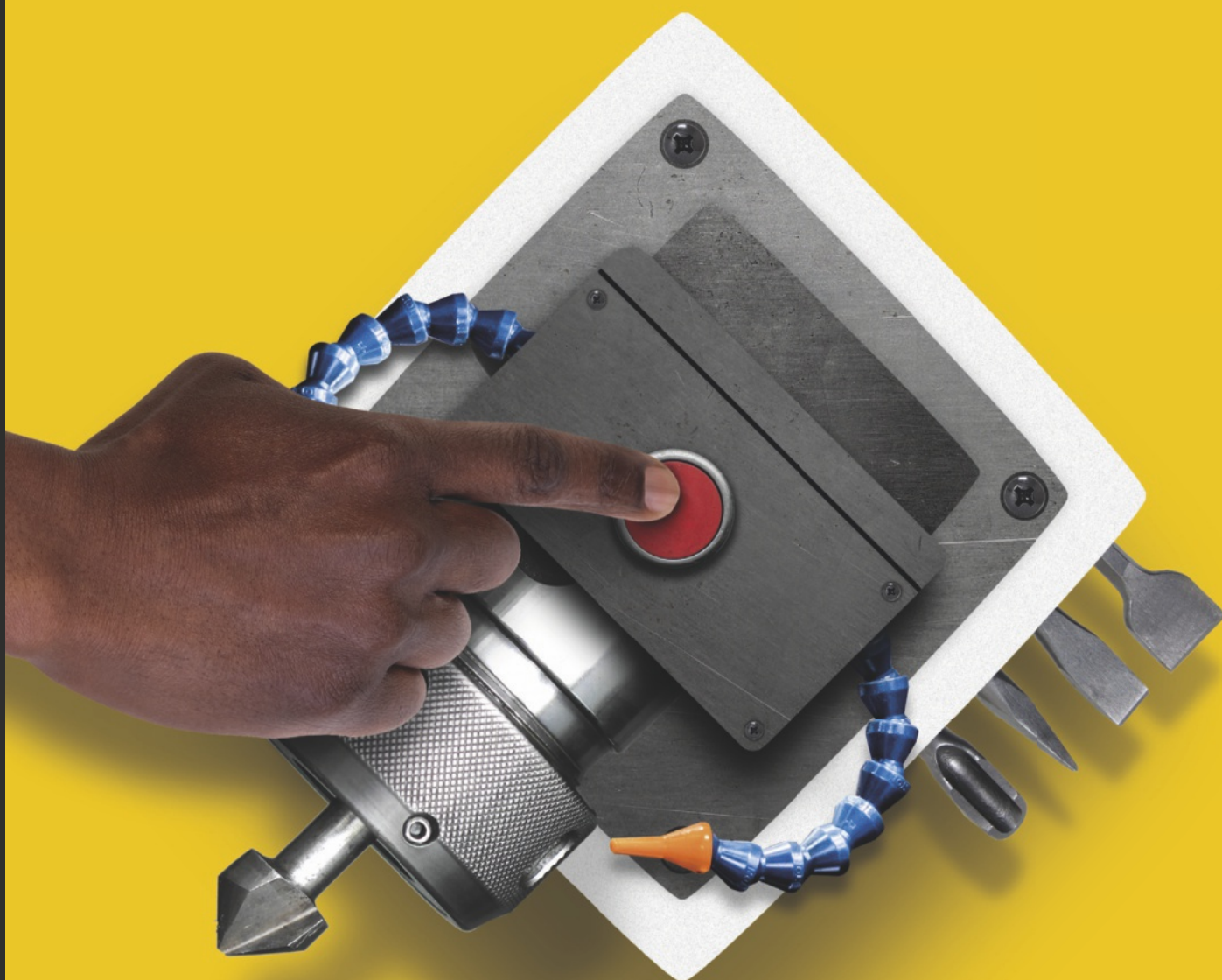


LEERWERKBOEK NIVEAU 3&4

Verspanen 2



TOUCHTECH



Verspanen 2



Over ThiemeMeulenhoff

ThiemeMeulenhoff ontwikkelt zich van educatieve uitgeverij tot een learning design company. We brengen content, leerontwerp en technologie samen. Met onze groeiende expertise, ervaring en leeroplossingen zijn we een partner voor scholen bij het vernieuwen en verbeteren van onderwijs. Zo kunnen we samen beter recht doen aan de verschillen tussen lerenden en scholen en ervoor zorgen dat leren steeds persoonlijker, effectiever en efficiënter wordt.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

ISBN 978 90 06 70146 3

1e druk, 1e oplage, 2020

© ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2020

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp (www.stichting-pro.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie www.auteursrechtenonderwijs.nl.

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Deze uitgave is volledig CO₂-neutraal geproduceerd.
Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk. Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

Inhoudsopgave

1	VSP11 Meten en vergelijken bij metaalbewerkingen	7
	Introductie	8
	Theorie	9
	Kernvragen	9
	Informatie uit een tekening	9
	Metingen	10
	Oppervlakteruwheidsmeting	21
	Vergelijkende meetgereedschappen	23
	Gebruik van de meetinstrumenten	24
	Samenvatting	24
	Video	25
	Begrippen	25
	Theorieopdrachten	27
	Opdrachten uit de praktijk	30
	Evaluatie en reflectie	35
	Checklist	35
	Zelftoets	35
2	VSP01 Boren en verzinken	39
	Introductie	40
	Theorie	41
	Kernvragen	41
	Boren van gaten	41
	Boormachines	41
	Spiraalboren	44
	Standtijd, snijsnelheid, aanzet en toerental	50
	Spannen	55
	Centeren	56
	Verzinken	56
	Samenvatting	58
	Video	59
	Begrippen	59
	Theorieopdrachten	60
	Opdrachten uit de praktijk	63
	Evaluatie en reflectie	67
	Checklist	67
	Zelftoets	67
3	VSP09 Machinebankwerken: snijden en tappen van schroefdraad	71
	Introductie	72
	Theorie	73
	Kernvragen	73
	Tappen	73
	Handmatig tappen	73
	Machinaal tappen	77
	Roltappen	80
	Snijden van uitwendige schroefdraad	81
	Snijden en tappen van gasdraad	82
	Samenvatting	83

Video	84
Begrippen	84
Theorieopdrachten	85
Opdrachten uit de praktijk	86
Evaluatie en reflectie	88
Checklist	88
Zelftoets	88
4 VSP10 Machinebankwerken: ruimen en kotteren	91
Introductie	92
Theorie	93
Kernvragen	93
Ruimen	93
Soorten ruimers	94
Handmatig ruimen	97
Machinaal ruimen	98
Kotteren	101
Kottergereedschap	102
Kotterbanken en machines	105
Mobiel kotteren	106
Samenvatting	106
Video	107
Begrippen	108
Theorieopdrachten	109
Opdrachten uit de praktijk	111
Evaluatie en reflectie	114
Checklist	114
Zelftoets	114
5 VSP08 Machinebankwerken: samenstellen en monteren	117
Introductie	118
Theorie	119
Kernvragen	119
Afzonderlijke onderdelen	119
Aanpak van het werk	119
Werkvolgorde	120
Aftekenen	121
Vijlen	122
Machinebankwerken	124
Samenstellen met paspennen: cilindrische paspennen	126
Samenstellen met paspennen: conische paspennen	129
Samenvatting	130
Video	130
Begrippen	131
Theorieopdrachten	132
Opdrachten uit de praktijk	133
Evaluatie en reflectie	138
Checklist	138
Zelftoets	138

6	VSP51 Slijpen, honen en leppen	141
	Introductie	142
	Theorie	143
	Kernvragen	143
	Slijpen	143
	Honen	158
	Leppen	165
	Samenvatting	168
	Video	171
	Begrippen	172
	Theorieopdrachten	173
	Opdrachten uit de praktijk	175
	Evaluatie en reflectie	178
	Checklist	178
	Zelftoets	178
7	VSP59 Vonkersief bewerken	181
	Introductie	182
	Theorie	183
	Kernvragen	183
	Vonkersieproces	183
	Procesvariabelen	185
	Vonkersiemachine	188
	Elektrode	193
	Storingen tijdens het vonkersieproces	196
	Draadvonken	198
	Andere vonkersieve bewerkingen	201
	Samenvatting	203
	Video	204
	Begrippen	205
	Theorieopdrachten	206
	Opdrachten uit de praktijk	208
	Evaluatie en reflectie	211
	Checklist	211
	Zelftoets	211
	Register	215

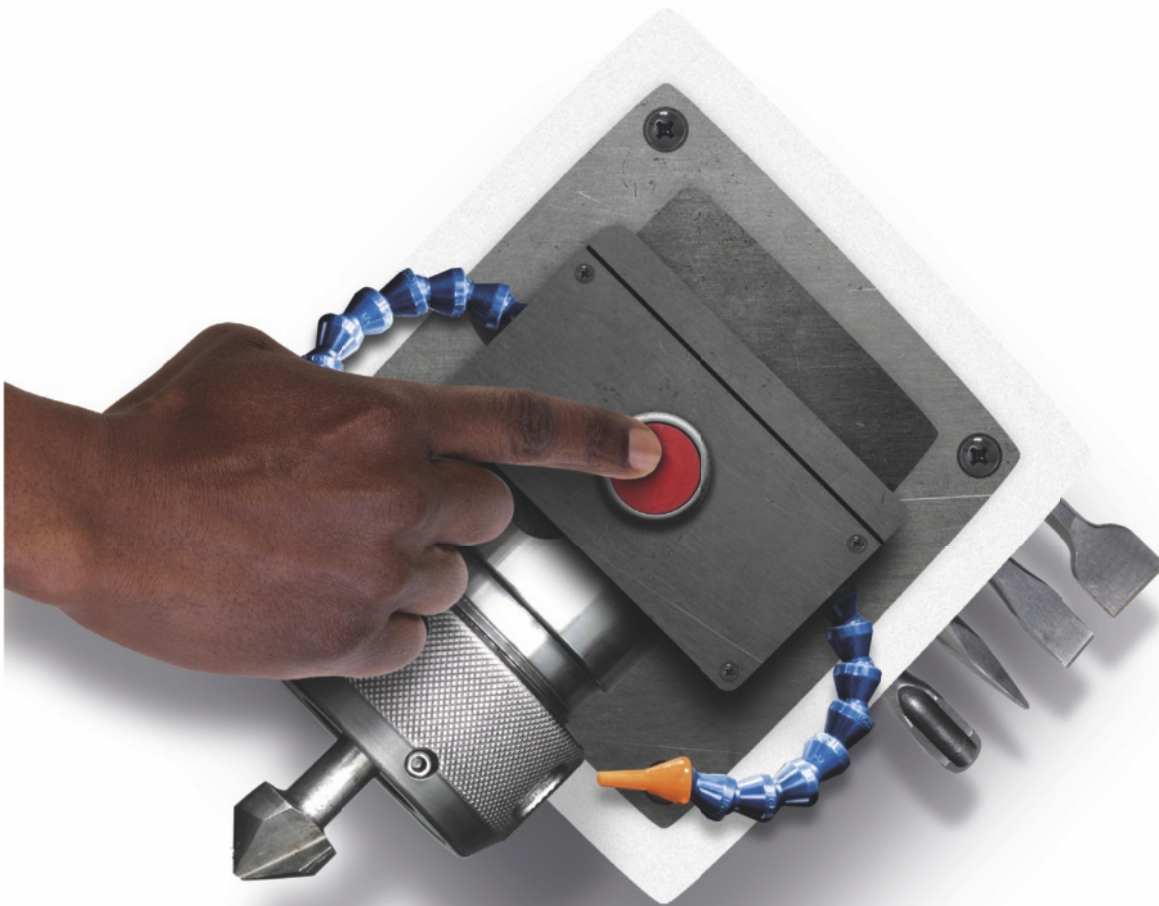
1

VSP11

Meten en vergelijken bij metaalbewerkingen



TOUCHTECH



Auteur
K. Kort

Eindredactie
J. Gerrits

v1.1

ThiemeMeulenhoff

Introductie

Beter en efficiënter meten

Mahr, een toonaangevende leverancier van meetinstrumenten, heeft onlangs een nieuwe familie van digitale schroefmaten aangekondigd. Hierbij kan de meetas met hoge snelheid worden verplaatst. De digitale schroefmaten maken metingen mogelijk die tien keer sneller zijn dan een standaardschroefmaat. Hierdoor bespaart de operator tijd als hij verschillende afmetingen op een enkel werkstuk moet meten. De 'nietroterende' schuifas beschermt ook kwetsbare werkstukoppervlakken tegen meetschade. Het geïntegreerde draadloze systeem maakt de meting gemakkelijker. De spindel maakt een beweging van 5 mm met één omwenteling van de trommel. Door het deel met de niet-roterende schuifspil voorzichtig in contact te brengen, worden krassen vermeden. Het grote display en overzichtelijke bedieningsconcept ondersteunen gebruikers bij de productie en kwaliteitsbewaking, met meetbetrouwbaarheid, moeiteloos lezen en eenvoudige bediening.



Figuur 1 Digitale schroefmaat waarbij de meetas met grote snelheid kan worden verplaatst (Bron: Shutterstock)

Oriënterende vraag

- Hoe kies je het juiste meetinstrument als je een meting gaat doen?

Theorie

Kernvragen

- Hoe kies je de schaalwaarde van een lengtemeetinstrument?
- Met welke meetinstrumenten kun je lengtemetingen uitvoeren?
- Welke meetonzekerheden kunnen zich in de praktijk voordoen?
- Hoe onderhoud en controleer je de verschillende meetinstrumenten?
- Hoe meet en controleer je hoeken, profielvormen en schroefdraad?

Informatie uit een tekening

Als je een werkstuk gaat maken, haal je de informatie uit de tekening. Tijdens het maken van je werkstuk moet je de **maten** en **ruwheid** controleren.

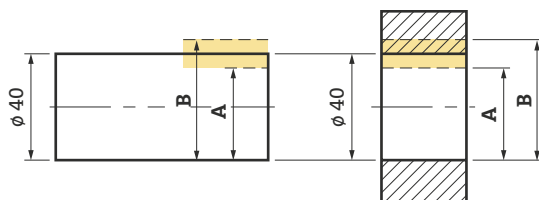
Maten en oppervlakteruwheid

De maat die op de tekening staat, noem je de **nominale maat**. Als je het werkstuk maakt, zal de maat nooit precies gelijk zijn aan de nominale maat. Om aan te geven hoeveel het werkstuk mag afwijken van de nominale maat, geldt er een **tolerantie**. Een tolerantie is de ruimte waarbinnen de maat van het werkstuk moet liggen. De maximale maat en de minimale maat van de tolerantie zijn **grensmaten**. De maximale maat is de grootste grensmaat en de minimale maat is de kleinste grensmaat. Als je je werkstuk goed hebt gemaakt, ligt de maat van je werkstuk tussen de grensmaten.

De maat van het werkstuk noem je de **werkelijke maat**. Deze werkelijke maat moet je met een meetinstrument meten. Om te bepalen welk meetinstrument je moet gebruiken, gebruik je de volgende vuistregel:

Op de tekening wordt aangegeven hoe glad het werkstuk moet zijn. De maat die op de tekening staat, is de R_a -waarde. Als er staat dat deze waarde $3,2 \mu\text{m}$ is, dan moet je daar tijdens het maken van het werkstuk rekening mee houden.

de kleinste maateenheid van een meetinstrument $\leq 0,25 \times$ de tolerantie



A = kleinste grensmaat
B = grootste grensmaat

Figuur 2 Kleinste en grootste grensmaat (Bron: Tiekstramedia)

Praktijkvoorbeeld: Bepalen van de grensmaten en de tolerantie

Gegeven

De maat op de tekening is $40^{+0,2}_{-0,1}$.

Gevraagd

Bepaal de grensmaten, de tolerantie en de kleinste maateenheid voor het kiezen van een meetinstrument.

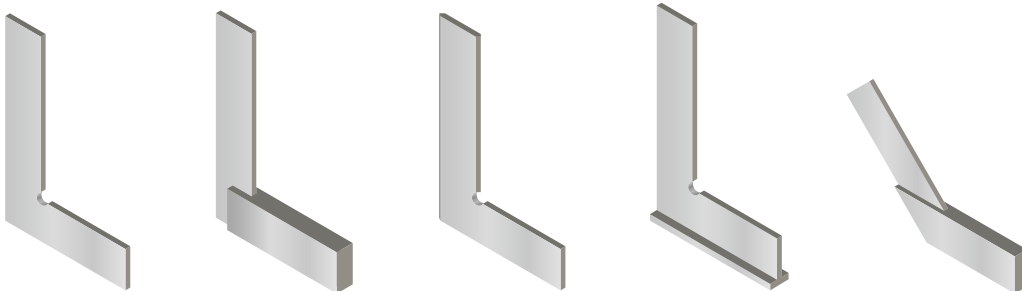
Oplossing

- De grootste grensmaat is: $40 + 0,2 = 40,2$.
- De kleinste grensmaat is: $40 - 0,1 = 39,9$.
- De tolerantie is: grootste grensmaat – kleinste grensmaat = $40,2 - 39,9 = 0,3$.
- De kleinste maateenheid van het te kiezen meetinstrument is: $\leq 0,25 \times 0,3 = \leq 0,075$.

Metingen

Hoekmetingen

Het controleren van hoeken kun je op twee manieren doen. Je kunt een hoek vergelijken met een **hoekhaak**. De hoek van een hoekhaak is een vast gegeven. Ze hebben meestal een hoek van 90° , 60° , 45° of 30° . Je controleert of de hoek van je werkstuk overeenkomt met de hoekhaak.



a vlakke hoekhaak

b blokhoekhaak

c meshhoekhaak

d hoekhaak met aanslag

e hoekhaak met andere hoek dan 90° (30° , 45° , 60° , 120° of 135°)

Figuur 3 Verschillende uitvoeringen van hoekhaken (Bron: Tiekstramedia)

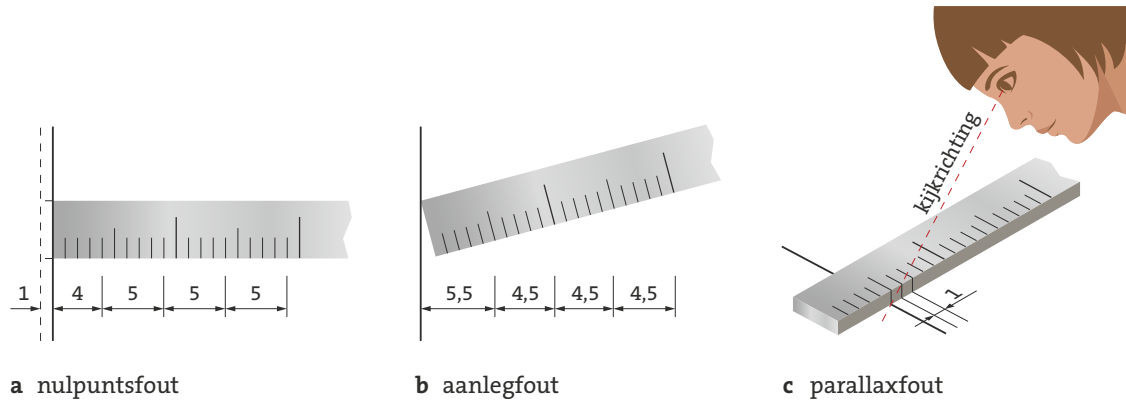
Je kunt ook met een digitale **hoekmeter** de hoek van je werkstuk opmeten. Je meet dan de werkelijke hoekmaat. Op de tekening kun je controleren of de maat van de hoek binnen de tolerantie ligt.



Figuur 4 Universele hoekmeter (Bron: Mitutoyo)

Lengtemeting

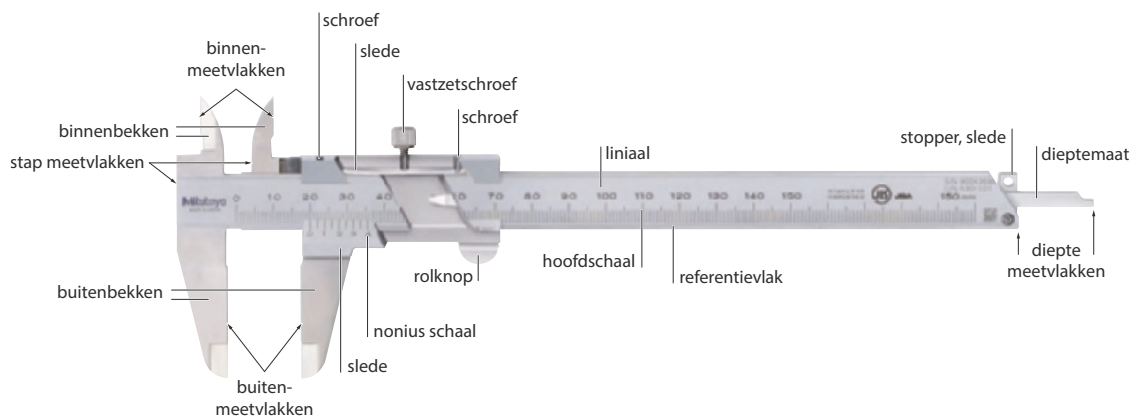
Om een lengte te meten kun je een rolmaat of liniaal gebruiken. Hierbij is de kleinste maateenheid 1 mm. Je gebruikt deze meetinstrumenten als de tolerantie niet heel klein is. De nauwkeurigheid hangt, naast de kleinste maateenheid, af van de nulpuntsfout, de aanlegfout en de parallaxfout.



Figuur 5 De meetnauwkeurigheid hangt af van diverse fouten. (Bron: Tiekstramedia)

Schuifmaat

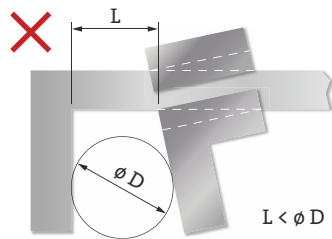
Een **schuifmaat** heeft een liniaal waar een slede overheen schuift. Zowel aan de liniaal als aan de slede zit een bek waartussen de meting plaatsvindt. Er zijn schuifmaten die je op de nonius kunt aflezen (zie figuur 6) en schuifmaten die een digitale uitlezing hebben (zie figuur 7). Schuifmaten met een nonius kun je vaak op 0,05 mm aflezen; de digitale schuifmaat op 0,01 mm. De nauwkeurigheid is wel beperkt door de speling tussen de slede en de liniaal. Door deze speling lees je een andere maat af dan wordt gemeten. Dit noem je het **kanteffect** (zie figuur 8). Ook zal er verschil in aflezen ontstaan doordat de aandrukkracht altijd anders is.



Figuur 6 Schuifmaat met noniusaflezing (Bron: Mitutoyo)

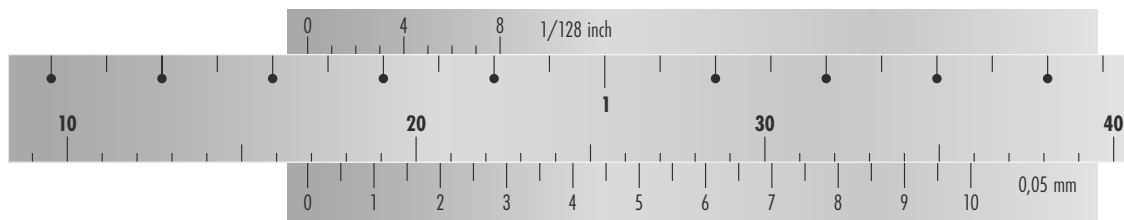


Figuur 7 Schuifmaat met digitale aflezing (Bron: Mitutoyo)



Figuur 8 Kanteffect door speling tussen geleider en liniaal (Bron: Tiekstramedia)

Op de liniaal van een schuifmaat staat vaak aan de bovenkant een inch-aflezing en aan de onderkant de millimeter-aflezing. Bij de millimeter-aflezing zie je vaak een schaalverdeling van 0 naar 150 mm. Op de geleider (nonius) staat een schaalverdeling van 0 tot 10.



Figuur 9 Schuifmaat met nonius (Bron: Tiekstramedia)

Praktijkvoorbeeld: Aflezen van schuifmaat met nonius

Gegeven

Een schuifmaat zoals in figuur 9 is weergegeven.

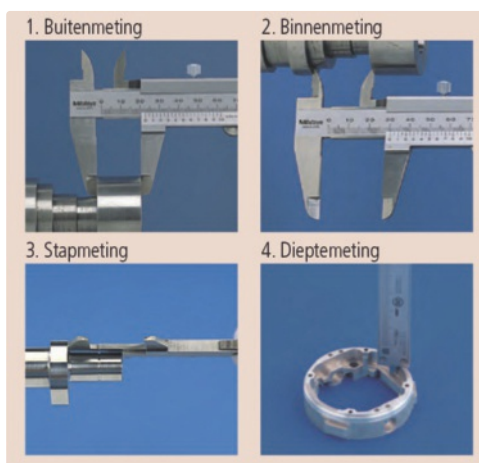
Gevraagd

De maat die met de schuifmaat wordt gemeten.

Oplossing

- Lees af waar de 0 van de geleider ten opzichte van de schaalverdeling van de liniaal staat. In het voorbeeld is dit: 16 mm en een deel van een millimeter.
- Het deel van de millimeter kun je aflezen op de schaalverdeling 0 tot 10 op de geleider. Dit doe je door te bepalen welk streepje gelijk staat met het streepje op de liniaal. In ons voorbeeld is dat de 9. Het deel van de millimeter is dan 0,9 mm.
- De maat is $16 \text{ mm} + 0,9 \text{ mm} = 16,9 \text{ mm}$.

Let op: tussen de 0 en 1, 1 en 2, 2 en 3, enzovoort, staan op de geleider ook streepjes. Dit streepje geeft de waarde 0,05 weer. Dus het streepje tussen 0 en 1 geeft de waarde 0,05 aan, het streepje tussen de 1 en 2 geeft de waarde 0,15 aan, enzovoort.



Figuur 10 Verschillende meetmogelijkheden met de schuifmaat (Bron: Mitutoyo)

Met een schuifmaat kun je op verschillende manieren meten:

- Een buitenmaat meet je met de buitenmeetvlakken.
- Een binnenmaat meet je met de binnenmeetvlakken.
- Een stapmeting meet je met de stapmeetvlakken.
- Een dieptemeting meet je met de dieptemaat.

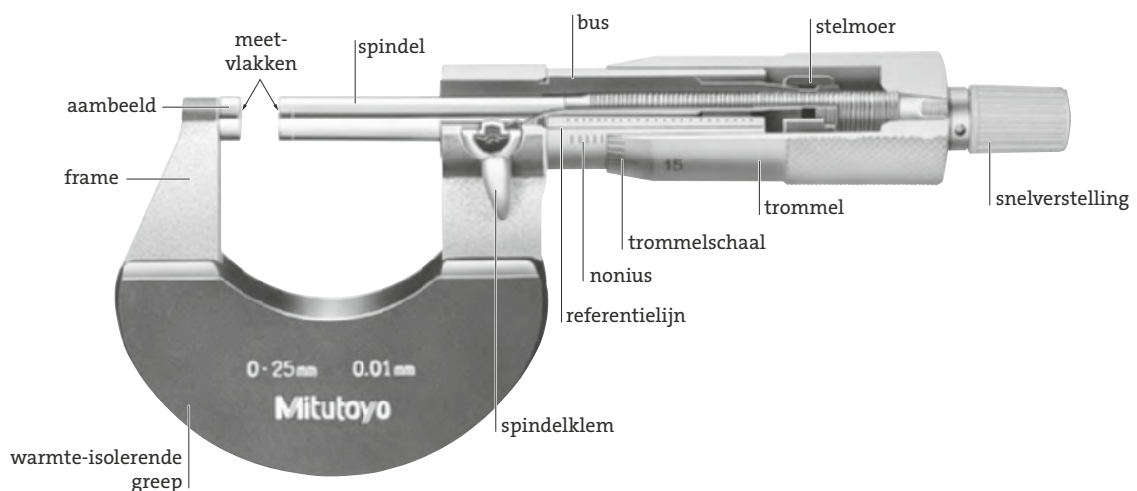
Tabel 1 Diverse soorten schuifmaten

Schuifmaat met puntige bekken kun je gebruiken bij het meten van kleine groeven.	Schuifmaat met verstelbare meetbek. De 'vaste' meetbek kan verlengd worden waardoor getrapte werkstukken kunnen worden gemeten.	Schuifmaat met brugstuk voor een diepte meting.
Schuifmaat met mes vormige bekken waarmee je groeven kunt meten.	Schuifmaat met naar binnen gerichte meetbekken waarmee je groeven kunt meten.	Schuifmaat voor wanddikte meting van ronde buizen. De vaste bek is een ronde stift die aan de binnenkant van de buis kan worden gebruikt.

Schroefmaat

Een **schroefmaat** heeft een spindel in een bus. Door de spindel tegen het werkstuk te draaien, kun je een meting uitvoeren. Ook de schroefmaat kent een uitvoering met nonius (zie figuur 11) en een digitale uitvoering (zie figuur 12). De schroefmaat heeft een nauwkeurigheid van 0,01 tot 0,001 mm, afhankelijk van het type. Een schroefmaat meet nauwkeuriger dan een schuifmaat:

- Met de ratel in de schroefmaat is de meetkracht altijd constant. Deze ratel bevindt zich in de snelverstelling. Draai daarom ook altijd met de snelverstelling bij het meten.
- Doordat de bus met meettrommel in één lijn ligt met de meetstift, is er geen kanteffect.
- De warmte-isolerende greep zorgt ervoor dat de warmte van de hand niet in de schroefmaat komt. Zou dat wel gebeuren, dan gaat het materiaal van de schroefmaat uitzetten.



Figuur 11 Analoge schroefmaat met nonius (Bron: Mitutoyo)

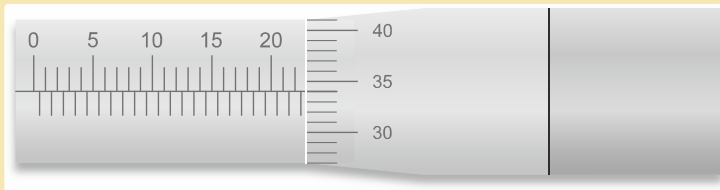


Figuur 12 Digitale schroefmaat (Bron: Mitutoyo)

Aflezen nonius schroefmaat

De meetlengte is bij een schroefmaat beperkt, daarom zijn er schroefmaten voor opeenvolgende lengtes. Er zijn schroefmaten van 0 tot 25 mm, 25 tot 50 mm, 50 tot 75 mm, enzovoort. Op de bus en de meettrommel van de schroefmaat is de maatverdeling gegraveerd. Op de trommel staat een schaalverdeling van 0 tot 50. Om de trommel van 0 naar 1 mm te draaien, moet je deze twee keer ronddraaien. Dus één keer ronddraaien is 0,5 mm.

Praktijkvoorbeeld: Aflezen nonius schroefmaat



Figuur 13 Schroefmaat met nonius (Bron: Tiekstramedia)

Gegeven

De gemeten maat met de schroefmaat in figuur 13.

Gevraagd

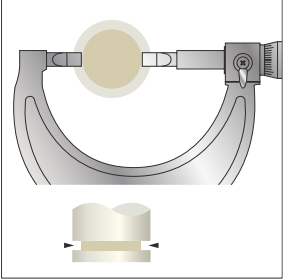
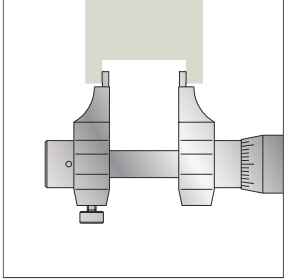
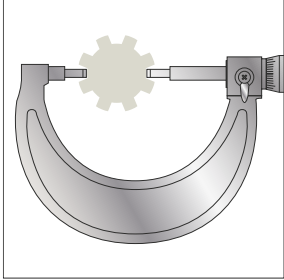
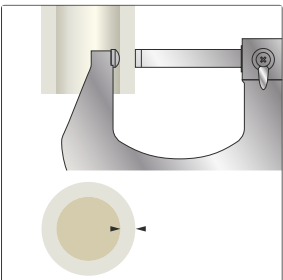
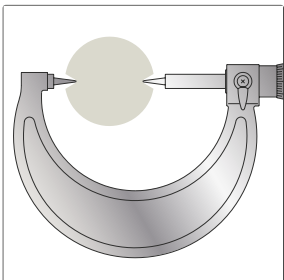
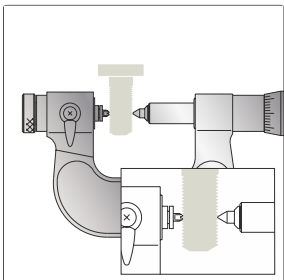
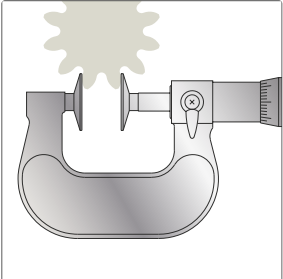
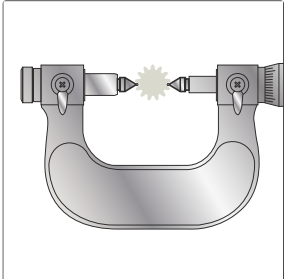
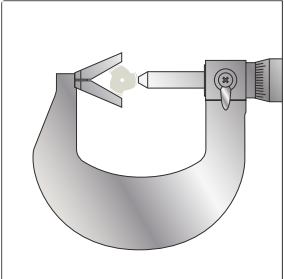
Lees de maat van de schroefmaat af.

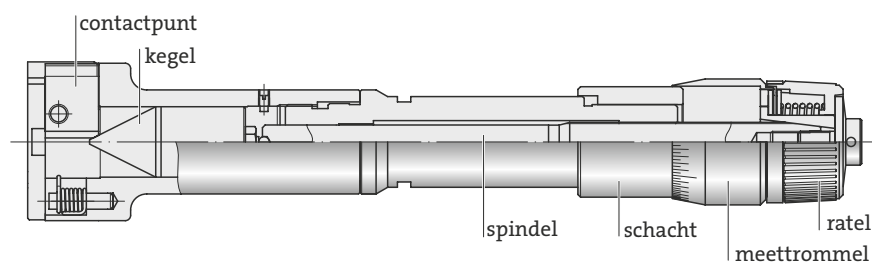
Oplossing

- Op de bus van de schroefmaat wordt aangegeven dat de maat 22 mm en een deel van een millimeter is.
- Onder de lijn van 0 tot 20 worden de halve millimeters aangegeven. De lijn voor de halve millimeter is tussen de 22 en 23 zichtbaar. Je moet er dus 0,5 mm bij optellen.
- Op de trommel staat de 34 gelijk met de horizontale lijn. Dit staat voor 0,34 mm
- De maat is dus: $22 + 0,5 + 0,34 = 22,84$ mm.

Als je gaat meten, controleer je eerst of de schroefmaat goed staat. Bij een schroefmaat 0 tot 25 mm draai je de schroefmaat op nul en controleer je of deze ook op nul staat. Is er een afwijking, dan kun je die met het bijgeleverde sleuteltje corrigeren. Bij schroefmaten boven de 25 mm gebruik je de bijgeleverde stelmaat om te kalibreren. Je kunt in plaats van de bijgeleverde stelmaat ook de eindmaten gebruiken.

Tabel 2 Verschillende soorten schroefmaten

 Schroefmaat met meskant meetvlakken voor moeilijk bereikbare plaatsen zoals groeven. De meetstift draait niet rond.	 Schroefmaat met binnen meetbekken.	 Schroefmaat met getrapte of verjongde meetvlakken waarmee spiebanen en groeven kunnen worden gemeten.
 Schroefmaat voor het meten van de dikte van buizen. Hierbij is de vaste meetstift bolvormig.	 Schroefmaat met puntige meetstiften om scherpe of zeer smalle groeven te meten.	 Schroefdraad schroefmaat met verwisselbare inzet. Afhankelijk van de diameter schroefdraad heb je een bij passende inzetstukjes voor de schroefmaat.
 Schroefmaat met schotelbekken waarmee de tandwijdte kan worden gemeten.	 Schroefmaat voor het meten van tandwielen waarbij de flankdiameters kunnen worden gemeten.	 Schroefmaat met V-aanbeeld om boren, ruimers, tappen en frezen te meten.



Figuur 14 Driepunts binnenschroefmaat (Bron: Mitutoyo)

Driepunts binnenschroefmaat

De **driepunts binnenschroefmaat** wordt gebruikt om de diameter van gaten te meten. Als je aan de trommel draait, bewegen de drie contactpunten naar buiten totdat ze de wand van het gat raken. Omdat de meting gebeurt met drie contactpunten, die naar buiten bewegen, wordt de driepunts binnenschroefmaat gecentreerd in het gat. Hierdoor is het risico van meetfouten kleiner dan bij de schroefmaat met binnenmeetbekken. Nadeel van de driepunts binnenschroefmaat is dat het meetbereik klein is, waardoor je veel driepunts schroefmaten nodig hebt om alle gaten met verschillende diameters te meten.

Hoogtemeter

De **hoogtemeter** wordt gebruikt op een **vlaktafel**. Met de hoogtemeter kun je een hoogte meten. Dit doe je door het meetvlak het werkstuk te laten raken. De hoogte kun je dan in het digitale display aflezen (zie figuur 15). Naast de digitale hoogtemeter wordt ook vaak een hoogtemeter met nonius gebruikt. Het aflezen van de nonius gebeurt op dezelfde manier als bij de schuifmaat.

Naast het meten van de hoogte kan de hoogtemeter ook worden gebruikt om af te tekenen. Voor het aftekenen is de hoogtemeter voorzien van een afschrijfnaald.



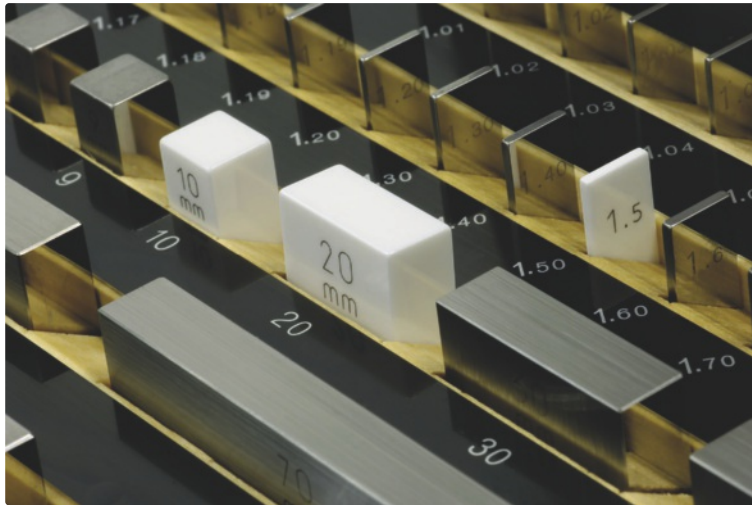
Figuur 15 Digitale hoogtemeter met afschrijfnaald (Bron: Mitutoyo)

Eindmaten

Met **eindmaten** kun je een heel nauwkeurige maat samenstellen. Een doos eindmaten bestaat uit een verzameling eindmaten van verschillende afmetingen. Een voorbeeld van de inhoud van de samenstelling van een doos is:

- 9 eindmaten van 1,001 tot en met 1,009; oplopend met 0,001 mm;
- 9 eindmaten van 1,01 tot en met 1,09; oplopend met 0,01 mm;
- 9 eindmaten van 1,1 tot en met 1,9; oplopend met 0,1 mm;
- 10 eindmaten van 1,0 tot en met 10,0; oplopend met 1 mm;
- 2 eindmaten van 20 mm;
- 1 eindmaat van 50 mm.

Door het gladde oppervlak van de eindmaten hechten ze aan elkaar. Je kunt de eindmaten aan elkaar hechten door ze eerst kruislings op elkaar te plaatsen. Vervolgens draai je ze in één lijn. Op deze manier kun je een stapel eindmaten hechten tot de gewenste maat (zie figuur 16 en 17).



Figuur 16 Een set eindmaten (Bron: Mitutoyo)



Figuur 17 Hechten van eindmaten (Bron: Mitutoyo)

Praktijkvoorbeeld: Een maat samenstellen met eindmaten

Gegeven

Een eindmatendoos zoals hiervoor is beschreven.

Gevraagd

Stel de maat 26,385 samen.

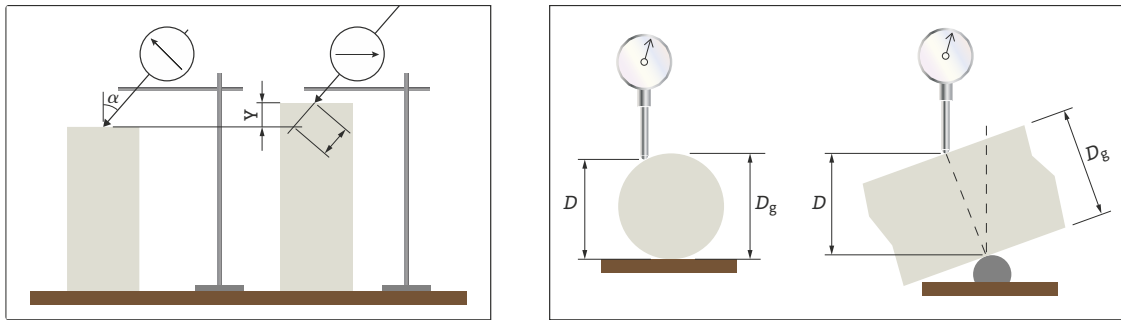
Oplossing

Hecht de volgende eindmaten aan elkaar: $1,005 + 1,08 + 1,3 + 3 + 20$.

Meetklok

Een **meetklok** is een klok met een spindel met tastpunt. Als je de spindel naar binnen drukt, kun je op de klok aflezen hoeveel de spindel naar binnen is gedrukt. Een paar voorbeelden om een meetklok te gebruiken zijn:

- afwijking van het werkstuk ten opzichte van eindmaten bepalen;
- slingering van een as op een draaimachine bepalen;
- de klem op een freesmachine uitrichten.



Figuur 18 Meetfouten bij gebruik van een meetklok (Bron: Tiekstramedia)

Afwijking werkstuk ten opzichte van eindmaten bepalen

Bij het gebruik van de meetklok wordt deze in een statief geplaatst. Dit statief met meetklok plaats je dan op een vlaktafel. Met de meetklok kun je de hoogte van het werkstuk meten, je meet dan de afwijking ten opzichte van een maat. Stel dat je de maat $47^{+0,02}_{-0,03}$ van je werkstuk moet controleren. Dan kun je met de eindmaten de meetklok op 47,000 mm instellen. Hierbij zet je de tastpunt van de meetklok op de eindmaten en draait de schaalverdeling op nul. Met de meetklok controleer je vervolgens wat de afwijking van het werkstuk is. De maat is goed als de afwijking binnen de tolerantie valt.



Figuur 19 Meetklok (Bron: Mitutoyo)



Figuur 20 Magnetisch scharnierstatief (Bron: shop.bestdeal.nl)

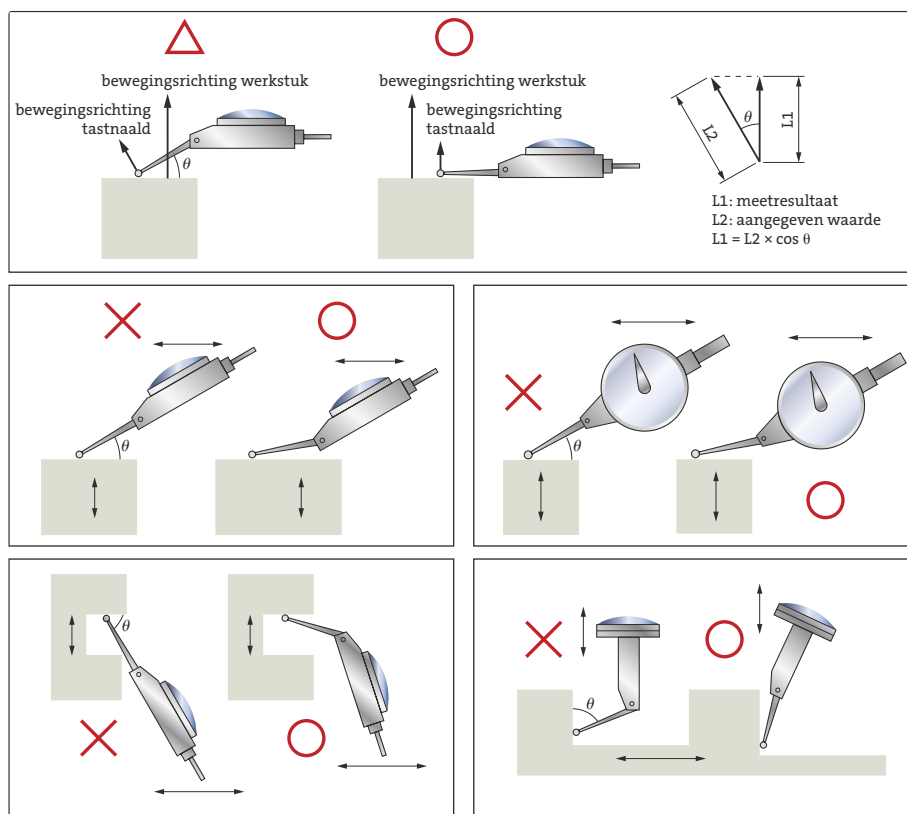
Zwenktaster

De **zwenktaster** of puppitaster is een speciale uitvoering van de meetklok. De zwenktaster heeft geen spindel maar een zwenktaster, waarbij de uitslag van de tastnaald wordt gemeten. Doordat je de taster in verschillende posities kunt draaien, kun je de zwenktaster gebruiken op plaatsen die moeilijk bereikbaar zijn met een meetklok.



Figuur 21 Zwenktaster (Bron: Mitutoyo)

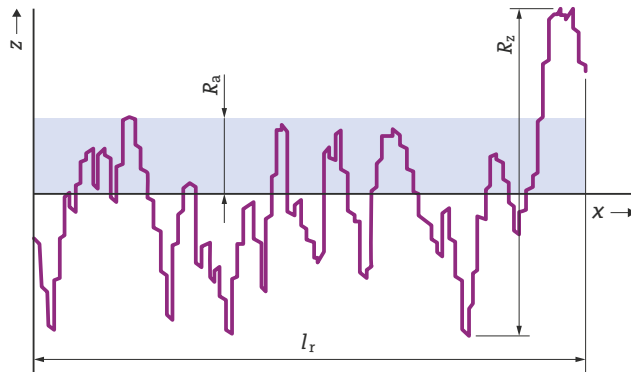
De afstand die je meet, staat loodrecht op het gemeten oppervlak. Om een goede meting te doen moet hoek θ zo klein mogelijk zijn. Als met de zwenktaster onder hoek θ wordt gemeten, dan zal de afstand L_2 op de zwenktaster worden afgelezen. Is hoek θ nul graden, dan wordt de werkelijke maat gemeten.



Figuur 22 De juiste hoek θ bij een zwenktaster (Bron: Tiekstramedia)

Oppervlakteruwheidsmeting

De ruwheid van een werkstuk wordt uitgedrukt in de waarde R_a . De gemiddelde afwijking van de toppen en de gemiddelde afwijking van de dalen van het profiel worden bij elkaar opgeteld. Deze waarde gedeeld door het aantal metingen geeft de R_a -waarde.



Figuur 23 R_a -waarde (Bron: Tiekstramedia)

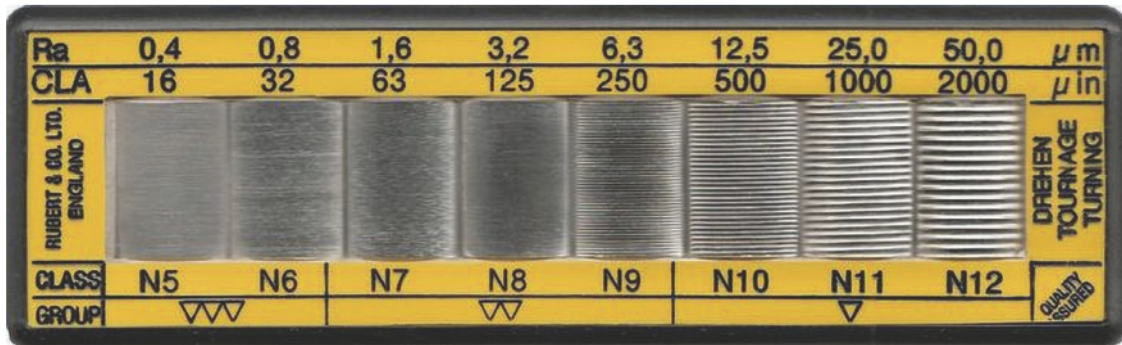
In tabel 1 wordt aangegeven welke R_a -waarde je ongeveer mag verwachten als je een bewerking uitvoert.

Tabel 3 Richtlijnen voor eindbewerking (Bron: Tiekstramedia)

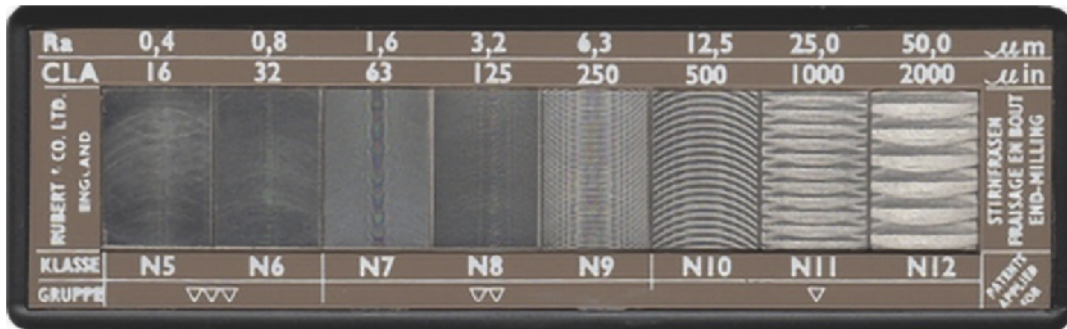
bewerkingen	ruwheid R_a in μm												
	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	
leppen													
superfijnen													
polijsten													
honen													
slijpen - elektrotechnisch													
- rond													
- vlak verticaal													
- vlak horizontaal													
kotteren													
brootsen													
ruimen													
vonkverspanen													
draaien - fijn (diamant)													
- fijn (hardmetaal)													
- na													
- voor													
frezen													
schaven - kop													
- sleet													
trekken													
extruderen													
walsen - koud													
- warm													
sputgieten - kunststoffen													
- metalen													
boren													
vijlen													
zagen													
smeden													

Als je de oppervlakteruwheid van je werkstuk wilt controleren, kun je dat met **vergelijkingsplaatjes** doen of met een **oppervlakteruwheidsinstrument**.

Vergelijkingsplaatjes zijn er in de uitvoering met een draaiprofiel en freesprofiel. Als op de tekening een draaiwerkstuk staat met een R_a -waarde van $3,2 \mu\text{m}$, dan controleer je of het werkstuk gladder is dan het profiel van het vergelijkingsplaatje. Het vergelijken doe je optisch of door er met je nagels overheen te gaan.



Figuur 24 Vergelijkingsplaatje voor draaien (Bron: bq.c.be)



Figuur 25 Vergelijkingsplaatje voor frezen (Bron: bq.c.be)

Een oppervlakteruwheidsinstrument bepaalt de ruwheid van het oppervlak door er een taster overheen te laten glijden. Je kunt dan de R_a -waarde aflezen. Deze methode is nauwkeuriger dan een meting met vergelijkingsplaatjes.



Figuur 26 Een oppervlakteruwheidsinstrument (Bron: Mitutoyo)

Vergelijkende meetgereedschappen

Kalibers

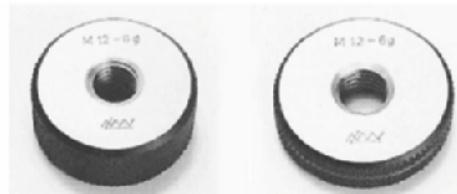
Als je bij veel werkstukken dezelfde maat moet meten, kun je het best gebruikmaken van een kaliber. Met een kaliber kun je één nominale maat meten. Voor elke andere maat heb je een ander kaliber nodig. Bij het gatpen-, asbek-, boutring-, moerpen- en boutbekkaliber controleer je of de maat binnen de tolerantie valt. Deze kalibers hebben een goedkeur- en een afkeurzijde. De goedkeur- en de afkeurzijde komen overeen met de grensmaten van de tolerantie. De goedkeurzijde van het kaliber moet over of in het werkstuk passen. De afkeurzijde mag er niet overheen of in passen. Bij een radiuskaliber vergelijk je of de radius van het werkstuk overeenkomt met het kaliber.



a gatpenkaliber



b asbekkaliber



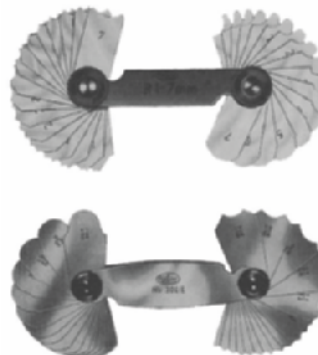
c boutringkaliber 1 × goedkeur, 1 × afkeur



d moerpenkaliber



e boutbekkaliber



f radiuskaliber (voor holle en bolle voorwerpen)

Figuur 27 Verschillende soorten kalibers (Bron: Schut Geometrische Meettechniek bv)

Kalibreren

Kalibreren is het controleren of het meetinstrument ook de maat meet die moet worden gemeten. Meetinstrumenten moeten worden gekalibreerd. Er zijn bedrijven waar de meetkamer of een externe partij de kalibraties uitvoert. Zij plakken er dan een sticker op die aangeeft wanneer het meetinstrument weer moet worden gekalibreerd. Als dit niet wordt gedaan, is de verspaner er zelf verantwoordelijk voor.

Voor de kalibratie gebruik je een meetinstrument dat tien keer nauwkeuriger is dan het te meten instrument. Stel dat je een schroefmaat met een nauwkeurigheid van 0,01 mm wilt kalibreren, dan gebruik je een meetinstrument met een nauwkeurigheid van 0,001 mm. Hiervoor worden vaak eindmaten gebruikt.

Gebruik van de meetinstrumenten

Als je een meting moet gaan uitvoeren, kies je eerst een meetinstrument dat geschikt is voor de meting. Belangrijke aandachtspunten daarbij zijn:

- Zorg ervoor dat het meetinstrument op kamertemperatuur is. Anders gaat het uitzetten of krimpen, waardoor je een andere maat meet.
- Maak het meetinstrument voor gebruik schoon.
- Controleer bij de meetinstrumenten indien mogelijk of de nulmeting ook een nulwaarde geeft.
- Probeer bij het meten altijd een constante meetkracht te gebruiken.
- Berg het meetinstrument na de meting goed op in de daarvoor bestemde doos of kast, zodat er geen spanen of andere voorwerpen op terecht komen. Hierdoor is het ook beschermd tegen vocht.

Voor eindmaten gelden een paar andere regels:

- Als je eindmaten gaat gebruiken, moet je eerst de olielaag verwijderen. Deze verwijder je met een zachte doek en petroleumether.
- Na de 'ruwe' reiniging borstel je met een cosmetische borstel met petroleumether de eindmaten schoon.
- Blaas de eindmaten met perslucht schoon en controleer de eindmaten op roest en krassen.
- Gebruik de eindmaten bij kamertemperatuur in verband met uitzetting en krimp.
- Borstel en blaas na gebruik de eindmaten weer schoon.
- Stalen eindmaten moet je daarna weer invetten.
- Eindmaten opbergen in de daarvoor bestemde doos

Samenvatting

Op een tekening wordt de nominale maat van een product aangegeven. De afmetingen van de producten mogen volgens een opgegeven tolerantie afwijken van de nominale maat, omdat deze in de werkplaats niet exact aan te houden is. Zonder de kwaliteit aan te tasten, kiest de constructeur de tolerantie zo groot mogelijk. De productiekosten houd je daarmee zo laag mogelijk. Welk meetinstrument je gebruikt, hangt af van de productvorm en de tolerantie. De vuistregel voor tolerantie is: de kleinste maateenheid van een meetinstrument $\times 0,25$ tolerantie.

Maten op de tekening kun je indelen in lengtematen, hoekmaten en ruwheidsmaten. Deze drie soorten hebben hun eigen meetgereedschap. Voor lengtematen gebruik je liniaal, schuifmaat, schroefmaat, hoogtemeter, eindmaten en meetklok. Bij hoekmaten

maak je gebruik van hoekhaken en universele hoekmeters. De ruwheid meet je met een vergelijkingsplaatje of een oppervlakteruwheidsinstrument.

Kalibreren is het bepalen van de waarde van de afwijkingen van een meetmiddel ten opzichte van de toegepaste standaard en het zo mogelijk opheffen van de afwijkingen. Bijvoorbeeld als een schroefmaat door de meetkamer wordt gekalibreerd, dan wordt een meetinstrument gebruikt dat tien keer nauwkeuriger is dan de schroefmaat. Hierbij kunnen eindmaten als referentiemiddel worden gebruikt.

Video

Bekijk de video over het meten met een schuifmaat: <http://qr.linktm.nl/qr1002490>.

Bekijk de video over het meten met een schroefmaat: <http://qr.linktm.nl/qr1002491>.

Bekijk de video over het meten van een boring: <http://qr.linktm.nl/qr1002493>.

Begrippen

Driepunts binnenschroefmaat	Deze wordt gebruikt om de diameter van gaten te meten. Door het verdraaien van de trommel bewegen de drie contactpunten naar buiten totdat ze de wand van het gat raken.
Eindmaten	Blokjes met een heel nauwkeurige maat. Door eindmaten aan elkaar te hechten, kun je een gewenste maat samenstellen.
Grensmaten	De maximale maat en de minimale maat van de tolerantie.
Hoekhaak	Verzamelnaam voor alle meetinstrumenten waarmee je een hoek kunt meten.
Hoekmeter	Met een hoekmeter kun je de hoek van je werkstuk opmeten.
Hoogtemeter	Met de hoogtemeter kun je een hoogte meten of aftekenen. Wordt gebruikt op een vlaktafel.
Kalibreren	Controleren of het meetinstrument ook de maat meet die moet worden gemeten.
Kanteleffect	Omdat de slede van een schuifmaat over de liniaal moet glijden, zit er speling tussen de slede en de liniaal. Hierdoor ontstaat een kanteleffect waardoor je afwijking krijgt.
Maten	Een maat kun je meten en wordt uitgedrukt in bijvoorbeeld kilometer, meter, millimeter.
Meetklok	Klok met een spindel met tastpunt. Als je de spindel naar binnen drukt, kun je op de klok aflezen hoeveel de spindel naar binnen is gedrukt.
Nominale maat	De maat die op de tekening staat.
Oppervlakteruwheidsinstrument	Deze bepaalt de ruwheid van het oppervlak door er een taster overheen te laten glijden. De ruwheidswaarde wordt in een display weergegeven.

TouchTech – Techniek die je raakt

Dit boek is onderdeel van TouchTech, een complete modulaire methode voor MBO Techniek niveau 3 en 4. Dit standaardboek is opgebouwd uit een aantal opeenvolgende leereenheden van één vakgebied. TouchTech is zowel in boekvorm, als boek OpMaat en digitaal beschikbaar. TouchTech heeft een breed aanbod van circa 400 leereenheden voor de vele vakgebieden in de elektrotechniek, werktuigkunde en mechatronica.

Het boek Verspanen 2 is het tweede deel over het vakgebied verspanen. De leereenheden in dit deel geven de theoretische kennis voor boren, verzinken, slijpen, machine-bankwerken en vonkersief bewerken.

Learning by doing

De serie TouchTech helpt de verbinding te maken tussen theorie en praktijk. Elke leereenheid start met kernvragen over het leerdoel, zodat je weet wat je gaat leren. Binnen elke leereenheid wordt beknopte theorie gekoppeld aan praktijkvoorbeelden. Na de theorie volgen korte verwerkings- en toepassingsopdrachten om de lesstof eigen te maken en de relatie met de praktijk te leggen.

Anytime/anywhere

Met de nieuwe serie Techniek is de benodigde theorie anytime/anywhere beschikbaar. De theorie is beschikbaar in leereenheden op onderwerp, zodat je eenvoudig kunt beschikken over alleen de theorie die je op dat moment nodig hebt tijdens lessen, praktijkopdrachten en projecten. De leereenheden/onderwerpen zijn snel op te zoeken voor docent én student.

Bewezen didactiek

De didactische opbouw van elke leereenheid is gebaseerd op het zes-leerfasen model: na een introductie vanuit de praktijk volgt de theorie, verduidelijkt met praktijkvoorbeelden. In het tweede deel gaat de student aan de slag met verwerkingsvragen, toepassingsvragen en tenslotte de evaluatie en reflectie.

Diversiteit aan leermiddelen

TouchTech is leverbaar op papier of digitaal in een volgorde die jij wilt. De op zichzelf staande leereenheden zijn samen te stellen tot maatwerkreaders, maar ook als standaardboek (leerwerkboek) met vaste volgorde per vakgebied te bestellen. Digitaal is de methode als licentie beschikbaar voor scholen, waarbij de docent zelf een curriculum kan samenstellen uit het brede aanbod van leereenheden.

TouchTech bevat leereenheden die geschikt zijn voor de kwalificaties:

- Middenkader Engineering
- Elektrotechnische installaties
- Mechatronica
- Human Technology
- Werktuigkundige installaties, enz.

Auteurs:

H. Hebels
K. Kort
G. Siemens

Eindredactie:

J. Gerrits
H. Hebels
G. Siemens



9 789006 701463