

GEDRAGINGEN VAN DIAMANT SLIJPINSTRUMENTEN

DOOR G. E. FLÖGEL

Inleiding

Zoals in een vorig artikel reeds werd vermeld, was de verwarring van de begrippen „toerental” en „lineaire snelheid” in diverse publicaties onder andere aanleiding tot het nogmaals onderzoeken van de gedragingen van diamantslijpinstrumenten. De overgang van de klassieke lage lineaire snelheden naar hoge of zeer hoge snelheden, is vrij recent en het aantal onderzoekingen gering. Over snelheden van ca. 30 m per sec. werd bij mijn weten tot nu toe niet gepubliceerd.

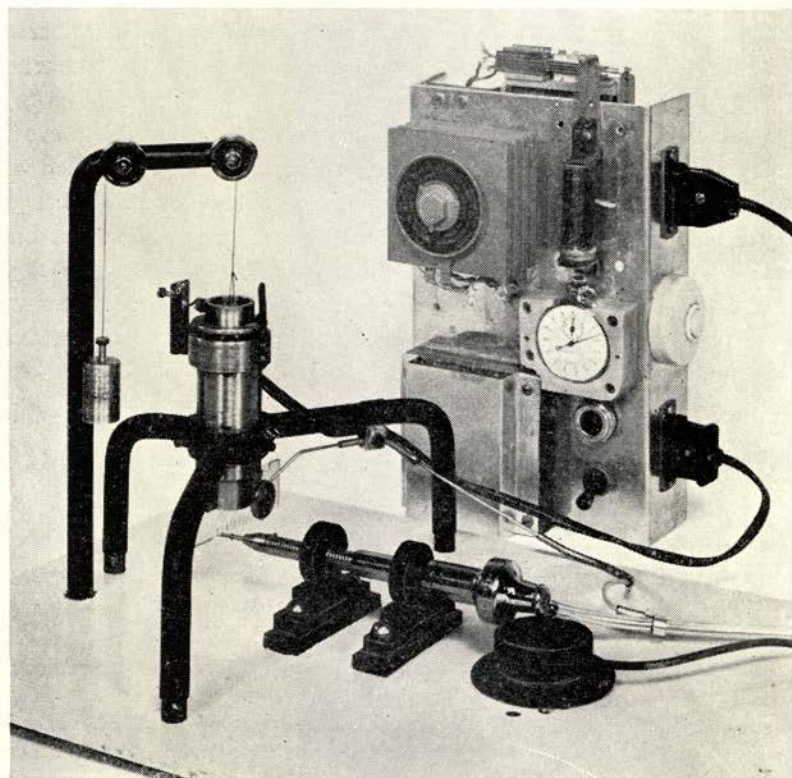
De „vaste overtuiging” welke gemakkelijk ontstaat bij een klinische beoordeling van een bepaald instrument, blijkt vaak bij een objectief onderzoek niet houdbaar. Besloten werd derhalve een proefapparatuur te vervaardigen waarbij getracht werd zoveel mogelijk variabelen – die bij klinisch gebruik een juiste beoordeling vertroebelen – te elimineren.

Materialen en apparatuur.

Gebruik werd gemaakt van diamantcilinders, draaiend in een horizontaal opgestelde precisie-spindel. Het onderzoek werd bepaald tot uitsluitend diamantslijpinstrumenten, omdat deze, blijkens de in de laatste jaren verschenen publicaties, een grotere efficiëntie bezitten dan staal of hardstaal-frezen.

Het te beslijpen materiaal was pyrexglas, bij slijpproeven een gebruikelijk substituut voor glazuur. Slijpproeven op een zachter materiaal, ter vergelijking met dentine, werden niet gedaan, omdat hierbij het efficiëntieprobleem van minder praktische betekenis is. Bovendien wordt bij het prepareren van caviteiten zelden alleen in dentine geprepareerd, maar meestal gelijktijdig in glazuur. Het materiaal met de grootste hardheid is dan bepalend voor de keuze van lineaire snelheid en druk. Hoewel de uitkomsten van de slijpproeven op natuurlijk tandglazuur niet volkomen in overeenstemming kunnen zijn met die op pyrexglas, werd dit materiaal gekozen, omdat de samenstelling homogeen is, in tegenstelling tot glazuur. De plaatjes pyrexglas hadden een dikte van 2 mm, tot op 1/100 mm nauwkeurig gelijk geslepen.

Het glas werd geplaatst in een support met verticale bewegingsvrijheid waardoor, tengevolge van de zwaartekracht, het glas met een constante druk op de daaronder roterende diamantcilinder kon worden gehouden. (afb. 1). Tijdens het slijpen zakte het pyrexglas als het ware door de steen heen. De hoeveelheid weggeslepen materiaal was bij iedere proef constant, de tijd, die de „steen” nodig had om dit te bewerkstelligen, werd vol-



Afb. 1. Proefopstelling met elektrische tijd-registratie. — G. E. FLÖGEL

automatisch elektrisch gemeten, dit in tegenstelling met de methode waarbij de slijptijd als constante wordt gehouden en men efficiëntie-bepalingen doet door gewichtsverlies van het slijpobject vast te stellen. Efficiëntie-bepaling door middel van tijdmeting leek mij niet minder exact dan de „loss-weight” methode, terwijl de uitkomsten eenvoudiger en sneller, namelijk door directe aflezing, te verkrijgen zijn zonder de anders noodzakelijke demontage van het slijpobject uit de apparatuur.

Het bepalen van het toerental geschiedde door middel van een metalen

excentriekje, bevestigd aan de boor-spindel. Dit passeerde per omwenteling eenmaal een electromagnetische opnamekop en de zo voortgebrachte impulsjes werden, via een L.F.-versterker, als enkelvoudige toon hoorbaar gemaakt. De toonhoogte werd gemakkelijk gevonden door de corresponderende toon op te zoeken bij een piano. Van iedere toon is het trillingsgetal per seconde bekend, het aantal omwentelingen van de spindel per minuut was dus te berekenen door het gevonden trillingsgetal met 60 te vermenigvuldigen. Omgekeerd was het mogelijk een bepaald toerental te kiezen, door eerst hiervan de bijpassende toonhoogte te berekenen en de apparatuur hierop „af te stemmen”.

Op de hierboven beschreven manier werd de manometer in de toevoering naar de turbine geëikt, zodat in het vervolg door het instellen van de manometer op een bepaalde druk *onder werkcondities*, direct het gewenste toerental kon worden verkregen. Onzuiverheden door het ontstemd raken van de piano werden hierdoor uitgesloten.

Deze ogenschijnlijk omslachtige methode om toerentallen te meten was nodig, omdat iedere mechanische methode, vooral bij hogere toerentallen, grote moeilijkheden (o.a. krachtsverlies), opleverde.

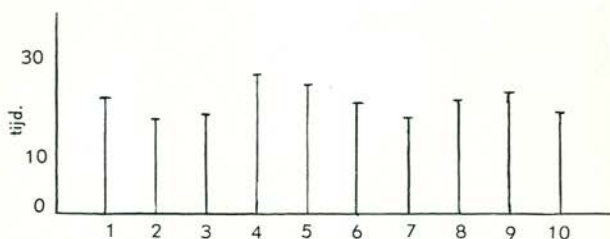


Fig. 1. De gevonden tijdswaarden van een serie-proef met 10 nieuwe diamantinstrumenten vertoonden onderling duidelijke verschillen. (gelijke snelheid en druk) De vervolgens genomen slijpproeven gaven een overeenkomstig beeld te zien. De gemiddelde waarden van iedere serie-proef werd gebruikt voor fig. 2. G. E. FLÖGEL

De slijpproeven werden verricht onder een constante water/lucht spray. Omdat uit de experimenten van HARTLEY gebleken was, dat de eigenschappen van diamantcilinders van verschillend fabrikaat sterk uiteenliepen, werden steeds cilinders van hetzelfde merk (D & Z) gebruikt.

Resultaten.

Bij slijpproeven onder verder gelijke omstandigheden bleek, dat de cilinders, onderling van eenzelfde vorm en grootte en ongebruikt, bij hun eerste slijpproeven toch onderling deviaties in de gevonden tijdswaarden opleverden. (fig. 1). De proeven werden herhaald met een nieuwe cilinder,

(de lengte was meer dan 6 mm) waarbij achtereenvolgens het voorste, het middelste en het achterste gedeelte van de cylinder in het pyrexglas moest slijpen. Hoewel de verschillen niet groot waren, waren de hier gevonden tijdswaarden onderling ook niet volkomen gelijk. Keramische producten hebben een sterk vernielende werking op diamantslijpinstrumentarium, waardoor het niet mogelijk was een bepaalde slijpproef door herhaling

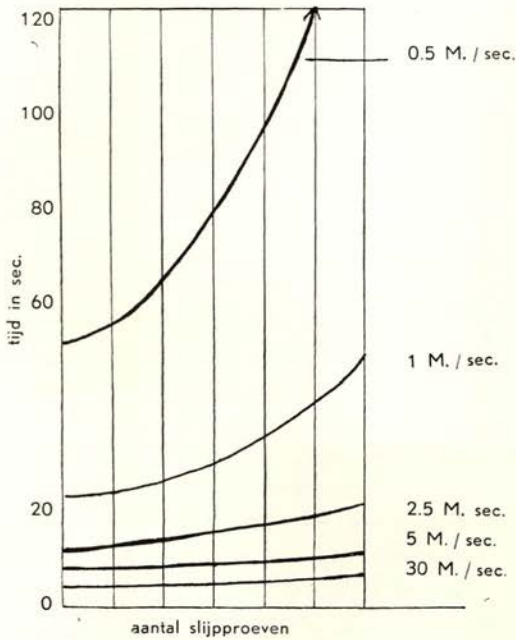


Fig. 2. Duidelijk is het efficiëntieverschil te zien indien bij gelijkblijvende druk de lineaire snelheid wordt veranderd. Tevens de enorme efficiëntieafname bij lage snelheden.

G. E. FLÖGEL

nauwkeurig te controleren. Door eenzelfde cylinder een groot aantal malen dezelfde slijpproef te laten herhalen, werd uit de gevonden chronometertijden een oplopende getallenreeks gevonden. Hiermede was a.h.w. een slijtage (?) -curve te construeren. Herhaling van deze serie slijpproeven met een andere cylinder, leverde een soortgelijke curve op, zoals te begrijpen niet met volledige overeenstemming wat betreft de gevonden tijdswaarden. Uit voorafgaande pogingen een constante te vinden in de slijpinstrumenten, werd duidelijk, dat dit met het door de fabrikant geleverde materiaal niet mogelijk was. Hierdoor konden slechts efficiëntie-bepalingen van relatieve aard worden gedaan. De geringe verschillen in slijpfel-

heid en slijtage-eigenschappen van de cylinders hebben overigens geen enkel praktisch bezwaar. De enorme slijtage van het diamantinstrumentarium, zoals die werd beschreven door HARTLEY, werd niet gevonden. Toen werd nagegaan, wat hiervan de oorzaak kon zijn, bleek dat noch op de foto, noch in de beschrijving die HARTLEY geeft van de door hem gebruikte proefopstelling, gebruik werd gemaakt van een koelapparatuur, hetgeen waarschijnlijk de oorzaak is van de gevonden verschillen.

Bij mijn slijpproeven bleek inderdaad reeds na zeer korte tijd „droogslijpen”, de slijpefficiëntie van de gebruikte cylinder nagenoeg geheel te zijn verdwenen. Bij „natslijpen” waren de gevonden slijtage- en efficiëntiecurven zoveel gunstiger, dat behalve op de voorheen besproken klinische en histologische gronden, „natslijpen” door middel van water- of spraykoeling, onontbeerlijk bleek.

Bij een aantal proeven werd, behalve met water/lucht-mengsel, met een oliemist gespoten, hetgeen op de efficiëntie geen invloed bleek te hebben.

Naarmate het toerental en dus de lineaire snelheid van de slijppartikels hoger werd, werd de efficiëntie van het diamantinstrumentarium groter. De toename van efficiëntie bleek, zoals reeds door verschillende onderzoeken was vastgesteld, niet te stijgen volgens de formule $K = \frac{1}{2}M.V.^2$, waarbij K de hoeveelheid kinetische energie is van het slijppartikel, M de effectieve massa en V de snelheid. Integendeel, de efficiëntiewinst nam af, naarmate de lineaire snelheid groter werd. Onder de omstandigheden van de gebruikte proefopstelling, bleek de efficiëntie-toename het grootst te zijn, als de lineaire snelheid werd opgevoerd van 0,3 naar 1 m per sec. De metingen werden verricht t/m 60.000 omwentelingen per minuut, waarbij een maximale lineaire snelheid van 6 m per sec. werd verkregen. Een verhoging van de lineaire snelheid tot 30 m per sec. door middel van cylinders met een grotere diameter, waarbij het contact-vlak tussen slijpinstrument en pyrexglas in mm² gelijk werd gehouden aan dat van de vorige slijpproeven, gaf eveneens een zekere efficiëntiestijging te zien.

De afname van efficiëntie werd bij opeenvolgende slijpproeven bij verschillende lineaire snelheden in slijtage-curven vastgelegd. (fig. 2). Opvallend was hierbij dat de tijdsvermeerdering, die bij een bepaalde cylinder na bijvoorbeeld 6 slijpproeven, ten opzichte van de initiële slijpproef gemeten werd, bij lagere lineaire snelheden percentage gewijs belangrijk groter was dan bij hogere. Tevens bleek, dat een cylinder, die na een bepaald aantal slijpproeven bij een lineaire snelheid van $\frac{1}{2}$ m per sec. het predicaat „volledig versleten” verdiende, bij een lineaire snelheid van 5 m per sec. praktisch weer „als nieuw” reageerde. Aangezien de druk (zie fig. 2) constant was bij alle snelheden, werd verondersteld dat de slijptijd

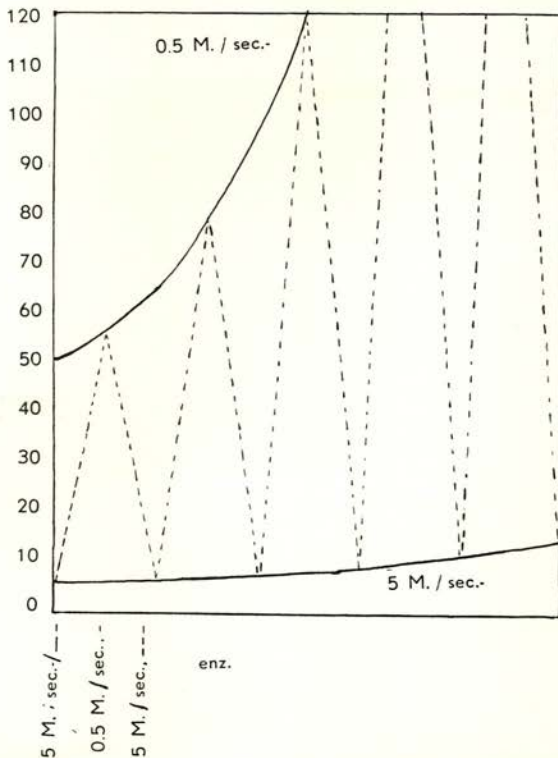


Fig. 3. Eén instrument werd achtereenvolgens met 0.5 en 5 m.sec. ingezet. Er ontstonden 2 slijtagecurven, waarvan ieder nagenoeg gelijk aan die welke met afzonderlijke instrumenten werd gevonden. (zie fig. 2). De stippellijnen hebben verder geen grafische betekenis.

G. E. FLÖGEL

de variabele kon zijn, waardoor de efficiëntie-afname zo signifiant was. Hierna werden nogmaals slijpproeven gedaan, waarbij de lineaire snelheid bij dezelfde cylinder alternerend $\frac{1}{2}$ m per sec. en 5 m per sec. was. (fig. 3). Op deze wijze was de slijptijd bij benadering gelijk te krijgen. Ook hier deed zich weer hetzelfde verschijnsel voor: de cylinder gedroeg zich alsof er sprake was van een slijpproef met twee cylinders; de slijtagecurven ontwikkelden zich nagenoeg gelijk aan die welke voorheen bij de slijpproeven met een enkele lineaire snelheid werden gevonden.

Uit het voorafgaande blijkt duidelijk, dat het efficiëntie-verlies van cylinders bij lage snelheden niets, of slechts weinig te maken heeft met de werkelijke cylinderslijtage.

Van groot praktisch belang is het betere efficiëntie-behoud van cylinders bij hoge lineaire snelheden.

Conclusies

1. De *efficiëntie* neemt toe naarmate de lineaire snelheid groter wordt, althans binnen de onderzochte waarden.
2. De *efficiëntie-winst* wordt echter kleiner naar mate de lineaire snelheid groter wordt.
3. De *efficiëntie-afname* wordt kleiner naarmate de lineaire snelheid groter wordt.
4. Het verwijderen van materiaal geschiedt bij lage snelheden kennelijk volgens een ander slijpmechanisme dan bij hoge lineaire snelheden. Dit gezien de discongruentie in efficiëntie-afname, welke één steen bij verschillende lineaire snelheden te zien geeft.
5. Reeds korte tijd droog slijpen werkt vernielend op diamant slijpinstrumenten. Het totale verlies van efficiëntie wordt niet door „versmeren” veroorzaakt maar door destructie.