

Glad draaien met diamant

Citation for published version (APA):

Mot, E. (1965). Glad draaien met diamant. *Metaalbewerking*, 31(3), 41-44.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1965

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Glad draaien met diamant

door E. Mot

Laboratorium voor Werkplaatstechniek, T.H. Eindhoven

Inleiding

Draaien met diamant is een bewerking, welke in de industrie nog maar weinig wordt toegepast. Niettemin is het in vele gevallen de goedkoopste oplossing voor nadraaien van niet-ijzer metalen. De bereikbare oppervlaktekwaliteit is zeer hoog, terwijl de standtijd van diamant die van hardmetaal vele malen overtreft. De gereedschapskosten kunnen daardoor zelfs nog wel lager komen te liggen dan bij gebruik van hardmetaal. Als bewerking moet echter worden genoemd, dat diamantgebruik uitsluitend op stabiele draaibanken van goede kwaliteit mag worden gebruikt, omdat bij het optreden van trillingen de diamant snel kan breken.

Dit artikel is het verslag van een literatuuronderzoek, dat tot doel had een overzicht te krijgen van de optimale slijcondities voor een diamanten langsdraaibeitel, zoals die in de literatuur worden vermeld. Als ruwheids criterium is de gemiddelde ruwheidshoogte R_a (CLA-waarde) gekozen. (Zie hiervoor NEN 630. Figuur 1 geeft hiervan een gedeelte weer).

Tengevolge van de beperkte hoeveelheid beschikbare literatuur moest in sommige gevallen echter de optische reflectie van het materiaal als „ruwheidsgraadheid“ worden opgegeven. Experimenteel is aangetoond, dat er een duidelijk verband bestaat tussen de gemiddelde ruwheidshoogte en de reflectiecoëfficiënt, gemeten in een richting loodrecht op het oppervlak.

Invloed van de beitelvorm en de aanzet

De oppervlakteruwheid van een werkstuk ontstaat voor een belangrijk gedeelte doordat de beitel sporen van zijn vorm in het werkstuk achterlaat. In het volgende wordt met theoretische ruwheid bedoeld de ruwheidswaarde welke een „volkomen gladde“ beitel op het werkstuk zou achterlaten. Figuur 2 geeft de afbeelding van een draaibeitel. Bij elke omwenteling van het werkstuk beweegt deze zich in de richting van de aanzet over een afstand gelijk aan de aanzet per omwenteling, en veroorzaakt daardoor een ruwheid die van de vorm van de beitelpunt afhangt. In enkele eenvoudige gevallen is het mogelijk de theoretische ruwheid te berekenen. In figuren 3, 4 en 5 zijn de daartoe te gebruiken formules voor drie verschillende beitelvormen vermeld. Ten gevolge van benaderingen in de berekeningen zijn er grenzen, waarbuiten deze formules niet mogen worden gebruikt. Deze grenzen zijn ook in de figuren vermeld.

Figuur 3 geeft een profiel weer, veroorzaakt door een beitel met een scherpe punt; in figuur 4 werd een beitel met een ronde punt toegepast en figuur 5 is afkomstig van een beitel met een ronde punt en een kleine hulpsnijkhoeek. Uit de formules voor de theoretische ruwheid voor elk van deze gevallen kunnen we concluderen dat figuur 5 een lagere ruwheidswaarde geeft dan figuur 3, dus een betere oppervlaktekwaliteit. Figuur 5 gaat

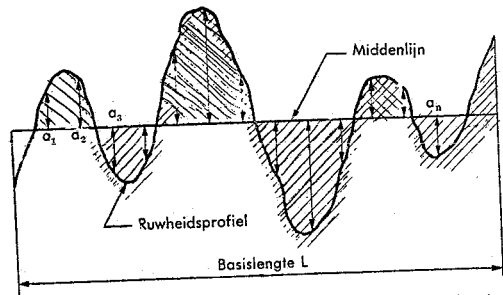


Fig. 1. Waardebepaling van de oppervlakteruwheid volgens NEN 6301

Bij de waardebepaling van de oppervlakteruwheid wordt van het ruwheidsprofiel uitgegaan. In deze figuur is de vergroting van het ruwheidsprofiel in hoogterichting vele malen groter dan in de lengterichting. De middenlijn sluit met het ruwheidsprofiel oppervlakken in waarvan de gezamenlijke grootte aan weerszijden van de middenlijn gelijk en tevens een minimum is. De basislengte L (in mm) is de lengte van het ruwheidsprofiel waarop de middenlijn is betrokken. De eenheid van oppervlakteruwheid is de ru . De ruwheidswaarde R_a bedraagt één ru indien de gemiddelde afstand van het ruwheidsprofiel tot de middenlijn

$$\frac{\sum a_i}{n} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

gelijk is aan 0,000025 mm (ongeveer gelijk aan 1 mikro-inch)

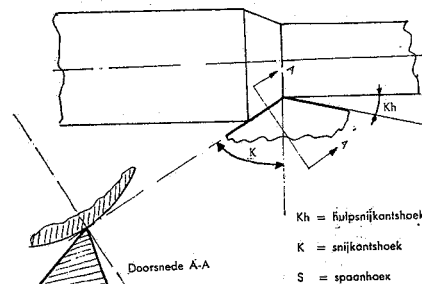


Fig. 2. Beitelhoeken



theoretische ruwheid : $176 K_h \cdot a \text{ ru}$
hulpsnijkhoeek : $K_h < 6^\circ$

Fig. 3. Theoretische oppervlaktevorm bij gebruik van een beitel met een scherpe punt



Fig. 4. Theoretische oppervlaktevorm bij gebruik van een beitel met een ronde punt

theoretische ruwheid : $1280 \frac{a^2}{r} \text{ ru}$
afroningsstraal : $r > 4a$

Fig. 5. Theoretische oppervlaktevorm bij gebruik van een beitel met een ronde punt en een rechte hulpsnijkant



theoretische ruwheid : $176 K_h \cdot a - 25 K_h \sqrt{K_h \cdot a \cdot r}$
 afrondingsstraal : $r > 4a$; aanzet $a > 0,062 K_h \cdot r$



Fig. 6. De invloed van beiteltrillingen op de werkelijke oppervlakteruwheid

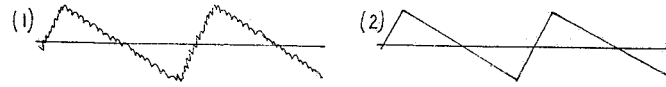


Fig. 7. De invloed van de microstructuur op een oppervlak met een grote theoretische ruwheid

Werkelijke ruwheid en theoretische ruwheid zijn ongeveer aan elkaar gelijk



Fig. 8. De invloed van de microstructuur op een oppervlak met een kleine theoretische ruwheid

Werkelijke ruwheid is veel groter dan de theoretische ruwheid

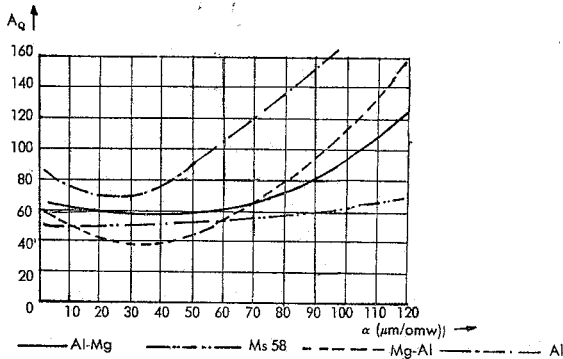


Fig. 9. Invloed van de aanzet op de oppervlakteruwheid

A_q is een grootte, die verband houdt met de optische reflectie-eigenschappen van het materiaal

snedediepte : $d = 0,1 \text{ mm}$
 snijsnelheid : $v = 2 \text{ m/sec}$
 hulpsnijkantshoek : $K_h = 0,3^\circ$

over in figuur 3 indien $r = 0$. Indien we figuur 4 en figuur 5 meekundig vergelijken, dan zien we dat figuur 4 in figuur 5 kan worden veranderd door de stippellijnen te vervangen door getrokken lijnen. Daardoor vervallen de kleine driehoekjes en komen de toppen dichter bij de dalen. Daarom moet figuur 5 ook beter zijn dan figuur 4.

Dit leidt tot een belangrijke conclusie, namelijk: dat een beitel met een grote neusradius en een kleine hulpsnijkantshoek een minimale theoretische oppervlakteruwheid veroorzaakt. Om een glad oppervlak te draaien moet dan nog de aanzet klein worden gekozen. Een oppervlakprofiel volgens figuur 5 kan alleen ontstaan als de aanzet groter is dan $0,035 K_h \cdot r$. Is de aanzet kleiner, dan ontstaat het profiel van figuur 4.

Bij draaien met diamant verdient het aanbeveling een beitel toe te passen met een afrondingsstraal van 0,5 à 1,5 mm en een hulpsnijkantshoek van minder dan 1 graad. Bij gebruikelijke aanzetten van 0,02 tot 0,06 mm/omw. ontstaat dan doorgaans het profiel van figuur 5,

omdat bij deze omstandigheden de aanzet (meestal) groter is dan $0,035 K_h \cdot r$.

Ter toelichting geeft tabel I waarden voor de theoretische ruwheid, berekend met de formule van figuur 5 voor een beitel met een hulpsnijkantshoek K_h van $0,5^\circ$:

| Aanzet $a \text{ mm/omw.}$ | ruwheid in ru | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | $r = 0,5 \text{ mm}$ | $r = 1 \text{ mm}$ | $r = 1,5 \text{ mm}$ |
| 0,02 | 0,87 | 0,51 | ¹⁾ 0,34 |
| 0,04 | 2,27 | 1,76 | 1,36 |
| 0,06 | 3,74 | 3,12 | 2,63 |

¹⁾ In dit geval is $a < 0,035 K_h \cdot r$ en dus de formule van figuur 4 van toepassing!

Tabel I. Waarden voor de theoretische ruwheid

De werkelijke ruwheid is altijd groter dan de theoretische. De grootste verschillen treden op bij de kleinste theoretische ruwheid. Dan kan de werkelijke ruwheid wel 3 tot 5 maal zo groot als de theoretische zijn. Bij grote theoretische ruwheid bedraagt het verschil nog maar enkele tientallen procenten.

Het verschil tussen de werkelijke en de theoretische ruwheid wordt ten dele veroorzaakt door tijdens de bewerking optredende trillingen, waardoor de stand van de beitel ten opzichte van de hartlijn na elke omwenteling verschillend is. Zie figuur 6.

Voor een ander deel ontstaan verschillen door het feit dat de beitel niet volkomen glad is en het werkstukmateriaal niet volkomen homogeen. Daardoor ontstaat een microstructuur, welke op het theoretische profiel is gesuperponeerd. In figuur 7 is de invloed hiervan geschetst voor een geval waarin de theoretische ruwheid groot is. Figuur 7 (1) geeft het werkelijke profiel van een bewerkt oppervlak, waarvan het theoretische profiel in figuur 7 (2) is getekend. Omdat de oppervlakken van de driehoekjes in beide gevallen ongeveer gelijk zijn, is de werkelijke ruwheid ook ongeveer dezelfde als de theoretische ruwheid.

Geheel anders is de toestand in het geval waarin de theoretische ruwheid zeer klein is. Door de hulpsnijkantshoek K_h gelijk aan 0° te kiezen is een theoretisch volkomen glad oppervlak te verkrijgen: theoretische ruwheid = 0 ru. Zie figuur 8 (2). Door de aanwezigheid van een microstructuur is de werkelijke ruwheid niet gelijk aan 0; hoewel klein is deze werkelijke ruwheid dus vele malen groter dan de theoretische. Zie figuur 8 (1).

Op grond van het voorgaande is het duidelijk, dat door vergroting van de aanzet de oppervlakteruwheid eveneens vergroot. Verkleint men de aanzet echter, dan neemt de ruwheid af tot een minimum. Meestal veroorzaakt een verdere verkleining van de aanzet een geringe verhoging van de ruwheid, een verschijnsel dat niet alleen theoretisch interessant, maar ook voor de praktijk van groot belang is. Uit figuur 9 is te concluderen, dat beneden $a = 0,05 \text{ mm/omw.}$ geen noemenswaardige verbetering van de oppervlaktekwaliteit kan worden verwacht.

Invloed van de beitelhoeken

Hulpsnijkantshoek

Op grond van figuren 3 en 5 is de invloed van deze hoek duidelijk. Figuur 10 laat zien dat we inderdaad een minimum bereiken als K_h gelijk staat of bijna gelijk aan nul is. In het algemeen is het aan te bevelen in te stellen $K_h = 0$ precies, hetgeen eenvoudig kan worden gecontroleerd met behulp van de lichtspiegel tusen hulpsnijkant en

werkstuk. Bij gebruik van een microscoop lijkt het op deze manier mogelijk de beitel op één boogminuut nauwkeurig te justeren.

Neusradius

De formules van figuur 4 en 5 suggereren dat vergroting van de neusradius vermindering van de ruwheid ten gevolge heeft. Tot op zekere hoogte blijkt dit inderdaad in de literatuur terug te vinden te zijn. Toename van r heeft echter bovendien een ongunstig effect op de stabiliteit van het systeem. Het is duidelijk dat er aldus een optimale waarde van de neusradius ontstaat. Figuur 11 toont dit optimum voor enkele materialen. Het blijkt in de buurt van $r = 0,1$ mm te liggen. Deze grafiek is echter overgenomen uit een dissertatie, die in 1939 werd geschreven¹⁾. Het is bekend, dat tegenwoordig veel grotere radiussen worden toegepast zonder merkbare vermindering der stabiliteit. De oorzaak van dit verschil ligt waarschijnlijk in het feit dat de moderne draaibanken robuuster worden gebouwd. Hoewel we de juiste waarde van het huidige optimum niet kennen lijkt het niet onwaarschijnlijk dat het ergens tussen 0,5 en 1 mm ligt.

Spaanhoek

De invloed van deze hoek (zie figuur 2) hangt van een aantal factoren af.

In figuur 12 zijn enkele meetresultaten weergegeven. Een hoge waarde verbetert de stabiliteit, maar de beitel wordt tevens zwakker. Verder kan een hoge waarde van S lintspaanvorming veroorzaken, waardoor het oppervlak van het werkstuk beschadigd kan worden.

Lage waarden van S , in het bijzonder negatieve waarden, vergroten de snijkraft en verminderen de stabiliteit. In verband met deze verschillende gezichtspunten wordt doorgaans aangeraden S tussen -5° en $+5^\circ$ te kiezen, teneinde redelijke snijcondities te verkrijgen, gecombineerd met voldoende sterkte. Voor brosse materialen mag S in het algemeen kleiner zijn dan voor taaiere.

Overige beitelhoeken

De invloed van de overige beitelhoeken is van ondergeschikt belang. Vrijloophoeken moeten klein gehouden worden om het gereedschap zo sterk mogelijk te maken.

Invloed van de overige verspaningsomstandigheden

Snijsnelheid

Wanneer men met een hardmetalen beitel draait, verbetert een verhoging van de snijsnelheid de oppervlaktekwaliteit. Draait men met diamant, dan gebeurt veelal het tegenovergestelde. De oorzaak van dit verschil in gedrag ligt waarschijnlijk in het feit dat bij het zeer gladde draaien, zoals dit met diamant mogelijk is, de instabiliteit van het systeem een naar verhouding grotere rol gaat spelen. Dan meet men dus niet meer de invloed van de snijsnelheid, maar de dynamische eigenschappen van de bank. Figuur 13 ondersteunt deze stelling: Als de motor van de draaibank niet op rubber geplaatst is neemt de oppervlakteruwheid toe met de snijsnelheid, maar is hij wel op rubber geplaatst, dan is dit effect verdwenen.

Snedediepte

Figuur 14 laat zien dat in het algemeen de snedediepte niet van belang is, zolang zij kleiner is dan 0,2 mm, maar er zijn twee redenen om hem kleiner te kiezen. De eerste is, dat de spaanslankheid, welke de vorm van de spaan bepaalt, afneemt als d afneemt. Daardoor verbetert de stabiliteit van het systeem. De tweede reden is, dat een ondiepe snede een kleinere snijkraft veroorzaakt.

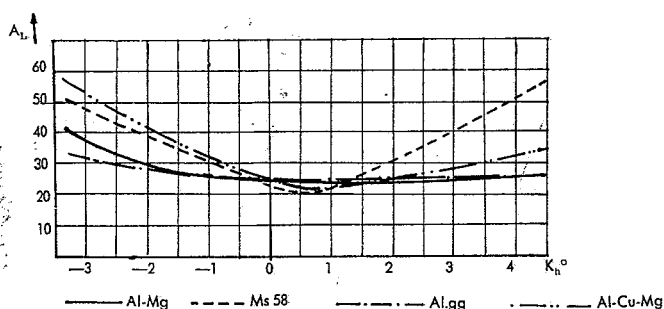


Fig. 10. Invloed van de hulpsnijkantshoek op de oppervlakteruwheid

A_L is een grootte, die verband houdt met de optische reflectie-eigenschappen van het materiaal

aanzet : $a = 0,03$ mm/omw.
 snedediepte : $d = 0,1$ mm
 snijsnelheid : $v = 2,7$ m/sec

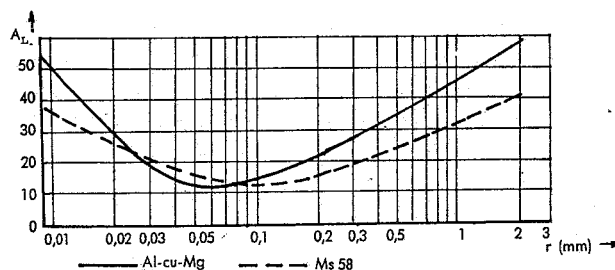


Fig. 11. Invloed van de neusradius op de oppervlakteruwheid

hulpsnijkantshoek : $K_h = 1,5^\circ$
 aanzet : $a = 0,03$ mm/omw.
 snedediepte : $d = 0,1$ mm
 snijsnelheid : $v = 2$ m/sec

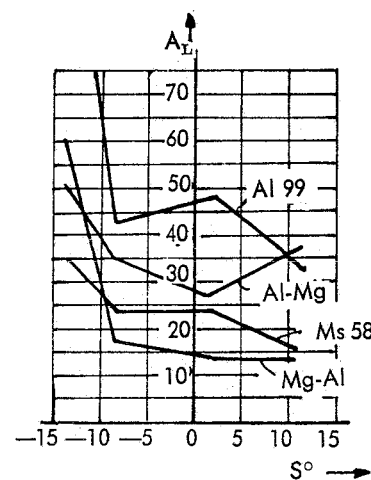


Fig. 12. Invloed van de spaanhoek op de oppervlakteruwheid

aanzet : $a = 0,03$ mm/omw.
 snedediepte : $d = 0,08$ mm
 snijsnelheid : $v = 2 \div 2,2$ m/sec
 neusradius : $r = 0,1$ mm

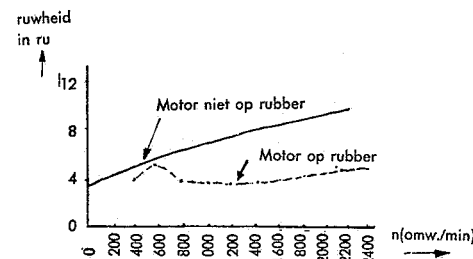


Fig. 13. Invloed van motortrillingen op de gemiddelde ruwheidshoogte

¹⁾ E. Fesz: Ueber die beim Diamantdrehen erzielbare Oberflächengüte, Berlin 1939.

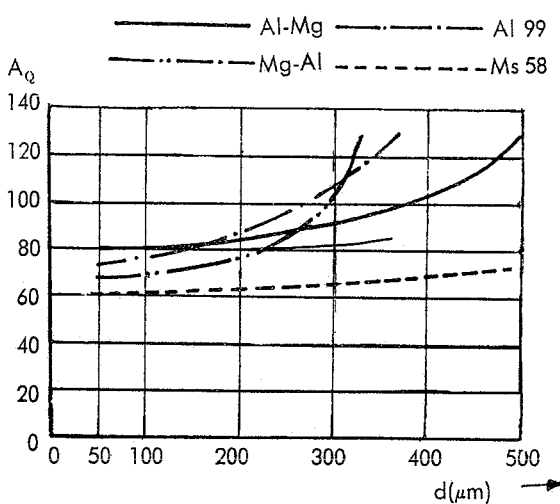


Fig. 14. Invloed van de snediediepte op de oppervlakteruwheid

aanzet : $a = 0,03$ mm/omw.
 snijsnelheid : $v = 2$ m/sec
 hulpsnijkantshoek : $K_h = 0,5^\circ$

Snijvloeistoffen

Het gebruik van snijvloeistof blijkt van belang te zijn, want in het algemeen treedt daardoor een kleine vermindering van de ruwheid op. Men kan onder meer petroleum, benzol of spiritus gebruiken. Voor magnesium-legeringen — die brandbaar zijn — verdient een 4% natrium fluoride oplossing de voorkeur (in dit geval speelt waarschijnlijk een chemisch effect ook nog een rol). Koper en messing worden droog gedraaid.

Invloed van het beitelmetaal

We beschouwen eerst een beitel van een ander materiaal, bijvoorbeeld snelstaal. Dit materiaal bestaat uit zeer veel kleine kristallen. Aan een recht geslepen snijkant treft men dan ook een groot aantal kristallen aan, die verschillende standen ten opzichten van de snijkant bezitten. Gedurende het snijproces veroorzaakt de belasting op de snijkant echter vervormingen. De kristallen, door hun verschillende gerichtheid, hebben in de richting van de hoofdsnijkracht verschillende stijfheden. Daardoor zal de vervorming van de kristallen verschillend zijn, afhankelijk van grootte, vorm en stand. Een recht geslepen snijkant zal gedurende het snijproces dus niet recht blijven. Dit kan oppervlakteruwheid tot gevolg hebben.

Bij een diamant treedt dit effect niet op, omdat een diamant uit één kristal bestaat. De stijfheid is voor de gehele snijkant dezelfde en waarschijnlijk is dit één van de redenen, dat met diamant kleinere oppervlakteruwheden bereikt kunnen worden dan met enig ander beitelmetaal. Bovendien is de slijpstructuur van dit diamant verwaarloosbaar in vergelijking tot bijvoorbeeld de hardmetaalslijpstructuur.

Om bestand te zijn tegen breuk of grote slijtage moet de diamant weinig insluitsels en andere onregelmatigheden bezitten. De stand waarin de diamant wordt geslepen en gebruikt is eveneens van invloed op breuk- en slijtage-eigenschappen, maar beïnvloedt de ruwheid van het werkstuk niet.

De invloed van het werkstukmateriaal

Bijna alle niet-ijzer metalen en bovendien de meeste kunststoffen kunnen met diamant worden bewerkt. De bereikbare minimale oppervlakteruwheid is voor alle niet-ijzer metalen ongeveer dezelfde.

De oorzaak dat staal niet met diamant kan worden bewerkt is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat bij

de beitelpunt de koolstof van de diamant in het staal diffundeert, waardoor sterke beitelstijtage optreedt.

De invloed van trillingen

Als alle eerder genoemde voorzorgen zijn getroffen en de verwachte oppervlakteruwheid niet wordt gehaald, dan is er grote kans dat dit door onvoldoende stabiliteit veroorzaakt wordt. De oorzaak daarvan kan liggen in de constructie en/of de opstelling van de machine, dan wel in de wijze waarop de machine is ingesteld voor het verspanen.

Bij het kiezen van een draaibank voor draaien met diamant zal men rekening moeten houden met de specifieke eisen, die het gereedschap stelt. Hieronder volgt een opsomming van enige aspecten waarmee in dit verband rekening moet worden gehouden:

- De omgeving moet zoveel mogelijk trillingsvrij zijn;
- indien de bank zelf stijf genoeg is, moet hij op trillingsdempers worden geplaatst;
- de motor moet apart worden gefundeerd, of op rubber worden geplaatst;
- tandwielen moeten bij de overbrenging voor de hoofd- en voedingsas geheel worden vermeden;
- alle draaiende delen moeten zo goed mogelijk dynamisch zijn gebalanceerd.

Ligt de oorzaak van moeilijkheden niet bij de machine of de opstelling daarvan, dan kan men soms door de volgende veranderingen van de instelling van het verspaningsproces verbetering bereiken:

- verlaging van het toerental van de hoofdspil;
- verkleining van de snediediepte;
- vergroting van de aanzet;
- gebruik van center of bril;
- vermindering van de uitsteeklengte van de beitel;
- verkleining van de neusradius.

Samenvatting

Op grond van experimentele resultaten, zoals die in een aantal publicaties zijn vermeld, is het mogelijk gebieden een overzicht van aanbevolen snijcondities voor draaien met diamant op te stellen. In tabel II is dit overzicht weergegeven. Het is duidelijk dat deze tabel betrekkelijk onnauwkeurig is, omdat de optimale verspaningsomstandigheden in ieder afzonderlijk geval anders zullen zijn. Men beschouwe deze tabel daarom uitsluitend als een eerste richtlijn, die aan de omstandigheden moet worden aangepast.

| Ruwheid in ru | 1 | 2-4 | 6-16 |
|------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ruwheidsklasse Ø 18-80 mm | R 6 | R 5 | R 4 |
| spaanhoek | $0^\circ \div 5^\circ$ | $-5^\circ \div +5^\circ$ | $-5^\circ \div +5^\circ$ |
| vrijloophoek .. | $2^\circ \div 6^\circ$ | $2^\circ \div 6^\circ$ | $2^\circ \div 6^\circ$ |
| hulp- snijkantshoek .. | $0^\circ \div 0,05^\circ$ | $0^\circ \div 0,25^\circ$ | $0^\circ \div 0,7^\circ$ |
| neusradius | 0,5 mm | 0,5 mm | 0,5 mm |
| snediediepte .. | $0,01 \div 0,1$ mm | $0,01 \div 0,1$ mm | $0,02 \div 0,1$ mm |
| aanzet | 0,03 mm/omw. | $0,04 \div 0,06$ mm/omw. | $0,08 \div 0,10$ mm/omw. |
| kwaliteit van de machine ¹⁾ | 00 | 00 - 0 | 0 - 1 |
| Snijvloeistof ²⁾ | petroleum | petroleum | petroleum |

¹⁾ 00: zeer stabiele machine met grote zorg opgesteld, motor apart gefundeerd, geen tandwielen in de aandrijving, trillingsvrije opstelling enz.;

0: normale draaibank van zeer goede kwaliteit;

1: normale draaibank.

²⁾ magnesium-legeringen met 4% natrium-fluoride in water; koper en messing droog.

Tabel II. Aanbevolen snijcondities voor draaien met diamant