

## ONDERZOEK

## ENERGIEMETINGEN AAN HET TANDBOORPROCES

A. N. WESTLAND

Uit de vakgroep Werktuigbouwkundige Produktietechnieken van de Technische Hogeschool Delft.

Trefwoorden: Energiemeting – Boren – Verspaning

## Inleiding

Teneinde inzicht te verkrijgen in de factoren die het rendement beïnvloeden bij de tandheelkundige bewerkingen met roterend gereedschap, is in de sectie Fijnmechanische Techniek van de vakgroep Werktuigbouwkundige Produktietechnieken van de T.H. Delft, in samenwerking met de Subfaculteit der Tandheelkunde van de Vrije Universiteit te Amsterdam een onderzoek verricht naar deze factoren. Om de onderzoeksduur te beperken zijn die bewerkingen gekozen, die naar men aanneemt in de tandheelkundige praktijk veelvuldig voorkomen, nl. het boren in gebitselementen en in amalgaamvullingen met cilindrische diamantboren en hardmetalen boren van maximaal 1,5 mm diameter. Om de werkelijke situatie zo goed mogelijk te benaderen is voor de aandrijving van deze boren gebruik gemaakt van dezelfde aandrijfsystemen die ook de tandarts gebruikt, zoals b.v. de door middel van perslucht aangedreven turbine.

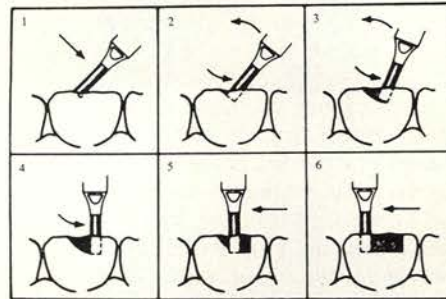
Het onderzoek was er alleen op gericht om de invloed te bepalen van een aantal factoren op het rendement van de bewerking, d.w.z. van de efficiency waarmee men het glazuur, dentine dan wel amalgaam verwijdert; met voorbijgaan aan een aantal andere eigenschappen van het bewerkingsproces, zoals b.v. de oppervlaktegesteldheid van de caviteit na de bewerking, de bij het bewerken opgewekte trillingen, enz. Het verdient aanbeveling hiermee bij de interpretatie van de meetresultaten rekening te houden.

## De meetmethode

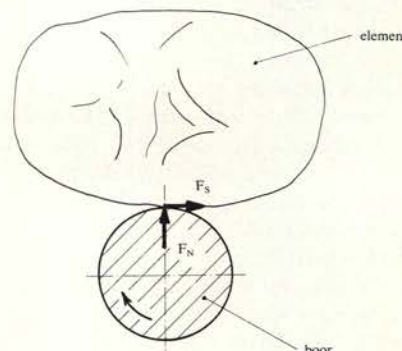
De in de tandheelkundige praktijk veel voorkomende wijze van hanteren van het

boorgereedschap is die, waarbij de aanzetrichting van het gereedschap loodrecht staat op de draaiingsas (afb. 1). Men benut dan het manteloppervlak van de boor. Dit leidt tot het volgende krachten spel op de tand (getekend is een dwarsdoorsnede over de boor (afb. 2)). Hierin is  $F_N$  de kracht waarmee de tandarts de boor tegen het materiaal duwt (in de praktijk liggend tussen 0,1 en 3 N (10-300 gram)) en  $F_S$  is de door de draaiende boor opgewekte snijkraft die het tandmateriaal los snijdt en verwijdert. De verhouding tussen  $F_S$  en  $F_N$  kan variëren tussen 0,5 en 1, zodat de snijkraft  $F_S$  zal liggen tussen 0,05 en 3 N. Het tijdens het boorproces toegevoerde vermogen ( $P_{mech}$ ) is te berekenen als het product van deze snijkraft  $F_S$  en de omtreksnelheid van de boor ( $V_{omtr}$ ):

$$P_{mech} = F_S \cdot V_{omtr} \text{ [Watt].}$$



Afb. 1. Een voorbeeld van een boorbeweging waarbij het manteloppervlak van het gereedschap wordt benut.



Afb. 2. De krachten bij het bewerken van een gebitselement.

## Samenvatting:

Teneinde een uitspraak te kunnen doen over het rendement van de bewerking van zowel gebitselementen als amalgaamvullingen met diamantboren en hardmetalen boren is hiernaar onderzoek uitgevoerd aan de T.H. Delft in samenwerking met de Subfaculteit der Tandheelkunde van de Vrije Universiteit te Amsterdam.

Na een inleiding waarin de mechanica van het boorproces wordt toegelicht, wordt het begrip specifieke verspaningsenergie geïntroduceerd: een grootte waaraan men het procesrendement kan aflezen. Vervolgens wordt de meetopstelling beschreven en toegelicht hoe de meetresultaten tot stand zijn gekomen. Ook de verwerking van de meetsignalen om tot bruikbare resultaten te geraken wordt kort omschreven.

Uit het onderzoek blijkt dat: de diamantboor efficiënter is dan de hardmetalen boor, de omtreksnelheid weinig invloed heeft op het rendement, het toerental van de boor (binnen zekere grenzen) eveneens weinig invloed heeft op het procesrendement, het procesrendement betrekkelijk ongevoelig is voor variatie in de samenstelling van de gebruikte waterspray-koeling.

Bij dit onderzoek werd alleen het rendement gemeten, met voorbijgaan aan b.v. de resterende oppervlaktekwaliteit na de bewerking en de bij het bewerken opgewekte trillingen.

Om een inzicht te krijgen in het rendement van het proces, is het van belang om na te gaan welke materiaalhoeveelheid per tijdseenheid kan worden verwijderd met dit vermogen. Om deze relatie vast te kunnen leggen in een getal wordt de zgn. specifieke verspaningsenergie geïntroduceerd. De specifieke verspaningsenergie (S.V.E.) wordt gedefinieerd als de hoeveelheid energie die benodigd is om een volume-eenheid van het betreffende materiaal te verspanen, d.w.z. om te zetten in spanen. De S.V.E. is dus te vinden als het quotiënt van de toegevoerde hoeveelheid energie en de daarmee verspaande materiaalhoeveelheid. Een lage waarde van de S.V.E. duidt op gunstige bewerkingsomstandigheden waarbij het boren slechts weinig energie vergt.

In plaats van de bepaling van de S.V.E. als het quotiënt van energie en daarmee verspaande materiaalhoeveelheid, kan men teller en noemer door de factor tijd delen. Men moet dan bepalen de per tijdseenheid toegevoerde hoeveelheid energie, m.a.w. het toegevoerde vermo-

gen en de per tijdseenheid afgevoerde materiaalhoeveelheid, m.a.w. de produktiesnelheid.

S.V.E. ook informatie te halen over de tijdens het boren vrijkomende warmte. In het algemeen wordt de niet voor effec-

zijn de gebruikte hoekstukken voor de aandrijving aan de kop, direct boven de vassing van het boortje, opengewerkt. Door deze opening is de bovenzijde van de rotor zichtbaar waarmee de boor wordt aangedreven. Deze rotor is voorzien van een licht-reflecterend deel en van een niet-reflecterend deel. Deze bovenzijde wordt beschreven met een lichtbundel en de al of niet gereflecteerde bundel wordt opgevangen met een fotocel. Deze fotocel geeft dus per omwenteling van de boor een pulsvormig signaal en hieruit wordt de hoeksnelheid van de boor bepaald.

In een analoge rekeneenheid worden de signalen voor boormoment, produktiesnelheid en hoeksnelheid (omwentelingsnelheid) van de boor gelijktijdig verwerkt en is op ieder moment tijdens het proces, de waarde van de specifieke verspaningsenergie beschikbaar. Dit heeft het voordeel dat ook snelle veranderingen in het proces meetbaar gemaakt zijn. Zo is het op deze manier mogelijk geworden, om bij het bewerken van een gebitselement onderscheid te maken tussen de bewerking van glazuur en dentine. Voordat de meetsignalen met behulp van analoge rekeneenheden verwerkt werden, werd het verspaande volume bepaald door weging van het bewerkte materiaal voor en na de bewerking. Dit had tot gevolg dat men bij gebitselementen genoeg moest nemen met een gemiddelde waarde van de S.V.E. van glazuur en dentine. Omdat bij het maken van een nieuwe groef de verhouding tussen dentine en glazuur in het algemeen verandert, geeft dit een aanzienlijke spreiding in de meetresultaten.

Afbeelding 3a geeft een voorbeeld van wat door directe verwerking van de afzonderlijke variabelen mogelijk wordt. Men ziet hier de waarde van de S.V.E. uitgezet als functie van de plaats van de boor in de tand. Deze curven zijn opgenomen tijdens één van de circa 1000 metingen waarop de resultaten van dit onderzoek gebaseerd zijn. De kromme gemerkt 1 beschrijft de eerste doorgang door achtereenvolgens glazuur, dentine en glazuur. De rotatieas van de boor loopt hierbij evenwijdig aan de lengteas van het bewerkte gebitselement en de aanzetbeweging staat hier loodrecht op zodat een groef ontstaat met een breedte gelijk aan de gebruikte boordiameter en een lengte gelijk aan de afmetingen van het gebitselement ter plekke, terwijl de diepte afhangt van de gebruikte insteekdiepte. De krommen 2 en 3 werden opgenomen tijdens het boren van dezelfde groef, nu met een telkens 1 mm grotere insteekdiepte. Men ziet dat aan de buitenzijde van de tand de S.V.E. het hoogst is (de S.V.E. van glazuur) en dat bij het

$$\text{Spec. versp.energie} = \frac{\text{energie}}{\text{volume}} = \frac{\text{energie/tijd}}{\text{volume/tijd}} = \frac{\text{vermogen}}{\text{produktiesnelheid}}$$

Nu is het vermogen te schrijven als:

$$P_{\text{mech}} = F_S \cdot R \cdot \frac{V_{\text{omtr}}}{R} = M \cdot \omega \text{ [Watt]}$$

waarin

$$M = F_S \cdot R \text{ [Nm]} = \text{boormoment (of boorkoppel),}$$

$$\omega = \frac{V_{\text{omtr}}}{R} \text{ [/s]} = \text{hoeksnelheid van de boor,}$$

$$R \text{ [m]} = \text{straal van de boor.}$$

Het toegevoerde vermogen is dus te bepalen als het produkt van de hoeksnelheid van de boor (te bepalen uit het toerental) en het op het gebitselement of de vulling uitgeoefende boormoment. Vermenigvuldigt men deze waarde met de tijdsduur van het boren, dan verkrijgt men de in totaal tijdens het boren toegevoerde energie. Deelt men deze energie door het volume dat verspaand is, dan heeft men de gewenste specifieke verspaningsenergie gevonden:

$$\text{S.V.E.} = \frac{M \cdot \omega \cdot T}{Q} \text{ [Joule/mm}^3\text{]},$$

$$\text{S.V.E.} = \text{specifieke verspanings-energie [Joule/mm}^3\text{]},$$

$$M = \text{boormoment [Nm]},$$

$$\omega = \text{hoeksnelheid [/s]},$$

$$T = \text{tijdsduur van het boren [s]},$$

$$Q = \text{verspaande volume [mm}^3\text{]}.$$

Om de waarde van de S.V.E. in een aantal gevallen vast te kunnen stellen, moet men de in bovenstaande formule voorkomende vier variabelen kunnen bepalen.

Uit de definitie van de specifieke verspaningsenergie:

$$\text{S.V.E.} = \frac{\text{vermogen}}{\text{produktiesnelheid}}$$

vult af te leiden dat de S.V.E. een maat is voor de met het ter beschikking staande boorvermogen te behalen produktiesnelheid. Uitgaande van een constant toegevoerd vermogen (het maximale boormachinevermogen is nl. begrensd) wordt de grootste verspaningsnelheid bereikt wanneer de S.V.E. minimaal is. Behalve maatgevend voor de te behalen verspaningsnelheid, is uit de waarde van de

tieve verspaning gebruikte energie omgezet in warmte. Een hoge S.V.E. duidt er dus op dat veel energie in de vorm van warmte vrijkomt en dus ook in deze vorm afgevoerd zal moeten worden. Ook in dit licht bezien is het verstandig te streven naar omstandigheden waarbij de S.V.E. minimaal is omdat dan de kans op thermische beschadiging van omliggende weefsels minimaal zal zijn.

#### De meetopstelling

Het te bewerken gebitselement of de te bewerken vulling wordt geplaatst op een kleine (afmetingen ca. 40 x 50 mm) slede, die kan bewegen loodrecht op de rotatieas van de gebruikte boor (afb. 3). Dit is de aanzetbeweging. Deze slede is gemonteerd op de rotor van een luchtlager, waarvan de draaiingsas samenvalt met de draaiingsas van de gebruikte boor. Aan deze rotor is bovendien een arm bevestigd die de beweging van de rotor overbrengt naar een draaimomentopnemer. Wanneer nu de slede met daarop de tand, kies of vulling tegen de draaiende boor wordt geduwd, zal het daarop uitgeoefende boormoment trachten de slede te verdraaien. Deze verdraaiing (orde van grootte 0,5°) wordt gemeten en is een maat voor het boormoment.

Het hoekstuk waarmee de boor wordt aangedreven is gemonteerd op een tweede slede, waarmee het mogelijk is de boor in verticale richting (langs zijn rotatie-as) te verstellen. Hiermee kan worden bereikt dat de groefdiepte die gemaakt wordt in het bewerkte materiaal tot op 0,005 mm nauwkeurig kan worden ingesteld. De afmetingen van de groef in de breedterichting zijn direct afhankelijk van de diameter van de gebruikte boor.

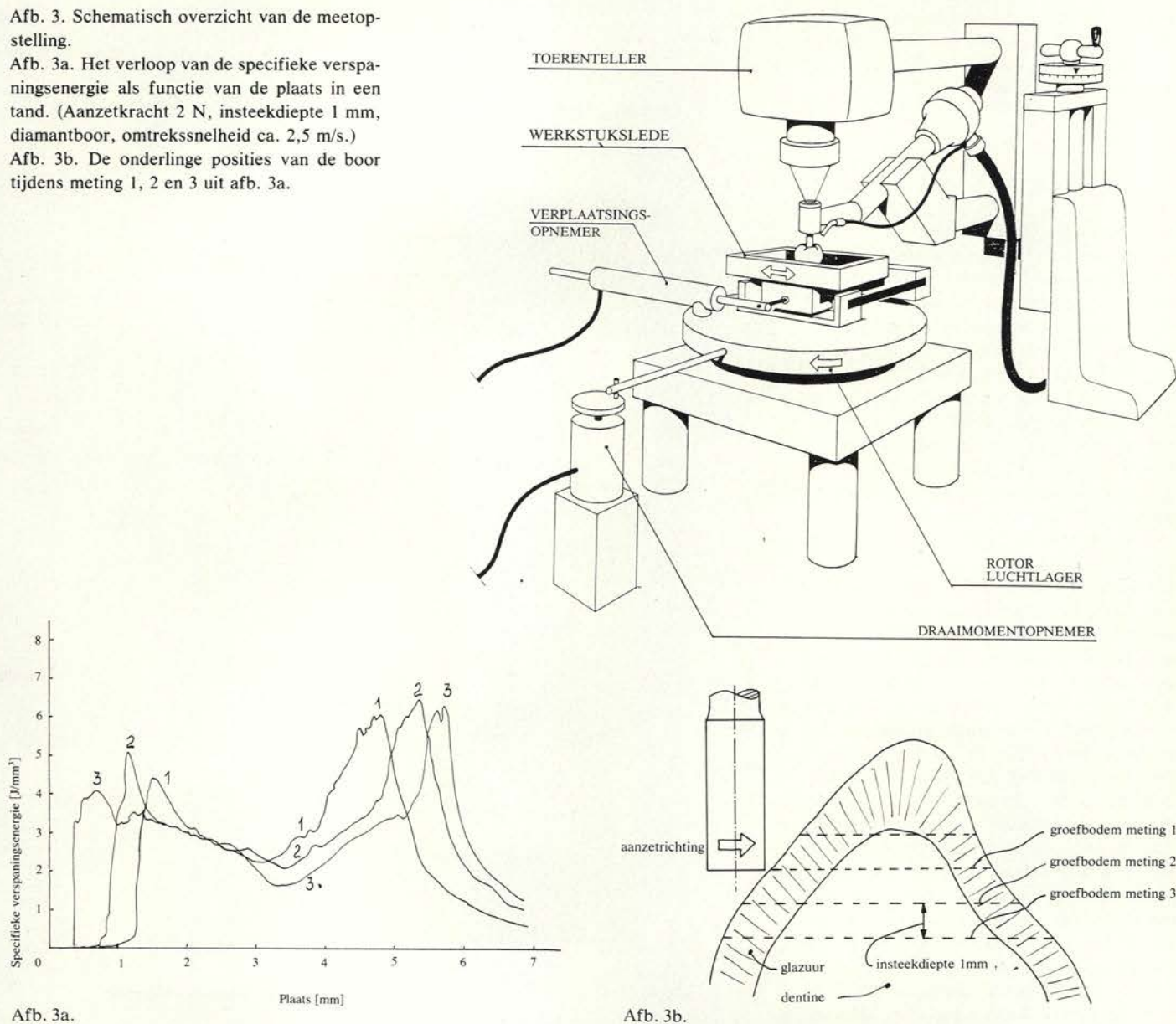
Aan de slede waarop het te bewerken materiaal is bevestigd, de werkstuklede, is een opnemer bevestigd die een elektrisch signaal afgeeft dat evenredig is met de verplaatsing van deze slede, dus met het vorderen van de groef tijdens het boren. Daarmee is dit signaal evenredig met de verspaande hoeveelheid materiaal Q (verondersteld dat groefbreedte en -diepte constant blijven). Door dit signaal heeft men, op ieder moment tijdens het boorproces, een signaal beschikbaar dat evenredig is met de per tijdseenheid verspaande hoeveelheid materiaal.

Ten behoeve van de bepaling van de hoeksnelheid waarmee de boor roteert,

Afb. 3. Schematisch overzicht van de meetopstelling.

Afb. 3a. Het verloop van de specifieke verspaningsenergie als functie van de plaats in een tand. (Aanzetkracht 2 N, insteekdiepte 1 mm, diamantboor, omtreksnelheid ca. 2,5 m/s.)

Afb. 3b. De onderlinge posities van de boor tijdens meting 1, 2 en 3 uit afb. 3a.



Afb. 3a.

Afb. 3b.

naderen van de pulpa (de dieper liggende groeven 2 en 3) de S.V.E. van dentine afneemt. Dit zou veroorzaakt kunnen worden doordat hier een groter aandeel secundair dentine wordt meebewerkt. Dat de krommen 1, 2 en 3 in deze volgorde steeds breder worden, wordt veroorzaakt doordat het element naar onderen toe dikker werd.

Met de hierboven beschreven opstelling is het mogelijk de specifieke verspaningsenergie te bepalen, waarbij de waarschijnlijke fout in het eindresultaat maximaal 10% bedraagt. Omdat de spreiding in de meetresultaten ten gevolge van de materiaaleigenschappen van gebitselementen en amalgaam ca. 60% bedraagt, is deze nauwkeurigheid van de meetopstelling hier voldoende.

#### De gebruikte materialen en gereedschappen

Als aandrijfsysteem voor de boor werd gebruik gemaakt van:

- Atlas Copco Dentalair Unimatic PYD 300. Met een snelloophoekstuk zijn hiermee toerentallen bereikbaar (geregeld) tot 120.000 omw./min.
- Kavo All Air Systematic - Box 690. Met de KAVO All-Air Turbine zijn toerentallen gerealiseerd tot 400.000 omw./min.
- Kavo Super Torque. Toerental tot ca. 300.000 omw./min.

Als boren werden gebruikt:

- Hardmetaal frezen: Meisinger FG 21/4, Dentatus CB 302 FG (ISO-nr. C 21/010).
- Diamantboor: Horico FG/K3 (ISO-nr. 120-016), Dentatus DB 306 FG (ISO-nr. 837/016).

Het menselijke tandmateriaal dat voor deze proeven is gebruikt, werd na extractie schoongemaakt en tot het tijdstip van gebruik bewaard in een 3% formaldehyde-oplossing. Al het gebruikte amalgaam werd bereid met behulp van tabletten à 415 mg van het merk 'New True Dentalloy' van de firma S. S. White. Elk tablet werd gemengd met één druppel kwik à 430 mg. De menging vond mechanisch plaats op de Silamat mengmachine (mengtijd 7 seconden). Het condenseren werd eveneens mechanisch gerealiseerd, gebruik makend van de Sironamotor met reduceerhoekstuk nr. 29 en vibratorkop 66 (toerental: 6000 - 10000 omw./min.). Condenseertijden: 3 - 6 seconden. De resulterende hardheid bedroeg 100 tot 150 eenheden (micro-hardheid volgens Vickers, belasting 25 gram).

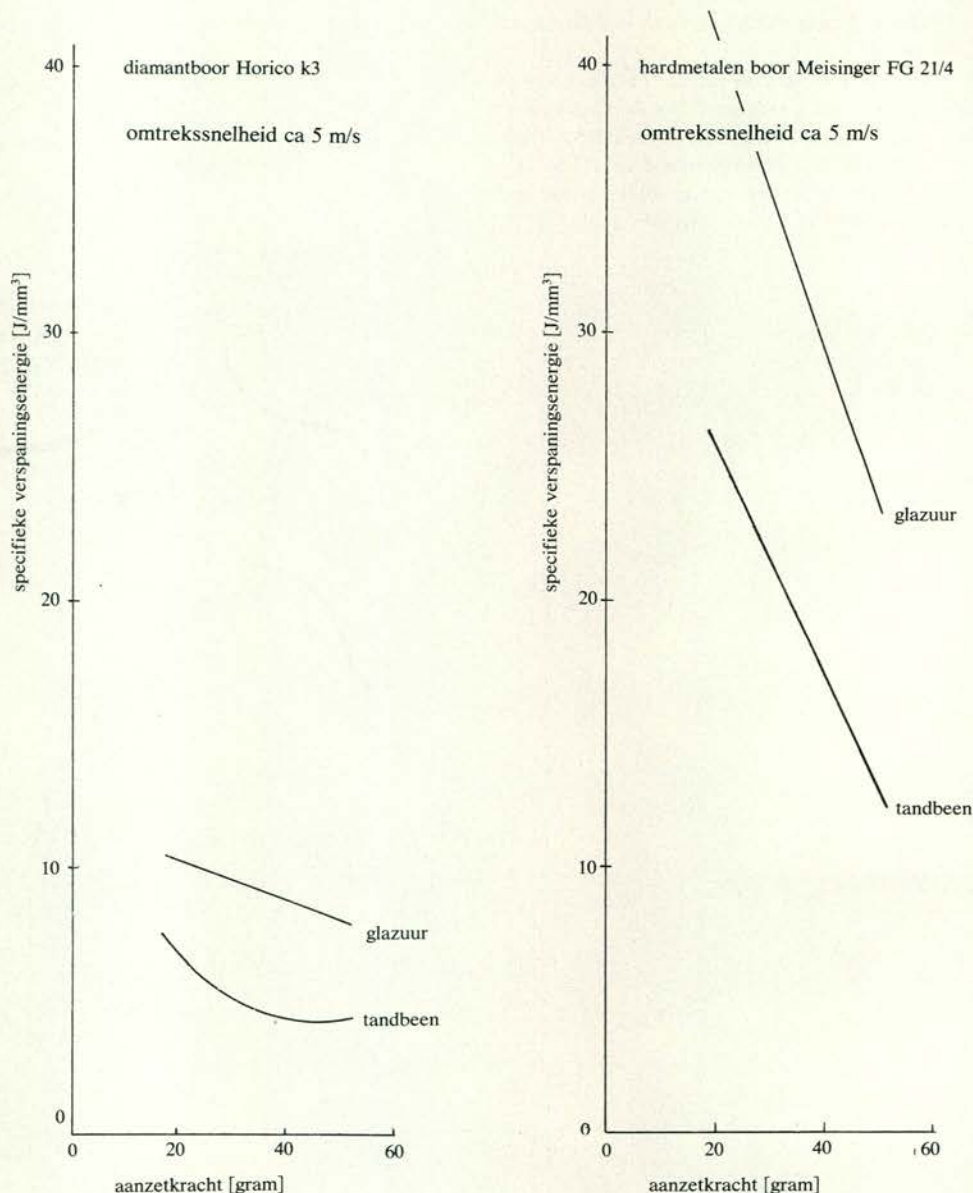
Afb. 4. De specifieke verspaningsenergie bij het bewerken van dentine en glazuur met een diamantboor resp. een hardmetalen boor (omtrekssnelheid ca. 25 m/s).

## Resultaten

### 1. Hardmetalen boor versus diamantboor

Als voorbeeld ter illustratie van de verschillen tussen een hardmetalen frees en een diamantboor zijn in afbeelding 4 de resultaten weergegeven van een aantal metingen met enerzijds een diamantboor van ca. 1,5 mm diameter en anderzijds een hardmetalen freesje van 1,4 mm diameter. De kracht waarmee de boren in deze proevenserie tegen de gebitselementen werden gebracht bedroeg 0,2 tot 0,5 N (20 tot 50 gram). Het toerental van de boor varieerde tussen 5000 en 6000 omwentelingen per seconde, wat resulteert in een omtrekssnelheid van de boor van ca. 25 m/s.

Uit de resultaten blijkt het grote voordeel van het gebruik van diamantboren voor de bewerking van gebitselementen: de specifieke verspaningsenergie ligt bij het gebruik van deze boren circa een factor drie lager dan bij het gebruik van een hardmetalen frees onder dezelfde omstandigheden. Bij de bewerking van amalgaam bedraagt het verschil ongeveer een factor twee in het voordeel van de diamantboor. Deze verschillen tussen diamantboor en hardmetalen frees blijken ook te bestaan bij lagere omtrekssnelheden en toerentallen van deze boren. Ook een toename van de aanzetkracht tot 1,5 à 2 N (150 tot 200 gram) brengt geen wijziging in de geschetste situatie: cilindrische diamantboren blijven efficiënter dan cilindrische hardmetalen boren.



### 2. De invloed van spraykoeling

Naast de koelende en reinigende werking die een lucht-waterspray tijdens het boren heeft, blijkt er ook een duidelijke invloed te zijn op het rendement van het boorproces. Wanneer men nl. tijdens het boren van een groef, hetzij in amalgaam hetzij in een gebitselement (dentine of glazuur), de spraykoeling stop zet dan ziet men vrijwel onmiddellijk de specifieke verspaningsenergie sterk toenemen. Een toename tot driemaal de waarde met koeling is hierbij niet ongebruikelijk. Wanneer men de boor onder deze omstandigheden stopt, blijken alle ruimten tussen de tanden of korrels van de boor gevuld te zijn met slijpsel. Dit pleit ervoor om onder alle omstandigheden waarbij dat maar enigszins mogelijk is, de spraykoeling te gebruiken.

Een ander punt van onderzoek was of de samenstelling van het lucht-water-

mengsel invloed heeft op de waarde van de specifieke verspaningsenergie tijdens de bewerking. Bij de meeste apparaten kan men de hoeveelheid water die met de koellucht versproeid wordt instellen. Hiermee zijn dan instellingen mogelijk van volledig droog tot een volledige waterstraal. Mits de hoeveelheid water niet afneemt tot beneden 20% van de maximaal mogelijke hoeveelheid, heeft de instelling van de waterhoeveelheid in de spraykoeling geen invloed op de specifieke verspaningsenergie, natuurlijk verandert wél de koeling van omliggende weefsels.

### 3. De invloed van aanzetkracht en insteekdiepte

Zoals blijkt uit afbeelding 5a heeft een toename van de aanzetkracht, liggend in het gebied tussen 0 en 2 Newton (0 – 200 gram), een afname tot gevolg van de specifieke verspaningsenergie. Dit gebied

voor de aanzetkracht valt samen met het gebied waarin de krachten liggen in de praktijk. Het in afbeelding 5a vertoonde verloop werd gemeten bij een constant blijvende waarde van de boorinsteeddiepte. Voor waarden tussen 0 en 2 mm voor deze insteekdiepte vindt men steeds het geschetste verloop.

Wanneer men echter de aanzetkracht constant houdt en de insteekdiepte laat variëren, vindt men curves zoals weergegeven in afbeelding 5b. Hieruit valt af te leiden dat een grote druk in het contactvlak tussen boor en te bewerken materiaal gunstig is voor wat betreft het rendement van het proces. Bij gelijkblijvende aanzetkracht en toenemende insteekdiepte, dus met een afnemende kracht per eenheid van boorlengte, neemt de S.V.E. toe.

De voor het rendement van het proces bepalende grootte is dus de *aanzetkracht per millimeter insteekdiepte* van de

gebruikte diamantboor. Dit komt overeen met de waarneming dat slechts enkele korrels op de boormantel actief deelnemen aan het verspaningsproces (zie ook 6). De aanzetkracht per eenheid van insteekdiepte komt dan overeen met de aanzetkracht per actieve korrel, omdat doorgaans per dwarsdoorsnede van de boor (loodrecht op de draaiingsas) slechts één of twee actieve korrels te vinden zijn. De verspaning verloopt efficiënt als per korrel de aanzetkracht zo ver gestegen is, dat niet slechts tegen het materiaal wordt gewreven, maar dat inderdaad ook wordt gesneden.

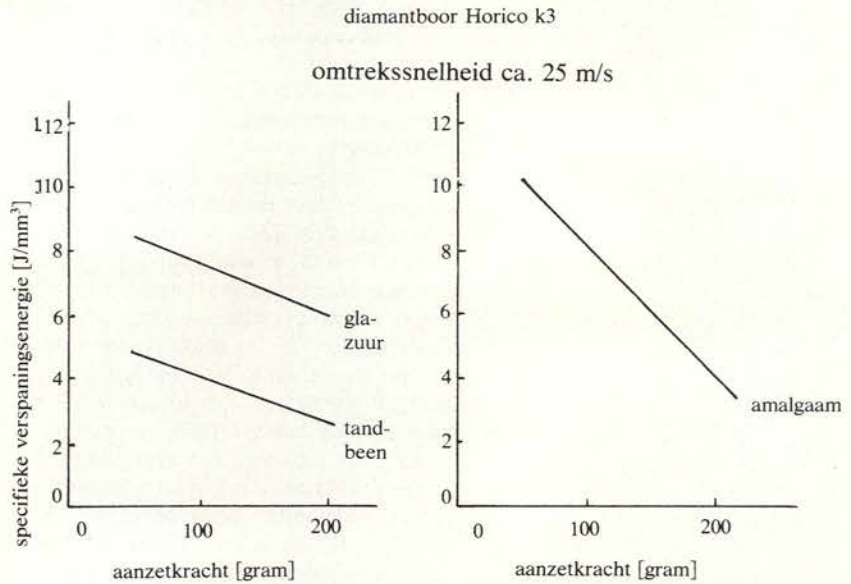
Het is echter moeilijk om de bovenstaande resultaten in de praktijk te benutten. Bij het doorgaans beperkte mechanische vermogen dat aan de booras ter beschikking staat, heeft het te hoog opvoeren van de aanzetkracht het tot stilstand komen van de boor tot gevolg.

Een en ander leidt tot de volgende conclusie: wanneer men het toerental van een boormachine wil verhogen (om wat voor reden dan ook, zie b.v. 4) dan is het zaak om bij dit hogere toerental voldoende vermogen beschikbaar te hebben, zodat men niet genoodzaakt is om bij dit hogere toerental de aanzetkracht zo klein te kiezen, dat men uitkomt in het gebied waar de specifieke verspaningsenergie ontoelaatbaar hoog is. Bij deze overgang naar een hoger toerental, en dientengevolge een groter vermogen (men wil immers de aanzetkracht per millimeter insteekdiepte constant houden) kan een ander fenomeen een beperking gaan vormen. Bij een toename van het vermogen dat voor de verspaning wordt gebruikt, moet men ermee rekenen dat ook de hoeveelheid warmte die van de bewerkingsplaats moet worden afgevoerd zal toenemen. De koelcapaciteit van de gebruikte spray kan hier een bovengrens vormen voor het maximaal te gebruiken boorvermogen zonder thermische beschadiging van omliggend tandweefsel. Bij het in deze onderzoeken gebruikte boorvermogen (ca. 13 Watt) is nog geen sprake van bovenbedoeld gebrek aan koelcapaciteit van de spraykoeling.

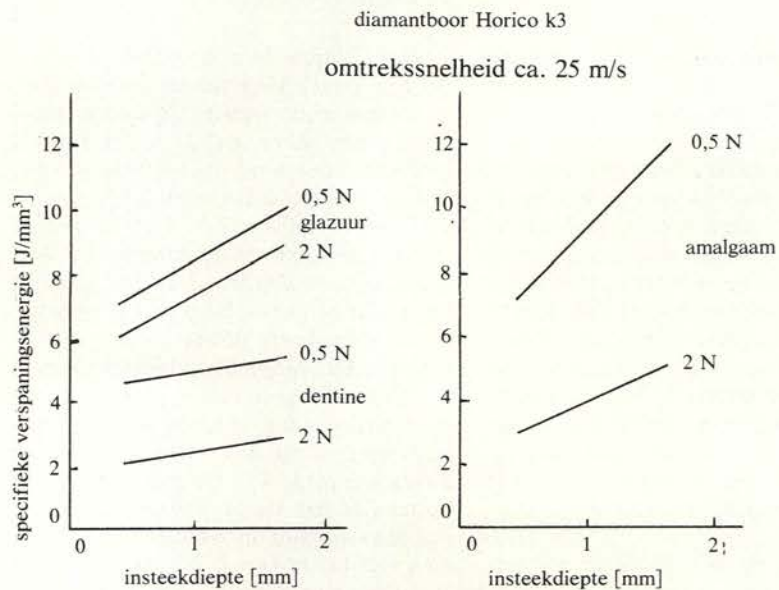
#### 4. De invloed van omtrekssnelheid en toerental

In afbeelding 6 worden de meetresultaten nogmaals gepresenteerd van de bewerking van amalgaam, dentine en glazuur met de diamantboor, ditmaal bij verschillende omtrekssnelheden. Men kan hieruit aflezen dat de keuze van de omtrekssnelheid in het gebied van 1 tot 25 m/s nauwelijks invloed heeft op de specifieke verspaningsenergie. (Bij een boordiameter van 1 mm komen deze snelheden overeen met toerentalen van de boor van resp. 300 tot 8000 omw./s.)

Dit houdt in dat in dit snelheidsbereik,



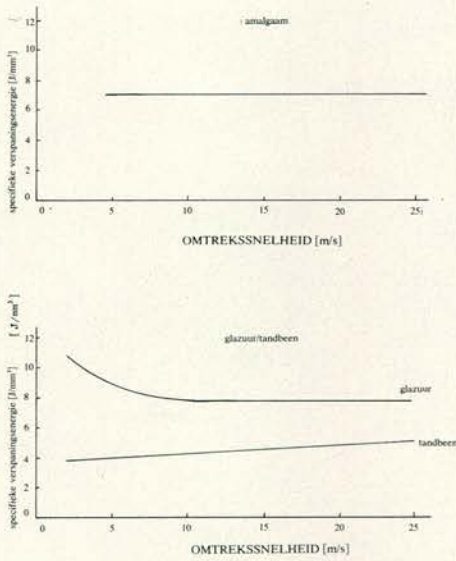
Afb. 5a. De specifieke verspaningsenergie bij het bewerken van glazuur, tandbeen en amalgaam als functie van de aanzetkracht.



Afb. 5b. De specifieke verspaningsenergie als functie van de insteekdiepte bij verschillende aanzetkrachten.

het rendement van het proces niet verandert bij een andere keuze van de omtrekssnelheid. Wel zal natuurlijk, als men bij gelijkblijvende aanzetkracht de omtrekssnelheid vergroot, de productiesnelheid (verspaningssnelheid) toenemen omdat men door het vergroten van de omtrekssnelheid het toegevoerde vermogen vergroot. Een en ander geldt echter uitsluitend als men bij vergroten van de omtrekssnelheid de aanzetkracht per mm insteekdiepte constant weet te houden. Hier nu kan men in de praktijk problemen verwachten. Om dit te illustreren het volgende: Wanneer men een hoekstuk gebruikt met een toerental van omstreeks

100.000 omw./min. en men wil, om wat voor reden dan ook, dit toerental verhogen tot ca. 300.000 omw./min. dan moet ook het machinevermogen een factor drie toenemen, anders kan men niet met dezelfde aanzetkracht blijven werken. Het is voorstelbaar dat men het toerental wil verhogen, omdat is gebleken dat de pijnsensatie bij de patiënt mede wordt veroorzaakt door trillingen die door de boor op de tand worden overgebracht. De gevoeligheid van de mens voor deze trillingen blijkt af te nemen met toenemende frequentie c.q. toenemend toerental (Eichner, 1966). Omdat de boormachines voor toerentalen rond 300.000 omw./



Afb. 6. De specifieke verspaningsenergie bij het bewerken van glazuur, tandbeen en amalgaam als functie van de omtrekssnelheid (diamantboor).

min. niet een driemaal zo groot vermogen hebben als de machines voor ca. 100.000 omw./min. dient men de werkwijze aan te passen, anders komt men in een gebied met lagere aanzetkrachten per mm insteekdiepte en dus een lager procesrendement. Hiertoe staan een tweetal wegen open: de diameter van de gebruikte boor verkleinen en/of de insteekdiepte verkleinen. Wanneer men na b.v. een verdubbeling van het toerental de gebruikte boordiameter halveert, blijft de resulterende omtreksnelheid constant. Men kan dan, bij gelijkblijvend vermogen, met dezelfde aanzetkracht en insteekdiepte blijven werken. (N.B. Het vermogen is het produkt van booromtrekssnelheid en snijkracht.)

Wanneer men de boordiameter na een verdubbeling van het toerental niet halveert, neemt de omtreksnelheid toe en zal men de aanzetkracht moeten halveren om toch met hetzelfde boormachinevermogen uit te komen. De enige manier om dan uit te komen op dezelfde S.V.E. is dan het halveren van de insteekdiepte, dan heeft men weer de oude waarde van de aanzetkracht per mm insteekdiepte en dus de oude - géén hogere - S.V.E. Dit impliceert dat men altijd 'laag voor laag' moet wegemen.

##### 5. Het afgegeven vermogen van een tweetal tandboormachines

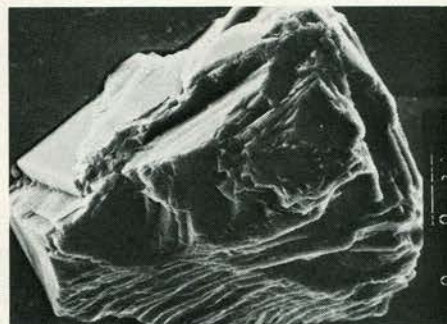
Het netto voor het boorproces ter beschikking staande vermogen aan de booras is tijdens de bovenvermelde proeven eveneens bepaald. Voor de Atlas Copco Dentalair Unimatic PYD 300 met een 1:2 snelloophoekstuk bedraagt het maximale toerental ca. 1500 omw./s. Het maximale boorkoppel kan een waarde bereiken van

$5,5 \cdot 10^{-3}$  Nm. Het afgegeven vermogen bedraagt maximaal 13 Watt.

Voor het KAVO Super Torque-hoekstuk bedragen bovengenoemde waarden resp. 5300 omw./s.  $1,7 \cdot 10^{-3}$  Nm en maximaal 14 Watt. Deze waarden komen overeen met de door Walker en Marrant (1975) opgegeven getallen. Men ziet dat, hoewel de toerentallen in verschillende gebieden liggen, de afgegeven vermogens van deze beide machines elkaar weinig ontlopen. Doordat men in de praktijk een veilige marge wenst voor wat betreft het gevraagde vermogen om tot stilstand komen van de boor door overbelasting te vermijden, beweegt het afgegeven vermogen zich rond de 7 Watt. Als we aannemen dat onder gemiddelde werkomstandigheden de S.V.E. van amalgaam of van een gebitselement (een mengsel van glazuur en dentine) ongeveer  $7 \text{ J/mm}^3$  bedraagt, dan kan men hieruit afleiden dat de 'produktiesnelheid' in de praktijk rond de  $1 \text{ mm}^3/\text{s}$  zal liggen.

##### 6. Het slijtagegedrag van diamantboren

Bij een vergelijking van de vorm van de dwarsdoorsnede van de gemaakte groef tijdens het boren en de vorm van de gebruikte boor werd duidelijk dat slechts enkele korrels verantwoordelijk geacht kunnen worden voor het totale snijgedrag van de gebruikte diamantboor. Dit kan geconstateerd worden door de boor op een profielprojector langzaam te laten roteren en in iedere projectiestand de omhullende lijn van het geprojecteerde profiel vast te leggen. De omhullende van deze verzameling van omhullenden kan men vergelijken met de vorm van de dwarsdoorsnede van de gemaakte groef. Dan blijkt dat slechts enkele korrels op een diamantboor in contact kunnen komen met het te verspanen materiaal. Deze 'werkzame' korrels zijn in het algemeen die korrels die de grootste afstand hebben tot de hartlijn van de boor. Om inzicht te krijgen in het slijtagegedrag is een groepje van dergelijke korrels waargenomen met behulp van een raster-elektronenmicroscop. Dit instrument werd gekozen vanwege de relatief grote scherpte diepte.



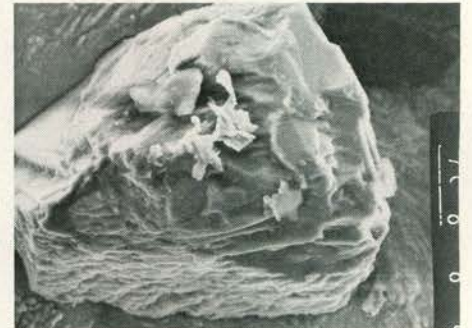
Afb. 7. Diamantkorrel op nog ongebruikte diamantboor. Vergroting  $460 \times$ .

Afbeelding 7 toont een bovenaanzicht van een dergelijke diamantkorrel. Men kijkt bovenop de punt van de korrel, het verst uitstekende deel. Op deze foto is de boor waarvan deze korrel deel uitmaakt nog ongebruikt.



Afb. 8. Diamantkorrel na 40 seconden gebruik. Vergroting  $460 \times$ .

Afbeelding 8 geeft dezelfde korrel weer, nu echter na 40 seconden gebruikt te zijn. Men ziet dat de top van de korrel volledig is afgebroken.



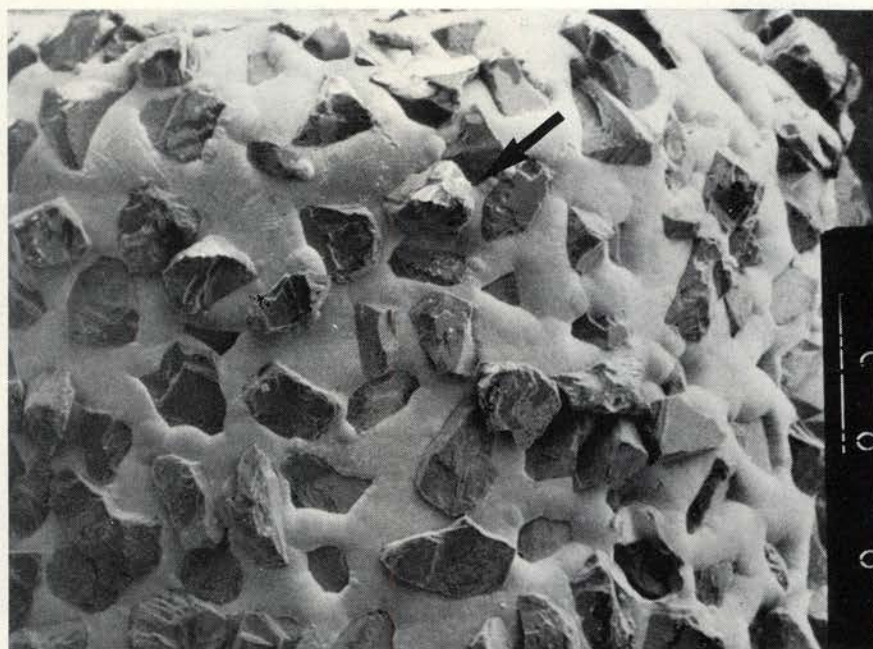
Afb. 9. Diamantkorrel na 450 seconden gebruik. Vergroting  $460 \times$ .

Afbeelding 9 vertoont wederom dezelfde korrel, nu na 450 seconden gebruik. De vorm van de korrel is nu, in vergelijking met de vorm op afbeelding 8, niet meer veranderd. Wel zijn intussen een aantal andere korrels in hun geheel van de boor verdwenen.

Afbeelding 10 geeft bij 100-voudige vergroting een overzicht van een groter deel van het booroppervlak. De korrel die op de voorafgaande foto's zichtbaar was, is op deze foto ook zichtbaar (zie pijl).

Tot slot geeft afbeelding 11 een opname van enige amalgaamspanen, geproduceerd met een diamantboor bij ca. 28 m/s. Men ziet de sterke nijging tot samenklonteren van deze spanen. Vanwege het zeer tijdrovende karakter van de proefnemingen konden de slijtagebeproevingen helaas niet worden afgerond.

De schrijver wil hier zijn dank betuigen aan Drs. W. van Linden Tol, de firma Dental Union te Utrecht, de heer F. J. Giltay en de Delftse tandartsen die door hun bijdragen dit onderzoek mogelijk hebben gemaakt.



Afb. 10. Manteloppervlak van diamantboor na 40 seconden gebruik. Vergroting 100 ×.

#### Summary:

Title: The energy requirement of the dental burring process.

The results are presented of research into the efficiency of various forms of dental burs. This research was carried out at the Delft University of Technology in collaboration with the Subfaculty of Dentistry of the Free

University of Amsterdam.

The process efficiency was measured during burring of both human teeth and amalgam plugs, with diamond burs and tungsten carbide burs at different speeds and diameters of the bur.

Only the efficiency of the burring process was evaluated, disregarding a number of other es-



Afb. 11. Amalgaamspanen geproduceerd met diamantboor bij ca. 28 m/s omtreksnelheid. Vergroting 50 ×.

sential aspects of the burring process, such as for instance the remaining surface quality after burring and the vibrations generated during burring.

#### Literatuur:

1. Eichner, K. (1966): Normal-, hoch- und höchsttouriges Bohren und Schleifen von Zahnhartsubstanzen. Carl Hanser Verlag, München.
2. Walker, R. T., Marrant, G. A. (1975): Performance characteristics of air turbine handpieces. Brit Dent J 9: 139.

November 1977. Adres: Ir. A. N. Westland, Landbergstraat 3, Delft.

## OORDEEL VAN OUDERS OVER ORTHODONTISCHE APPARATUUR, TOEGEPAST BIJ KINDEREN

H. M. M. EMANUEL-VINK \*)

B. PRAHL-ANDERSEN \*\*)

Trefwoorden: Orthodontie - Gedragwetenschappen

### Inleiding

Bij het nemen van de beslissing om al of niet een orthodontische behandeling te beginnen moet met een aantal factoren rekening worden gehouden. Deze factoren hebben onder andere betrekking op de ernst van de afwijking, gezien door de ogen van de omgeving en van de potentiële patiënt, de algehele gezondheidsto-

stand van het eventueel te behandelen gebit en de psycho-sociale omstandigheden van de potentiële patiënt.

Naast de klinische indicatiestelling moet de orthodontist zo goed mogelijk de houding van de patiënt (ouders) ten aanzien van de toekomstige behandeling proberen te voorspellen. Indien de houding van de patiënt (ouders) in dit opzicht te meten zou zijn, is een extra argument verkregen om verantwoord een orthodontische behandeling in te stellen dan wel af te wijzen. Omdat de houding van de ouders bij de begeleiding van hun kind een belangrijke rol speelt bij het

### Samenvatting:

Om de houding te evalueren ten aanzien van orthodontische apparatuur werden in 1972 en 1975 enquêtes afgenomen bij respectievelijk 407 en 391 ouderparen, waarvan kinderen deelnamen aan Het Nijmeegse Groei-onderzoek. Foto's van kinderen met een orthodontisch apparaat werden getoond en er werden vragen gesteld naar de problemen, die werden ervaren met het dragen van extra- en intra-orale apparatuur. Er bleek geen verband te bestaan tussen behandelingsbehoefte en oordeel over en last van orthodontische apparaten. Ouders met een kind in orthodontische behandeling staan significant minder afwerend ten aanzien van verschillende orthodontische apparaten (afb. 1). Ruim 50% van de ouders had geen problemen met het dragen van orthodontische apparaten door hun kinderen. Vaders, die weinig problemen ervaren met het dragen van extra-orale apparatuur door hun kind, zijn weinig nonchalant ten aanzien van hun gebit en 'other directed', d.w.z. zij laten zich beïnvloeden door hun omgeving wat normen en waarden betreft.

\*) Is als sociologe verbonden geweest aan Het Nijmeegse Groei-onderzoek.

\*\*) Verbonden aan de afdeling Orthodontie van de Katholieke Universiteit te Nijmegen (hoofd: Prof. Dr. F. P. G. M. van der Linden).