

# Emalje-dentin-bindingssystemer

Erik Asmussen og Anne Peutzfeldt

Ved anvendelsen af komposit plast som restaureringsmateriale er det nødvendigt at binde plastet til præparationens emalje og dentin for sikre høj kvalitet af restaureringen. Med et moderne bindingssystem kan der formidles en binding samtidigt til både emalje og dentin. Bindingssystemerne inddeles efter antallet af trin der indgår i deres anvendelse, og efter det opløsningsmiddel der benyttes i primeren. Udviklingen har gået i retning fra mere komplicerede systemer mod mere forsimplede systemer.

I artiklen gøres der rede for de forskellige bindingssystemers opbygning, virkemåde og effektivitet. I det efterfølgende afsnit om anvendelse diskuteres en række forhold som er eller kan være af betydning for systemernes effektivitet. Disse forhold omfatter fugtighedsgraden af emalje og dentin, separat polymerisering af adhæsivet, anvendelse sammen med kemisk polymeriserende plast, anvendelse sammen med plastcementer, LED-belysning, applikationsmåde for primeren, samt betydningen af smørelagets tykkelse. For hvert af de omtalte forhold gives anvisninger på den mest hensigtsmæssige procedure ved anvendelsen.

Ved anvendelsen af komposit plast som restaureringsmateriale, herunder som alternativ til amalgam, er det nødvendigt at binde plastet til præparationens emalje og dentin mhp. at sikre optimal kvalitet af restaureringen. Det er på denne baggrund at det er motiveret at omtale bindingssystemer i en artikelserie vedr. amalgamalternativer.

## Historisk indledning

Med *Michael Buonocores* opdagelse af syreætsningsteknikken i 1955 opstod muligheden for at binde plast til emalje (1). De første emaljebindingssystemer blev markedsført i begyndelsen af 1970'erne, og i den følgende 10-års-periode blev de mange aspekter af teknikken studeret i alle detaljer.

*Buonocore* var ligeledes på færde da det første dentinadhæsiv blev designet i 1956 (2). Strukturen i molekylet der indgik i dette adhæsiv, var den samme som er til stede i mange moderne bindingssystemer: en polymeriserbar methacrylatgruppe der er koblet til en fosfatgruppe. Når de første resultater med dentinbinding blev så skuffende som tilfældet var, beroede det især på at man ikke anså det for forsvarligt at syreætte dentin.

Det store spring fremad kom med *Rafael Bowens* tretrinssystem fra 1982, hvori en ætsning af dentinen indgik som det indledende trin (3). Kort tid herefter, i 1984, fremkom *Gluma* systemet, i hvilket der for første gang blev benyttet en såkaldt primer (4). Som det vil fremgå af det følgende, tilstræbes det i moderne bindingssystemer at formidle en binding af plast til både emalje og dentin. Dette opnås ved diverse kombinationer af syrer til ætsning og primere til penetration af de ætsede tandoverflader.

## Bindingsmekanismer

Syreætsning af emalje indebærer at der frembringes en særdeles ru overflade med et såkaldt ætsrelief. Med de tidlige emaljebindingssystemer blev der på den ætsede, skyllede og tørrede overflade appliceret en resin og derefter det kompositte plast. Resinens monomer trængte ind i ætsrelieffet og var efter polymeriseringen bundet ved mekanisk forankring.

De mange aspekter af denne traditionelle syreætsningsteknik er undersøgt og beskrevet i et stort antal artikler og vil ikke blive nærmere omtalt i det følgende. Vi vil derimod koncentrere os om moderne bindingssystemer hvor emalje- og dentinbinding tilvejebringes med samme system.

*Buonocores* dentinbindingssystem var formuleret på baggrund af den antagelse at adhærens måtte etableres via en kemisk binding mellem dentin og adhæsiv, dvs. mellem fosfatgruppen i adhæsivet og calciumioner i dentinens

overflade. Et lignende princip lå til grund for udviklingen af *Bowens* adhæsiv og for mange af bestræbelserne i 1980'erne på at fremstille effektive dentinbindingssystemer.

Det har imidlertid vist sig at også bindingen til dentin i det væsentligste er af mekanisk art. Et bindingssystem indebærer en ætsning der demineraliserer dentinoverfladen og frilægger kollagenet. Primeren og adhæsivet (se nedenfor) trænger ind i den demineraliserede overflade, infiltrerer kollagenet under dannelse af det såkaldte hybridlag (5) samt penetrerer den underliggende, kun delvist demineraliserede dentin (6). Da der ikke dannes egentlige kemiske bindinger som følge af processen, er den adhærence der tilvejebringes, således fortrinnsvis af mekanisk natur.

Den nødvendige associering til kollagenet kræver imidlertid at primerens og adhæsivets monomerer er i besiddelse af en passende balance mellem hydrofile og hydrofobe grupper. Det er således ikke enhver monomer der kan anvendes i en primer eller som adhæsiv og give god binding til dentin.

## Inddeling

Bindingssystemerne kan hensigtsmæssigt inddeles i tre-, to- og étrinssystemer efter antallet af trin der indgår i anvendelsesproceduren. Denne inddeling er imidlertid delvis misvisende, idet der normalt indgår mange flere trin end betegnelsen lader formode. Fx er procedurer som skylning, tørring, gentagen applicering og polymerisering ikke medregnet i antallet af trin.

### Tretrinssystemer

Et moderne bindingssystem indbefatter i princippet nedenstående tre procedurer:

- 1) konditionering med en syre,
- 2) priming med monomer i et opløsningsmiddel, og
- 3) påføring af et adhæsiv i form af en resin, hvorefter plastmaterialet eller plastcementen appliceres.

Ad 1: Den syre der normalt benyttes, er phosphorsyre i vandig opløsning. Syren frembringer som nævnt et ætsrelief i emaljens overflade. Desuden demineraliserer syren dentinoverfladen og efterlader kollagenet eksponeret.

Ad 2: Primeren er en opløsning af en eller flere hydrofile monomerer med evne til at penetrere ætsrelieffet og den demineraliserede dentinoverflade. Mange primere indeholder HEMA, men også diverse fosfatbaserede methacrylater finder anvendelse. Primerens monomerer associerer sig til kollagenet på det molekylære niveau samt til underliggende, delvist demineraliseret dentin.

Tabel 1. Eksempler på bindingssystemer opdelt efter antallet af trin. Det nederst anførte totrinssystem samt étrinssystemerne er såkaldt selvætsende systemer.

Tretrinssystemer	Tottrinssystemer	Étrinssystemer
Scotchbond Multi-Purpose	OptiBond Solo	Prompt L-Pop
OptiBond FL	Prime & Bond NT	Etch&Prime 3.0
All-bond 2	One-Step	Xeno III
Syntac	Scotchbond 1	i-Bond
Tenure	Excite	AdheSE
Gluma CPS	Solobond M	
	Clearfil SE Bond	

Ad 3: Også det benyttede adhæsiv er sædvanligvis modificeret i hydrofil retning, fx med HEMA eller med methacrylater indeholdende fosfat- eller carboxylgrupper. Det trænger ligeledes ind i emalje- og dentinoverfladen, hvor det efter belysningen sammenpolymeriserer med primerens monomerer. Adhæsivet bidrager til at skabe en jævn overgang mellem den hydrofile tand og det mere hydrofobe plastmateriale. Eksempler på tretrinssystemer er vist i Tabel 1.

### Tottrinssystemer

Som nævnt indgår der i anvendelsen af et tretrinssystem adskilligt flere trin end blot de tre som systemet har navn efter. Dette betyder at det kan være relativt tidsrøvende at benytte et sådant system. I konsekvens heraf har fabrikanter og forskere bestræbt sig på at udvikle simple systemer, hvilket i første omgang førte til totrinssystemerne. I totrinssystemerne er enten ovennævnte trin 2) og 3) slået sammen, således at primeren også fungerer som adhæsiv. Den anden mulighed er at trinene 1) og 2) er slået sammen, således at primeren bliver så sur at den forårsager den nødvendige ætsning af emaljen og demineralisering af dentinen i takt med at primerens monomerer trænger ind. Systemer af sidstnævnte art siges at indeholde en »selvætsende primer«. Eksempler på totrinssystemer er vist i Tabel 1.

### Étrinssystemer

Det sidste skud på stammen af forsimplede bindingssystemer foreligger med de systemer hvor alle trinene 1) til 3) er slået sammen til et enkelt trin. På trods af navnet indgår der i disse systemer alligevel altid to komponenter som skal sammenblandes umiddelbart inden anvendelsen. Dette skyldes at de indgående kemiske forbindelser ikke er stabile i længere tid i upolymeriseret tilstand og derfor først kan bringes sammen kort før appliceringen.

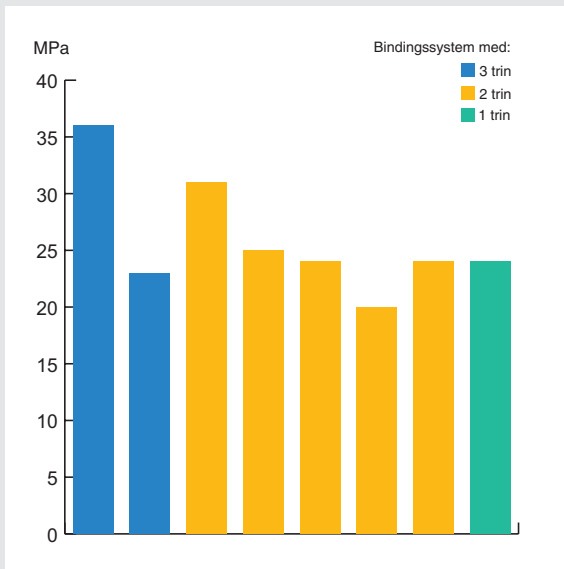


Fig. 1. Binding af plast til emalje formidlet af en række tretrins-, tottrins- og éttrinsbindingssystemer.

Fig. 1. Strength of the bond to enamel mediated by a number of three-step, two-step and one-step bonding systems.

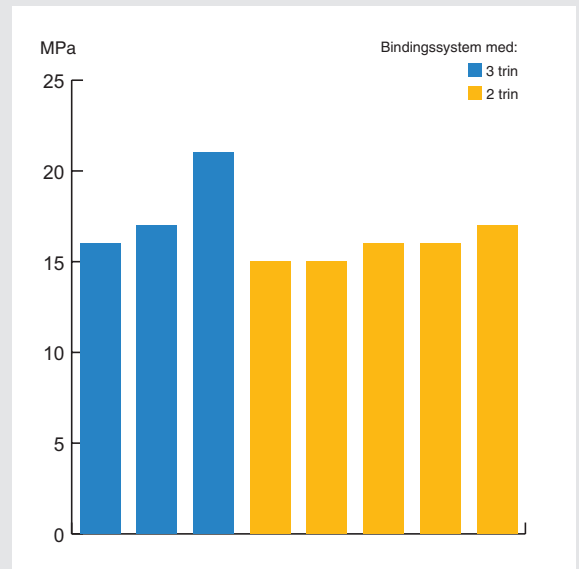


Fig. 2. Binding af plast til dentin formidlet af en række tretrins- og tottrinsbindingssystemer.

Fig. 2. Strength of the bond to dentin mediated by a number of three-step and two-step bonding systems.

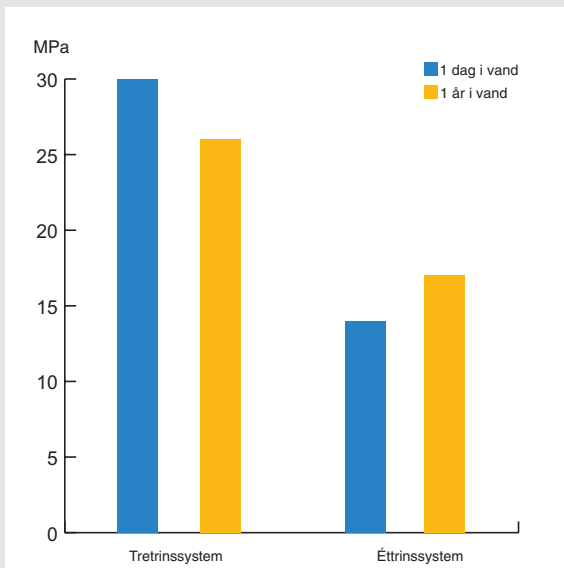


Fig. 3. Binding af plast til dentin målt efter opbevaring af prøverne i vand i henholdsvis én dag eller ét år. Et tretrinsbindingssystem (OptiBond FL) og et éttrinsbindingssystem (Prompt L-Pop) indgik i undersøgelsen.

Fig. 3. Strength of the bond to dentin after water storage for one day or one year, respectively. A three-step bonding system (OptiBond FL) and a one-step bonding system (Prompt L-Pop) were investigated.

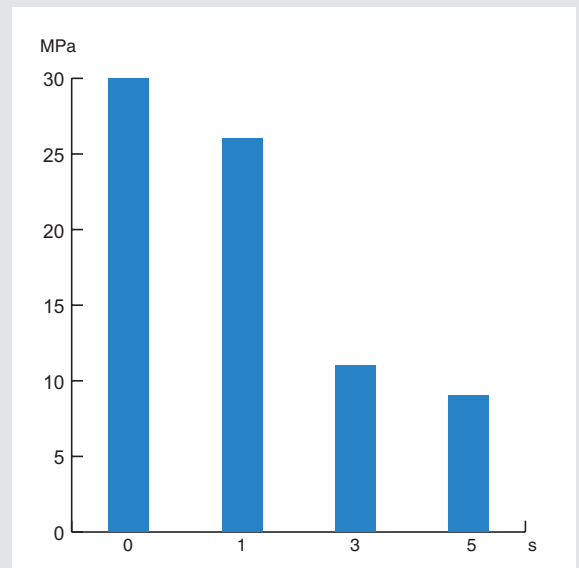


Fig. 4. Binding af plast til dentin i relation til hvor mange sekunder dentinen blev tørblæst. Afstanden mellem trefunktionssprøjte og dentinoverflade var 1 cm.

Fig. 4. Strength of the bond to dentin in relation to drying time in seconds. The distance between nozzle and dentin was 1 cm.

## Effektivitet af bindingssystemerne

Langt den enkleste måde at opgøre effektiviteten af et bindingssystem på er at måle opførselen i laboratoriet vha. ekstraherede tænder. Sædvanligvis registreres bindingsstyrken som et mål for kvaliteten af et system. Et andet mål fås ved at studere spaltedannelsen ved anvendelse i kaviteter præpareret i ekstraherede tænder. Sammenhængen mellem laboratorieresultater og klinisk opførsel er imidlertid ikke éntydig, og det er derfor nødvendigt at supplere laboratorieforsøg med kliniske undersøgelser. For bindingssystemernes vedkommende ser man på retentionen af klasse V fyldninger der er præpareret uden underskæringer, således at retentionen udelukkende beror på den adhærence af plastfyldningsmaterialet der formidles af bindingssystemet.

### *Bindingsstyrker*

Fig. 1 viser styrken af bindingen til emalje formidlet af en række tre-, to- og éttrinnsbindingssystemer (7,8). Det ses at styrkerne fra disse undersøgelser ikke er afgørende forskellige. Det må dog tilføjes at det i andre undersøgelser er fundet at éttrinnsbindingssystemer giver lavere bindingsstyrke end de tre- og totrinssystemer de blev sammenlignet med.

Fig. 2 viser styrken af bindingen til dentin formidlet af en række tre- og totrinnsbindingssystemer (9). Idet bindingen til syreætset emalje målt under lignende forsøgsomstændigheder var 21 MPa, fremgår det at bindingen til dentin er af en acceptabel størrelse. Der ses heller ikke her den store forskel mellem tre- og totrinssystemerne.

De først markedsførte éttrinssystemer har i adskillige, men ikke i alle undersøgelser givet en mindre bindingsstyrke til dentin end fundet med diverse tre- og totrinssystemer (9) (Fig. 3). Nyligt markedsførte systemer (Tabel 1) ser imidlertid ud til at formidle en binding til dentin der er fuldt på højde med den der kan opnås med tre- og totrinssystemerne.

*Holdbarhed af bindingen* – Med de selvætsende bindingssystemer foregår demineraliseringen af dentinen og penetrationen af primer eller primer-adhæsiv synkront. Dette er imidlertid ikke tilfældet med de systemer hvor konditioneringen finder sted som et separat trin. Med disse systemer foreligger derfor den risiko at syren penetrerer og dermed demineraliserer dentinoverfladen til større dybde end primer eller primer-adhæsiv efterfølgende formår at trænge ind.

Dette forhold har ført til spekulationer over hvorvidt de opnåede bindinger er vandfaste, fordi der er mulighed for at zonen bestående af ikke-plastfyldt, denatureret kollagen skulle nedbrydes. Efter denne opfattelse er nedbrydningen knyttet til diffusion af vand og andre substanser i zonen af

denatureret kollagen, en proces der har fået betegnelsen nanolækage. Laboratorieforsøg med lang tids opbevaring i vand (8) har imidlertid vist at bindingen er relativt stabil (Fig. 3), idet forskellen mellem værdierne, også med tretrinssystemet, efter dag 1 og år 1 ikke er statistisk signifikant. I en undersøgelse af et antal totrinssystemer med separat ætsning af dentinen blev det dog fundet at bindingsstyrken aftog til omtrent det halve efter ni mdr.s opbevaring i vand (10). Bindingen til emalje er derimod fundet stabil (8).

### *Spaltedannelse*

Også i denne forbindelse har bindingssystemerne vist deres nytte. Anvendelse af et effektivt bindingssystem bevirker at de marginale spalter bliver smallere (11), og at de dele af kavitetkanterne hvor der forekommer en spalte, får mindre udstrækning (12).

### *Kliniske undersøgelser*

Den Amerikanske Tandlægeforenings krav for godkendelse af et bindingssystem er at systemet skal forsyne fyldninger i ikke-underskårne klasse V kaviteter med en retentionsfrekvens på mindst 95% efter ét år, og mindst 90% efter tre år (13). Mange af de moderne tretrinns- og totrinnsbindingssystemer opfylder disse krav (14,15).

Éttrinssystemerne er markedsført for så kort tid siden at der kun foreligger relativt få kliniske studier af deres effektivitet. De publicerede resultater vedr. et af de først markedsførte systemer er imidlertid skuffende, med retentionsfrekvenser efter ét år på mindre end 70% (16).

## Anvendelse

Bindingssystemerne kan karakteriseres som højteknologiske produkter, hvor vellykkede resultater forudsætter en betydelig akkurate og en indgående viden om procedurerne ved systemernes anvendelse. I det følgende gennemgås en række anvendelsesmæssige forhold der influerer på bindingssystemernes effektivitet.

### *Emaljens og dentinens fugtighedsgrad*

Med de tidlige emaljebindingssystemer var det af afgørende betydning at den phosphorsyreætsede emalje efter skylningen blev omhyggeligt tørblæst. Den korrekte tilstand kunne kendes på at emaljen skulle have et mat og kridtagtigt udseende. I modsat fald var penetrationen og dermed bindingen af den relativt hydrofobe resin usikker.

Anderledes forholder det sig med de moderne bindingssystemer der formidler en binding til både emalje og dentin. Som tidligere nævnt er såvel primer som primer-adhæsiv relativt hydrofile, således at en vis, beskeden vandmængde ef-

terladt i ætsrelieffet kan optages af bindingssystemet uden at bindingen forringes (17).

Hvad angår bindingen til dentin havde også de tidlige dentinbindingssystemer som forudsætning at dentinen var relativt tør inden påførselen af primer eller adhæsiv. Med moderne bindingssystemer har det imidlertid vist sig at især med acetonebaserede systemer kan en udtørring af den konditionerede dentinoverflade medføre en væsentlig reduktion i bindingsstyrken (18). Forklaringen er at udtørringen får det demineraliserede kollagen til at kollabere og dermed ikke i samme omfang tillade penetrationen af primer og adhæsiv.

Hvis dentinen derimod er fugtig, har det vist sig at acetonen takket være sin overfladespænding er i stand til at fortrænge vandet og at trække de opløste monomerer med sig ind i dentinoverfladen under dannelse af hybridlaget. Det kan være vanskeligt at præcisere hvor fugtig dentinen skal efterlades, idet alt for stor fugtighed også giver en ringere binding. Det har vist sig at ethanol- og vandbaserede bindingssystemer påvirkes i mindre grad af et kollaberet kollagenlag end det er tilfældet med acetonebaserede systemer (19).

Vigtigt er dog under alle omstændigheder at dentinen

ikke blæses knastør inden primer eller primer-adhæsiv påføres (Fig. 4). En kraftig udtørring af dentinen indebærer formodentlig også øget risiko for postoperative symptomer.

Den bedste måde at sikre at dentinen får en passende fugtighedsgrad er nok en afdupning med en vatpelle eller et lille stykke Kleenex i en pincet. De selvætsende bindingssystemer, hvor konditioneringsmidlet som nævnt påføres sammen med primeren, giver ikke anledning til overvejelser vedr. dentinens fugtighedsgrad.

I denne forbindelse må også luftfugtigheden nævnes. Uden anvendelse af kofferdam er luftfugtigheden ved tandoverfladen nær 100% RH. Ved anvendelse af kofferdam antager luftfugtigheden omgivelsernes fugtighed, dvs. er lille om vinteren, men i regnvejrperioder om sommeren ganske betydelig, måske 80% RH eller mere.

Fig. 5 viser betydningen af luftfugtigheden på bindingen til dentin formidlet af et ethanol-, et vand- og et acetonebaseret bindingssystem (7). Konklusionen er at anlæggelse af kofferdam kan være motiveret med visse bindingssystemer. Bindingen til emalje derimod blev ikke reduceret for noget af de seks undersøgte bindingssystemer som følge af høj luftfugtighed (7).

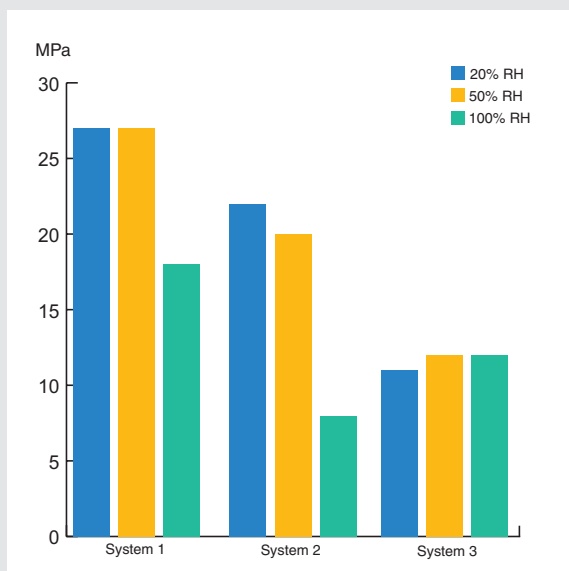


Fig. 5. Binding af plast til dentin formidlet af et ethanol- (system 1), et vand- (system 2) og et acetonebaseret (system 3) bindingssystem. Luftfugtigheden var 20%, 50% eller 100% RH.

Fig. 5. Strength of the bond to dentin mediated by an ethanol-based (system 1), a water-based (system 2), and an acetone-based (system 3) bonding system. The relative humidity was 20%, 50%, or 100% R.H.

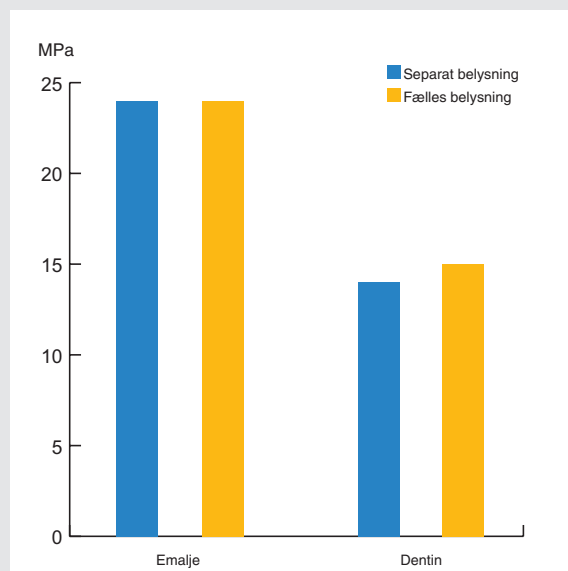


Fig. 6. Binding af plast til emalje og dentin formidlet af et ét-trinsbindingssystem. Adhæsivet blev enten polymeriseret separat inden plastets polymerisation eller samtidig med plastet.

Fig. 6. Strength of the bond to enamel and dentin mediated by a one-step bonding system. The adhesive was either irradiated separately or together with the resin composite.

### Separat polymerisering af adhæsivet

Fabrikanterne af de fleste bindingssystemer anbefaler at adhæsivet polymeriseres separat før plastet anbringes i kaviteten og belyses. Rationalet bag denne anbefaling er at bindingen til tandsubstansen skal sikres før plastets polymerisationskontraktion sætter ind. Der er med visse tretrinssystemer fundet øget bindingsstyrke som følge af forpolymeriseringen (20).

Fig. 6 viser med éttrinssystemet Prompt L-Pop at den separate belysning med dette system ikke har betydning for bindingsstyrken. Spændingsopbygningen i en kavitet er naturligvis anderledes end ved bindingsstyrkemålinger, idet den er rettet bort fra bindingsfladen.

Undersøgelser af spaltetdannelsen har vist at separat hærning af adhæsivet inden hærning af det kompositte plast først får betydning ved urealistisk lange belysningstider (21). Det er dog muligt at appliceringen og den initiale fastholdelse af det kompositte plast på bindingsfladerne lettes af forpolymeriseringen af adhæsivet.

Det er endvidere muligt at et separat polymeriseret adhæsiv vil fungere som et fleksibelt lag mellem tand og fyldning, der som følge af fleksibiliteten nedbringer spændingerne i grænseområdet mellem tand og restaurering. Ved cementering af indirekte restaureringer kan et for tykt lag af separat polymeriseret adhæsiv forhindre at restaureringen kommer helt på plads. (Se den efterfølgende artikel om plastcementer).

### Forsimplede systemer anvendt med kemisk polymeriseret plast

For et par år siden blev det for første gang rapporteret at der kunne være problemer når de forsimplede bindingssystemer blev anvendt til at binde kemisk polymeriseret plast til emalje og dentin (22). Problemerne viste sig bl.a. på den måde at tandlæger kunne opleve at en kemisk hærdende plastopbygning kom med ud i et efterfølgende aftryk. Forholdene er illustreret i Fig. 7, hvor et tretrinssystem binding med henholdsvis et lyspolymeriserende og et kemisk polymeriserende plast sammenlignes med bindingen formidlet af et énkomponentsystem (8).

En af forklaringerne på den lave binding der opnås med de forsimplede systemer, er at primeren eller primer-adhæsivet i disse systemer indeholder syre og derfor kan være ganske sur. Initiatorsystemet i de kemisk polymeriserende plast er baseret på benzoylperoxid samt en tertiær amin. Denne amin er som andre aminer en base, der ved reaktion med de sure komponenter i primer eller primer-adhæsiv omdannes til et ammoniumderivat. Denne forbindelse er ikke aktiv som koinitiator, og det kemisk hærdende plast afbinder derfor ikke på grænsefladen til adhæsivet.

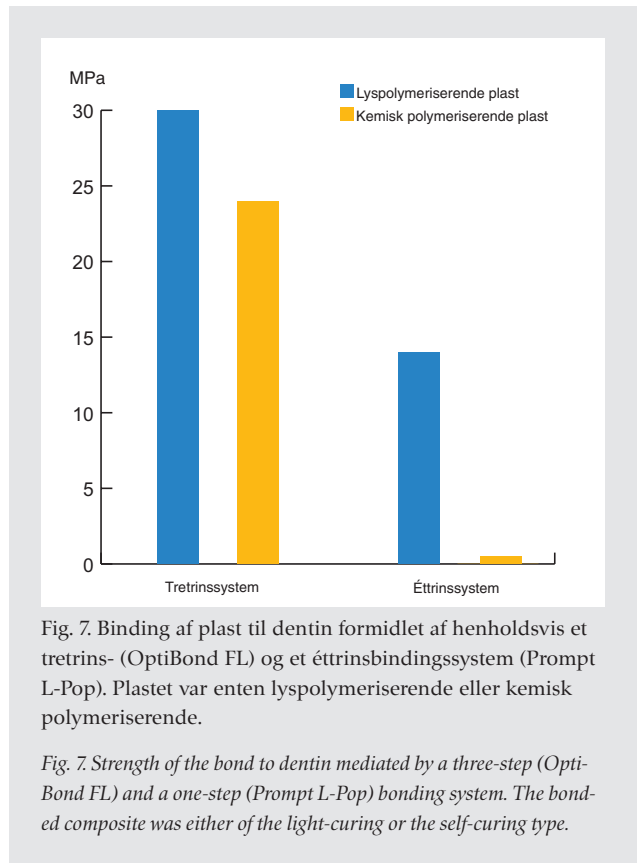


Fig. 7. Binding af plast til dentin formidlet af henholdsvis et tretrinssystem (OptiBond FL) og et éttrinssystem (Prompt L-Pop). Plastet var enten lyspolymeriserende eller kemisk polymeriserende.

Fig. 7. Strength of the bond to dentin mediated by a three-step (OptiBond FL) and a one-step (Prompt L-Pop) bonding system. The bonded composite was either of the light-curing or the self-curing type.

Det kan synes underligt at bindingen er så god som tilfældet er med et lyshærdende plast, fordi også lyshærdende plast har en amin som koinitiator. Et led i en forklaring på dette forhold er at lyshærdende plast rent faktisk er i stand til at hærde, omend ikke helt så godt, uden anvendelse af amin som koinitiator og udelukkende med camphorquinon i initiatorsystemet.

### Bindingssystemer og LED-belysning

LED-polymerisationslamper er kendetegnet ved at have et relativt snævert emissionsspektrum, som har den særlige egenskab at det er omtrent sammenfaldende med camphorquinons absorptionsspektrum (23). Initiatorsystemet i visse bindingssystemer (og i visse kompositte plast) er imidlertid ikke baseret udelukkende på camphorquinon, men også på andre initiatorer med et absorptionsmaksimum der ligger ved en lavere bølgelængde.

Dette indebærer at disse systemer meget vel kan hærde med de konventionelle halogenlamper, hvis emissionsspektrum er ganske bredt og fylder hele bølgelængdeområdet 400-500 nm, men kun i utilstrækkelig grad med LED-lamperne med det smalle spektrum. For brugere af LED-



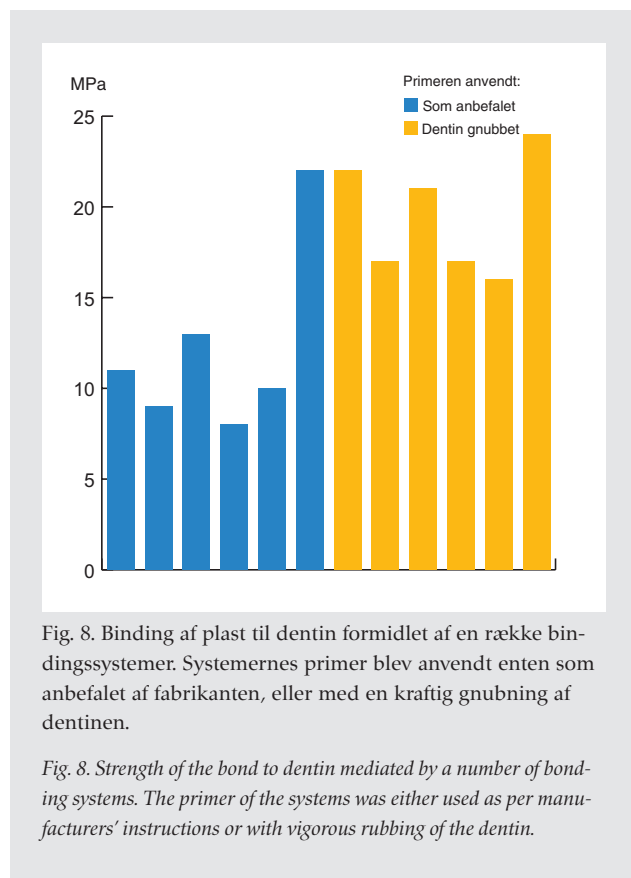


Fig. 8. Binding af plast til dentin formidlet af en række bindingssystemer. Systemernes primer blev anvendt enten som anbefalet af fabrikanten, eller med en kraftig gnubning af dentinen.

Fig. 8. Strength of the bond to dentin mediated by a number of bonding systems. The primer of the systems was either used as per manufacturers' instructions or with vigorous rubbing of the dentin.

lamper må det derfor tilrådes at det kontrolleres at bindingssystemet (og det benyttede kompositte plast) er effektivt også med LED-lamper. Visse fabrikanter har udarbejdet lister over produkter der er inkompatible med LED-belysning.

### Bindingssystemer og plastcementer

Som beskrevet ovenfor fungerer de forsimplede bindingssystemer ikke optimalt i forbindelse med kemisk polymeriserende plast. Plastcementer der benyttes til adhæsiv cementering af keramiske eller metalliske restaureringer, falder i regelen ind under denne kategori af plast. Bortset fra plastcementer til fastgørelse af porcelænsfacader er det nemlig nødvendigt at benytte en dualhærdende cement, dvs. en cement med en »kemisk« komponent i sit initiatorsystem. De forsimplede bindingssystemer kan derfor være et dårligt valg. Hvis de alligevel benyttes, må de iblandes en såkaldt aktivator for at give en acceptabel binding til plastcementen i de områder som lyset ikke kan nå. Dette betyder naturligvis at de forsimplede systemer under disse omstændigheder ikke længere kan betegnes som forsimplede.

### Applikationsmåde for primer og primer-adhæsiv

Ved applikationen af primer eller primer-adhæsiv kan en lille pensel benyttes, men der findes på markedet også små minisvampe som kan anvendes. Med en sådan minisvamp er det muligt at gnutte tandoverfladen kraftigt, idet bindingssystemet appliceres. Hvad angår emaljen, skal man være opmærksom på at selv en ganske svag mekanisk påvirkning af ætsrelieffet kan have en negativ effekt på bindingsstyrken (24).

I modsætning hertil er det med mange bindingssystemer fundet at en kraftig gnutning forbedrer bindingen til dentin (25) (Fig. 8). Med de selvætsende systemer kan gnutningen være særlig vigtig, fordi smørelaget skal penetreres af bindingssystemet for at demineralisere underliggende dentin. Vanskeligheden består derfor i at gnutte dentinen uden at emaljen berøres.

### Tykkelsen af smørelaget

Som bekendt medfører præparation af dentin en overflade der er dækket af et såkaldt smørelag. Dette smørelag kan være tykkere eller tyndere afhængig af det anvendte instrument: grovkornede instrumenter medfører et tykkere smørelag end mere finkornede instrumenter. Ved benyttelse af et selvætsende bindingssystem er det hensigten at syre og monomerer skal penetrere smørelaget, således at demineralisering af dentinoverfladen kan finde sted. Med et tykt smørelag kan der derfor være en risiko for at hybridlagdannelsen bliver ufuldstændig. En undersøgelse af forholdet har imidlertid vist at der nok kan være forskel mellem bindingssystemerne, men også at smørelagets tykkelse kun har moderat indflydelse på bindingsstyrken for et givet bindingssystem (26).

### Desensitizere

Det forekommer med en vis hyppighed at en tand restaureret med plast udviser postoperativ følsomhed. For at afhjælpe dette problem er der udviklet et antal produkter der også på dansk har fået betegnelsen »desensitizere«. Den gavnlige virkning af flere af disse er påvist i adskillige kliniske undersøgelser (27). En glutaraldehydholdig desensitizer er endvidere blevet fundet at have den fordel at forstærke effektiviteten af mange tre- og tottrinsbindingssystemer (28). Denne desensitizer påføres efter den separate syreætsning og inden påføringen af primer eller primer-adhæsiv.

### Afsluttende bemærkninger

Bindingssystemerne har gennemgået en betydelig udvikling de sidste 20 år og har efter alt at dømme endnu ikke nået deres endelige udformning. Som det fremgår af ovenstående gennemgang, er der mange forhold som tandlægen må over-

veje ved valg og anvendelse af et bindingsystem. Det må forventes at de forsimplede systemer i de kommende år vil blive optimeret for derefter at vinde yderligere udbredelse. Med de forsimplede systemer reduceres risikoen for at der afviges fra den anbefalede anvendelsesprocedure. Med fare for at lyde formynderisk må vi indtil da kraftigt anbefale at brugsanvisningen for det benyttede bindingsystem studeres omhyggeligt, også det der står med småt (29).

## English summary

### *Systems for bonding to enamel and dentin*

When using resin composites to restore teeth, the dentist must rely on a bonding system that will ensure a bond to enamel as well as to dentin in order to obtain the best result. A modern bonding system is able to mediate a bond to both substrates at the same time.

Bonding systems are available that include three, two, or a single step in their application. Regarding bond strength, it appears that there is no systematic difference between three-step and two-step systems. Some early one-step systems, however, tend to provide lower strength of the bond, in particular to dentin, and a higher rate of loss in non-retentive gingival restorations. The humidity of the dentin is of main importance for the efficacy of the bonding systems, and the dentin should not be too dry nor too moist when the primer is applied. For some systems, the application of rubber dam will increase bond strength. The simplified bonding systems have been found to give an unreliable bond when used with self-curing composites, including dual-cured resin cements. Some bonding systems become ineffective when irradiated with the narrow emission spectrum of an LED curing unit.

In view of optimizing the bonding efficacy of a bonding system, it is recommended that the manufacturers instructions be followed meticulously.

## Litteratur

- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955; 34: 849-53.
- Buonocore MG, Wileman W, Brudevold F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res* 1956; 35: 846-51.
- Bowen 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.
- Munksgaard EC, Asmussen E. Bond strength between dentin and restorative resins mediated by mixtures of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 1984; 63: 1087-9.
- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982; 16: 265-73.
- Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KN, Wei SHY. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 1996; 9: 140-4.
- Asmussen E, Peutzfeldt A. The influence of relative humidity on the effect of dentin bonding systems. *J Adhesive Dent* 2001; 3: 123-7.
- Asmussen E, Peutzfeldt A. Short- and long-term bonding efficacy of a self-etching, one-step adhesive. *J Adhesive Dent* 2003: In press.
- Wilder AD Jr, Swift EJ Jr, May KN, Waddell SL. Bond strength of conventional and simplified bonding systems. *Am J Dent* 1998; 11: 114-7.
- Okuda M, Pereira PNR, Nakajima M, Tagami J. Relationship between nanoleakage and long-term durability of dentin bonds. *Oper Dent* 2001; 26: 482-90.
- Hansen EK, Asmussen E. Comparative study of dentin adhesives. *Scand J Dent Res* 1985; 93: 280-7.
- Hansen EK, Asmussen E. Effect of postponed polishing on marginal adaptation of resin used with dentin-bonding agent. *Scand J Dent Res* 1988; 96: 260-4.
- Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Revised acceptance program – ADA guidelines. Chicago: American Dental Association; 1991.
- Swift EJ Jr, Perdigão J, Wilder AD Jr, Heyman HO, Sturdevant JR, Bayne SC. Clinical evaluation of two one-bottle dentin adhesives at three years. *J Am Dent Assoc* 2001; 132: 1117-23.
- Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998; 26: 1-20.
- Brackett WW, Covey DA, St Germain HA Jr. One-year clinical performance of a self-etching adhesive in class V resin composites cured by two methods. *Oper Dent* 2002; 27: 218-22.
- Walls AW, Lee J, McCabe JF. The bonding of composite resin to moist enamel. *Br Dent J* 2001; 191: 148-50.
- Kanca J 3rd. Wet bonding: effect of drying time and distance. *Am J Dent* 1996; 9: 273-6.
- Perdigão J, van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose MM. The effect of a rewetting agent on dentin bonding. *Dent Mater* 1999; 15: 282-95.
- McCabe JF, Rusby S. Dentin bonding – the effect of pre-curing the bonding resin. *Br Dent J* 1994; 176: 333-6.
- Hansen EK, Langenvad G. Influence of irradiation time on effect of a light-activated dentin-bonding agent. *Acta Odontol Scand* 1987; 45: 347-51.
- Suh BI. Bond strength between single bottle adhesives and chemically-initiated composites. *Odontoiatria Adhesiva i Ricostruttiva* 2001; 5: 32-7.
- Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000; 16: 41-7.
- Suzuki K, Munechika T, Tanaka J, Irie M, Nakai H. Effect of the pressure applied to the acid-etched enamel on the adhesive strength of the bonding agent. *Dent Mater J* 1986; 5: 37-45.
- Lafuente JD, Nema M, Rodrigues SG. Effect on bond strength of different techniques for applying the dentin adhesive. *J Dent Res* 1999; 78: Special Issue: Abstract No. 1645.
- Tani C, Finger WJ. Dentin smearlayer thickness vs. bond strength



- of all-in-one adhesives. Pan European Federation 2002: Special Issue: Abstract No. 146.
27. Davidson DE, Suzuki M. The Gluma bonding system: a clinical evaluation of its various components for the treatment of hypersensitive root dentin. *J Can Dent Assoc* 1997; 63: 38-41.
28. Hansen EK, Asmussen E. Improved efficacy of dentin-bonding agents. *Eur J Oral Sci* 1997; 105: 434-9.
29. Peutzfeldt A, Asmussen E. Adhesive systems: Effect on bond strength of incorrect use. *J Adhesive Dent* 2002; 4: 233-42.

### **Forfattere**

*Erik Asmussen*, professor, dr.odont., cand.scient., og *Anne Peutzfeldt*, lektor, dr.odont., ph.d.

Afdeling for Dentalmaterialer, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet