

Overzicht afname-normen gereedschapswerktuigen en het aangeven van enkele probleemgebieden

Citation for published version (APA):

van der Wolf, A. C. H. (1982). *Overzicht afname-normen gereedschapswerktuigen en het aangeven van enkele probleemgebieden*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0539). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1982

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.

BB 431471

OVERZICHT AFNAME-NORMEN GEREEDSCHAPSWERK-
TUIGEN EN HET AANGEVEN VAN ENKELE PROBLEEM-
GEBIEDEN

Auteur: Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf

PT-Rapport nr. 0539

mei 1982

"OVERZICHT AFNAME-NORMEN GEREEDSCHAPSWERKTUIGEN EN HET AANGEVEN VAN ENKELE PROBLEEMGEBIEDEN"

Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf (TH-Eindhoven).

De metaalsector als industriële activiteit neemt een belangrijke plaats in onze nationale economie in. Sinds de vijftiger jaren is het ongeveer veertig procent van de industriële activiteit in Nederland. Uit een recente studie van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid [1] blijkt dat - zelfs bij een scenario van gematigde groei - in de komende twee decennia een jaarlijks percentage van ongeveer drie procent groei in deze sector verwacht mag worden. Het is bekend dat niet alleen de toepassing van technologische onderzoeksresultaten in een bedrijf de groei van de produktiviteit bevordert; zeker zo belangrijk is de implementatie van kapitaal in een onderneming die vaak in de vorm van investeringen in produktiemiddelen plaatsvindt. Figuur 1 [2] verduidelijkt deze relatie voor een aantal landen in de periode van 1960 tot 1977.

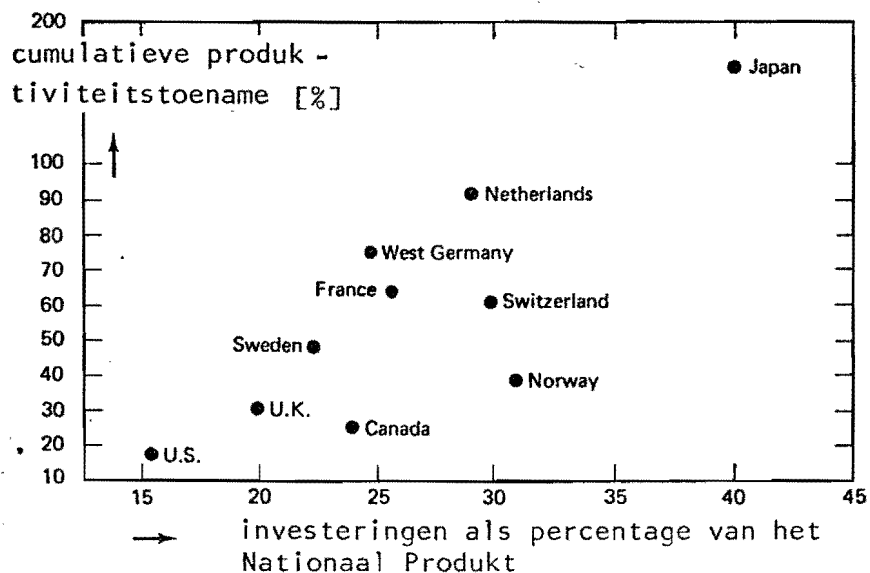


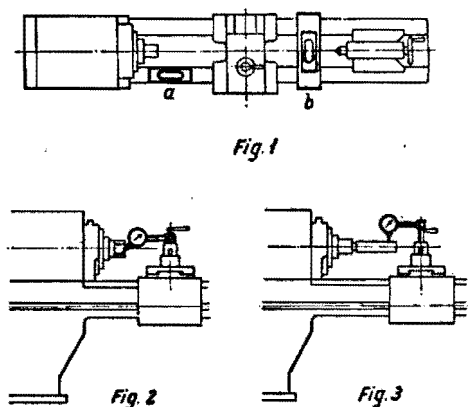
Fig. 1. De relatie tussen de produktiviteitstoename en de investeringen voor de periode 1960 - 1977.

Wanneer we even voor het gemak zouden aannemen dat in de vermelde landen de technologische kennis in de beschouwde periode gelijk was, dan mogen

we vaststellen dat de groei van de produktiviteit alleen nog maar afhangt van de mate van investering en de karakteristieke verschillen in structuur die er tussen de verschillende landen nu eenmaal bestaan. Uiteraard is dit een te simpele wijze van voorstellen waarmee bijvoorbeeld zeker niet het grote verschil in groei tussen Japan en de Verenigde Staten van Amerika verklaard kan worden. Toch is het wel aardig om te vermelden dat in die periode de gemiddelde leeftijd van de gereedschapswerktuigen in Japan acht jaar was, terwijl dat getal in de Verenigde Staten dicht bij de twintig jaar lag!

Het onderwerp "afname-normen gereedschapswerktuigen" heeft te maken met het meten van de kwaliteit van de investering die men door de aanschaf van een bepaald type produktiemiddel gedaan heeft. Onder kwaliteit kunnen we in dit verband het beste verstaan: de mate van overeenstemming in maat en vorm tussen het afgeleverde produkt en de oorspronkelijk door de produktontwerper opgestelde specificaties [3]. Het zal duidelijk zijn dat de op deze wijze gedefinieerde kwaliteit een complex en relatief begrip is, waaraan diverse onderdelen van het werktuig en de daarop plaatsvindende bewerking bijdragen.

Beperken we ons tot afwijkingen in de voorgeschreven relatieve positie tussen gereedschap en werkstuk in onbelaste toestand, dan praten we over de geometrische en kinematische nauwkeurigheid van het werktuig. Georg Schlesinger was de eerste die onderzoek naar deze vorm van nauwkeurigheid heeft verricht. Hij startte daarmee in 1901 en publiceerde in 1928 voor de eerste maal een samenvatting van zijn "Prüfbuch für Werkzeugmaschinen". Sindsdien zijn vele drukken van dit testboek verschenen; de laatste daarvan zijn bewerkt door zijn - onlangs overleden - schoonzoon Koenigsberger [4]. Het zijn normen die op direkte wijze de geometrische nauwkeurigheid van een werktuig controleren. De verschillende controles zijn door Schlesinger omschreven in een eénduidige tekst die de bouw van de machine volgt. Een op deze controle van toepassing zijnde tekening verduidelijkt nog de tekst, terwijl in een kolom ernaast de toelaatbare afwijking is opgegeven (zie Figuur 2).



Gegenstand der Messung	Fig.	zuläss. Fehl.
<i>Bett:</i>		
Bett eben in Längsrichtung	1a	0,2 auf 1000 mm
Desgl. in Querrichtung	1b	0,2 auf 1000 mm
<i>Spindelstock:</i>		
Innenkegel auf Rundlauf	2	0,03 mm
Innenkegel auf Schlag. am 300 mm langen, eingesetzten Dorn gemessen	3	0,05 mm

Fig. 2. Controlemeting volgens Schlesinger.

Voor men begint met meten, moet het werktuig volgens de instructies van de fabrikant op een geschikte fundering waterpas worden gesteld. Bij machines met een schuinstaand bed gebruikt men voor het waterpas stellen aangepaste hoekstukken (zie Figuur 3).

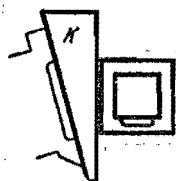


Fig. 3. Aangepast hoekstuk.

Bij machines die constructief afwijken van die in de omschrijving op de kaart, wordt de controle in de zin van de omschrijving uitgevoerd (voorbeeld: revolverautomaat, zie [5]). Metingen aan de hoofdspil van een machine worden uitgevoerd nadat deze de bedrijfstemperatuur heeft bereikt. Dit is meestal het geval na ca. 1 uur onbelast draaien op het hoogste toerental. Wanneer er lagers onder vóórspanning gemonteerd zijn, vervalt de eis van warmdraaien. Bewegings- of instelmogelijkheden moeten worden geblokkeerd, zolang ze niet voor de controlemeting gebruikt worden. Axiale speling van een as moet vooral bij snellopende assen aanwezig zijn om uitzetten in de asrichting bij warm worden mogelijk te maken. Uiteraard moeten de metingen uitgevoerd worden met correcte meetapparatuur. Wanneer bij de controle van een werktuig afwijkingen gevonden worden moet men eerst deze apparatuur zorgvuldig controleren, daarna de meting - uitgaande van andere referentievlakken - herhalen. Wanneer deze metingen allen

dezelfde afwijking te zien geven, is de meting goed en de machine wijkt af. Als meetgereedschap worden gebruikt: de meetklok, verschillende meetdoorns (zie Figuur 4), linialen, waterpassen en diverse hoekmeetapparaat (zie Figuur 5).

Morsekegel No. (metr. kegel)	Buitencilinder mm						Boring mm					
	lengte				diam		diepte			gat 0		
	a	b	c	d	i	k	m	n	p	s	t	u
0-1-2	5	100	5	20	16	15	-	-	-	-	-	-
2-3-4	5	200	5	20	25	24	-	225	150	-	13	19
4-5-6	10	300	10	25	40	39	335	255	155	20	28	34
5-6-(80 metr.)	10	500	10	30	63	62	530	420	260	38	46	54

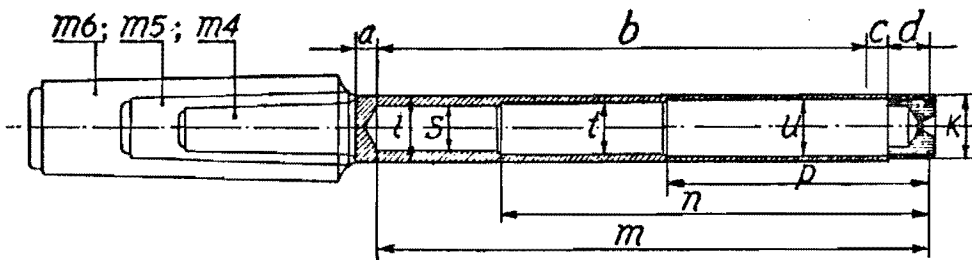


Fig. 4. De meetdoorns.

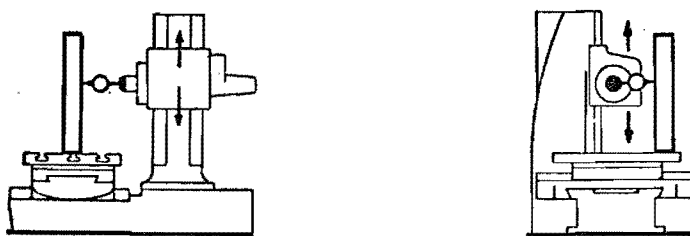


Fig. 5. Hoekmeting met behulp van een meetcilinder.

Bij het gebruik van deze meetapparatuur is het dikwijls noodzakelijk speciaal aan het werktuig aangepaste hulpstukken te gebruiken, bijvoorbeeld bij het meten van de prismageleiding van het bed van een draaibank met behulp van een waterpas. Wanneer het bed van een gereedschapswerktuig langer is dan 3 meter gebruikt men aangepaste meetmethoden om eventueel aanwezige afwijkingen op te sporen (zie ook [6]). Een van de oudste voorbeelden hiervan werkt met een tussen de centers van de bank gespannen

staaldraad en een op de langsslede geplaatste controlemicroscoop. Door de slede over het bed te verplaatsen, is de afwijking van de bedgeleidingen ten opzichte van de draad in de microscoop zichtbaar. De toleranties bij de diverse controles kunnen op verschillende manieren worden aangegeven, waarbij in sommige gevallen ook de richting van belang is. Deze voorgeschreven richting van afwijking is in de meeste gevallen te beredeneren, als men de richting van de tijdens het gebruik van de machine optredende krachten kent.

De Schlesinger-metingen vormen voor de meeste bedrijven nog steeds de basis voor het afnamebeleid van gereedschapswerktuigen. Ze staan garant voor een zekere minimum kwaliteit van het aangeschafte produktiemiddel en geven de onderhoudsdiensten richtlijnen voor de bewaking van de kwaliteit na een bepaalde gebruiksperiode van het werktuig. Een deel van de meetapparatuur die Schlesinger gebruikte is inmiddels in een aantal bedrijven vervangen door modernere apparatuur. Zo kunnen bijvoorbeeld door gebruik te maken van optische bouwelementen en een laserinterferometer de kwaliteit van een geleiding snel en nauwkeurig gecontroleerd worden (zie Figuur 6).

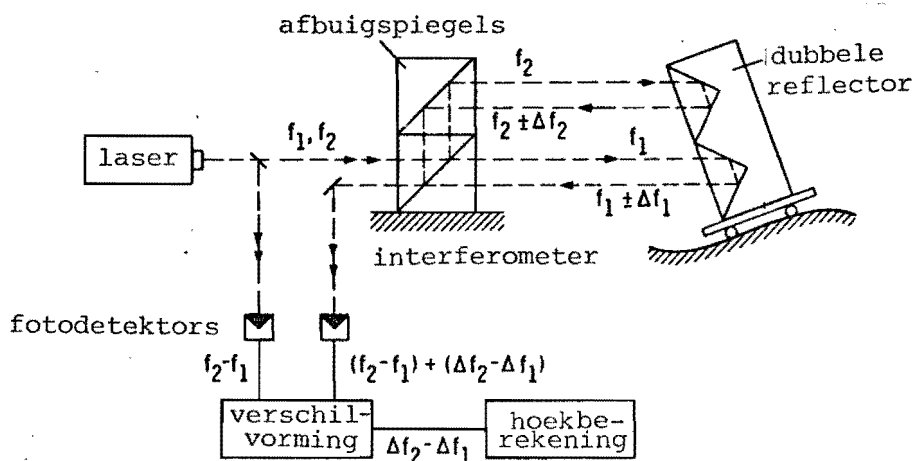


Fig. 6. Meting van de kwaliteit van een geleiding met behulp van een laserinterferometer [7].

Uit de afstand tussen beide reflectoren en het frequentieverschil $(\Delta f_2 - \Delta f_1)$ kan de hoekbeweging van bijvoorbeeld de slede nauwkeurig vastgesteld worden. De normen van Schlesinger zijn inmiddels uitgebreid tot een groot aantal soorten gereedschapswerktuigen. In dit ver-

band moet het coördinerend en stimulerend werk van de ISO-organisatie genoemd worden. In vele landen zijn uitstekende normbladen voor deze controles verschenen (zie bijvoorbeeld [8] voor de DIN-normen). In een aantal gevallen heeft ook verscherping van de toleranties ten opzichte van de oorspronkelijke Schlesinger-waarden plaatsgevonden. Zoals door Weck [7] omschreven hebben zij allen tot doel de geometrische nauwkeurigheid te controleren op 4 criteria, te weten rechtheid, parallelliteit, haaksheid en rondlooptnauwkeurigheid (zie Figuur 7).

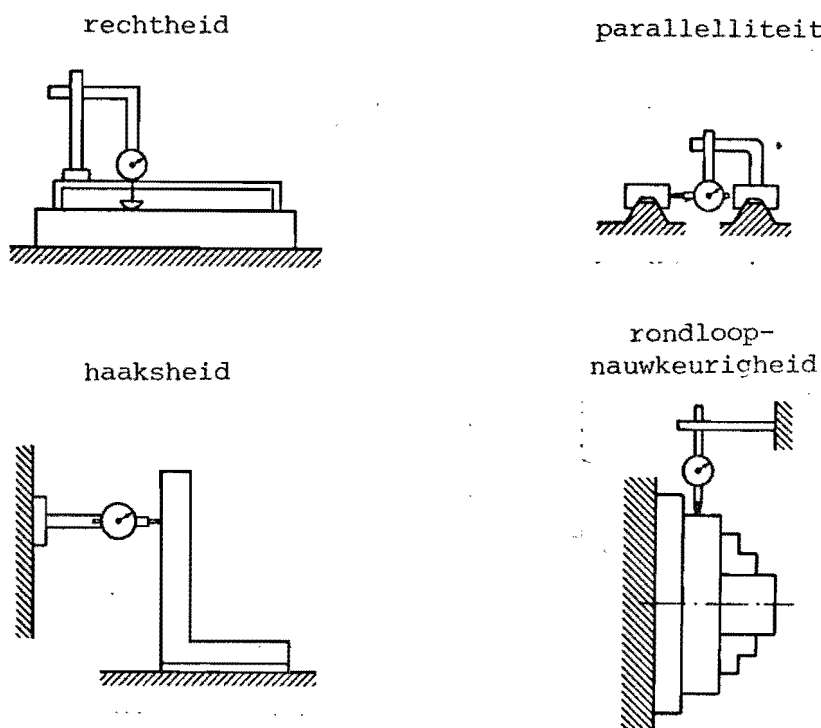


Fig. 7. Criteria bij het controleren van de geometrische nauwkeurigheid.

Men kan een gereedschapswerktuig ook op indirecte wijze controleren door er werkstukken volgens een bepaalde specificatie op te vervaardigen, waarna deze produkten zorgvuldig nagemeten worden. Hier moet zeker het baanbrekend werk van de Franse "l'Ingénieur général" Salmon genoemd worden, wiens werk "Machines-outils, réception-vérification" [9] een 1e druk in 1937 beleefde. Naast de controle van het werktuig op directe wijze ("vérifications géométriques"), geeft Salmon voor talloze werktuigen aan op welke wijze proefstukken gemaakt zouden moeten worden en welke afwijkingen daarbij toelaatbaar zijn ("épreuves pratiques"). De Figuren 8 en 9

geven voor een horizontale freesbank voorbeelden van testbladen voor beide categorieën, zoals die door Salmon gebruikt werden.

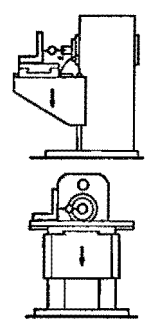
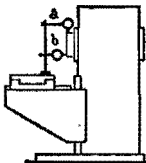
Fraiseuse horizontale simple		VÉRIFICATIONS GÉOMÉTRIQUES ÉNONCÉ DES VÉRIFICATIONS		
N ^{os}	Schémas	Objet de la mesure	Appareils de mesure recommandés	Erreur tolérée en millimètres
1		<p>A) Bâti Perpendicularité de la surface de la table au déplacement vertical de la console sur le bâti :</p> <p>a) dans le plan de symétrie de la machine; b) dans le plan perpendiculaire à ce plan.</p>	Amplificateur et équerre	<p>a) 0,05 sur 300 b) 0,05 sur 300</p>
2		<p>B) Broche Faux-rond de la portée de centrage :</p> <p>a) du nez de la broche; b) voile de la face du nez de la broche.</p>	Amplificateur à cadran	<p>a) 0,01 b) 0,01</p>

Fig. 8. Testblad van Salmon voor de geometrische controle van een horizontale freesbank.

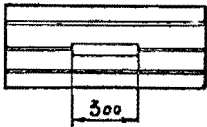
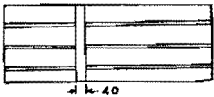
Fraiseuse horizontale simple		ÉPREUVES PRATIQUES				
		Ce genre d'épreuves est à effectuer de préférence à tout autre; en cas de contestation, les résultats obtenus par leur exécution sont autorisés				
N ^{os}	Schémas et dimensions de la pièce d'essai	Nature de l'épreuve	Conditions d'exécution de l'épreuve	Vérification prévue	Appareils et modes opératoires recommandés	Erreur tolérée en millimètres
Usinage d'un bloc parallélépipédique en fonte						
1		Fraisage de la face supérieure, puis de la face opposée d'un bloc parallélépipédique de 40 x 40 mm environ de section et de 300 mm de longueur par déplacement longitudinal de la table (déplacement automatique si la fraise en est munie)	Fraisage « en roulant » avec une fraise cylindrique une taille	L'épaisseur du bloc est constante	Palmer	0,02
2		Fraisage de la face supérieure, puis de la face opposée d'un bloc parallélépipédique ayant une longueur égale à la largeur de la table, par déplacement transversal de celle-ci	Fraisage « en roulant » avec une fraise une taille	L'épaisseur du bloc est constante	Palmer	0,02

Fig. 9. Testblad van Salmon voor proefwerkstukken ter controle van een horizontale freesbank.

De opbouw van de bladen komt geheel overeen met die van Schlesinger. De directe geometrische controle vindt vaak op identiek wijze plaats. Salmon laat er evenwel geen twijfel over bestaan, dat hij de resultaten van het proefwerkstuk verreweg het belangrijkste vindt. Er zijn talrijke moderne uitvoeringsvormen van deze methode. De materiaalkosten kunnen hierbij relatief hoog oplopen; de proefwerkstukken hebben na afloop van de test slechts schrootwaarde. De methode heeft echter het grote voordeel dat niet alleen de geometrische en kinematische nauwkeurigheid van het werktuig getest worden, doch ook alle andere belangrijke zaken die bij het uitvoeren van de bewerking op het produktiemiddel een rol spelen, zoals de gereedschappen, de diverse bewerkingsmogelijkheden en eventueel de programmering. Van de vele voorbeelden die genoemd kunnen worden zijn de BAS-tests waarschijnlijk het meest bekend. Een groep van Zweedse firma's (BOFORS, ALFA-LAVAL, ASEA en SAAB-SCANIA) hebben een set verspaningstesten opgesteld,

waarbij voor vrijwel alle verspanende bewerkingsmachines proefwerkstukken beschreven zijn [10]. Het proefwerkstuk voor de afname van NC-draaibanken wordt in Figuur 10 getoond.

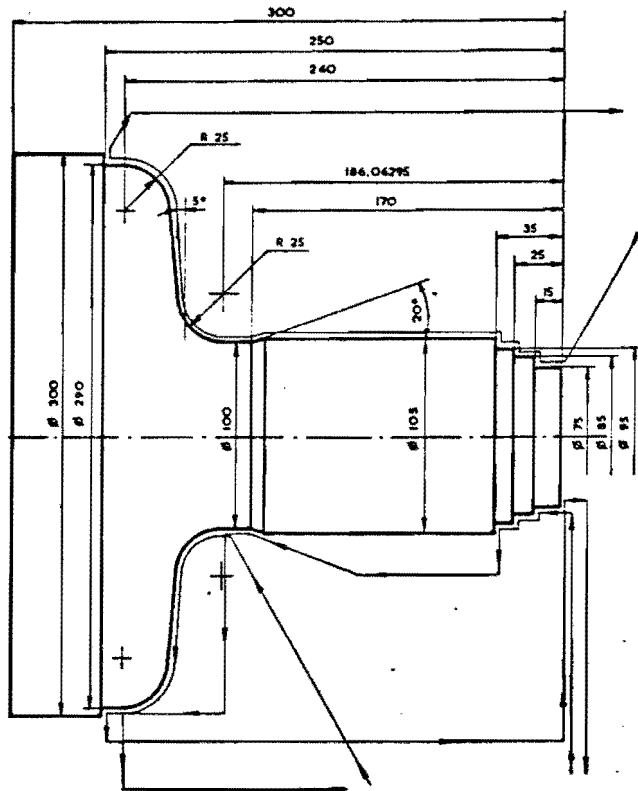


Fig. 10. BAS-proefwerkstuk voor afname van NC-draaibanken.

Het is de bedoeling dat gedurende 24 uur zes van deze produkten gemaakt worden, waarbij de machine zich voor ieder produkt in een ander "opwarm-punt" moet bevinden. De maat- en vormverschillen tussen de zes werkstukken worden geïnterpreteerd in termen van reproduceerbaarheid en thermische drift. Op deze wijze test men meer dan alleen de geometrische nauwkeurigheid. Men krijgt met de indirecte methode via proefwerkstukken een indruk van de totale "performance" van het werktuig, hetgeen bij modern gebruik van gereedschapswerktuigen d.w.z. hoge vermogensdichtheid en hoge produktiviteit, van wezenlijk belang is.

Bij de genoemde "performance" spelen het statisch en dynamisch gedrag van het werktuig een belangrijke rol. Het is dan ook niet verwonderlijk dat steeds meer afnametests aangevuld gaan worden met controles die dit gedrag op voorhand kunnen vaststellen. Vaak moet hierbij het produkt mede in beschouwing worden genomen. Het statisch gedrag wordt in feite bepaald door

de aanwezige stijfheden in werkstuk en machine en de proceskrachten waaronder inbegrepen het gewicht van werkstuk en gereedschap. In de regel zijn de stijfheden in een werktuig in de orde grootte van $10^7 \frac{N}{m}$ en vaak enigszins niet-lineair in de zin dat een machine stijver wordt naarmate de belasting toeneemt [11]. De proceskrachten kunnen hierdoor afwijkingen in de ingestelde afstand tussen gereedschap en werkstuk veroorzaken, waardoor allerlei maat- en vormafwijkingen in het produkt ontstaan.

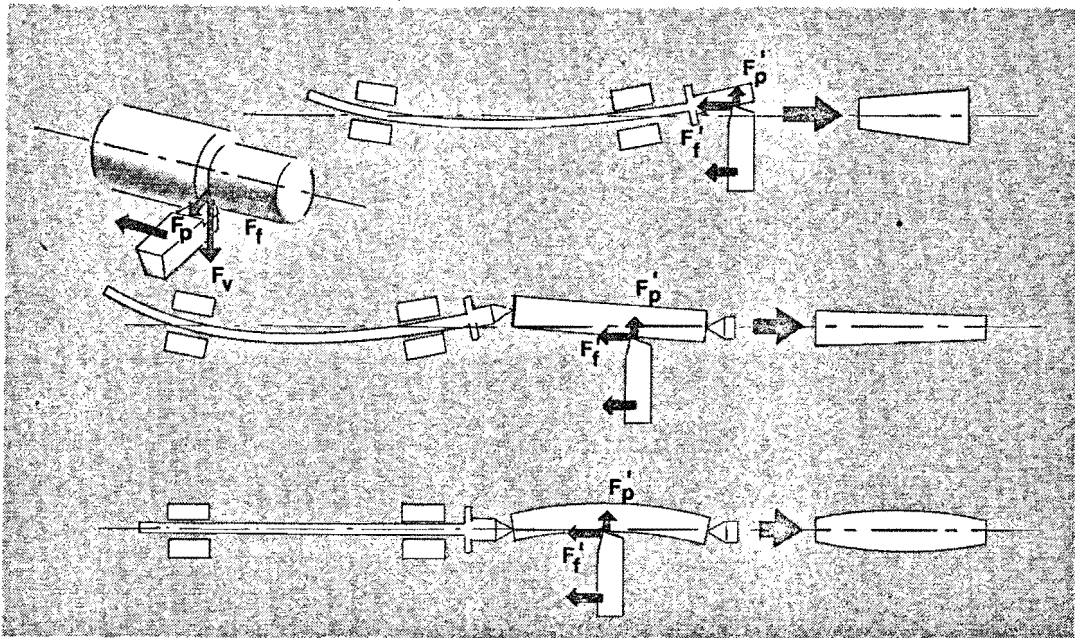


Fig. 11. Maat- en vormafwijkingen bij een gedraaid werkstuk.

Figuur 11 laat zien hoe de verschillende verspaningskrachten de genoemde afwijkingen kunnen veroorzaken [12]. Schatten we de krachten bij het verspanen in de orde grootte van 10^3 N, dan zien we dat in samenhang met genoemde stijfheden, afwijkingen van 0,1 mm voor kunnen komen. Soms is het mogelijk door het modelmatig vergelijken van bepaalde beweringsstrategieën en de stijfheden in werkstuk en machine optimaal uit te nutten. Figuur 12 laat het resultaat zien van een op de TH Eindhoven uitgevoerde studie [13] voor het op een fijnverspaningsmachine bewerken van een tamelijk slank asje (diameter = 6,0 mm; lengte = 110 mm), waarbij hoge eisen werden gesteld aan de maat- en vormnauwkeurigheid. Er werd uitgegaan van een oorspronkelijke asdiameter van 6,2 mm.

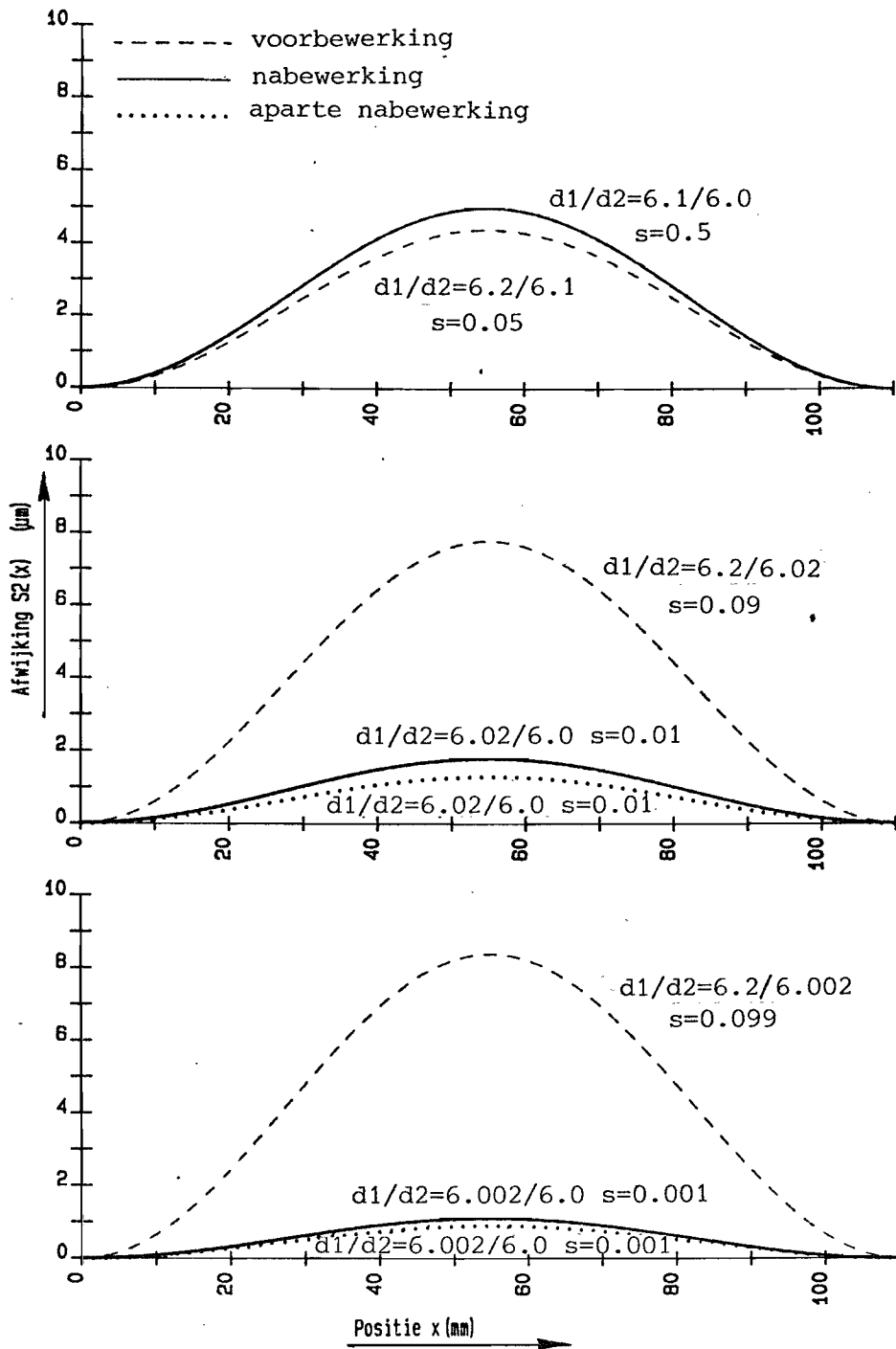
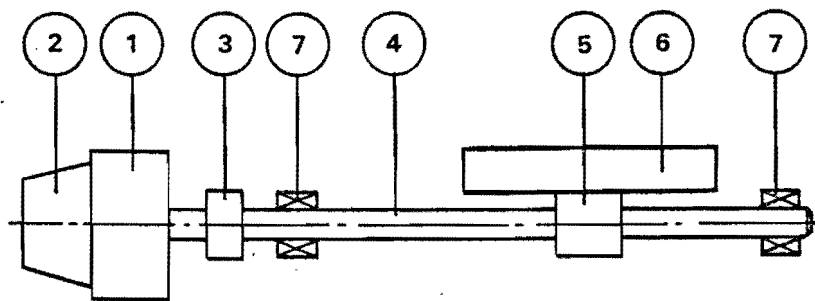


Fig. 12. Het bewerken van een slank asje op een drietal manieren.

De onderste figuur toont de meest ideale combinatie van voor- en nabewerken. De vormafwijking in het midden van het produkt is in dat geval niet groter dan $1 \mu\text{m}$. Voor wat het dynamisch gedrag van het werktuig betreft zijn er met de komst van de zogeheten "Transfer Function Analyzers" goede mogelijkheden ontstaan om ook in dit opzicht de kwaliteit van het produk-

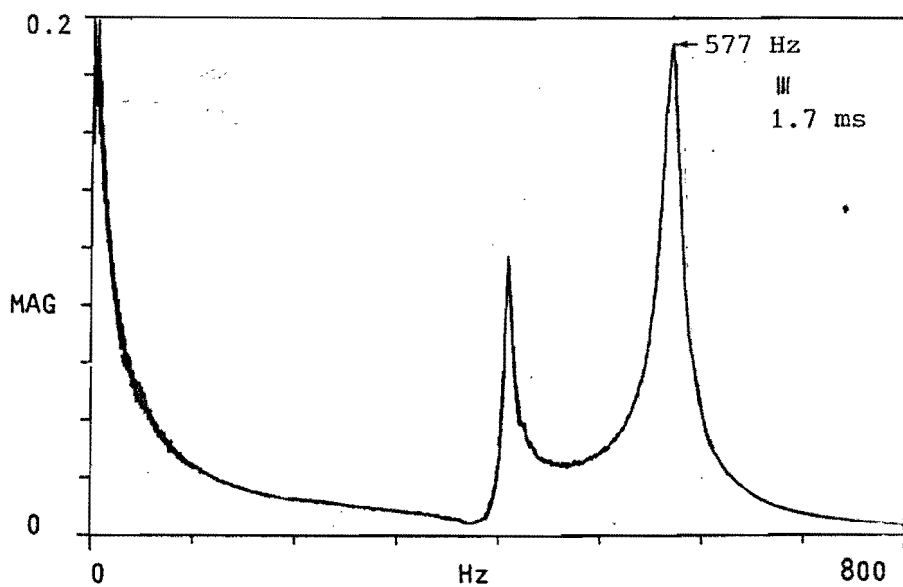
tiemiddel bij afname vast te stellen. In combinatie met de reeds lange tijd bekend zijnde trillingstheorieën [14, 15] lukt het dan om op voorhand de maximaal toelaatbare snedebreedte vast te stellen, waarbij een bepaald verspaningsproces (langsdraaien, steken enz.) nog juist stabiel blijft op het betreffende werktuig. Het zal U duidelijk zijn - en U hoort daar op dit symposium nog meer over - dat kennis van het statisch en dynamisch gedrag van het werktuig, in het bijzonder in de buurt van de plaats waar de bewerking uitgevoerd wordt, van essentieel belang is voor de beoordeling van het geheel.

Op boven geschetste wijze worden de eenvoudige normen van Schlesinger en Salmon uitgebreid en aangevuld met zaken die niet alleen een steeds completer beeld van het gedrag van een werktuig onder belasting geven, doch ook het vaak arbitraire karakter van deze normen omzetten in een begrijpelijke regel. Deze ontwikkeling zal zich in de komende tijd ongetwijfeld voortzetten. Ook ergonomische aspecten zullen bij afnametests meer en meer aan de orde komen. Een typisch voorbeeld hiervan vormen de geluidsmetingen. Als men zich realiseert dat meer dan de helft van de industriële werknemers in Nederland reëel gevaar loopt om gehoorbeschadiging te krijgen [16], dan is het niet verwonderlijk dat enkele bedrijven geluidsmetingen als onderdeel van een afnametest van bepaalde gereedschapswerktuigen gaan voorschrijven, ondanks het feit dat de wetgeving in Nederland op dit punt nu niet bepaald voorop loopt. In landen als de Verenigde Staten, Canada, België en Engeland waren zaken als toelaatbaar geluidsniveau van produktiemiddelen en de tijdsduur gedurende welke de mens eraan blootgesteld mag worden, reeds in de zeventiger jaren bij wet geregeld [17]. Uiteraard is het de uiteindelijke verantwoordelijkheid van een bedrijf of men geluidsmetingen als onderdeel van een afnametest hanteert of niet, waarbij men best mag uitgaan van de veronderstelling dat deze eerder nodig zullen zijn bij de afname van persen dan bij de afname van fijndraaibanken. De opkomst van NC-machines heeft er toe bijgedragen dat de afnemers bijzondere aandacht zijn gaan richten op de aandrijf- en meetsystemen van werktuigen. Zo kan uit de overdrachtsfunctie van een aandrijfsysteem van een besturingsas, het antwoord van het systeem op een stap en daarmee de te bereiken nauwkeurigheid bij contourbewerkingen voorspeld worden. Figuur 13 laat hiervan een typisch voorbeeld zien [18].

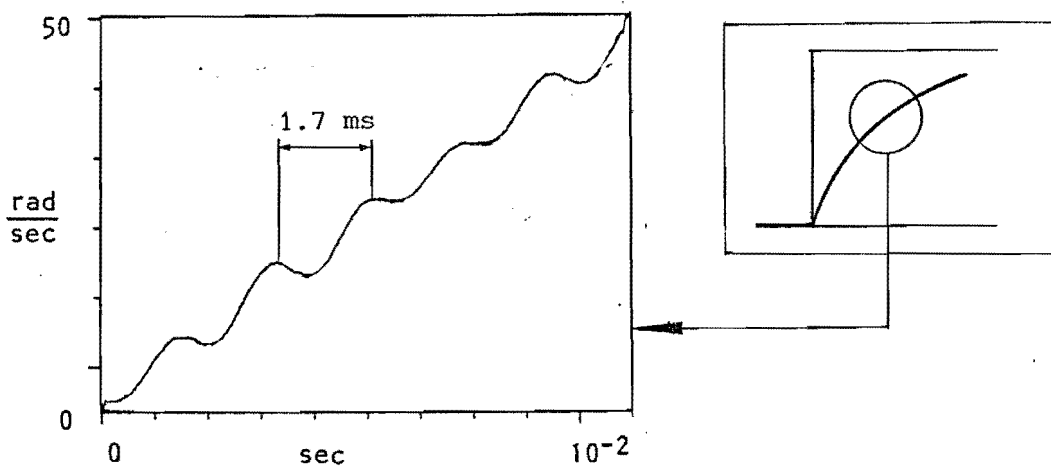


1: motor 3: koppeling 5: kogelmoer 7: lager
2: tachogenerator 4: spindel 6: slede

A. Het aandrijfsysteem.



B. De overdrachtsfunctie.



C. Stapfunktierespons van de tacho.

Fig. 13. Onderzoek van het aandrijfsysteem van een NC-machine.

Uiteraard zal dit type onderzoek bij een NC-machine alleen nuttig zijn als de bank inderdaad gebruikt gaat worden bij contourbewerkingen waarbij hoge nauwkeurigheid vereist is.

CONCLUSIES.

- * De eenvoudige normen van Schlesinger en Salmon zijn - uitgevoerd met moderne meet- en controleapparatuur - nog steeds zeer actueel voor een bedrijf dat gereedschapswerktuigen aanschaft.
- * We zien langzamerhand deze normen aangevuld en verbeterd worden met zaken die de normen in hun achtergronden begrijpbaar en het beeld van de kwaliteit van de machine completer maken. Ongetwijfeld zal deze ontwikkeling zich in de komende tijd voortzetten.
- * Een bedrijf moet bij de afname van gereedschapswerktuigen zelf het pakket afname-normen en de uitgebreidheid ervan samenstellen. Uiteindelijk heeft het bedrijf het beste inzicht omtrent de inzet van dat werktuig en daarmee van de verlangde kwaliteit.

- [1] Th. Quené et.al.
Beleidsgerichte toekomstverkenning.
Deel 1: Een poging tot uitlokking p. 90 e.v.
WRR - Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1980.
- [2] A.R. Thomson et.al.
Technology of Machine Tools - Volume 2,
Machine Tool Systems Management and Utilization p. 6 e.v.
Lawrence Livermore Laboratory, California, 1980.
- [3] R.J. Hocken et.al.
Technology of Machine Tools - Volume 5,
Machine Tool Accuracy p. 2 e.v.
Lawrence Livermore Laboratory, California, 1980.
- [4] G. Schlesinger
Prüfbuch für Werkzeugmaschinen.
Siebente Auflage.
Verlag Firma G.W. den Boer, Middelburg, 1962.
- [5] A.C.H. van der Wolf et.al.
Vervaardigingskunde 50: Technische Verspaning.
Hoofdstuk 1 en 5.
Collegedictaat nr. 4.009 TH Eindhoven.
Derde druk, juni 1981.
- [6] J. Koning et.al.
Vervaardigingskunde 20: Meten en Controleren.
Collegedictaat nr. 4.414 TH Eindhoven.
Voorjaar 1978.
- [7] M. Weck
Werkzeugmaschinen, Band 4.
Messtechnische Untersuchung und Beurteilung.
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1978.
- [8] DIN 8601 : Abnahmebedingungen für Werkzeugmaschinen (Allgemeine
Regeln).
DIN 8605-8668: Abnahmebedingungen für die einzelnen Maschinenarten.
Hrsg. Deutscher Normenausschuss. Ausg. April 1975.
- [9] P. Salmon
Machines - Outils, réception - vérification.
Cinquième édition,
Société de Publications Mécaniques, Paris 1965.
- [10] BAS, Machine Tests,
Sueriges Mekan Forbond,
Box 5506, Stockholm, Sweden.
- [11] M. Weck
Werkzeugmaschinen, Band 2.
Konstruktion und Berechnung, p. 18 e.v.
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1981.

- [12] A.C.H. van der Wolf.
Vervaardigingskunde 10: Het bewerkingsproces
Verspanen, p. 1.29 e.v.
Collegedictaat nr. 4.465 TH Eindhoven.
- [13] M.Th. van Bokkem
Bewerkingsnauwkeurigheden bij fijndraaien.
Afstudeerverslag TH Eindhoven, Vakgroep WPT.
PT-Rapport nr. 0481, maart 1980.
- [14] M. Weck et.al.
Dynamisches Verhalten spanender Werkzeugmaschinen.
SPRINGER-VERLAG, Berlin-Heidelberg-New York 1977.
- [15] A.C.H. van der Wolf et.al.
Stabiliteit van de verspanende bewerking.
Collegedictaat nr. 4.024 TH Eindhoven.
Tweede druk, september 1979.
- [16] M.A.P. Verwijmeren.
Het lawaai op de arbeidsplaats: de omvang van het probleem en de
bestaande wettelijke regelingen.
Polytechnisch tijdschrift "SPECIAL".
Geluid en Trilling nr. 2, nov. 1978 blz. 53 e.v.
- [17] J. Bollinger et.al.
Practical Treatment of Machine Tool Noise.
Standards, Analysis, Control.
Annals of CIRP, vol 24/2 1975 blz. 575 e.v.
- [18] P.C. Mulders et.al.
A model study of a feeddrive for a numerically controlled lathe.
Intern rapport TH Eindhoven, Vakgroep WPT.
PT-Rapport nr. 0531, februari 1982.
To be published in: Annals of CIRP, Vol 31/1, 1982.