonding Agent	J & J	water	5	35
Dentin Adhesit	Vivadent	water	4	77
Dentin Adhesive	Kulzer	water	1	83
Glasionomeercement			3	3

*) De opgegeven waarden zijn een gemiddelde van gegevens uit de literatuur.



Afb. 5. Schematische voorstelling van de morfologie van binding aan dentine van Scotchbond.



Afb. 6. Schematische voorstelling van de morfologie van binding aan dentine van Scotchbond 2.

6 SCOTCHBOND

Scotchbond (3M) wordt direct over de dentinesmeerlaag aangebracht nadat deze met water gereinigd is. Scotchbond is een tweecomponentensysteem op alcoholbasis. Het mengsel heeft door de lage pH een etsende werking, zodat de smearlaag hierin oplost. Het dringt niet door tot in de dentinetubuli, maar is bedoeld om de smearlaag te modificeren om binding mogelijk te maken met de composiet. De alcohol wordt met de luchtspuit verdampt en vervolgens wordt 10 sec. met de lamp uitgehard. Tenslotte wordt de composiet over de wat slijmerige massa aangebracht die onder de druk in de composiet uitloopt en het geheel wordt dan weer met de lamp uitgehard. Scotchbond fungeert dus tegelijkertijd als een primer en een adhesief. Calciumionen zorgen voor brugvorming tussen smearlaag en Scotchbond, dat zich middels zijn acrylaatgroepen bindt aan de composiet. Schematisch ziet de verkregen situatie er uit, zoals in afbeelding 5 is weergegeven.

Uit hechtsterkteproeven is gebleken dat de breuk steeds cohesief in de smearlaag optreedt en dus de sterkte bepalende factor is in de hechting.⁶ Omdat tijdens het prepareren altijd een smearlaag gevormd wordt, betekent dit, dat de hechtsterkte onafhankelijk is van de diepte van de preparatie. Bovendien zal tijdens het appliceren geen last worden ondervonden van de uitwaartse vloeistofstroom in de dentinetubuli.⁷ De schuifsterkte ligt in de orde van 6 MPa.

De smearlaag mag dus op geen andere wijze gereinigd worden dan met water. Een reiniging met bijvoorbeeld Tubulicid[®] of citroenzuur leidt reeds tot een verzwakking van de hechting (2-3 MPa), omdat de smearlaag daarin snel oplost en vervolgens wordt weggespoeld.

7 SCOTCHBOND 2

Bij Scotchbond 2 (3M) wordt de smearlaag

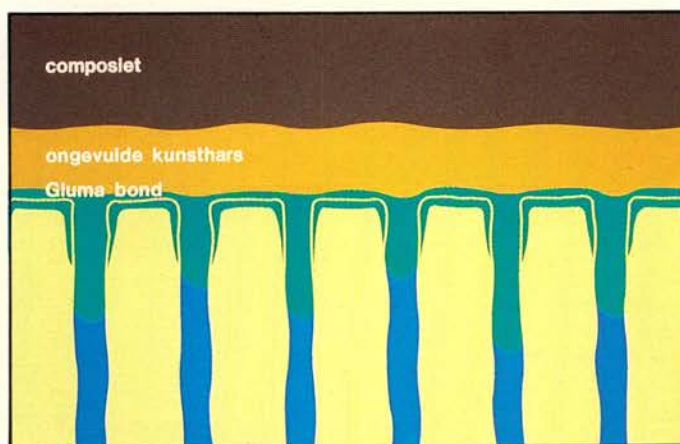
gedeeltelijk weggenomen en gemodificeerd door een primer. Deze primer, Scotchprep[®] genaamd, geeft een goede bevochtiging van de smearlaag, die vervolgens oplost, maar de tubuli deels afgesloten laat. De pH is aanvankelijk zeer laag (pH = 1,6), maar na 60 sec., wanneer met de luchtspuit gedroogd wordt, is de pH inmiddels gestegen tot 4,5. Het adhesief wordt direct over het gedroogde oppervlak aangebracht. Het penetreert de smearlaag, vloeit in de deels geopende tubuli en verenigt zich met de smearlaag na uitharden. Tenslotte wordt de composiet geapliceerd en uitgehard (afb. 6). Het hechtingsmechanisme is nog niet geheel bekend, maar berust waarschijnlijk op ionogene bruggen. De bindingen tussen primer, adhesief en composiet komen tot stand door koppelingen tussen de acrylaatgroepen tijdens de polymerisatie. *In vitro* zijn schuifsterkewaarden gevonden tot 15 MPa en hoger,⁸ en is cohesief in het adhesief.⁹

8 GLUMA

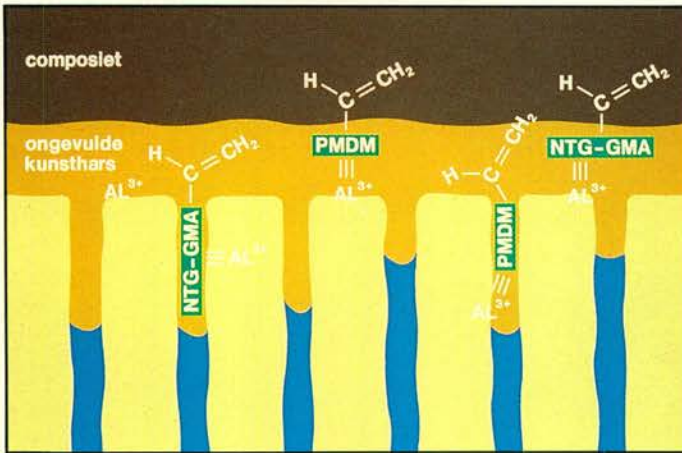
Voor het dentinehechtsysteem Gluma (Bayer) wordt de smearlaag eerst volledig

verwijderd. De cleanser die hiervoor wordt gebruikt in een neutrale waterige oplossing van EDTA, die in 30 sec. de smearlaag oplost en de dentinetubuli opent zonder ze te verwijderen. Na spoelen en drogen wordt Gluma Bond[®] aangebracht. Dit mengsel is goed in staat om het dentine te bevochtigen en te penetreren en diep in de geopende tubuli door te dringen tot diepten van circa 300 µm. Na 30 sec. wordt het Gluma met de luchtspuit gedroogd, waardoor een coating over het dentine gevormd wordt, die ook de tubuli afdekt. Het is echter de vraag of onder klinische omstandigheden dit ook gebeurt, aangezien de buitenwaartse vloeistofstroom in de tubuli het binnendringen van het Gluma zal bemoeilijken. Vervolgens wordt Bayer Resin[®] in een dunne laag aangebracht (bevat de gebruikelijke composiet monomeren) en direct hieroverheen de composiet, die gezamenlijk met de resin wordt uitgehard door belichting met de lamp (afb. 7).

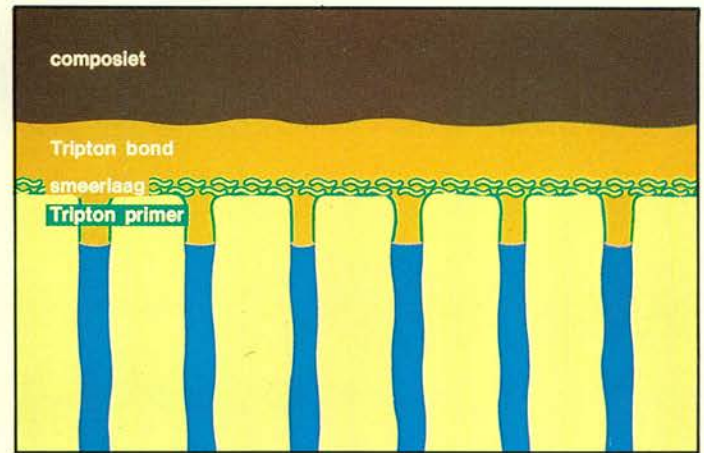
De binding met dentine is niet van ionogene aard, zoals bij vele andere bondings, maar covalent. Koppeling treedt, zoals eerder besproken, op met de aminogroepen van het collageen. De chemische integratie



Afb. 7. Schematische voorstelling van de morfologie van binding aan dentine van Gluma.



Afb. 8. Schematische weergave van binding aan dentine na conditioneren en 'primeren' met het Tenure-systeem. De vrije acetaatgroepen (C=C) copolymeriseren met die van de nog op te brengen ongevulde kunsthars.



Afb. 9. Schematische voorstelling van de morfologie van binding aan dentine van Tripton.

van Glumabond, Bayer Resin en composiet verloopt weer door reactie van de aanwezige acrylaatgroepen. Bestudering van het breukvlak na hechtsterkte proeven toont, dat de breuk in het Resin-composietsysteem optreedt.⁹ Er is dus geen adhesieve breuk met het dentine.

Met het Gluma-hechtsysteem zijn schuifsterkten tot 14 MPa geregistreerd.¹⁰

9 TENURE

De basis voor het Tenure-systeem (Den-Mat) werd gelegd door Bowen.¹¹ Het principe berust op het etsen van het dentine (smeerlaag verwijderen en etsen van dentine) en vervolgens het weer aanzuiveren van onttrokken Ca-ionen door toevoeging van andere metaalionen. Het deponeren van deze ionen in het dentine-oppervlak is noodzakelijk om ionogene bruggen te kunnen vormen met de primer. Het etsen en toevoegen van metaalionen gebeurt in één stap met de Tenure-conditioner, een waterige oplossing van aluminiumoxalaat met een pH = 0,8. De smeerlaag lost op en aluminiumionen nestelen zich in het dentine-oppervlak. Na 30 sec. wordt gesprayed met water. De ingebedde ionen blijven hierbij aan het dentine-oppervlak gebonden. Vervolgens worden NTG-GMA en PMDM (twee verbindingen op acrylaatbasis) opgelost in aceton en op het geconditioneerde dentine aangebracht. Dit mengsel is op te vatten als een primer. Beide genoemde verbindingen complexeren met de Al-ionen en met de resterende Ca-ionen van het hydroxylapatiet. Het mechanisme van binding aan het dentine na deze bewerkingen is schematisch weergegeven in afbeelding 8. Na 30 sec. wordt de aceton met de luchtspruit verdampt en wordt deze procedure nog eens herhaald. Vervolgens wordt een ongevulde kunsthars (Ultradent® of Visar Seal®) over het oppervlak gepenseeld die (mogelijk) tot enige diepte in de tubuli

doordringt. Samen met de composiet wordt de bond tenslotte uitgehard. De schuifsterkte van de hechting bedraagt circa 9 MPa en de breuk is cohesief in het kunstharssysteem.⁹

In een eerdere versie van Tenure werden het NTG-GMA en PMDM in twee afzonderlijke stappen aangebracht en na 30 sec. nogmaals herhaald. Dit stuitte op praktische bezwaren, omdat dit grote aantal stappen in de procedure tot fouten leidde. Nu worden beide componenten gezamenlijk geapliceerd.

10 TRIPTON

Deze zeer recent door ICI op de markt gebrachte dentinebinding, waar nog geen literatuur over beschikbaar is maar alleen produktinformatie, gaat net als Scotchbond uit van een intacte smeerlaag om deze te laten dienen als een beschermende af-

sluiting voor de dentinetubuli. Na reinigen van de caviteit met water en drogen, wordt de Tripton-primer aangebracht die de smeerlaag penetreert en enigszins de dentinetubuli intrekt. Het vormt zowel met het collageen als het hydroxylapatiet ionogene bruggen. Na 30 sec. inwerken wordt met perslucht gedroogd. Elektronenmicroscopische opname van het dentine-oppervlak na inwerking en drogen van de primer laten inderdaad zien dat de smeerlaag nog intact is en de dentinetubuli dus afdekt. Vervolgens wordt bonding opgebracht die de weg zoekt naar de primer, waarmee eveneens ionogene bruggen gevormd worden als de bonding uithardt. Met de composietuitharding komt er weer een binding tot stand via de polymerisatie van de acrylaatgroepen. Afbeelding 9 geeft schematisch weer hoe dentine, smeerlaag, bonding en composiet met elkaar verweven zijn. De schuifsterkte van de hechting bedraagt volgens de fabrikant 11 MPa.

SUMMARY

BONDING TO DENTIN

Key words: Dental restoration – Dental materials – Dentin bonding

The development of adhesive systems is mainly concentrated on the possibility of chemical bond formation. Although glass-ionomer bonds chemically both to enamel and dentin and proved to be a successful restorative in class V restorations, the ultimate goal is to accomplish a strong and durable bond with the esthetic composite materials. The mechanism of chemical bonding to dentin apatite and collagen is discussed for a number of recently developed dentin bonding agents. Bond strengths up to 15 MPa can be obtained, but these are still not able to resist the forces of polymerization shrinkage of the composite materials.

LITERATUUR

- 1 WILSON AD, PROSSER HJ. A survey on inorganic and polyelectrolyte cements. *J Dent Res* 1984; 157: 449-54.
- 2 WILSON AD, PROSSER HJ, POWIS DM. Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res* 1983 63: 590-2.
- 3 WILSON AD. Alumino-silicate polyacrylic acid and related cements. *Br Polym J* 1974; 6: 169-79.
- 4 NEGM MM, BEECH DR, GRANT AA. An evaluation of mechanical and adhesive properties of polycarboxylate and glass ionomer cements. *J Oral Rehabil* 1982; 9: 161-7.

11 BESLUIT

Naast de beschreven voorbeelden van dentinebondings rouleren op de tandheelkundige markt nog vele andere (zie o.a. de tabel). Tot dusver is, ondanks de toch hoge hechtsterkten die ermee verkregen kunnen worden, geen enkel produkt in staat om microlekkage uit te sluiten. Dit heeft vooral te maken met de enorm grote polymerisatie-krimpkrachten van de composieten die de hechting tegenwerken.¹² De practicus zal voorlopig nog bij zijn restauratietechniek onder de gegeven omstandigheden van een bepaalde preparatie, veel aandacht moeten besteden aan het in de goede richting sturen van de krimp, om daarmee het nadelig effect (spleetvorming) van de krimp zoveel mogelijk tegen te gaan. Alleen als de composieten minder krimpen en/of de hechting aan dentine de krimpkracht overtreft, zal alles eenvoudiger gaan.

⁵ASMUSSEN E, MUNKSGAARD EC. Adhesion of restorative resins to dentinal tissues. In: G. Vanherle and D. C. Smith, Eds., International symposium on posterior composite resin dental restorative materials. The Netherlands: Peter Szule, 1985: 217-29.

⁶TAO L, PASHLEY DH. Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. *Dent Mater* 1988; 4: 371-8.

⁷TAO L, PASHLEY DH. Dentin perfusion effects on the shear bond strengths of bonding agents to dentin. *Dent Mater* 1989; 5: 181-4.

⁸KEMP-SCHOLTE CM, DAVIDSON CL. Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. *J Prosthet Dent* 1989; in press.

⁹FINGER WJ. Dentin bonding agents. Relevance of in vitro investigations. *Am J Dent* 1988; 1: 184-8.

¹⁰ELIADES GC, CAPUTO AA, VOUGHIOUKLAKIS GJ. Composition, wetting properties and bond strength with dentin of 6 new dentin adhesives. *Dent Mater* 1985; 1: 170-6.

¹¹BOWEN RL, COBB EN, RAPSON JE. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: Improvement in bond strength to dentin. *J Dent Res* 1982; 61: 1070-6.

¹²DAVIDSON CL, DE GEE AJ, FEILZER AJ. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984; 63: 1396-9.