

De zieldikte van spiraalboren

Citation for published version (APA):

Beer, de, C. (1970). De zieldikte van spiraalboren. *Metaalbewerking*, 35(16), 375-378.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1970

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.

De zieldikte van spiraalboren^{*)}

door C. de Beer

Technische Hogeschool Eindhoven

De zieldikte van spiraalboren is een van de belangrijkste, echter ook een van de minst onderzochte onderdelen van de boorgeometrie. Gesteld wordt dat een kleinere zieldiameter (bijvoorbeeld 1 mm bij een 14 mm boor) een hogere prestatie van de boor mogelijk zou kunnen maken. In het navolgende artikel wordt het probleem van de stijfheid van een boor behandeld en het bevat tevens enige resultaten van stijfheidsmetingen.

De zieldikte beïnvloedt de aanzetkracht en in mindere mate het boormoment. De meetresultaten van de proeven zijn in tabelvorm in dit artikel opgenomen, waarbij een serie normale 14 mm boren vergeleken wordt met een serie voorzien van een constante zieldikte van 1 mm. Voor beide series boren werd de standtijd bepaald. De meetresultaten leveren geen statistisch significante verschillen op, doch rechtvaardigen wel het vermoeden dat een kleinere zieldikte de standtijd niet ongunstig hoeft te beïnvloeden.

Inleiding

Het boren is een van de meest toegepaste bewerkingen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de spiraalboor ontwikkeld is tot een betrekkelijk doelmatig stuk snijgereedschap. De vorm van een spiraalboor is een compromis in verband met de eisen die aan het gereedschap gesteld worden, te weten: voldoende sterkte van het gereedschap en de mogelijkheid van spaanafvoer. Tegelijkertijd moet de punt van de boor voorzien zijn van de juiste snijhoeken, die bij tussentijdse slijpingen niet mogen veranderen. De vorm van de spiraalgroef heeft de laatste tijd enige wijzigingen ondergaan in verband met de speciale nadruk die gelegd wordt op de eigenschap van de boor om tijdens het verspaningsproces een brokkelspan te vormen.

In het onderzoek waarover dit artikel handelt, wordt speciale aandacht besteed aan de functie en de dikte van de boor. De auteur zocht al lang naar een verklaring voor de standaard zieldikte. Een afdoend antwoord op de navolgende vragen heeft hij nooit gevonden: Waarom bedraagt de zieldikte van een nieuwe boor aan de punt ongeveer 15% van de boordiameter en waarom neemt de zieldikte naar de schacht toe?

Gewoonlijk wordt verwezen naar de sterkte. Het eerste deel van het onderzoek betrof dan ook de sterkte van spiraalboren.

Het leek verstandig de experimenten uit te voeren met spiraalboren van een diameter die veelvuldig in de metaalbewerking wordt gebruikt. Op grond van onderzoeken gedaan door Landberg [1] is een diameter van 14 mm gekozen.

De sterkte van spiraalboren

De tijdens het verspaningsproces optredende spanningen in een boor zijn, tengevolge van de zeer ingewikkelde dwarsdoorsnede van de spiraalboor en het feit dat het boorlichaam schroefvormig is, niet te berekenen.

We kunnen wel iets te weten komen door berekening van een sterk vereenvoudigde vorm, zoals een prisma-

tische staaf met een dwarsdoorsnede opgebouwd uit vier orthogonale cirkelbogen [2]. Wanneer we een moment aanbrengen op zo'n staaf en we berekenen de schuifspanning in de dwarsdoorsnede, dan blijkt, dat de maximale spanning niet daar wordt gevonden, waar men deze zou verwachten; namelijk in het smalste gedeelte of

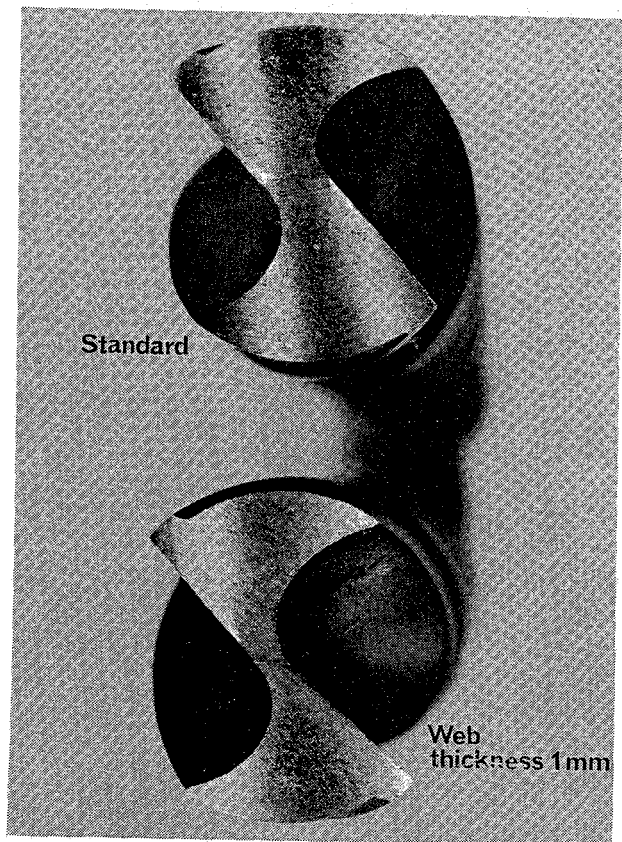


Fig. 1. Normale 14 mm boor met zieldikte van 1 mm

^{*)} Referaat uitgebracht tijdens de „Boordag“, georganiseerd door de Vereniging voor Werkplaatstechniek, 21 januari j.l. in het Beatrixgebouw te Utrecht.

centrum van de dwarsdoorsnede (zie ook figuur 2). Duidelijk is, dat hetzelfde geldt voor de dwarsdoorsnede van een boor. Daartoe behoeft men slechts het zeepvlies analogon van Prandtl na te gaan [3].

In dit analogon wordt een plaat met een gat van dezelfde doorsnede van een boor, bedekt met een licht bollend zeepvlies.

De grootte van de schuifspanning in een punt van de doorsnede is recht evenredig met de helling van het vlies, gemeten loodrecht op de spanningsrichting in dat punt.

Wanneer men zich de vorm van een dergelijk zeepvlies voorstelt, is het duidelijk dat de schuifspanningen kleiner

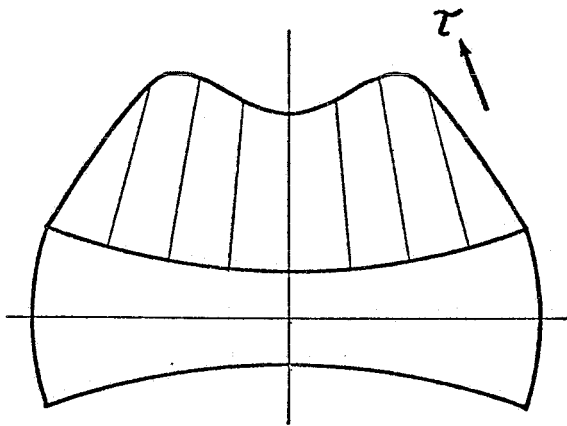


Fig. 2. Schuifspanning langs de omtrek van de dwarsdoorsnede van een prismatische gewrongen staaf

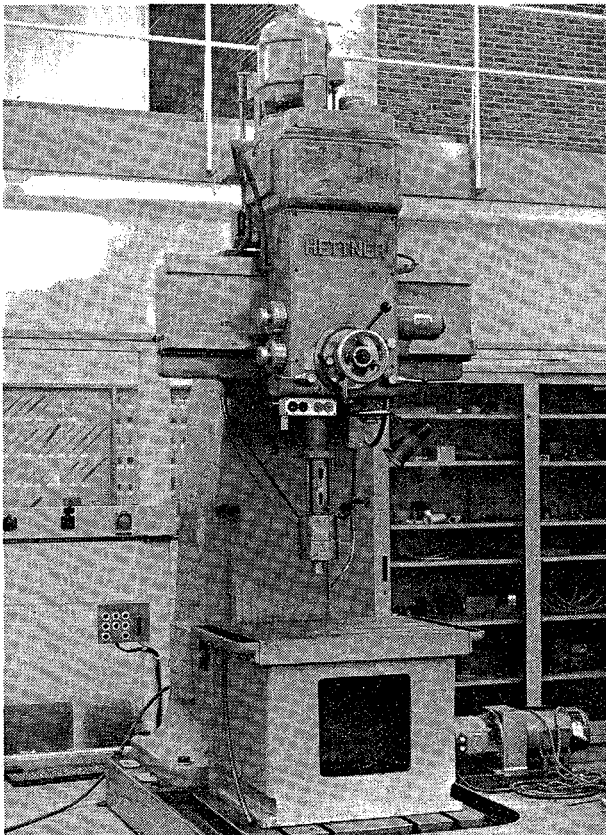


Fig. 3. Experimentele boormachine

zullen worden als de dikte van de ziel wordt verminderd, immers een zeepvlies over een nauwe spleet zal aan de randen slechts een zeer kleine helling vertonen.

Wanneer de spanningsverdeling in een spiraalboor lijkt op die van een prismatische staaf met een dwarsdoorsnede gelijk aan die van een boor, zal een kleinere zieldiameter de boor met betrekking tot wringing niet erg verzwakken. Evenmin zal een grotere zieldiameter de boor veel versterken.

Het is om bovengenoemde redenen dan ook niet duidelijk, waarom boren niet voorzien kunnen zijn van een kleinere en constante zieldiameter, vooropgesteld dat grote spanningsconcentraties bij de overgang van het boorlichaam in de schacht kunnen worden vermeden.

Vergeleken met een normale boor zouden bovengenoemde boren het nadeel kunnen hebben van een geringere stijfheid en een verzwakking van de boorpunt tegen breuk door de op de snijkanten werkende krachten.

De stijfheid van boren kan gemeten worden en wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

De stijfheid van spiraalboren

Het zeepvliesanalogon geeft ook inzicht in de stijfheid, want de stijfheid van een prismatische staaf, belast op wringing, is recht evenredig met de inhoud van het zeepvlies.

De mate waarin de stijfheid afneemt hangt voornamelijk af van de manier waarop de zieldikte verkleind wordt. Gebeurt dit door een plaatselijke verandering van de dwarsdoorsnede dicht bij de ziel, dan zal de stijfheid niet merkbaar afnemen. Wanneer we daarentegen de zieldikte verminderen door beide spaangroeven in de richting van het hart van de boor te verplaatsen, dan moeten we rekening houden met een aanzienlijke afname van de stijfheid.

De boren met geringe zieldikte werden verkregen door de spaangroeven te frezen met de gebruikelijke profiel-frezen, met het gevolg dat de stijfheid geringer is, dan het geval zou zijn, indien de ziel plaatselijk zou zijn verdund.

De stijfheid van spiraalboren tegen wringing is onderzocht [4] en gedefinieerd als het vereiste moment om een bepaalde wringingshoek te veroorzaken. De lengte van een boor die op wringing belast wordt, varieert evenwel door de schroefvorm van de boor. Eveneens veroorzaakt een axiale kracht niet alleen een verandering van de boorlengte, maar ook een opwinden van het boorlichaam over de spiraallengte.

Deze effecten moeten in rekening worden gebracht wanneer we het elastisch gedrag van spiraalboren willen beschrijven.

De navolgende formules beschrijven dit gedrag, waarbij we gebruik maken van de invloedsgetallen van Maxwell.

$$z = \alpha_{11}F - \alpha_{12}T \quad (1)$$

$$\varphi = -\alpha_{21}F + \alpha_{22}T \quad (2)$$

waarin:

- z = afname van de boorlengte
- α = wringingshoek, rechtsonder gemeten bij rechte spiraalboren
- F = kracht op de boorpunt
- T = moment met de klok mee
- α_{ij} = getallen van Maxwell.

De coëfficiënten α_{ij} zijn positief door de wijze waarop de positieve gedefinieerd zijn. Verder geldt $\alpha_{12} = \alpha_{21}$. Voor een aantal boren zijn de waarden α_{ij} experimenteel bepaald.

Voor elk van de diameters 12, 14, 16 en 18 mm zijn vier verschillende soorten boren onderzocht, te weten een standaardboor en drie boren met verschillende en over de hele spiraallengte constante zieldiktes. Tabel I geeft

zieldikte (10^{-3} m)	α_{11} (10^{-8} mN $^{-1}$)	$\alpha_{12} = \alpha_{21}$ (10^{-5} N $^{-1}$)	α_{22} (10^{-2} m $^{-1}$ N $^{-1}$)
normaal	0,90	0,24	0,24
2,25	1,07	0,35	0,28
1,67	1,50	0,49	0,39
0,68	2,01	0,70	0,44

Tabel 1. Waarden voor α_{ij} voor 14 mm boren met een spiraallengte van 90 mm

de waarden voor 14 mm boren met een spiraallengte van 90 mm. De standaarddeviaties bedragen ongeveer 2% van de vermelde waarden.

Opgemerkt dient te worden, dat een kleinere waarde voor α_{ij} overeenkomt met een grotere stijfheid.

Kracht en moment

De combinatie van aanzetkracht en boormoment tijdens het boorproces veroorzaakt een vervorming van de boor. Een kleinere zieldikte aan de boorpunt beïnvloedt zowel aanzetkracht als boormoment. Men mag een belangrijk kleinere aanzetkracht verwachten.

De boorkrachten worden in belangrijke mate beïnvloed door de geometrie van de boorpunt, het werkstukmateriaal en de grootte van de aanzet. In het laboratorium zijn boorproeven genomen met 14 mm boren, terwijl tijdens het boorproces zowel aanzetkracht als boormoment werden gemeten. De proeven zijn uitgevoerd met standaardboren en met verschillende boren met dunne ziel.

De boorpunt van alle boren werd op een en dezelfde stand van een Christen borenlijpmachine geslepen. De boorproeven zijn uitgevoerd op getrokken staven van C45KN staal (DIN 1652, 17200) met een dwarsdoorsnede van 53x30 mm. De aanzet varieerde tussen 0,08 mm en 0,32 mm per omwenteling. Gebruikt werd een Hettner booreenheid, gemonteerd op een vaste kolom (figuur 3). Aanzetkracht en boormoment werden gemeten door een in de hoofdspil gemonteerde boordynamometer. Deze dynamometer is een eigen ontwerp en bezit een eerste eigenfrequentie van ongeveer 2700 Hz. De meting werd verricht wanneer aanzetkracht en boormoment een constante waarde hadden bereikt. Er is geen koeling gebruikt bij een toerental van 8.43 omw/sec. De uitvoering van de experimenten leverde geen moeilijkheden op. Figuur 4 en 5 tonen de resultaten.

Men kan vaststellen dat de aanzetkracht gemiddeld 40% kleiner wordt wanneer de zieldikte tot 0,62 mm wordt teruggebracht. De vermindering van het moment bedraagt gemiddeld 14%, wat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door een betere spaanafvoer. Men mag aannemen dat er een parabolisch verband is tussen zieldikte en aanzetkracht, zodat het geen zin heeft voor 14 mm boren kleinere zieldikten dan 1 mm te gebruiken.

zieldikte (mm)	aanzet (mm/omw)	kracht (10^3 N)	moment (Nm)	φ (10^{-2} rad.)	z (μ m)	z_m (μ m)	z_t (μ m)
normaal	0,10	1,93	8,2	+1,5	-2,3	+58	+56
	0,16	2,50	12,1	+2,3	-6,5	+75	+68
	0,20	2,94	15,0	+2,9	-9,5	+88	+79
	0,26	3,82	18,6	+3,5	-10,0	+115	+105
1,0	0,10	1,17	7,1	+2,3	-23	+35	+12
	0,16	1,65	10,6	+3,5	-35	+50	+15
	0,20	1,98	12,9	+4,3	-44	+59	+15
	0,26	2,44	16,3	+5,5	-56	+73	+17

Tabel 2. Vervorming tijdens het proces, 14 mm diameter, spiraallengte van 90 mm

Opgemerkt moet worden dat voor standaardboren bij de maximale aanzet, een bepaalde toename van de aanzet een toename van de kracht tengevolge heeft, die ongeveer twee maal zo groot is als voor boren met een zieldikte van 1,43 mm. Dit verklaart het feit dat een boor met een dunne ziel veel rustiger boort dan een standaardboor (het boren met een standaardboor bij een aanzet van 0,32 mm/omw gaf aanleiding tot trillingen).

De deformatie van de boor tijdens het boren

De deformatie van een boor tijdens het boren kan berekend worden aan de hand van resultaten genoemd onder 3 en 4. Het is interessant het gedrag van een standaardboor te vergelijken met dat van een boor met 1 mm zieldikte. Tabel 2 toont de resultaten van zo'n vergelijking voor een aantal boorprocessen, die uitgevoerd zijn onder de in hoofdstuk 4 genoemde condities. De axiale verplaatsing in tabel 2 wordt aangeduid met z .

- z = afname van de boorlengte
- z_m = axiale verplaatsing van de boorspil, gemeten t.o.v. het werkstuk en veroorzaakt door de aanzetkracht
- z_t = som van z en z_m .

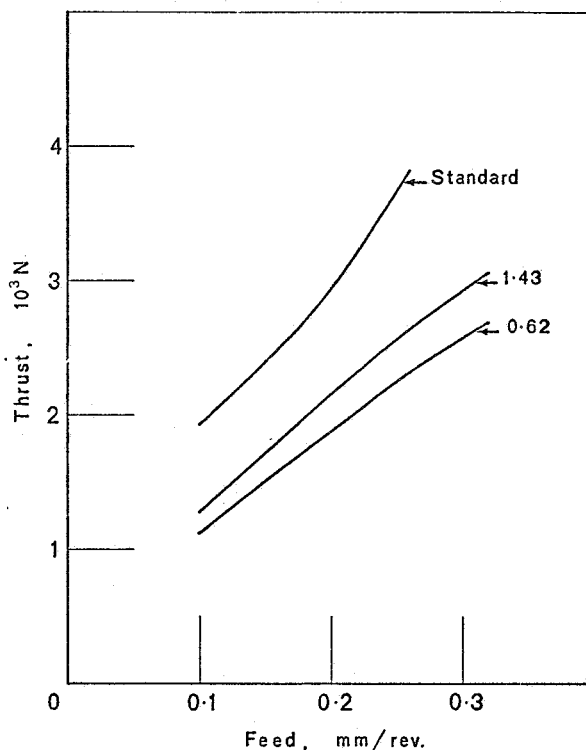


Fig. 4. Aanzetkracht voor standaard 14 mm boren vergeleken met die voor boren met een dunne ziel

De stijfheid van het hele systeem, bestaande uit spanrichting, tafel, grondplaat, kolom, spilkast, spil en dynamometer zonder boor, is gemeten en bedraagt $3,3 \times 10^7 \text{ Nm}^{-1}$. Deze waarde is gebruikt bij het berekenen van z_m . Vergroten van de aanzet geeft aanleiding tot een grotere belasting van boor en machine. Uit tabel 2 blijkt dat het gedrag van de boor tegengesteld is aan de reactie van de machine. Bij gebruik van een boor met 1 mm zieldikte heffen de effecten elkaar op.

De cijfers in tabel 2 tonen aan, dat zelfopgewekte trillingen, die samengaan met torsie van het boorlichaam bij welk type boor dan ook niet vermeden kunnen worden. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de onaantrekkelijke geluiden die tijdens het boorproces optreden, vooral bij kleine aanzetten. Een analyse van deze geluiden toonde voor een standaardboor een piek in het frequentiegebied van 7500 Hz en voor een boor met zieldikte 0,93 mm bij 6000 Hz. Beide boren hadden een spiraallengte van 95 mm.

Levensduur van de boor

In [4] wordt de invloed van de stijfheid tegen wringing op de levensduur vermeld. Wanneer we de stijfheid verkleinen door alleen de spiraallengte te vergroten heeft dit een veel kleinere levensduur van de boor tot gevolg, uitgedrukt in de som van de lengte van de geboorde gaten tussen twee slijpingen van de boor.

Wanneer men echter de zieldikte vermindert, verlaagt men tegelijkertijd de stijfheid en de belasting. Hoewel een kleinere stijfheid een kortere levensduur kan veroorzaken, kan dit effect opgeheven worden door een kleinere aanzetkracht en in het bijzonder een lager boormoment.

Er is een onderzoek naar de levensduur van boren met 1 mm zieldikte ingesteld. Er is een aantal levensduurproeven uitgevoerd met standaardboren van 14 mm [6] onder dezelfde omstandigheden als genoemd in hoofdstuk 4. Alle boren werden gemaakt uit één staaf snelstaal. Geboord is met drie verschillende toerentallen (8,3; 10,5; 13,3 omw/sec) en drie verschillende aanzetten (0,16; 0,20; 0,26 mm/omw). Er zijn 21 series gaten geboord met een totaal van 8715 gaten; elk gat 30 mm diep. In enkele gevallen trad boorbreek op ten gevolge van uitzonderlijk hoge geleiderandslijtage.

Dezelfde serie proeven is daarna herhaald en uitgevoerd met boren met 1 mm zieldikte [7], waarbij nu 11.824 gaten werden geboord. Hoewel geprobeerd is deze series precies eender uit te voeren zijn zij niet geheel vergelijkbaar ten gevolge van het onverwachte optreden van geleiderandslijtage.

Wanneer we 14 proeven van de eerste serie, waarbij geen boorbreek is opgetreden, vergelijken met de overeenkomstige 14 van de tweede serie, dan levert dit als resultaat op dat 5275 gaten geboord werden met normale boren en 8629 met boren met een dunne ziel. Deze

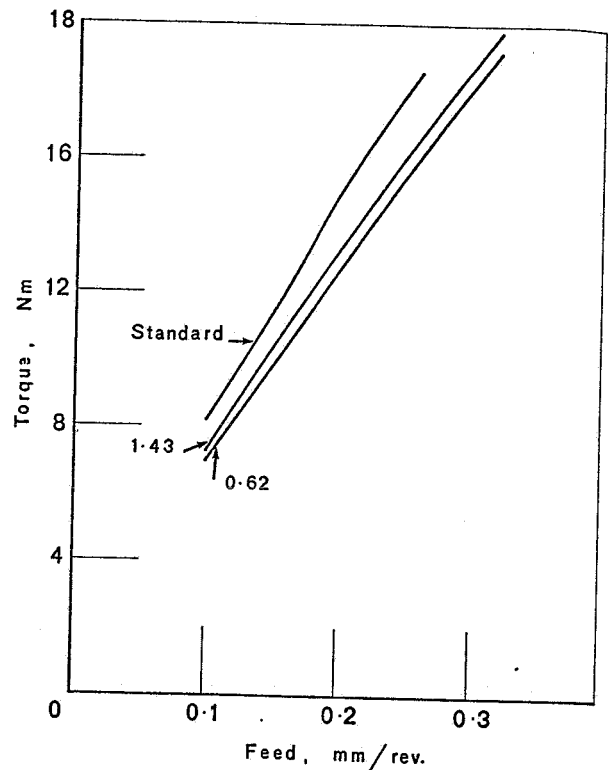


Fig. 5. Boormoment voor standaard 14 mm boren vergeleken met dat voor boren met een dunne ziel

verschillen zijn echter statistisch niet significant, maar men mag wel stellen, dat een dunne ziel de levensduur van een boor niet noodzakelijkerwijs ongunstig beïnvloedt.

Dankbetuiging

De auteur zou graag de volgende heren willen bedanken voor hun hulp bij het ontwerpen en uitvoeren van de in dit artikel genoemde experimenten: ir. P. Bockholts, ir. P. J. C. Tops, J. J. van de Vorst en dr. ir. A. C. H. van der Wolf.

Literatuur

- [1] Landberg, P., *Metaalbewerking* 25, 9 (1959).
 - [2] Beer, C. de, *Proc. Sect. Sci. K. ned. Akad. Wet.* XLVIII (1945).
 - [3] Neubauer, E. T. P. en *Trans. Am. Soc. mech. Engrs* (1947) Boston, O.W.
 - [4] Anon., *Metal Cuttings* 10, 3 (1962) en *Metal Cuttings* 14, 2 (1966).
 - [5] Wolf, A. C. H. van der, *Rapport WT 0167*.
 - [6] Tops, P. J. C., *Rapport WT 0121*.
 - [7] Vorst, J. J. van de, *Rapport WT 0178*.
- De rapporten 5, 6 en 7 zijn op verzoek ter inzage; men gelieve eventuele aanvragen aan de auteur te richten.

De voordracht van prof. ir. C. de Beer „De zieldikte van spiraalboren” is de eerste uit de reeks voordrachten die zijn gehouden op de „Boordag” van de Vereniging voor Werkplaatstechniek. In de komende afleveringen van *Metaalbewerking* zullen nog volgen: „De boor in het bedrijf”, door ir. M. J. C. Matthijsen; „De korte boor voor gietijzer”, door C. de Kuyper; „Het ‚passingboren’ in lichtmetaal”, door ir. J. Enserink, alsmede een samenvatting van de paneldiscussie die deze Boordag afsloot.