

Kwaliteitsonderzoek van werktuigmachines

Citation for published version (APA):

Oosterling, J. A. J. (1980). *Kwaliteitsonderzoek van werktuigmachines*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0472). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1980

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.

ARK
01
WPA

WT 0472



Eindhoven University of Technology

Department of Mechanical Engineering

KWALITEITSONDERZOEK VAN WERKTUIGMACHINES

Auteur: H. Oosterling

PT-rapport 0472

april 1980



Division of Production Technology

Eindhoven
Netherlands

Inhoud

| | |
|--|----|
| Inleiding | 1 |
| Hfdst. 1 kwaliteitsonderzoek van werktuigmachines | 2 |
| Hfdst. 2 onderzoekmethoden | 4 |
| Hfdst. 3 de geometrie van de machine | 7 |
| Hfdst. 4 thermisch gedrag | 10 |
| Hfdst. 5 vervorming als gevolg van statische belasting | 12 |
| Hfdst. 6 vervorming als gevolg van dynamische belasting | 14 |
| Hfdst. 7 geluidsproduktie | 17 |
| Hfdst. 8 veiligheidsaspecten | 19 |

Inleiding

In het kader van het afstuderen aan de Technische Hogeschool te Eindhoven bij de afdeling der Werktuigbouwkunde is door Han Oosterling onder leiding van Prof. Dr. Ir. A.C.H. van der Wolf en Ir. P.C. Mulders een studie gemaakt over beoordeling van de kwaliteit van werktuigmachines.

In hoofdstuk 1 wordt nagegaan welke eigenschappen van de machine een rol spelen bij een onderzoek naar de kwaliteit ervan.

Daarna worden enige methoden van onderzoek behandeld. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 e.v. de machine-eigenschappen zoals in hoofdstuk 1 reeds genoemd nader onder de loep genomen.

Han Oosterling

april 1980

Hoofdstuk 1 Kwaliteitsonderzoek van werktuigmachines

Een werktuigmachine wordt gekarakteriseerd door 3 belangrijke kenmerken. Dit zijn:

- bewerkingsnauwkeurigheid
- prestatievermogen
- toepasbaarheid

Deze kenmerken zijn afhankelijk van een aantal machine-eigenschappen. Voor een oordeel over de kwaliteit van een werktuigmachine is kennis hiervan noodzakelijk. (fig. 1)

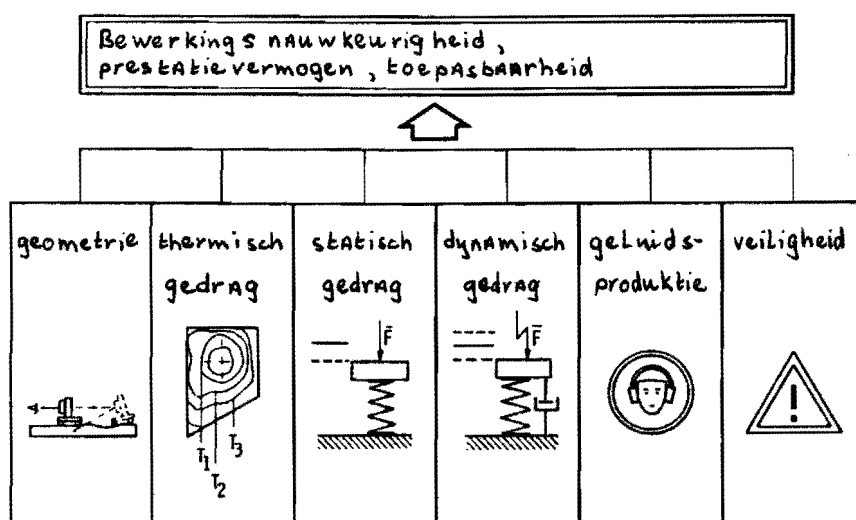


fig. 1

Deze eigenschappen zijn te verdelen in 6 groepen :

- De geometrie van de machine
Hieronder vallen bijvoorbeeld afwijkingen in de hoek tussen 2 assen, evenwijdigheid van geleidingen, vormafwijkingen van schroefspindels.
- Thermische vervorming
Tijdens bedrijf worden sommige delen aanzienlijk warm, zetten uit en vervormen, wat weer invloed heeft op de bewerkingsnauwkeurigheid.

- Vervorming als gevolg van statische belasting
Door deze belasting ontstaan vormafwijkingen, die een ongunstige uitwerking op de bewerkingsnauwkeurigheid hebben.
- Vervorming als gevolg van dynamische belasting
Deze heeft onder andere invloed op de oppervlaktekwaliteit van het produkt en het prestatievermogen van de machine.
- Geluidsproduktie
Het is duidelijk dat een machine, die veel lawaai maakt wel goede produkten kan afleveren, maar het is moeilijk om mensen te vinden die deze machine willen bedienen.
- Veiligheidsaspecten
Nauw hiermee verbonden zijn de ergonomische beschouwingen die een rol spelen bij de beoordeling van de machine.

Hoofdstuk 2 Onderzoekmethoden

Het verrichten van metingen om uitspraken te doen over de kwaliteit van werktuigmachines kan op twee principieel verschillende manieren gebeuren.

- indirect: meting aan het op de machine gemaakte produkt.
- direct: meting aan de machine; hierbij worden de 6 kenmerkende eigenschappen onderzocht.

Indirecte meting

Op deze manier kan men iets te weten komen over de bewerkingsnauwkeurigheid en het prestatievermogen van de machine, maar de oorzaken ervan worden niet blootgelegd. Maatregelen ter verbetering kunnen hieruit dan ook niet afgeleid worden.

Er bestaan internationale en nationale normen en richtlijnen voor het beoordelen van een machine aan de hand van dergelijke proefwerkstukken. (fig. 2)

Bij afname van een machine worden dit soort testen uitgevoerd. Het is aan te raden om de beoordelingscriteria, die hierbij gehanteerd worden, zoveel mogelijk overeen te laten stemmen met voornoemde normen en richtlijnen.

Enkele voorbeelden van deze normen en richtlijnen:

- ISO 1708 Testconditions for general purpose parallel lathes, testing of accuracy. (blad 4.2:practische tests)
- VDI 3254 Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen:Genauigkeitsangaben. (blad 3)
- VDI/DGQ 3442 Statische prüfung der Arbeitsgenauigkeit von Drehmaschinen. (blad 6)
- BAS-test Manfred Weck: Werkzeugmaschinen Band 4 blz 153
proefwerkstuk voor draaibanken.

NAS 913 Manfred Weck: Werkzeugmaschinen Band 4 blz 151
 proefwerkstuk voor baangestuurde frees machines.

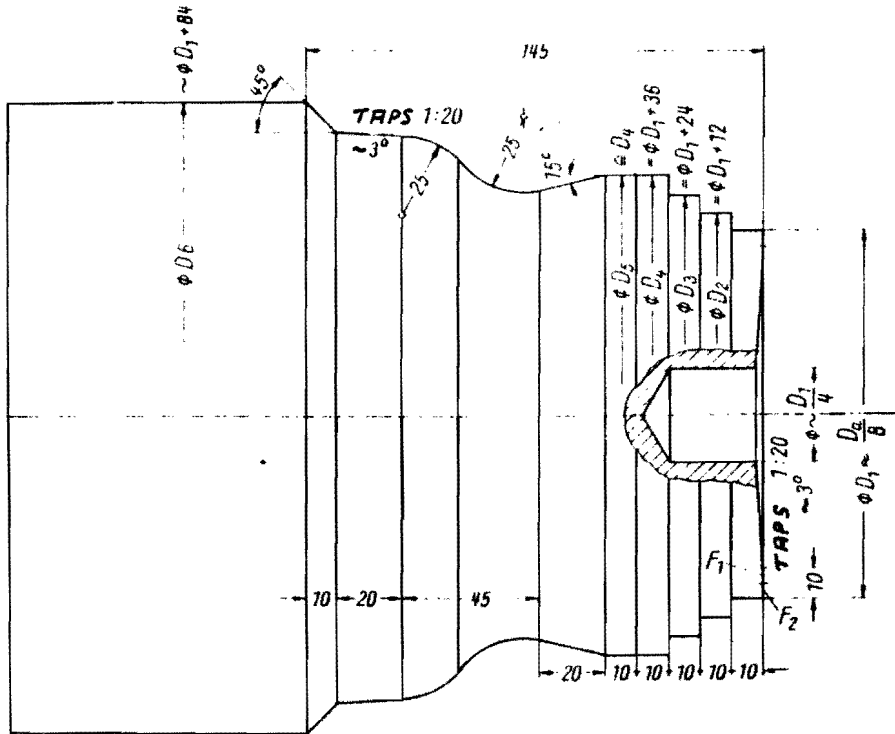


fig. 2

VDI 3254 Blatt 3: proefwerkstuk voor draaimachine

Hieronder volgt een lijst met verklaringen voor de gebruikte afkortingen.

ISO: International Organization for Standardization

VDI: Verein Deutscher Ingenieure

DGQ: Deutsche Gesellschaft für Qualität

BAS: AB Bofors, Alfa laval, Asea, Scania Vabis

NAS: National Aerospace Standardization (USA)

Opgemerkt kan nog worden, dat niet alle machine-eigenschappen, zoals in hoofdstuk 1 beschreven, onderzocht kunnen worden. Over bijv. geluidsproductie en veiligheid van de machine krijgt men bij het maken van dergelijke proefwerkstukken geen informatie.

Directe meting

Bij dit soort onderzoek worden alle voor de machine kenmerkende eigenschappen, zoals in het begin van dit verhaal beschreven, onder de loep genomen.

Het principiële verschil met de indirecte meting ligt hierin, dat bij deze werkwijze de oorzaken van bewerkingson nauwkeurigheid, instabiliteitsverschijnselen bij het proces, geluidsproductie etc. opgespoord kunnen worden.

Er kunnen dus ook maatregelen ter verbetering van de machine uit afgeleid worden.

In de volgende hoofdstukken zullen de machine-eigenschappen, zoals in het begin beschreven, puntsgewijze behandeld worden.

Hoofdstuk 3 De geometrie van de machine

De bewerkingsnauwkeurigheid van een werktuigmachine hangt af

- van:
- elastische vervorming van werkstuk, gereedschap en machine.
 - afwijkingen in de relatieve beweging van werkstuk en gereedschap.

Deze kunnen veroorzaakt worden door:

- fouten in de elektrische en elektronische bedrading.
- montagefouten.
- afwijking in de geometrie van de machine.

Deze laatste invloedsfactor zal nu wat nader bekeken worden.

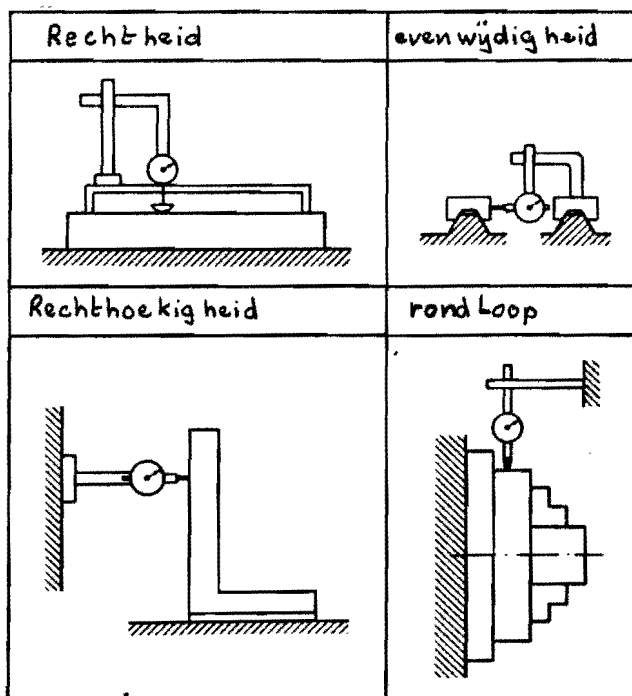
Afwijkingen in de geometrie van de machine. (fig. 3)

Men onderscheidt:

- afwijkingen in de elementen zelf:
afwijkingen in rechtheid van geleidingen, hoekafwijkingen, rondheidafwijkingen, fout in de spoed van een schroefspil.
- afwijkingen in de positie van de elementen t.o.v. elkaar:

evenwijdigheid van geleidingen, hoekafwijkingen tussen twee assen.

fig. 3
beoordelings-
criteria voor de
geometrie



Methoden van onderzoek naar de aard en grootte van geometrische afwijkingen zijn beschreven in allerlei normen en richtlijnen. In deze normen en richtlijnen worden tal van zaken, die belangrijk zijn voor het verrichten van goede metingen en het juist interpreteren ervan behandeld.

Zo worden definities van toleranties bij verschillende vormafwijkingen vastgelegd, meetmethoden met daarbij passende meetinstrumenten beschreven en beoordelingscriteria om uitspraken over de kwaliteit te doen gegeven.

Als men bij afname van een machine een idee wil krijgen over de kwaliteit ervan, wordt voornamelijk gekeken naar de geometrie van de machine. De afwijkingen in de geometrie bepalen voor een belangrijk deel de bewerkingsnauwkeurigheid. De elastische (statische) vervorming speelt bij het nabewerken waar de optredende krachten relatief klein zijn een minder belangrijke rol.

Afname eisen hebben betrekking op de bewerkingsnauwkeurigheid. Deze wordt onderzocht aan de hand van proefwerkstukken en normen en richtlijnen over de geometrie.

Hier volgt een lijst van normen en richtlijnen, die betrekking hebben op de geometrie van werktuigmachines.

ISO R230 (recommendation) Machine tool test code.

ISO 1708 Testconditions for general purpose parallel lathe testing of accuracy.

DIN 8605 Abnahmebedingungen für Werkzeugmaschinen: Werkzeugmacher-Drehbänke.

BS 3800 Methods for testing the accuracy of machine tools.

VDI 3441-3445 (richtlijnen) Statische Prüfung der Arbeits-, und positionsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen.

NEN 5401 Richtlijnen voor het controleren van de nauwkeurigheid van gereedschapswerktuigen.

BS: Britisch Standard

DIN: Deutsches Institut für Normung

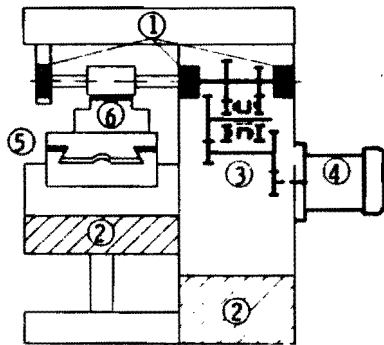
Literatuur bij hoofdstuk 3:

- G. Schlesinger
Prüfbuch für Werkzeugmaschinen
Verlag G.W. den Boer- Middelburg
- Manfred Weck
Werkzeugmaschinen Band 4: Messtechnische Untersuchung
und Beurteilung.
- J. de Groot
Literatuuronderzoek betreffende normbladen over beproevings-
eisen van werktuigmachines.
Documentatie- W lit. overz. nr. 361

Hoofdstuk 4 Thermisch gedrag

Een onderzoek van het thermisch gedrag wordt meestal uitgevoerd om de invloed van temperatuurverandering van bepaalde delen op de bewerkingsnauwkeurigheid te bepalen.

Er worden bijvoorbeeld geen gedefinieerde warmtebronnen aangebracht om het temperatuurverloop te bestuderen, maar er wordt nagegaan hoe tijdens bedrijf door warmteontwikkeling de ligging van bijv. geleidingen en hoofdspil verandert.

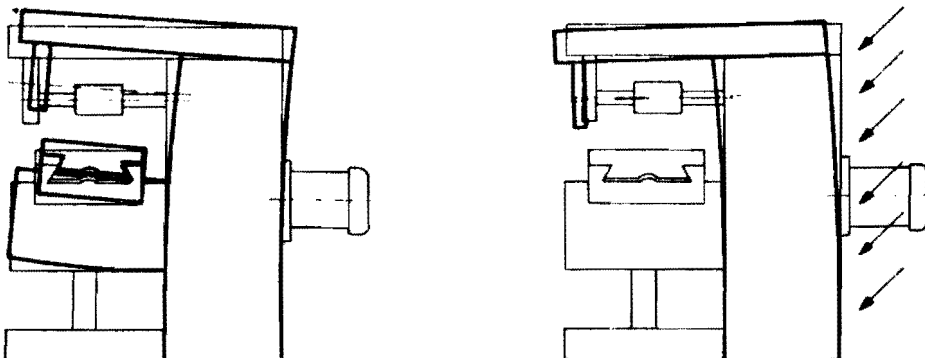


Warmtebronnen

- 1 lageringen
- 2 hydraulische olie en aandrijving
- 3 drijfwerk en koppelingen
- 4 pompen en motoren
- 5 geleidingen
- 6 plaats van verspaning
- 7 warmtetoevoer van buiten

fig. 4 Warmtebronnen.

De invloed van thermische vervorming kan verminderd worden door de delen die de nauwkeurigheid bepalen, zoveel mogelijk uit de buurt van warmtebronnen als motoren, tandwielkasten en lageringen te houden. (fig. 4)



inwendige warmtebronnen. uitwendige warmtebronnen.
fig. 5 Thermische vervorming bij een freesmachine.

Literatuur bij hoofdstuk 4:

- Manfred Weck
Werkzeugmaschinen Band 4: Messtechnische Untersuchungen
und Beurteilung. blz.52 e.v.

Hoofdstuk 5 Vervorming als gevolg van statische belasting

Zoals bij de behandeling van de geometrie van de machine reeds gesteld is, hangt de bewerkingsnauwkeurigheid mede af van de elastische vervorming van werkstuk, gereedschap en machine.

De stijfheid van het werkstuk is een gegeven waar niets aan gedaan kan worden. De vervorming van gereedschap en machine t.g.v. statische belasting heeft men wel in de hand.

Daar kan in de ontwerpfase aan gerekend worden. Met behulp van moderne rekentechnieken (elementen-methode) kan de vervorming van de afzonderlijke delen en van het samenstel ervan bepaald worden en eventueel aangepast worden.

Normen of richtlijnen die wat zeggen over stijfheid van werktuigmachines zijn niet voorhanden.

Men kan door metingen vrij eenvoudig de stijfheid van allerlei delen bepalen. De moeilijkheid ligt voornamelijk in het op de juiste manier aanbrengen van de belasting. Om uit deze resultaten kwaliteitsoordelen af te leiden kan men niet terugvallen op normen of richtlijnen.

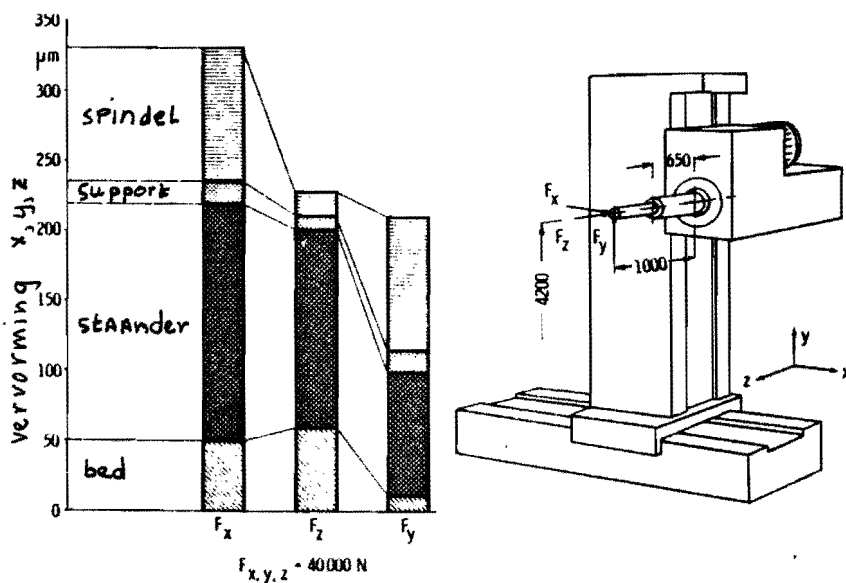


fig. 6 Statische vervorming van een boor- en freesmachine.

Literatuur bij hoofdstuk 5:

- Manfred Weck

Werkzeugmaschinen Band 4: messtechnische Untersuchung
und Beurteilung. blz74 e.v.

Hoofdstuk 6 Vervorming als gevolg van dynamische belasting

In tegenstelling tot vervorming onder statische belasting heeft deze vervorming voornamelijk invloed op de oppervlaktekwaliteit van het werkstuk en niet op de maatnauwkeurigheid. Verder leidt deze vervorming, die zich uit in trillingen, tot een grote machineslijtage.

Men onderscheidt 3 oorzaken van trillingen van de machine:

- van buitenaf via het fundament
- door de aandrijvende delen: motor met mechanische onbalans, afwijkingen in de lagers, verdringerpompen.
- het verspaningsproces zelf.

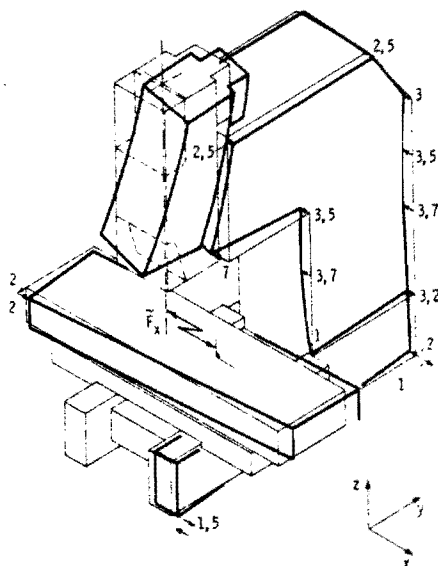


fig. 7: Trillingsvorm van een bedfreesmachine.

$$f=105 \text{ Hz}$$

$$F_x=500\sin t \text{ N}$$

Het eerste kan voorkomen worden door de machine geïsoleerd op te stellen.

Het tweede is afhankelijk van de kwaliteit van de gebruikte onderdelen. Afhankelijk van de oorzaak kan men verbeteringen aanbrengen: hoofdspil beter uitbalanceren, lagers vervangen, niet pulserende oliepomp toepassen.

Door metingen aan de machine is te achterhalen waar de trillingen door veroorzaakt worden. (voorbeeld: een hydraulische schottenpomp die 1500 omw./min maakt en 8 schotten heeft, geeft een trilling met een frequentie van 200 Hz.)

De laatste soort wordt veroorzaakt door het verspaningsproces. Men vindt deze o.a. onder de naam regeneratieve trillingen, zelfexciterende trillingen terug in de literatuur. Een criterium hiervoor bij een bepaald verspaningsproces is de grenssnedebreedte a_{cr} . Bij een snedebreedte a groter dan de a_{cr} treedt instabiliteit (regeneratieve trillingsverschijnselen) op. Als a kleiner is dan de a_{cr} blijft het proces stabiel. Deze grenssnedebreedte kan door metingen bepaald worden.

Als men de overdrachtsfunctie van een werktuigmachine gemeten heeft (bijv. m.b.v. een fourier-analyzor) kan hieruit een aantal karakteristieke gegevens m.b.t. het dynamisch gedrag worden afgeleid.

Het dynamisch gedrag van de afzonderlijke elementen kan m.b.v. moderne rekentechnieken ook bepaald worden (eigenfrequenties; richting van eigentrillingen). Van het samenstel is dit nog niet goed mogelijk; de invloed van o.a. de oliëfilm tussen geleidingen en boutverbindingen is nog niet genoegzaam bekend.

Normen of richtlijnen die criteria geven voor de beoordeling van de dynamische eigenschappen aan de hand van allerlei metingen zijn er niet.

In de literatuur vindt men wel theoriën en methoden om het dynamisch gedrag van werktuigmachines in een aantal karakteristieke grootheden vast te leggen.

Voorbeelden hiervan zijn: Theorie van Tobias en Fishwick
 Theorie van Tlusty
 Methode van Peters en van Herck

Literatuur bij hoofdstuk 6:

- Manfred Weck
Werkzeugmaschinen Band 4: messtechnische Untersuchung
und Beurteilung. hoofdstuk 4
- Ir. J.A.W. Hijink, Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf
Stabiliteit van de verspanende bewerking
T.H. Eindhoven, afd. der Werktuigbouwkunde.

Hoofdstuk 7 Geluidsproductie

Geluidsproductie is inherent aan werktuigmachines. Het kan niet alleen hinderlijk zijn voor de mensen die ermee moeten werken, maar kan leiden tot beschadiging van het gehoororgaan, hoofdpijn, slaapstoornissen etc. Pijn en beschadiging van het gehoororgaan treden bijv. op bij een geluidsniveau van meer dan 120 dB(A). (fig. 8)

Niet alleen de geluidssterkte, maar ook de tijd dat men eraan blootgesteld is, is bepalend voor de gevolgen ervan.

Daarom hebben bijv. de U.S.A. en Canada een halvering van de blootstellingstijd geeist bij toename van het geluidsniveau met 5 dB(A). De ISO R 1999 geeft halvering bij 3 dB(A).

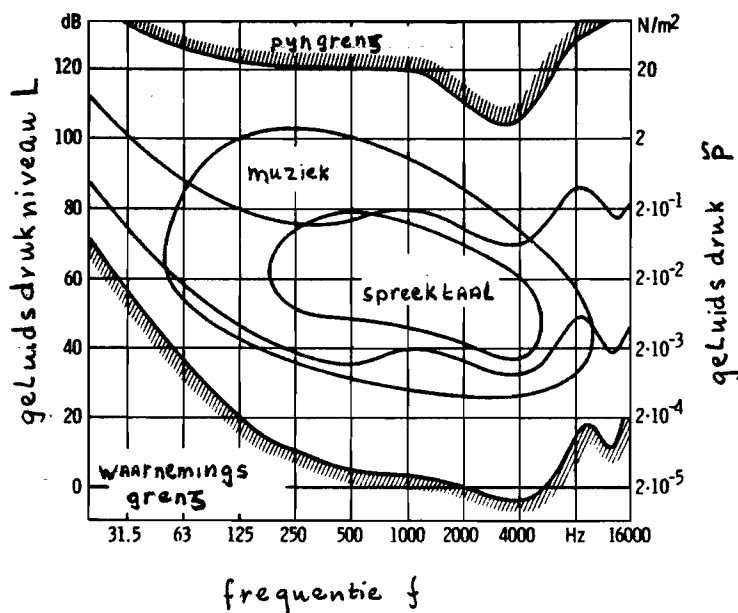


fig. 8 Hoorvlak-diagram.

Zowel voor de fabrikant als de afnemer van werktuigmachines is het van belang gegevens te verkrijgen over de geluidsproductie, om die te kunnen toetsen aan allerlei wettelijke regelingen. (Hinderwet, Luchtvaartwet, Arbeidswet van 1919)

De belasting van het menselijk gehoor door geluid wordt door een aantal begrippen gekarakteriseerd: geluidsdruk, deeltjes-snelheid, geluidsintensiteit, geluidsdruk-niveau.

Definities, beschrijvingen en referentiewaarden hiervan vindt men in DIN-norm 45635: Geräuschmessung an Maschinen.

Hierin worden verder beschrijvingen van metingen aan verschillende machines, het verwerken van de meetresultaten en beoordelingscriteria gegeven.

Literatuur bij hoofdstuk 7:

- Manfred Weck
Werkzeugmaschinen Band 4: messtechnische Untersuchung und Beurteilung. hoofdstuk 5
- Jos van Heck
Lawaaibestrijding bij persen voor de metaalverwerkende industrie. hoofdstuk 1
Afd. Produktietechnologie, Werktuigbouwkunde, THE
- DIN norm 45635
Geräuschmessung an Maschinen
- ISO recommendation 1999

Hoofdstuk 8 Veiligheidsaspecten

Bij de beoordeling van de veiligheid van een werktuigmachine krijgt men al snel te maken met allerlei wettelijke bepalingen inzake veiligheid, waaraan voldaan moet zijn.

In Nederland is dit de Veiligheidswet van 1934. Dit is een raamwet, waarin een aantal Koninklijke Besluiten is opgenomen voor diverse bedrijfstakken.

Op werktuigmachines zijn de volgende besluiten van toepassing:

- Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938.
- Elektrotechnisch veiligheidsbesluit 1938.

Verder geeft de arbeidsinspectie een soort aanbevelingen in de vorm van publikatiebladen.

In Duitsland kent men iets soortgelijks. Naast enkele wetten zijn er nog de "Unfallverhütungsvorschriften": deze voorschriften die gepubliceerd worden door de Berufsgenossenschaften vullen ieder een deel van de wet aan. Unfallverhütungsvorschriften moeten door de betrokken minister goedgekeurd worden.

In Duitsland bestaan in vergelijking met Nederland erg veel wetten en voorschriften m.b.t. veiligheid.

Direct in verband met de veiligheid staat de ergonomie. Een machine, die niet aan de mens aangepaste afmetingen en bedieningsmethoden heeft, werkt onveilige situaties in de hand. Bijv. het controleren van de afmetingen van een werkstuk, dat ingespannen is, moet geen onnatuurlijke houding van de bedieningsman vragen. Een duidelijke verbetering t.o.v. vroeger kan men waarnemen bij de nieuwe typen numerieke draaibanken, waarbij het bed naar voren gekanteld is.

De bedieningsorganen van een machine moeten logisch functioneren. Het naar rechts draaien van een handwiel heeft een beweging naar rechts, naar achteren of naar boven tot gevolg. (fig. 9)

Functieaanduidingen voor bedieningsorganen zijn genormaliseerd en o.a. vastgelegd in NEN-bladen.

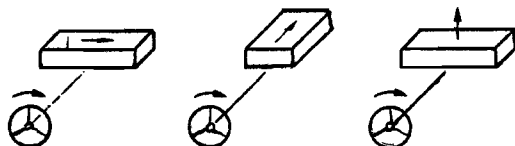


fig. 9

NEN 1939: bewegingsrichting van bedieningsorganen van gereedschapswerktuigen.

Men kan de werksituatie door allerlei voorschriften een stuk veiliger maken, maar men moet tegelijkertijd oppassen dat de voorschriften het werk niet te zeer bemoeilijken of onaangenaam maken. In de praktijk zal steeds een compromis gevonden moeten worden tussen redelijke werkomstandigheden en maximale veiligheid..

Literatuur bij hoofdstuk 8:

- Veiligheidswet van 1934
Besluit voor fabrieken of werkplaatsen
Elektrotechnisch veiligheidsbesluit
- Publicaties van de arbeidsinspectie
publicatie no. 8, 9, 10, 18, 19, 38, 39
- Sicherheit beim Drehen und Fräsen
Sicher Arbeiten August 1979
Maschinenbau- und Kleineisenindustrie- Berufsgenossenschaft
- NEN 1939 Bewegingsrichting voor bedieningsorganen van gereedschapswerktuigen
- NEN 5440 Symbolen voor aanduidingen op gereedschapswerktuigen.