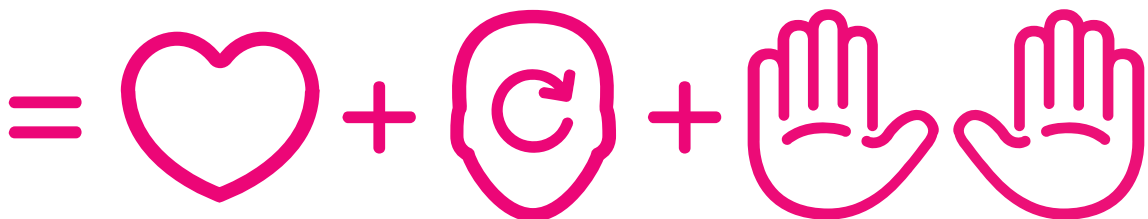


ROC Gilde Opleidingen Venlo | Roy Theunissen

LJ 1 - Periode 4 - Vaktheorie V - N2

13-04-2026

RLQ3ZKIF





COLOFON

©2026 Kenteq, Amersfoort

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

uitgeverij@kenteq.nl

Inhoudsopgave

1	Schroefmaat	5
1.1	Onderdelen schroefmaat	6
1.2	Soorten schroefmaten	7
1.3	Opbergen	10
1.4	Samenvatting	11
1.5	Antwoorden	12
2	Vragen Schroefmaat	13
3	Metten met een schroefmaat	15
3.1	Metten met een schroefmaat	16
3.2	Vorbereiding	16
3.3	Uitvoering	17
3.4	Nazorg	21
3.5	Samenvatting	22
3.6	Antwoorden	23
4	Vragen Metten met een schroefmaat	25
5	Wighoek, spaanhoek, vrijloophoek en spaanruimte	27
5.1	Wighoek	28
5.2	Spaanhoek	28
5.3	Vrijloophoek	28
5.4	Spaanruimte	30
5.5	Samenvatting	31
5.6	Antwoorden	32
6	Vragen Wighoek spaanhoek vrijloophoek en spaanruimte	33
7	Spanen en spaanvormen	35
7.1	Spanen	36
7.2	Spaanvormen	37
7.3	Spaanbeheersing	40
7.4	Samenvatting	42
7.5	Antwoorden	43
8	Vragen Spanen en spaanvormen	45
9	Snijmaterialen	47
9.1	Eigenschappen van snijmaterialen	48
9.2	Soorten snijmaterialen	48
9.3	Uitvoeringen van snijgereedschappen	52
9.4	Samenvatting	54
9.5	Antwoorden	55
10	Vragen Snijmaterialen	57

11 Meten met een meetklok	59
11.1 Veiligheid	60
11.2 Werkvolgorde	60
11.3 Samenvatting	64
11.4 Antwoorden	65
12 Vragen Meten met een meetklok	67
13 Hoekmeter	69
13.1 Eenheid van hoek	70
13.2 De gradenboog van de hoekmeter	70
13.3 Onderdelen	71
13.4 Soorten hoekmeters	72
13.5 Gebruik	74
13.6 Samenvatting	75
13.7 Antwoorden	75
14 Vragen Hoekmeter	77
15 Freesmethoden	79
15.1 Tegenlopend frezen	80
15.2 Meelopend frezen	83
15.3 Voor- en nadelen op een rij	85
15.4 Samenvatting	87
15.5 Antwoorden	88
16 Vragen Freesmethoden	89
17 Tabel verspaningscondities draaien	91
18 Tabel verspaningscondities frezen	93

1 Schroefmaat

Inleiding

Een schroefmaat is een meetgereedschap.

Met een schroefmaat kun je op bijvoorbeeld 0,01 mm nauwkeurig meten. Dat is vijf tot tien keer zo nauwkeurig als met de schuifmaat.

Een veel voorkomende schroefmaat is de beugelschroefmaat.



Beugelschroefmaat

Leerdoelen

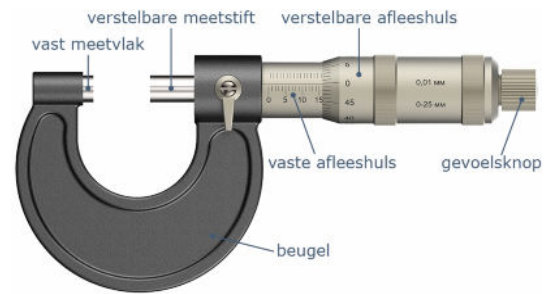
Je kunt:

- de onderdelen van de schuifmaat benoemen
- de soorten schroefmaten noemen.

1.1 Onderdelen schroefmaat

Een schroefmaat bestaat uit:

- meestal een vast meetvlak
- een verstelbare meetstift
- een vaste afleeshuls
- een verstelbare afleestrommel.
- een gevoelsknop.



Onderdelen beugelschroefmaat

Vast meetvlak

Het vaste meetvlak kan niet bewegen.

Verstelbare meetstift

Aan de meetstift zit het meetvlak dat bewegen kan.

Vaste afleeshuls

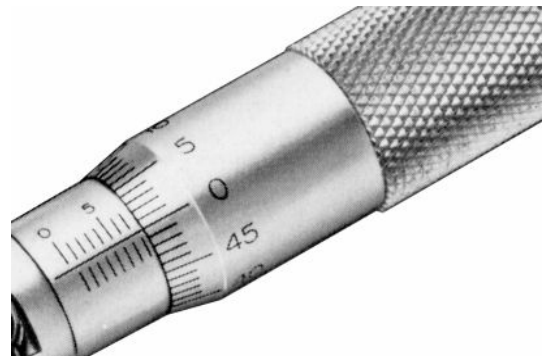
Op de vaste afleeshuls staat een verdeling in hele en halve millimeters.

Gevoelsknop

Met de gevoelsknop meet je altijd met de juiste kracht op het product.

Verstelbare afleestrommel

De omtrek van de verstelbare afleestrommel is verdeeld in vijftig delen. Ieder deel heeft een meetwaarde van 0,01 mm.



De omtrek van de verstelbare afleestrommel is verdeeld in vijftig delen.



1. Waarvoor dient de gevoelsknop?

1.2 Soorten schroefmaten

Er bestaan meerdere soorten schroefmaten. We behandelen er drie.

- beugelschroefmaat
- binnenschroefmaat
- diepteschroefmaat.

Beugelschroefmaat

De beugelschroefmaat wordt vaak micrometer genoemd. Dit is verwarrend en niet juist omdat een micrometer 0,001 mm is en een schroefmaat meet op 0,01 mm nauwkeurig.

Je gebruikt de beugelschroefmaat om uitwendige maten te meten, bijvoorbeeld de dikte van een as.

Beugelschroefmaten hebben verschillende meetbereiken. Dit wordt bepaald door de grootte van de beugel. Hier zie je een beugelschroefmaat met een meetbereik van 0-25 mm.

Andere meetbereiken zijn:

- 25-50 mm
- 50-75 mm
- groter dan 75 mm.



Beugelschroefmaat met meetbereik 0-25 mm.

Binnenschroefmaat

Je gebruikt een binnenschroefmaat om binnenmaten te meten. Er bestaan verschillende soorten binnenschroefmaten. Afhankelijk van de toepassing gebruik je:

- de tweepuntsbinnenschroefmaat
- de driepuntsgatschroefmaat
- de speerschroefmaat.

Tweepuntsbinnenschroefmaat

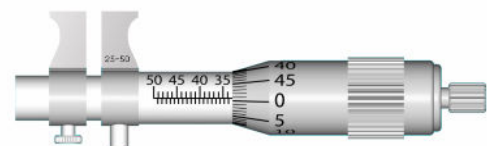
Met de tweepuntsbinnenschroefmaat kun je verschillende soorten binnenmaten meten. Het meetbereik van de tweepuntsbinnenschroefmaat is 5 - 30 mm of 25 - 50 mm.

Met de tweepuntsbinnenschroefmaat kun je niet diep in een gat meten.

De tweepuntsbinnenschroefmaat wordt ook wel spiebaanschroefmaat genoemd.



bek-binnenschroefmaat met 5 tot 30 mm meetbereik



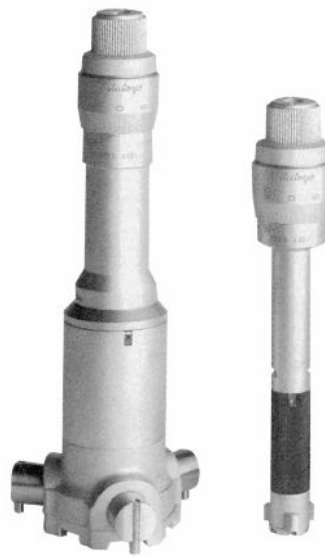
bek-binnenschroefmaat met 25 tot 50 mm meetbereik

Driepuntsgatschroefmaat

Met de driepuntsgatschroefmaat meet je ronde gaten. Het meetbereik is meestal klein. Er is bijvoorbeeld een schroefmaat voor 6 - 8 mm en voor 30 - 40 mm. Voor diameters van 3,5 - 200 mm heb je 24 verschillende driepuntsgatschroefmaten nodig.

De driepuntsgatschroefmaat heeft drie meetstiften. Door deze drie meetstiften centreert de driepuntsgatschroefmaat zichzelf. Daardoor werkt deze binnenschroefmaat makkelijk en nauwkeurig.

Met de driepuntsgatschroefmaat kun je wel diep in een gat meten.



Driepuntsgatschroefmaat

Speerschroefmaat

De speerschroefmaat is geschikt voor het meten van meerdere soorten binnenmaten.



Speerschroefmaat

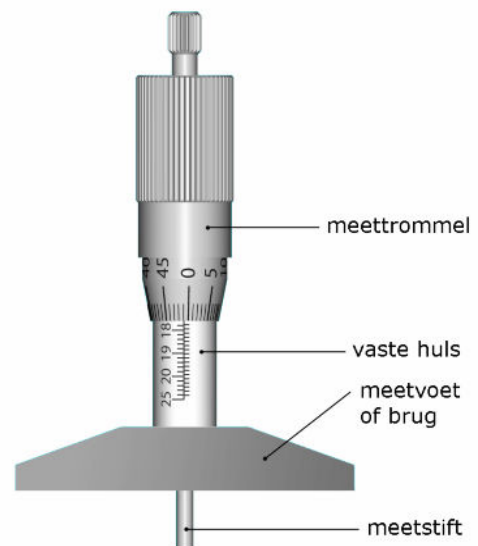
Voor het meten van grotere maten zijn verlengstukken beschikbaar. De constructie van de speerschroefmaat is eenvoudig. Zo ontbreekt bijvoorbeeld een gevoelsknop. Dat maakt nauwkeurig meten met dit instrument moeilijk.



Verlengstukken voor speerschroefmaat

Diepteschroefmaat

Dieptematen meet je met de diepteschroefmaat op 0,01 mm nauwkeurig. Een diepteschroefmaat werkt hetzelfde als een beugelschroefmaat. Deze schroefmaat heeft echter geen beugel maar een meetbrug en een meetstift. Het meetbereik is van 0 - 25 mm. Met een verwisselbare langere meetstift kun je ook dieper meten.



Diepteschroefmaat

?

2. Welke schroefmaat gebruik je voor het meten van uitwendige maten zoals de dikte van een as?

1.3 Opbergen

De schroefmaat is een kostbaar precisie instrument. Behandel een schroefmaat met zorg. Laat het niet slingeren op de werkbank, maar ruim deze op in het etui of in de doos.



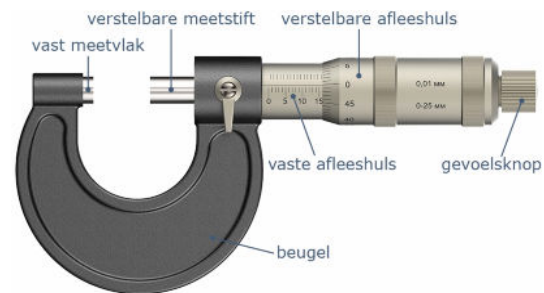
Behandel een schroefmaat met zorg

1.4 Samenvatting

Met een schroefmaat kun je nauwkeurig meten.

Een schroefmaat bestaat uit:

- meestal een vast meetvlak
- een verstelbare meetstift
- een vaste afleeshuls
- een verstelbare afleestrommel.
- een gevoelsknop.



Onderdelen beugelschroefmaat

Er bestaan meerdere soorten schroefmaten:

- beugelschroefmaat
- binnenschroefmaat
- diepteschroefmaat

Het meetbereik van de beugelschroefmaat hangt af van de grootte van de beugel.

Binnenschroefmaten zijn er in verschillende uitvoeringen:

- tweepuntsbinnenschroefmaat
- driepuntsgatschroefmaat
- speerschroefmaat

1.5 Antwoorden

Antwoord 1

Om de juiste kracht te kunnen zetten voor een nauwkeurige meting.

Antwoord 2

Beugelschroefmaat

2 Vragen Schroefmaat

Vraag 1

Waarom zal je een schroefmaat niet standaard in je gereedschapskist aantreffen?

Vraag 2

Noem drie soorten schroefmaten.

Vraag 3

Bij welke schroefmaat kun je het meetbereik eenvoudig vergroten? Hoe doe je dat?

Vraag 4

Waarom heeft een binnenschroefmaat een gevoelsknop?

3 Meten met een schroefmaat

Inleiding

Met een schroefmaat kun je nauwkeurig meten.

Je kunt:

- uitwendig meten
- inwendig meten
- diepte meten.



Meten met een beugelschroefmaat

Leerdoelen

Je kunt:

- aangeven wat de werkvolgorde is voor het gebruik van de schroefmaat
- beschrijven hoe je met verschillende schroefmaten kunt meten
- beschrijven hoe je verschillende schroefmaten moet aflezen
- aangeven hoe je de schroefmaat moet opbergen.

3.1 Meten met een schroefmaat

Meten met een schroefmaat doe je in een bepaalde volgorde. Belangrijk is dat je eerste voorbereidingen treft door het meetinstrument schoon te maken en te controleren. Vervolgens kun je de metingen uitvoeren. Na afloop moet je alles weer netjes opbergen.

3.2 Voorbereiding

Schoonmaken

Reinig voordat je gaat meten de meetstiften en meetvlakken van de schroefmaat. Maak ook het oppervlak van het product schoon. Zo voorkom je meetfouten.

Schroefmaat controleren

Voor je gaat meten, moet je zeker weten dat de schroefmaat nauwkeurig meet.



Afgelezen waarde = 0

Controleer de schroefmaat zo:

- Plaats de beugelschroefmaat in een statief of houd de beugelschroefmaat met je linkerhand vast aan de isolatieplaten van de beugel.
- Draai met de gevoelsknop de trommel totdat de verstelbare meetstift het vaste meetvlak net raakt. Draai dan een halve slag met de gevoelsknop extra.
- Controleer nu of de afgelezen waarde nul bedraagt. Als de beugelschroefmaat afwijkt dan moet je deze door een specialist laten bijstellen. Dit bijstellen heet ook wel justeren.



1. Waarom moet je een schroefmaat vooraf schoonmaken?

Digitale beugelschroefmaat controleren en nulstellen

Een digitale schroefmaat moet je vaak eerst nulstellen.

Dit doe je als volgt:

- Je zet het instrument aan.
- Plaats de beugelschroefmaat in een statief of houd de beugelschroefmaat met de linkerhand vast aan de isolatieplaten van de beugel.



Nulstellen digitale beugelschroefmaat

- Draai met de gevoelsknop de trommel totdat verstelbare meetstift het vaste meetvlak net raakt, draai dan een halve slag met de gevoelsknop extra.
- Controleer nu of de afgelezen waarde nul bedraagt. Zo nee, druk dan op de nulstelknop en controleer of beugelschroefmaat nu wel nul aanwijst.

3.3 Uitvoering

Metten van uitwendige maten

Beugelschroefmaat

- Draai de schroefmaat voldoende open. Draai de verstelbare afleeshuls linksom.
- Zet het vaste meetvlak tegen het product. Draai de verstelbare meetstift aan. Je draait door totdat de meetstift het product net niet raakt.
- Draai de gevoelsknop rechtsom. Je draait door totdat de gevoelsknop slipt of ratelt, maak een halve omwenteling met de gevoelsknop. De meetstift drukt nu met de juiste kracht op het product.



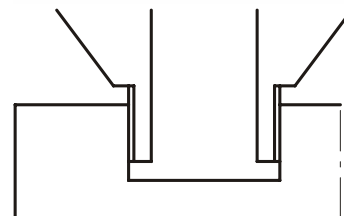
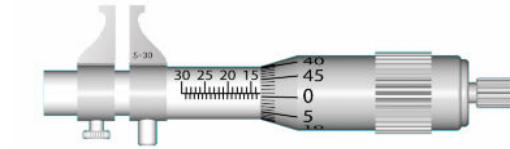
Metten van een uitwendige maat

2. De meetstift draai je door totdat deze het product 'net niet' raakt. Waarom is dat?
- ☐ Omdat je vervolgens met de gevoelsknop zorgt voor de juiste druk.
 - ☐ Omdat de meetstift erg gevoelig is en daarom het product niet mag raken.

Metten van binnenmaten

Tweepuntsbinnenschroefmaat

- Draai de schroefmaat dicht. Je draait de verstelbare afleeshuls rechtsom.
- Houd het vaste meetvlak tegen de binnenzijde van het product.
- Draai de verstelbare meetstift aan. Je draait door totdat de meetstift het product net niet raakt.
- Draai de gevoelsknop rechtsom. Je draait door totdat de gevoelsknop slipt of ratelt.
- De meetstift drukt nu met de juiste kracht op het product.
- Lees de maat af.
- Draai de schroefmaat weer een beetje los en neem hem uit het product.



Metten van een binnenmaat

Driepuntsgatschroefmaat

- Draai de schroefmaat dicht. Je draait de verstelbare afleeshuls rechtsom.
- Steek de driepuntsgatschroefmaat in het gat.
- Draai de verstelbare meetstift aan. Door deze drie meetvlakken centreert de driepuntsgatschroefmaat zichzelf. Je draait totdat de meetstift het product net niet raakt.
- Draai de gevoelsknop rechtsom. Je draait door totdat de gevoelsknop slipt of ratelt (maximaal drie klikken). De meetstift drukt nu met de juiste kracht op het product.
- Lees de maat af.
- Draai de schroefmaat weer een beetje los en neem hem uit het product.



Metten van een gatdiameter

Speerschroefmaat

- Druk de vaste meetstift tegen de binnenzijde van het product (vast punt).
- Zoek de grootste maat door de schroefmaat rond het vaste punt te wentelen en gelijktijdig de verstelbare meetstift te verdraaien. Je weet dan dat je loodrecht op de wanden meet. De verstelbare meetstift moet voor de juiste maat licht over het object schuren tijdens het bewegen.
- Lees de maat af.
- Draai de schroefmaat weer een beetje los en neem hem uit het product.



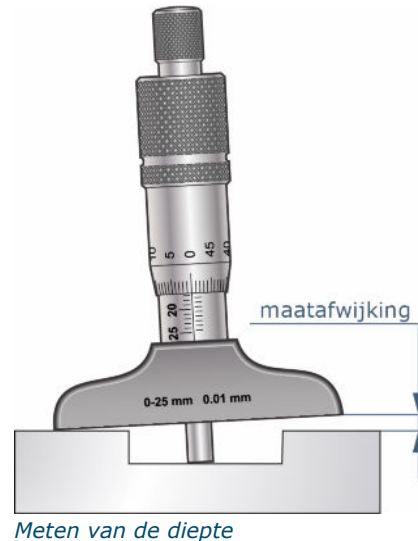
Metten van de diameter

- ? 3. Bij het meten van de binnenmaat draai je de verstelbare afleeshuls
- ☐ linksom
 - ☐ rechtsom.

Metten van dieptematen

Diepteschroefmaat

- Plaats de diepteschroefmaat op het product en draai de meetstift uit.
- Druk de meetbrug stevig op het product. Daarmee voorkom je dat de meetstift de diepteschroefmaat omhoog drukt.
- Draai de gevoelsknop rechtsom. Je draait door totdat de gevoelsknop slipt of ratelt.
- Lees de maat af.
- Neem de schuifmaat uit het product.



Een schroefmaat aflezen

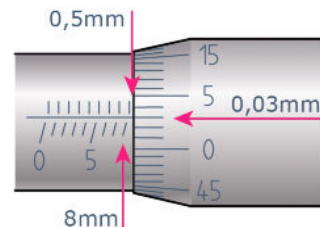
Beugelschroefmaat

Het aflezen van de beugelschroefmaat gaat als volgt.

Lees de maten af van de afbeelding.

- Lees op de vaste afleeshuls:
 - Acht hele millimeters: 8 mm
 - Eén halve millimeter: 0,5 mm
- Lees op de verstelbare afleestrommel:
 - Drie honderdste millimeters: 0,03 mm
- De maat is de som van deze waarden:

$$8 + 0,5 + 0,03 = 8,53 \text{ mm}$$



Nonius van een driepuntgatschroefmaat en een diepteschroefmaat

Bij een driepuntgatschroefmaat en een diepteschroefmaat wordt bij het indraaien van de afleestrommel wordt de maat groter. Bij een beugelschroefmaat en een speerschroefmaat wordt, bij het inschroeven van de trommel, de maat kleiner. De aflezing van de driepuntgatschroefmaat en de diepteschroefmaat is dus tegengesteld aan de aflezing van een beugelschroefmaat en een speerschroefmaat.

- ? 4. Bij welke schroefmaten lees je de millimeters die zijn gepasseerd?
- ☐ Beugelschroefmaat
 - ☐ Driepuntgatschroefmaat
 - ☐ Diepteschroefmaat
 - ☐ Speerschroefmaat

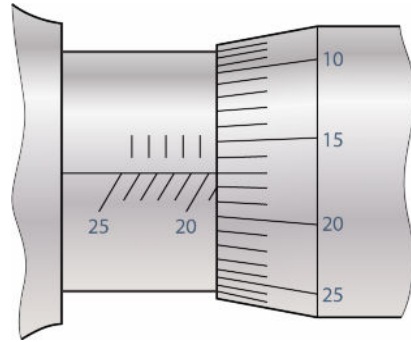
Diepteschroefmaat

Bij het aflezen van een diepteschroefmaat moet je kijken wat je niet ziet.

- In de afbeelding is op de schaalverdeling van de vaste afleeshuls de 19 mm niet te zien.
- Ook de halve millimeter-streep na de 19 mm is niet te zien. De 19,5 mm op de vaste afleeshuls is dus gepasseerd.
- Op de trommel is te zien dat hondersten-streep 17 samenvalt met de referentieliijn.

Pas op de tegengestelde aflezing bij de trommel: boven 20 komt nu 19 en niet 21, zoals bij de beugelschroefmaat.

- De maat is de som van deze waarden $19 + 0,5 + 0,17 = 19,67 \text{ mm}$

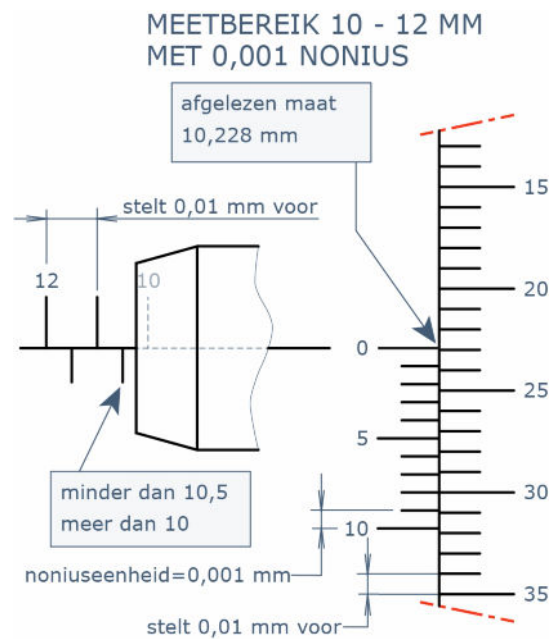


Aflezen maat, diepteschroefmaat

Driepuntsgatschroefmaat met nonius

Het aflezen van van een driepuntsgatschroefmaat met nonius gaat in 5 stappen:

- Lees op de vaste afleeshuls af hoeveel hele millimeters de trommel is gepasseerd: 10 mm.
- Lees op de vaste afleeshuls af of er wel of geen halve millimeter is gepasseerd: geen halve millimeter.
- Lees op de trommel af hoeveel hondersten millimeters de referentiestreep zijn gepasseerd: 0,22 mm
- Lees op trommel en nonius af welke streep van de nonius recht tegenover een streep van de trommel staat: streep 8, dit is 0,008 mm
- De maat is de som van deze waarden: $10 + 0,22 + 0,008 = 10,228 \text{ mm}$.



Aflezen maat, driepuntsgatschroefmaat

3.4 Nazorg

De schroefmaat is een precisie-instrument. Laat de schroefmaat niet vallen of rondslingeren tussen ander gereedschap. Na gebruik moet je de schroefmaat op de juiste manier opbergen.

Beugelschroefmaat:

- Draai de verstelbare meetstift dicht tot vlak bij de vaste meetstift, maar ze mogen elkaar niet raken.
- Zet de verstelbare meetstift vast met de blokkeerschroef. Zo voorkom je dat bij temperatuurverhoging de schroefmaat kapot gaat door uitzetting en voorkom je beschadiging van de meetvlakken.



Juiste manier van opbergen

Driepuntsgatschroefmaat:

- Draai de meetstiften zo ver mogelijk naar binnen om beschadiging van de meetstiften te voorkomen.



Driepuntsgatschroefmaat

3.5 Samenvatting

Vorbereiding:

- Maak de schroefmaat schoon om meetfouten te voorkomen.
- Controleer of de schroefmaat goed is.
- Bij een digitale schroefmaat moet je deze nulstellen.

Uitvoering:

- Met een schroefmaat meet je door het vaste meetvlak tegen het product te plaatsen en de meetstift met de juiste druk tegen de andere zijde te plaatsen. De juiste druk ontstaat door de gevoelsknop rechtsom te draaien totdat deze slipt of ratelt.
 - De uitwendige maat meet je met een beugelschroefmaat. Hierbij draai je de afleeshuls linksom.
 - De binnenmaat meet je met een tweepuntsbinnenschroefmaat of driepuntsbinnenschroefmaat. Hierbij draai je de afleeshuls rechtsom. Daarnaast kun je de binnenmaat meten met een speerschroefmaat.
 - De diepte meet je met een diepteschroefmaat.
- Het aflezen van de beugelschroefmaat gaat als volgt:
 - Lees op de vaste afleeshuls.
 - Lees op de verstelbare afleestrommel.
 - De maat is de som van deze waarden.
- Bij een driepuntsgatschroefmaat en de diepteschroefmaat lees je de millimeters die zijn gepasseerd. Bij een beugelschroefmaat en een speerschroefmaat lees je de millimeters die nog niet zijn gepasseerd.
- Het aflezen van een driepuntsgatschroefmaat met nonius gaat in 5 stappen:
 - Lees op de vaste afleeshuls af hoeveel hele millimeters de trommel is gepasseerd.
 - Lees op de vaste afleeshuls af of er wel of geen halve millimeter is gepasseerd.
 - Lees op de trommel af hoeveel hondersten millimeters de referentiestreep zijn gepasseerd.
 - Lees op trommel en nonius af welke streep van de nonius recht tegenover een streep van de trommel staat.
 - De maat is de som van deze waarden.

Nazorg:

- Na gebruik moet je de schroefmaat op de juiste manier opbergen.

3.6 Antwoorden

Antwoord 1

Om meetfouten (door vuil) te voorkomen.

Antwoord 2

Omdat je vervolgens met de gevoelsknop zorgt voor de juiste druk.

Antwoord 3

Rechtsom

Antwoord 4

Driepuntsgatschroefmaat en diepteschroefmaat

4 Vragen Meten met een schroefmaat

Vraag 1

Waarom heeft een binnenschroefmaat een gevoelsknop?

Vraag 2

Welke afleesnauwkeurigheid komt het meest voor bij een binnen-schroefmaat?

Vraag 3

Welke drie soorten binnenschroefmaten ken je?

Vraag 4

Het meten met een driepuntsgatschroefmaat is eenvoudiger dan met een speerbinnenschroefmaat.

Waarom? Noem twee redenen.

Vraag 5

Tijdens het meten moet je met de diepteschroefmaat de meetbrug stevig op het product drukken.

Waarom?

Vraag 6

Waarom is de aflezing van de driepuntsgatschroefmaat en de diepteschroefmaat tegengesteld aan de aflezing van een beugelschroefmaat?

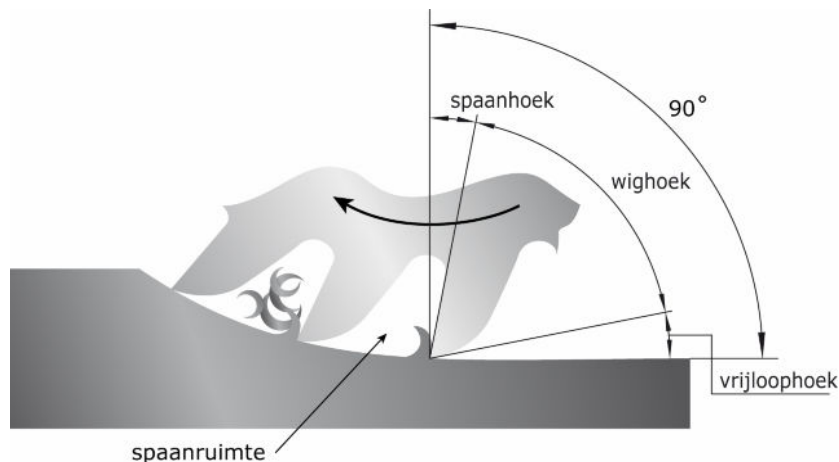
5 Wighoek, spaanhoek, vrijloophoek en spaanruimte

Inleiding

Als je gaat hoekfrezen, gebruik je een mantelkopfrees of een vingerfrees. Frezen hebben drie hoeken:

- wighoek (W)
- spaanhoek (S)
- vrijloophoek (V).

De wighoek, de spaanhoek en de vrijloophoek zijn samen altijd 90° .



Wighoek, spaanhoek en vrijloophoek 90°

Leerdoelen

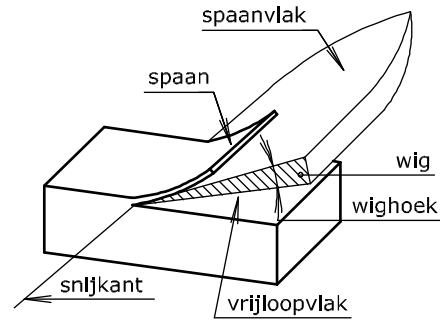
Je kunt:

- beschrijven wat een wighoek is
- beschrijven wat een spaanhoek is
- beschrijven wat een vrijloophoek is
- beschrijven wat spaanruimte is
- beschrijven hoe een spaanprop ontstaat
- beschrijven waarom je bij zacht materiaal koelvloeistof gebruikt.

5.1 Wighoek

De wig is het deel van de snijtand dat in het materiaal dringt. De bovenkant van de wig heet het spaanvlak. De onderkant heet het vrijloopvlak.

Wighoek (W) is de hoek tussen het spaanvlak en vrijloopvlak. In de figuur kun je dit allemaal goed zien.

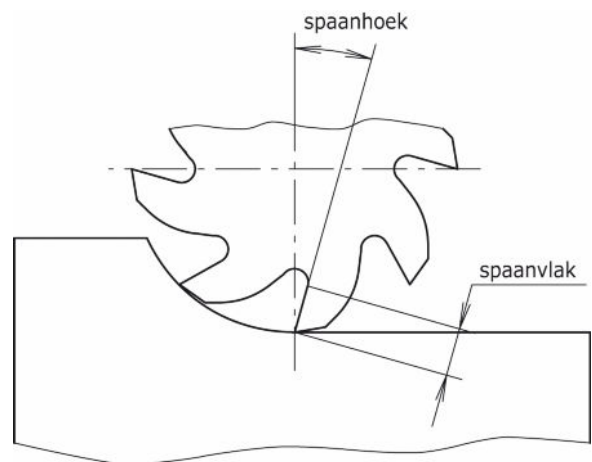


De wig is het deel van de snijtand

5.2 Spaanhoek

De spaanhoek (S) is de hoek tussen het spaanvlak en een lijn die loodrecht op het materiaal staat. Deze lijn bestaat alleen in gedachten, kijk maar naar de figuur. Welke spaanhoek een frees heeft, hangt af van:

- het materiaal van het werkstuk
- het materiaal van de frees
- de stabiliteit en het vermogen van de freesmachine
- de snijsnelheid

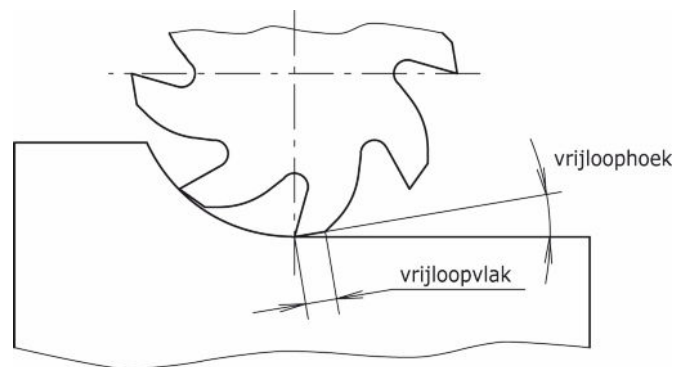


Bovenaanzicht

De spaanhoek is de hoek tussen het spaanvlak en een lijn die loodrecht op het materiaal staat

5.3 Vrijloophoek

De hoek tussen het vrijloopvlak van de frees en het materiaal heet de vrijloophoek (V). Het is belangrijk dat de vrijloophoek goed is. Als de vrijloophoek te klein is, ontstaat er veel wrijving. De tanden van de frees kunnen niet makkelijk genoeg in het materiaal dringen. Hierdoor kunnen de frees en het werkstuk beschadigen. Bij een te grote vrijloophoek is er weinig wrijving. De tanden van de frees dringen gemakkelijk in het materiaal, maar kunnen sneller breken of afbrokkelen.



Bovenaanzicht

De hoek tussen het vrijloopvlak van de frees en het materiaal heet de vrijloophoek

In de tabel 'richtwaarden voor spaanhoeken en vrijloophoeken', staan de richtwaarden voor spaanhoeken en vrijloophoeken. Je kunt de goede waarden opzoeken als je de diameter van de frees weet. Je moet ook weten of je in zacht, normaal of hard materiaal gaat frezen. Als je de spaanhoek en de vrijloophoek weet, kun je de wighoek uitrekenen.

Richtwaarde spaanhoek (S) en vrijloophoek (V)						
diameter frees	materiaal werkstuk					
	hard		normaal		zacht	
	S	V	S	V	S	V
3 mm	6°	12°	12°	15°	20°	20°
5 mm	6°	12°	12°	15°	20°	20°
6 mm	6°	10°	12°	13°	20°	15°
7 mm	6°	10°	12°	13°	20°	15°
9 mm	6°	10°	12°	13°	20°	15°
10 mm	6°	8°	12°	10°	20°	13°
20 mm	6°	6°	12°	8°	20°	10°
40 mm	6°	6°	12°	8°	20°	10°
60 mm	6°	6°	12°	8°	20°	10°
125 mm	6°	5°	12°	6°	20°	8°
200 mm	6°	4°	12°	5°	20°	6°

Tabel richtwaarden voor spaanhoeken en vrijloophoeken

Voorbeeld

Gegeven

Je gaat zacht materiaal frezen. De diameter van de frees is 10 mm.

Gevraagd

Bereken de wighoek (W).

Oplossing

In tabel 'richtwaarden voor spaanhoeken en vrijloophoeken' zoek je de waarde van de spaanhoek en van de vrijloophoek op. Je vindt voor de spaanhoek (S) de waarde 20°. De waarde van de vrijloophoek (V) is 13°.

Je weet dat de drie hoeken samen 90° zijn. Hiermee kun je de waarde van de wighoek uitrekenen:

$$W + S + V = 90^\circ$$

$$\text{wighoek} + 20^\circ + 13^\circ = 90^\circ$$

$$\text{wighoek} + 33^\circ = 90^\circ$$

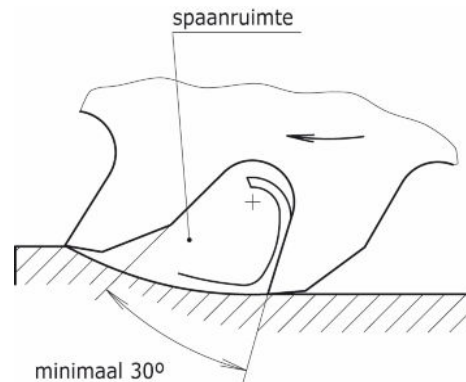
$$\text{wighoek is } 90^\circ - 33^\circ = 57^\circ$$



1. Vul in: De wighoek, spaanhoek en vrijloophoek zijn samen altijd graden.

5.4 Spaanruimte

De frees moet een goede wighoek, spaanhoek en vrijloophoek hebben. De frees moet ook een goede spaanruimte hebben. Dat is de ruimte tussen twee tanden van de frees.

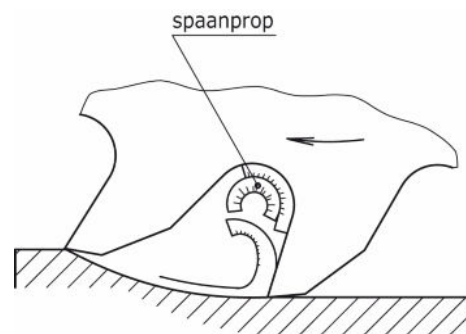


De ruimte tussen twee tanden is de spaanruimte

In de spaanruimte krullen de spanen op en worden daarna afgevoerd. Als de spaanruimte te klein is, krijg je een 'spaanprop'.

Spaanproppen kunnen de frees beschadigen. Er kan ook een spaanprop ontstaan doordat de spanen in de spaanruimte blijven kleven.

Dat gebeurt vooral bij het frezen van zacht materiaal. Daarom gebruik je bij het frezen van zacht materiaal koelvloeistof. De spanen blijven dan niet kleven en worden gewoon afgevoerd.



spaanruimte te klein
spanen lossen niet

Spaanproppen kunnen de frees beschadigen



2. Waarom gebruik je bij zacht materiaal koelvloeistof?

5.5 Samenvatting

- Frezen hebben drie hoeken:
 - wighoek
 - spaanhoek
 - vrijloophoek.
- De wighoek, spaanhoek en vrijloophoek zijn samen altijd 90 graden.
- Een frees moet een goede spaanruimte hebben.
- Spaanproppen moet je voorkomen. Deze kunnen de frees namelijk beschadigen.

5.6 Antwoorden

Antwoord 1

De wighoek, spaanhoek en vrijloophoek zijn samen altijd 90 graden.

Antwoord 2

Bij zacht materiaal gebruik je koelvloeistof. Zo blijven de spanen niet kleven en worden ze gewoon afgevoerd.

6 Vragen Wighoek spaanhoek vrijloophoek en spaanruimte

Vraag 1

Wat is de wig?

- ☐ het spaanvlak
- ☐ de onderkant van je werkstuk
- ☐ het deel van de snijtand dat in het materiaal dringt

Vraag 2

De spaanhoek is de hoek tussen het _____ en een lijn die loodrecht op het materiaal staat.

Vraag 3

Je gaat staal frezen met een frees met $\varnothing 40$ mm. Staal is een normale materiaalsoort.

Zoek in de tabel 'richtwaarden voor spaanhoeken en vrijloophoeken' de spaanhoek en de vrijloophoek op.

Reken de wighoek uit.

De spaanhoek is _____°

De vrijloophoek is _____°

De wighoek is dan _____°

Vraag 4

Wanneer krijg je een spaanprop?

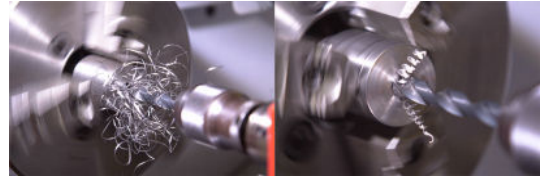
Vraag 5

Je gebruikt koelvloeistof bij het frezen van zacht materiaal, omdat anders

7 Spanen en spaanvormen

Inleiding

Als je materiaal met snijgereedschap bewerkt, krijg je spanen. Dit zijn kleine stukjes van het materiaal dat je bewerkt. Spanen moet je goed afvoeren. Je leert de technische en natuurkundige principes rond spanen en spaanvormen.



Vormen van spanen bij verspaning

Leerdoelen

Je kunt:

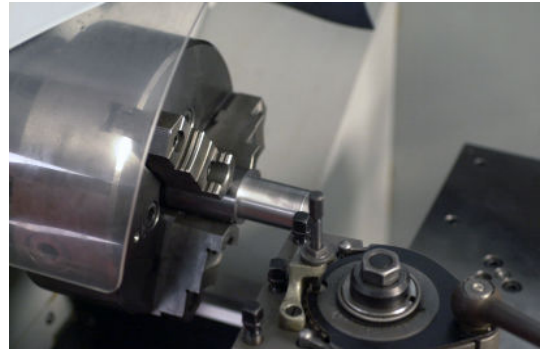
- uitleggen wat spanen zijn
- benoemen welke spaanvormen je kunt krijgen bij verspanende bewerkingen
- uitleggen wat langspanig en kortspanig materiaal is
- uitleggen hoe je spanen beheerst kunt afvoeren.

7.1 Spanen

Wat zijn spanen

Spanen zijn kleine stukjes materiaal die je van een werkstuk snijdt. Spanen krijg je als je producten met snijgereedschap bewerkt. De meest voorkomende verspanende bewerkingen zijn:

- boren
- draaien
- frezen
- slijpen.



Spanen bij het draaien

Spaanafvoer

Spanen moet je op een goede manier afvoeren. Als je dat niet doet, kan dat leiden tot:

- overmatige warmteontwikkeling
- onveilige situaties door bijvoorbeeld het slingeren van lange spanen
- overbelasting van snijgereedschap en machine
- beschadiging van werkstuk of snijgereedschap.

Daarom moet je bij het verspanen goed letten op de factoren waarmee je de spaanvorming en -afvoer kunt beheersen.

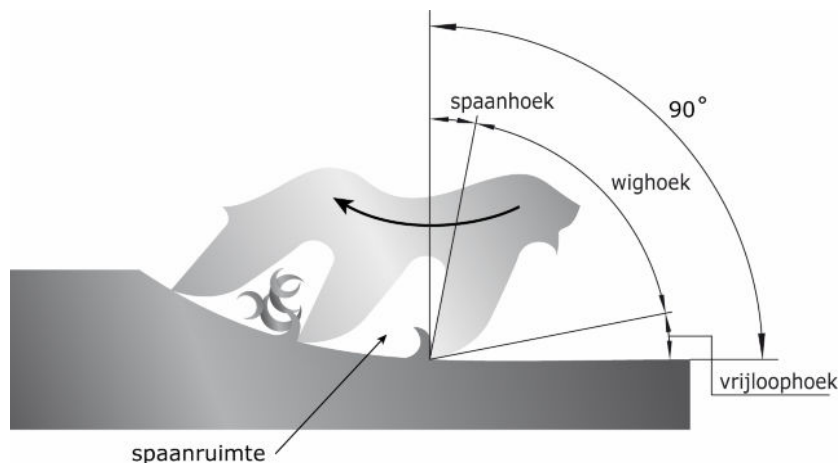
Spanen en snijgereedschap

Verspanen doe je met snijgereedschap dat bestaat uit één of meerdere snijtanden. Bij het verspanen zijn de volgende hoeken van belang:

- wighoek
- vrijloophoek
- spaanhoek

Wighoek

De wighoek is de hoek tussen de voor- en achterkant van de snijtand. Hoe kleiner de wighoek, hoe scherper de snijtand is. Maar een scherpe snijtand breekt sneller dan een brede snijtand.



Vrijloophoek

De vrijloophoek is de hoek tussen het vrijloopvlak van de beitel en het werkstukoppervlak.

Je hebt een vrijloophoek van ongeveer 6° nodig om de wrijvingskrachten tussen de snijtand en het werkstuk niet te groot te laten worden. Wrijvingskrachten leiden namelijk tot ongewenste warmte-ontwikkeling. Dit kan beschadigingen aan werkstuk en snijgereedschap veroorzaken.

Spaanhoek

De derde belangrijke hoek van een snijtand is de spaanhoek. De spaanhoek is de hoek tussen het spaanvlak (de snijkant van de snijtand) en het (denkbeeldige) vlak dat loodrecht op het werkstuk staat. De spaanhoek is klein en soms zelfs negatief. De spaanhoek ligt gewoonlijk tussen de 30° en -10° .

De wighoek, vrijloophoek en spaanhoek samen vormen een hoek van 90° .

7.2 Spaanvormen

Bij verspanende bewerkingen kun je drie soorten spanen krijgen:

- lintspanen
- lamelspanen
- brokkelspanen

De soort spanen die je krijgt, hangt af van:

- het werkstukmateriaal
- de soort bewerking die je uitvoert
- de gereedschapsgeometrie
- de gebruikte voeding
- de gebruikte snedediepte

Lintspanen

Lintspanen of continue spanen zijn lange spanen die overal even dik zijn.



Lintspanen

Lamelspanen

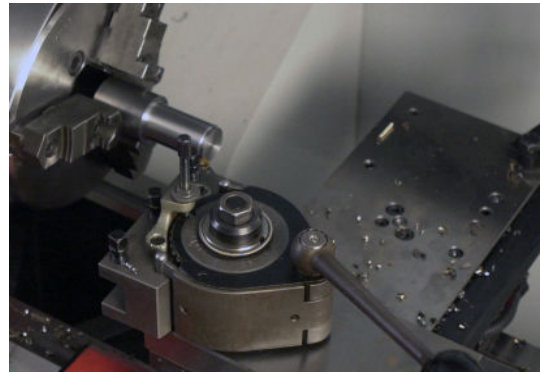
Een lamelspaan is een spaan die wel uit één stuk bestaat, maar die niet overal even dik is. Het is in feite opgebouwd uit verschillende dunne plaatjes (lamellen). Een lamelspaan ontstaat als het werkstukmateriaal harder en minder goed vervormbaar is.



Lamelspanen

Brokkelspanen

Een brokkelspaan ontstaat als het werkstukmateriaal nog harder en brosser is. De lamellen worden dikker en de stukjes tussen de lamellen worden zo dun, dat de samenhang tussen de lamellen verloren gaat. Een brokkelspaan is dus een hele korte spaan.



Brokkelspanen

Je kunt de spaanvorming bij verspanende bewerkingen zelf nabootsen, door met een mes een laag boter af te schrapen. Gebruik hiervoor dan een kleine spaanhoek.



1. Hoe noem je een lange spaan die overal even dik is?



2. Hoe noem je een spaan die uit één stuk bestaat, maar niet overal even dik is?



3. Hoe noem je hele korte spanen?

Materiaal werkstuk

De spaanvorming hangt in eerste instantie af van het materiaal van het werkstuk. Je hebt langspanig en kortspanig materiaal.

Langspanig materiaal

Voorbeelden van langspanig materiaal zijn:

- staal
- aluminium
- koper

Dit zijn relatief zachte en taaie materialen.



Staal

Kortspanig materiaal

Materialen die harder en brosser zijn, leveren vaak korte spanen op.

Voorbeelden van kortspanig materiaal zijn:

- automatenstaal
- gietijzer
- brons
- messing



Messing

Soort verspanende bewerking

Soms krijg je bij langspanig materiaal toch korte spanen. Dit komt dan door de soort verspanende bewerking die je uitvoert.

Lange spanen krijg je bijvoorbeeld bij

- boren
- draaien

De boor of beitел draait continu een stukje materiaal weg.

Korte spanen krijg je bijvoorbeeld bij

- frezen
- slijpen.



Lange spanen bij draaien

Frezen: korte spanen

Bij frezen grijpt elke freestand in het materiaal en neemt hierbij telkens een klein stukje materiaal mee. Elke keer is een korte spaan het resultaat.



Bij frezen kun je ook nog tegen- of meelopend frezen:

- bij tegenlopend frezen krijg je (korte) spanen met een oplopende spaandikte (van dun naar dik).
- bij meelopend frezen krijg je spanen die aflopend van dikte zijn (van dik naar dun).

Slijpen: slijpsel

Slijpen is een verspanende bewerking met extreem korte spanen. Je noemt ze zelfs geen spanen, maar slijpsel.

De koelvloeistof heeft, naast het koelen, ook de functie om het slijpsel af te voeren. Het is namelijk niet goed als je teveel van het vrijgekomen slijpsel zou inademen.

7.3 Spaanbeheersing

Als een lange spaan niet uit zichzelf breekt (vooral bij taaie materialen) ontstaat een lang, gloeiend heet en scherp lint. De spaan kan zich om het snijgereedschap en het werkstuk wikkelen en levert bovendien een gevaar op voor jouw veiligheid.

Het is dus belangrijk om spanen beheerst af te voeren. Je kunt de spaanvorming beïnvloeden door:

- de vorm van het snijgereedschap
- de keuze van de snedendoorsnede
- het onderbreken van bewerking

Vorm van het snijgereedschap

Door het juiste snijgereedschap te gebruiken, kun je zorgen dat de spaan in de juiste vorm buigt of sneller breekt. Vooral belangrijk zijn de hoeken tussen de snijkant van het snijgereedschap en het werkstuk.

Spaanbreker

Door een spaanbreker op het spaanvlak aan te brengen, zorg je ervoor dat de spaan sneller breekt.

Bij hardmetalen of keramische beitelpaten zijn soms al spaanbreekgroeven op de plaat aangebracht.

Keuze van de snededoorsnede

Een 'slanke' spaan breekt niet snel. Maar een 'slanke' spaan is juist wel gewenst omdat daardoor de warmte-ontwikkeling over een grote breedte wordt verdeeld.

Kies een juiste verhouding tussen de snedediepte en de voeding. Niet te laag, maar ook niet te hoog.

Een gebruikelijke waarde voor de verhouding tussen de snedediepte en de voeding ligt tussen 8 en 10.

Het onderbreken van de bewerking

Ook als je het juiste snijgereedschap kiest en de optimale verhouding tussen snedediepte en voeding instelt, heb je nog geen garantie voor een goede spaanafvoer. Blijf opletten en stop de bewerking als je ziet dat er iets niet goed gaat.



4. Wat gebeurt er als een lange spaan niet uit zichzelf breekt?

7.4 Samenvatting

- Spanen zijn kleine stukjes materiaal die je van een werkstuk snijdt.
- Bij verspanende bewerkingen kun je drie soorten spanen krijgen:
 - lintspanen
 - lamelspanen
 - brokkelspanen.
- Langspanige materialen zijn zachte en taaie materialen.
- Kortspanige materialen zijn harde en brosse materialen.
- De spaanvorming en een beheerste afvoer van de spanen wordt beïnvloed door:
 - de vorm van het snijgereedschap
 - de keuze van de snedendoorsnede
 - het onderbreken van de bewerking.

7.5 Antwoorden

Antwoord 1

Lintspaan.

Antwoord 2

Lamelspaan.

Antwoord 3

Brokkelspanen.

Antwoord 4

Er ontstaat een lang, gloeiend heet en scherp lint. De spaan kan zich om het snijgereedschap en het werkstuk wikkelen en levert een gevaar op voor jouw veiligheid.

8 Vragen Spanen en spaanvormen

Vraag 1

Waarom is het belangrijk om de spaanafvoer te beheersen?

Vraag 2

Hoe groot zijn wighoek, spaanhoek en vrijloophoek van snijgereedschap samen?

Vraag 3

Maak een tekening van een mes dat met een kleine spaanhoek door de boter snijdt.

Vraag 4

Waarom krijg je bij het frezen in principe korte spanen en bij draaien lange spanen?

Vraag 5

Hoe noem je een hele korte spaan die ontstaat als je hard en bros materiaal verspaant?

Vraag 6

Vul in:

'dik naar dun' of 'dun naar dik'.

Bij tegenlopend frezen krijg je spanen met een spaandikte die loopt van

Vraag 7

Welke soort werkstukmaterialen zijn kortspanig?

Noem ook twee voorbeelden van deze materialen.

Vraag 8

Noem twee factoren waarmee je, gegeven het werkstukmateriaal, de spaanvorming kunt beïnvloeden?

9 Snijmaterialen

Inleiding

Snijgereedschappen zoals beitels en frezen worden zwaar belast tijdens het verspanen. Het snijmateriaal moet daarom aan bijzondere eisen voldoen. Je leest nu meer over de eigenschappen van de meest gebruikte snijmaterialen. Daarnaast worden diverse uitvoeringen van snijgereedschappen besproken.



Snijgereedschap wordt gemaakt van snijmateriaal

Leerdoelen

Je kunt:

- eigenschappen noemen die snijmaterialen moeten hebben
- bijzondere eigenschappen noemen van de meest gebruikte snijmaterialen
- de opbouw van snijgereedschappen uitleggen.

9.1 Eigenschappen van snijmaterialen

Snijmaterialen moeten de volgende eigenschappen hebben:

- een hoge snijsnelheidje
- moet ze snel kunnen verwisselen.
- ze moeten slijt- en vormvast zijn
- ze moeten hittebestendig zijn.

Slijtvast

Tijdens het snijden (verspanen) ontstaat wrijving tussen het snijmateriaal en het werkstukmateriaal. Door deze wrijving slijt het snijmateriaal.

Hardheid

Om overmatige slijtage te voorkomen moet het snijmateriaal harder zijn dan het te verspanen materiaal. Het mag ook niet te hard zijn, omdat het dan te bros wordt.

Vormvast

Tijdens het verspanen wordt er druk op de snijkant uitgeoefend. De snijkant mag door deze druk niet vervormen. Het materiaal moet dus voldoende taai zijn.

Hittebestendig

Tijdens het verspanen ontstaat veel warmte. Deze warmte mag geen invloed hebben op de eigenschappen van het snijmateriaal.



1. Wat is waar over de eigenschappen van snijmaterialen?
 - ☐ hoe harder, hoe slijtvaster het snijmateriaal
 - ☐ hoe taaier, hoe meer vormvast het snijmateriaal
 - ☐ hoe harder, hoe taaier het snijmateriaal

9.2 Soorten snijmaterialen

De meest gebruikte snijmaterialen zijn:

- hardmetaal
- hardmetaal met coatings
- keramiek.

Snelstaal (HSS)

Snelstaal (HSS) is het minst harde en goedkoopste snijmateriaal. Het is een geharde legering van ijzer (Fe) en een aantal andere elementen.

Snelstaal wordt niet veel meer in verspanende bedrijven gebruikt. Het wordt nog wel gebruikt op sommige scholen.

Toepassing

Je gebruikt snelstaal voor het bewerken van producten met:

- lage snijsnelheden
- een onderbroken snede
- een sterk wisselende snedediepte.

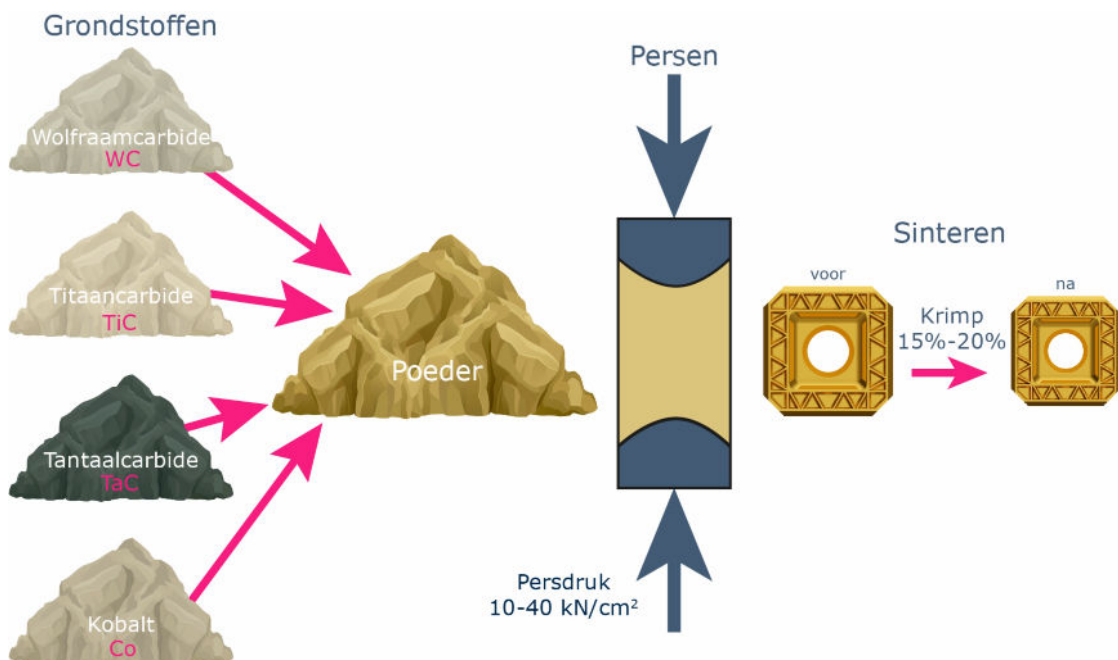


Beitels van snelstaal

Hardmetaal

Hardmetaal is een mengsel van metaalpoeders. Dit poedermengsel wordt onder hoge druk tot een wisselplaatje geperst. Daarna wordt het wisselplaatje gesinterd: het wordt onder hoge temperatuur ($\pm 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) gegloeid.

In het poedermengsel zit het bindmiddel kobalt (Co). Daaraan worden harde (slijvaste) poederdeeltjes van carbiden toegevoegd. Bijvoorbeeld wolframcarbide (WC), titaancarbide (TiC), tantaalcarbide (TaC) of niobiumcarbide (NbC).



Productie van hardmetalen snijplaatjes

Eigenschappen

De eigenschappen van hardmetaal worden bepaald door:

- het soort en de hoeveelheid carbide
- de hoeveelheid kobalt.

Door carbiden toe te voegen wordt hardmetaal zeer hard en slijtvast, maar ook bros. Elke carbidesoort geeft het materiaal andere eigenschappen.

Door meer kobalt toe te voegen nemen de hardheid en de brosheid af. Daardoor wordt het hardmetaal taaiër.



Draaibeitels met wisselplaatjes van hardmetaal

Hardmetaal is zeer hittebestendig, zelfs bij een temperatuur tot 1000 °C. Daardoor kun je bij hardmetaal hogere snijsnelheden instellen dan bij snelstaal.

Indeling

Hardmetalen snijmaterialen worden ingedeeld in drie hoofdgroepen: P, M en K.

	te bewerken materiaal	aanduiding hardmetaal	bewerkings- omstandigheden	doorsnede
langspanige metalen	P Blauw staal, gietstaal, langspanig smeedbaar gietijzer	P 10 P 20 P 30 P 40	gunstig ↓ ongunstig	klein ↓ groot
alle metalen	M Geel staal, gietstaal, mangaanstaal gelegeerd gietijzer, austenitisch staal, smeedbaar giet- ijzer, automaten- staal	M 10 M 20 M 30 M 40	gunstig ↓ ongunstig	klein ↓ groot
kortspanige ijzermetalen	K Rood gietijzer (ook cen- trifugaal gegoten), kortspanig smeed- baar gietijzer, gehard staal, non-ferrometalen, kunststoffen	K 10 K 20 K 30 K 40	gunstig ↓ ongunstig	klein ↓ groot

Indeling van hardmetaal

Hardmetaal met coatings

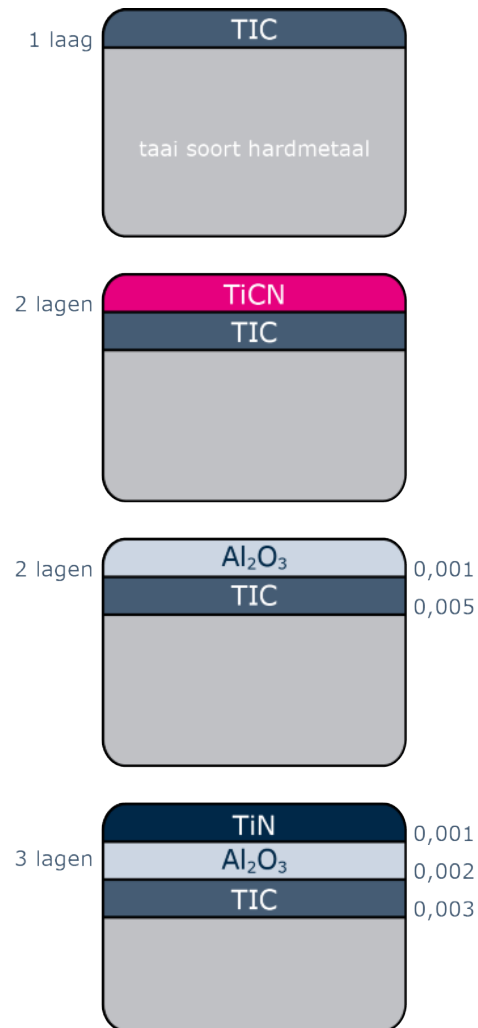
Snijmateriaal kan in één of meer harde, slijtvaste laagjes worden aangebracht op hardmetaal (of snelstaal). Dit noem je *coatings*.

Coatings vergroten de snijsnelheid en de standtijd van het hardmetaal. De volgende coatings worden veel gebruikt:

- titaancarbide (TiC): maakt de snijkanten slijtvast
- titaannitride (TiN): geeft minder wrijving in de buitenste laag
- aluminiumoxide (Al_2O_3): vergroot de hittebestendigheid.

Het hardmetaal (of snelstaal) is de taaie kern. De coatings (dikte 0,5 tot 20 micron) beschermen het basismateriaal tegen mechanische belastingen.

Deze combinatie geeft een snijgereedschap een grote weerstand tegen slijtage, maar maakt het ook geschikt voor zware stotende belastingen.



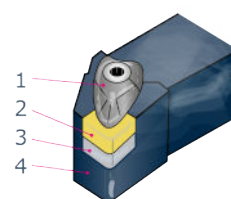
Slijtvaste lagen (coatings)

Keramiek

Keramisch snijgereedschap wordt (net als hardmetaal) onder hoge druk in een vorm geperst en op hoge temperatuur gesinterd.

Keramische wisselplaatjes zijn zeer hard, maar niet erg taai. Je gebruikt ze om harde staallegeringen en moeilijk te verspanen materialen te bewerken, bijvoorbeeld titaan.

Keramische wisselplaatjes zijn vrij dik, vergeleken met hardmetalen wisselplaten. Je bevestigt ze met een drukplaatje in de wisselplaathouder.



Bevestigen van keramisch snijmateriaal

1 = instelbare spaanbrekerplaat

2 = keramische snijplaat

3 = hardmetalen onderlegplaat

4 = schacht wisselplaathouder



2. Waarom wordt snelstaal niet veel meer in verspanende bedrijven gebruikt, denk je?
-
-

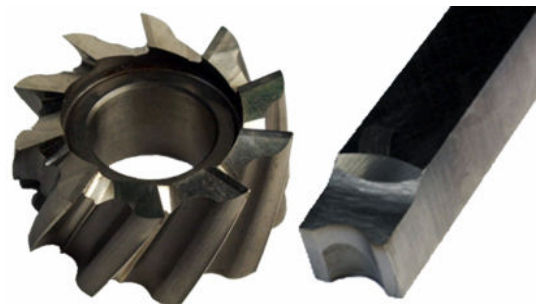
9.3 Uitvoeringen van snijgereedschappen

Snijgereedschappen komen voor in de volgende uitvoeringen:

- geheel van snelstaal/hardmetaal;
- gestomplast;
- gesoldeerd;
- draaglichaam met wisselplaten.

Geheel van snelstaal/hardmetaal

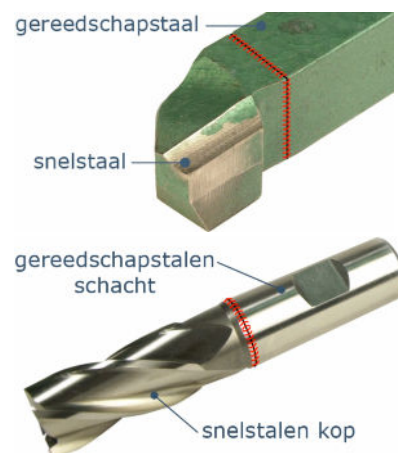
Het snijgereedschap bestaat in zijn geheel uit snelstaal of hardmetaal. Deze uitvoering wordt veel toegepast bij kleine schachtfrezen, mantelkopfrezen en beitels.



Snijgereedschappen geheel van snelstaal/hardmetaal

Gestomplast

Bij deze uitvoering zijn de schacht en het snijgedeelte aan elkaar gelast. De schacht is van gereedschapstaal en het snijgedeelte is van snelstaal.



Gestomplaste snijgereedschappen

Gesoldeerd

Een hardmetalen snijplaat wordt aan het snijgereedschap gesoldeerd. Dat gebeurt door middel van hardsolderen.

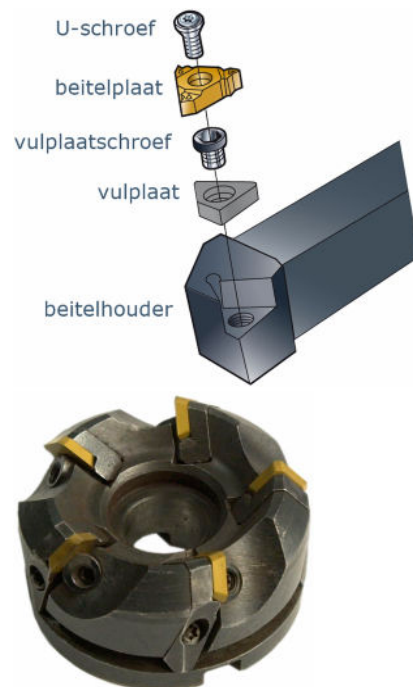


Gesoldeerde snijgereedschappen

Draaglichaam met wisselplaten

Bij deze uitvoering is het snijdende gedeelte uitgevoerd in plaatjes (wisselplaatjes). Deze plaatjes kunnen door middel van verschillende systemen op het snijgereedschap worden bevestigd. De plaatjes kunnen van snelstaal of hardmetaal zijn. Wisselplaatjes zijn in verschillende vormen en afmetingen verkrijgbaar. Wisselplaten hebben de volgende belangrijke voordelen:

- ze hebben vaak meerdere snijkanten;
- ze zijn al voorzien van de juiste hoeken (S, W en V);
- ze zijn snel te wisselen.



Draaglichaam met wisselplaatjes



3. Waarom worden keramische wisselplaatjes meestal niet met een schroef in de beitelhoeder bevestigd?

9.4 Samenvatting

- Eisen aan snijmaterialen:
 - ze moeten een hoge snijsnelheid hebben
 - ze moeten slijt- en vormvast zijn
 - ze moeten hittebestendig zijn
 - je moet ze snel kunnen verwisselen.
- Snelstaal:
 - gelegeerd staal
 - grote buigsterkte, lage hardheid en hittebestendigheid.
- Hardmetaal:
 - poedermengsel van kobaltbindmiddel en carbiden
 - gemaakt door persen en sinteren
 - zeer hard (slijtvast), dus hoge standtijd en snijsnelheden
 - zeer hittebestendig.
- Coatings:
 - slijtvaste lagen op hardmetaal of snelstaal
 - zeer hard (slijtvast) dus hoge standtijd en snijsnelheden.
- Keramisch snijmateriaal:
 - zeer hoge hardheid en hittebestendigheid
 - lage taatheid.
- Uitvoeringen van snijgereedschappen:
 - geheel snelstaal/hardmetaal
 - gestomplast
 - gesoldeerd
 - draaglichaam met wisselplaten.

9.5 Antwoorden

Antwoord 1

- hoe harder, hoe slijtvaster het materiaal
- hoe taaier, hoe meer vormvast het materiaal

Antwoord 2

Snelstaal is minder hard en daardoor minder slijtvast dan andere snijmaterialen, zoals hardmetaal en keramiek.

Antwoord 3

Omdat keramische wisselplaatjes zeer hard en niet erg taai zijn. Daardoor breken ze al bij geringe druk.

10 Vragen Snijmaterialen

Vraag 1

Aan welke eigenschappen moeten snijmaterialen voldoen?

Vraag 2

Wat is het grote verschil tussen snelstaal en hardmetaal?

Vraag 3

Waardoor worden de eigenschappen van hardmetaal bepaald?

Vraag 4

Op welke manier wordt hardmetaal minder hard en bros gemaakt?

Vraag 5

Wat is een groot voordeel van het gebruik van hardmetaal?

Vraag 6

Welke hoofdgroep is geschikt voor het verspanen van non-ferrometalen?

Vraag 7

In welke vier uitvoeringen komen snijgereedschappen voor?

Vraag 8

Noem drie belangrijke voordelen van wisselplaten.

11 Meten met een meetklok

Inleiding

Een meetklok gebruik je bijvoorbeeld om de slag (het slingeren) van een gedraaide as te meten.

Als de as niet nauwkeurig is gedraaid, vormt de omtrek van de as geen mooie cirkel met de hartlijn van de as.

Om de slag te meten plaats je de as in een rondloopbank of tussen de centers van de draaimachine.



Meten met een meetklok

Leerdoelen

Je kunt:

- de juiste voorbereidingen treffen om te meten met een meetklok
- een meetklok op de juiste manier in een meetstatief en op het product plaatsen
- een meetklok nulstellen en een gemeten waarde aflezen
- controleren of je een meting met een meetklok juist hebt uitgevoerd.

11.1 Veiligheid

Controleer voordat je gaat meten of de opstellingen stevig geplaatst zijn. Zorg dat het product niet van de werktafel of de werkbank kan rollen.

11.2 Werkvolgorde

Met een meetklok meet je producten rechtstreeks op de machine of op een vlakplaat. Werk daarbij altijd in een vaste volgorde.

Vorbereiding

Materiaal verzamelen

Verzamel het benodigde materiaal:

- een product, bijvoorbeeld een as.

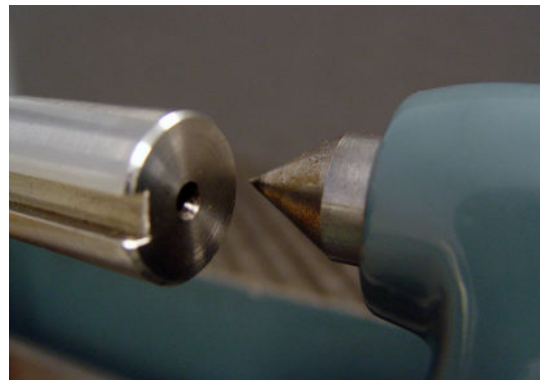
Gereedschap verzamelen

Verzamel het benodigde gereedschap:

- meetklok
- meetklokstatief
- poetsdoek.

Schoonmaken

- Maak de as en de taster van de meetklok schoon.
- Maak de centers van de draaimachine en de centergaten van de as schoon. Controleer of ze braamvrij zijn.
- Reinig het oppervlak waarop je het meetstatief plaatst.

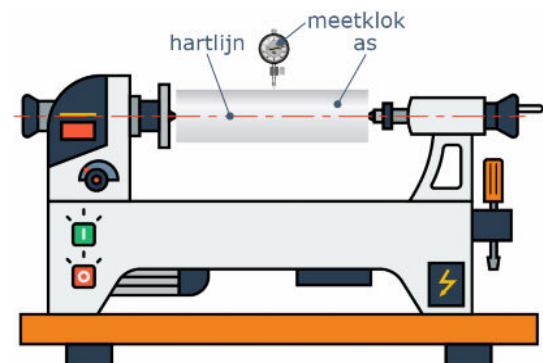


Centergat en center reinigen

Uitvoering

Product inspannen

Span de as met de centergaten stevig op tussen de centers van de draaimachine. Maar niet zo vast dat de as wordt kromgedrukt (dit heet 'doorspannen'). De centergaten in de as vormen de denkbeeldige hartlijn van de as. Controleer of er geen speling is in de as, door deze in langsrichting te trekken en te duwen.

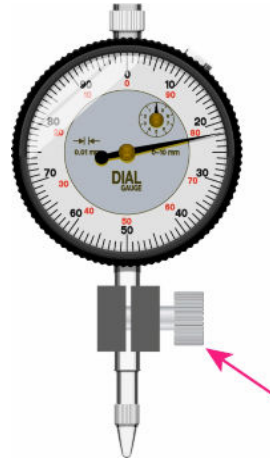


De centergaten vormen de denkbeeldige hartlijn

Meetklok in statief plaatsen

Plaats het magneetstatief op de slede van de draaimachine.

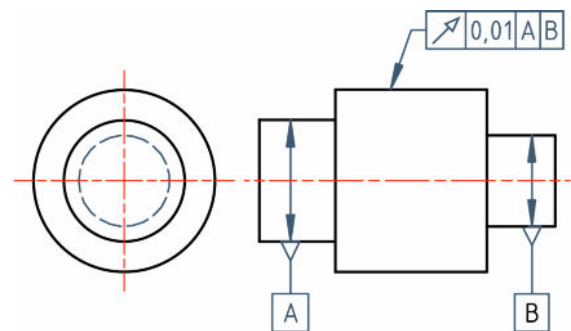
- Klem de meetklok in het statief. Draai de schroef strak, maar niet té strak. De klok mag niet kunnen verschuiven maar de taster moet wel vrij kunnen bewegen.



Schroef niet té strak aandraaien

Tekening lezen

- Kijk op de tekening of in de werkopdracht op welke plaats je de slag van de as gaat meten.
- Ga na of je de slag van de as ook op andere plaatsen moet meten.

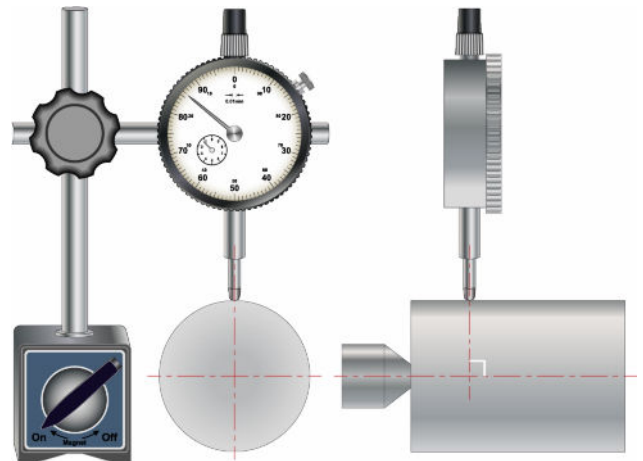


Werktekening lezen

Meetklok op as plaatsen

De meetklok moet in de twee richtingen haaks ten opzichte van de as staan, en recht boven de hartlijn.

- Draai de schroeven van de stang en de zuil van het magneetstatief een beetje los.
- Verschuif het statief en de stang, zodat je de meetklok recht boven de as kunt plaatsen.
- Zet de magneet vast en draai de schroeven goed vast, zodat je een stabiele meetopstelling hebt.



Meetklok haaks op as plaatsen

- Tik tegen de meetklok om de stabiliteit te controleren. De wijzer moet na het tikken terugkomen in de oude stand.

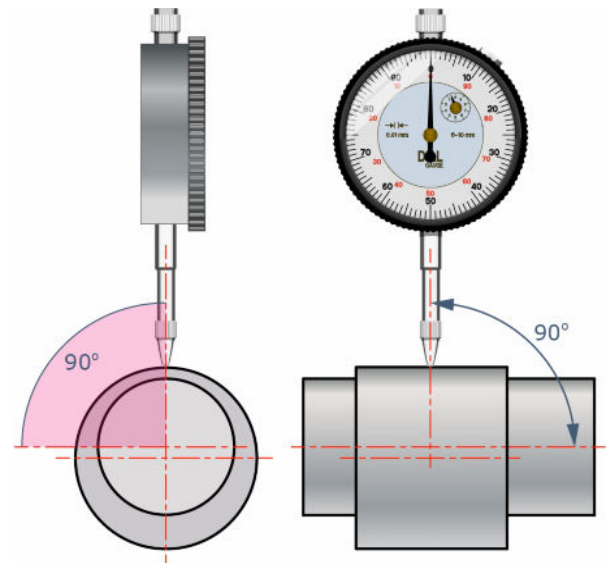
?

1. Waarom moet de meetklok tijdens de meting in twee richtingen haaks ten opzichte van de as staan?

Meetsklok nulstellen

Stel de meetklok in op nul:

- Draai de as langzaam rond, terwijl de taster van de meetklok de as raakt.
- Zoek het laagste punt van de as. De wijzer verandert dan van draairichting, van rechtsom gaat de wijzer dan linksom draaien.

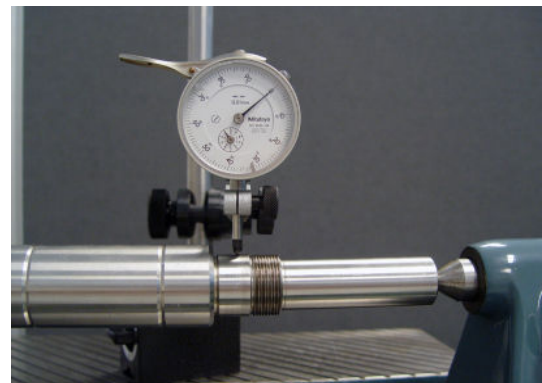


Laagste punt bepalen

► Let op!

Zorg dat de taster het product blijft raken. Als de meetklok te hoog staat moet je hem laten zakken.

- Op het laagste punt van de as stel je de meetklok op nul door de buitenste ring met de wijzerplaat te verdraaien.
- Zet de wijzerplaat vast met het schroefje.
- Noteer de stand van de omwentelingsteller.

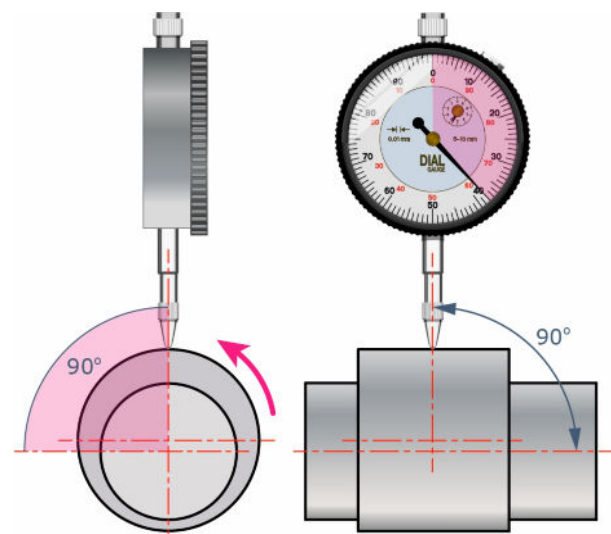


Meetsklok nulstellen

De slag meten

De slag meet je bij het hoogste punt van de as:

- Draai de as langzaam rond en kijk op de meetklok wanneer het hoogste punt is bereikt. Net voorbij het hoogste punt verandert de wijzer van draairichting.
- Als je het hoogste punt van de as hebt gevonden lees je de waarde van de meetklok af.



Hoogste punt bepalen

Meetsklok aflezen

- Kijk hoeveel strepen van 0,01 mm de wijzer is verplaatst vanaf de nulstand.
- Kijk ook op de omwentelingteller of de wijzer misschien één of meer hele omwentelingen (hele millimeters) is verdraaid.
- Schrijf de gemeten waarde op.



Meetsklok aflezen

- ? 2. Bij de meetklok in deze werkinstructie is de kleinste schaalverdeling 0,01 mm. Wat is de kleinste schaalverdeling van de meetklok die jij gebruikt?

Controleren

Controleer of je geen fouten hebt gemaakt. Draai de as nog een keer rond. Kijk op de meetklok of je de meting goed hebt uitgevoerd.

Nazorg

Opruimen

- Haal de meetklok uit het statief.
- Berg de meetklok meteen op in een etui of een doos.
- Laat het statief niet onnodig op de werkplek staan.



Meetsklok in doos

11.3 Samenvatting

Met een meetklok meet je producten rechtstreeks op de machine of op een vlakplaat.

- Voorbereiding:
 - Verzamel de materialen en gereedschappen.
 - Maak de meetklok, het product en het machineoppervlak schoon.
- Uitvoering:
 - Span het product op.
 - Bevestig de meetklok in het statief.
 - Ga na welke maat van het product je waar gaat meten.
 - Plaats de meetklok in twee richtingen haaks en recht boven de hartlijn op het product.
 - Stel de meetklok in op nul.
 - Draai het product rond.
 - Lees de gemeten waarde af.
 - Controleer de gemeten waarde.
- Nazorg:
 - Berg de meetklok op.

11.4 Antwoorden

Antwoord 1

Om meetfouten te voorkomen.

Antwoord 2

Bijvoorbeeld: 0,001 mm.

12 Vragen Meten met een meetklok

Vraag 1

Noem twee mogelijkheden om een statief vast te zetten.

Vraag 2

Je voert een meting uit met een meetklok.

Waarom moet de taster op het startpunt al gedeeltelijk zijn ingedrukt?

Vraag 3

Je moet tegen de klok tikken nadat je het statief en de klok hebt geplaatst.

Waarom?

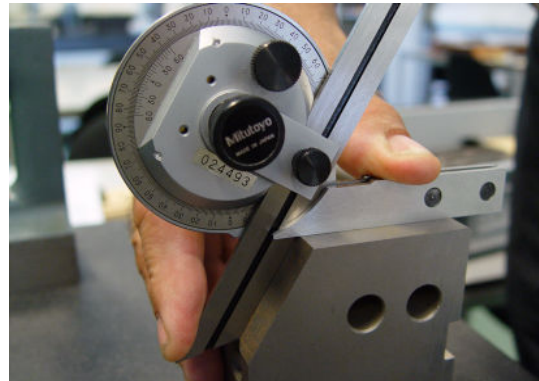
Vraag 4

Hoe voorkom je dat een magnetisch statief omvalt?

13 Hoekmeter

Inleiding

Een hoekmeter is een meetinstrument waarmee je de grootte van een hoek bepaalt.



Hoekmeter

Leerdoelen

Je kunt:

- aangeven wat graden en minuten zijn
- drie soorten hoeken benoemen
- aangeven uit welke onderdelen een hoekmeter bestaat
- aangeven waar de verschillende onderdelen van de hoekmeter voor dienen
- aangeven wat de afleesbaarheid is van een eenvoudige hoekmeter en van een universele hoekmeter.

13.1 Eenheid van hoek

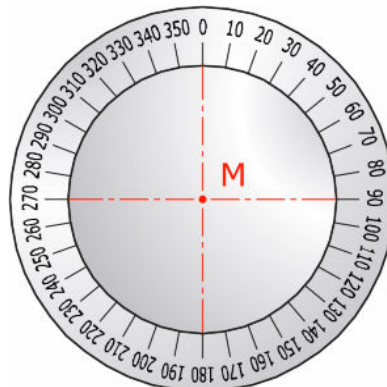
De eenheid van hoek is de graad, aangeduid met het symbool $^{\circ}$.

Maar wat is nu een graad?

Deze cirkel is verdeeld in 360 gelijke delen.

Trek een denkbeeldige lijn van 20 naar het middelpunt M. Trek ook een lijn van 0 naar het middelpunt M.

De hoek tussen de verticale lijn en de denkbeeldig getrokken lijn is 20 graden, dus 20° .



Cirkel verdeeld in 360°

Om een hoek nauwkeurig te kunnen weergeven is de graad te verdelen in kleinere eenheden. 1 graad = 60 (boog)minuten, met het symbool $'$. Dus $1^{\circ} = 60'$.

Bij het noteren van een hoek schrijf je eerst de graden, dan de minuten. Bijvoorbeeld $56^{\circ}13'$.

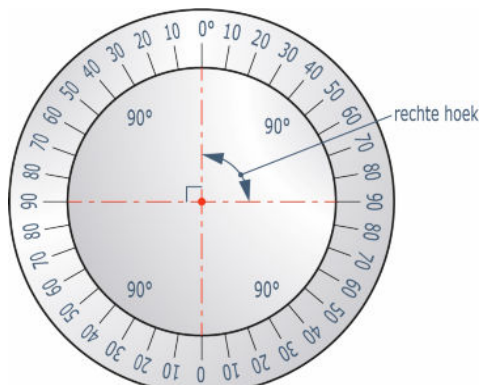


1. Hoeveel minuten gaan er in 1° ?

- ☐ $60'$
- ☐ $90'$
- ☐ $100'$
- ☐ $360'$

13.2 De gradenboog van de hoekmeter

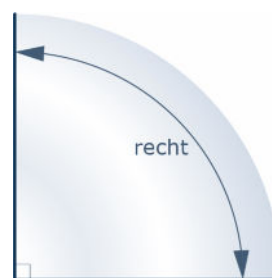
Je kunt een cirkel verdelen in vier gelijke stukken. Het assenkruis verdeelt de 360° in vier gelijke hoeken van 90° .



Gradenboog van hoekmeter

Rechte hoek

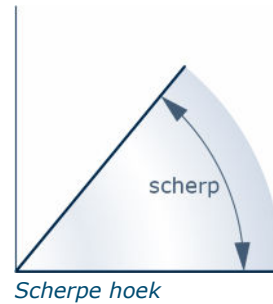
Een hoek van 90° heet een rechte hoek.



Rechte hoek

Scherpe hoek

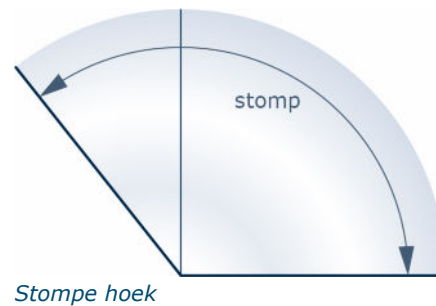
Is een hoek kleiner dan 90° dan heet het een scherpe hoek.



Stompe hoek

Is een hoek groter dan 90° dan is het een stompe hoek.

Je moet dit weten om een hoekmeter op de juiste wijze af te lezen.



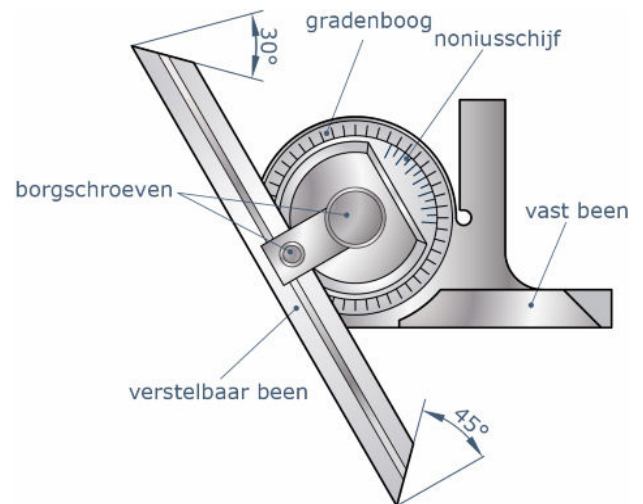
2. Hoeveel graden is een rechte hoek?

- ☐ 0°
- ☐ 45°
- ☐ 90°
- ☐ 100°

13.3 Onderdelen

Een hoekmeter bestaat uit:

- schaalverdeling
 - gradenboog
 - noniusschijf
- vast been
- verstelbaar been
- borgschroeven.



Onderdelen van de hoekmeter

Schaalverdeling

De schaalverdeling is het deel van de hoekmeter dat je afleest.

Vast been

Het vaste been zit aan de schaalverdeling vast. Het is de nullijn van de hoek.

Verstelbaar been

Het verstelbare been kan schuiven. Zo kun je de lengte van het been instellen voordat je gaat meten. Het verstelbare been kan draaien ten opzichte van het vaste been. De hoek tussen het vaste been en het verstelbare been is de hoek die je afleest.

Borgschroeven

Met de borgschroeven zet je het verstelbare been vast:

- Met de ene borgschroef blokkeer je de schuivende beweging.
- Met de andere borgschroef blokkeer je de draaiende beweging.



Borgschroeven hoekmeter

Vergrootglas

De schaalverdeling van een universele hoekmeter is soms lastig af te lezen. Als een leesbril geen oplossing biedt, kan je ook een vergrootglas gebruiken. Bij sommige hoekmeters is een vergrootglas gemonteerd boven de nonius.



Met vergrootglas schaalverdeling aflezen



3. Het vergrootglas gebruik je voor het aflezen van de **maat/hoek**. Omcirkel het juiste antwoord.

13.4 Soorten hoekmeters

Er bestaan meerdere soorten hoekmeters. We behandelen er twee.

Eenvoudige hoekmeter

De eenvoudige hoekmeter noem je ook wel gradenboog. De schaalverdeling is 180°. Je kunt hoeken meten tussen 0° en 180°.



Eenvoudige hoekmeter

Aflesbaarheid

Je leest af door te kijken bij welk streepje de aanwijzer staat. Elk streepje komt overeen met een graad.

De aflesbaarheid van een hoekmeter met aanwijzer is 1° .

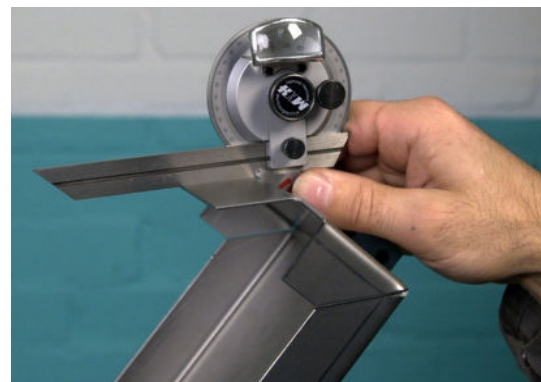


Aanwijzer op schaalverdeling

Universele hoekmeter

Een universele hoekmeter heeft een schaalverdeling van $4 \times 90^\circ$ (totaal 360°). Je kunt hoeken van 0° tot 360° meten.

Het verstelbare been kun je naar een gewenste lengte verschuiven.



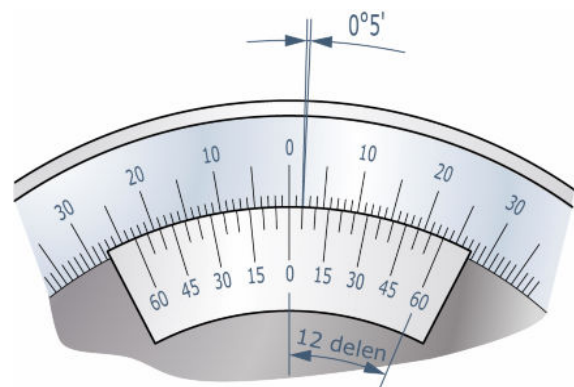
Universele hoekmeter

Aflesbaarheid

Een universele hoekmeter heeft een nonius. Met de nonius lees je de minuten af, dus dit is nauwkeuriger dan een graad.

Op de nonius wordt een graad ($= 60'$) verdeeld in twaalf delen. Elk streepje is $60' / 12 = 5'$.

Dat is de kleinste eenheid die je met een universele hoekmeter kunt aflezen. De aflesbaarheid van een universele hoekmeter is dan ook $5'$.



Nonius van universele hoekmeter

Dubbele nonius

De nonius van een universele hoekmeter is dubbel uitgevoerd. Zowel links als rechts van de nul (0) bevindt zich een nonius.

De richting waarin je afleest, bepaalt welke nonius je gebruikt.



4. Welke hoekmeter heeft een aflesbaarheid van $5'$?

13.5 Gebruik

Behandel een hoekmeter met zorg. Als de benen beschadigen, kun je er niet meer nauwkeurig mee meten.



Hoekmeters met zorg behandelen

13.6 Samenvatting

- Voor het meten van hoeken gebruik je een hoekmeter.
- Een hoek meet je in graden ($^{\circ}$) en minuten ($'$).
- 1° is gelijk aan $60'$.
- Een rechte hoek is 90° . Een stompe hoek is groter dan 90° en een scherpe hoek kleiner dan 90° .
- De afleesbaarheid van een eenvoudige hoekmeter is 1° .
- De afleesbaarheid van een universele hoekmeter is $5'$.

13.7 Antwoorden

Antwoord 1

$60'$

Antwoord 2

90°

Antwoord 3

Om de minuten af te kunnen lezen.

Antwoord 4

De universele hoekmeter

14 Vragen Hoekmeter

Vraag 1

Uit hoeveel minuten bestaat een rechte hoek?

Vraag 2

Is een hoek van 92° een scherpe of een stompe hoek?

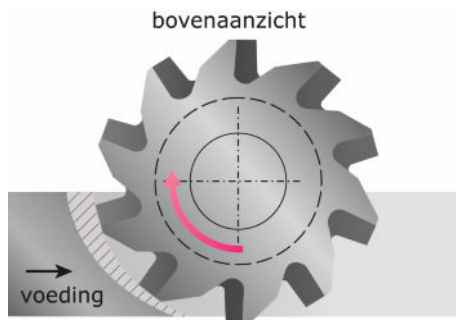
Vraag 3

Je kent de universele hoekmeter en de gradenboog.
Welke meter is het minst nauwkeurig?

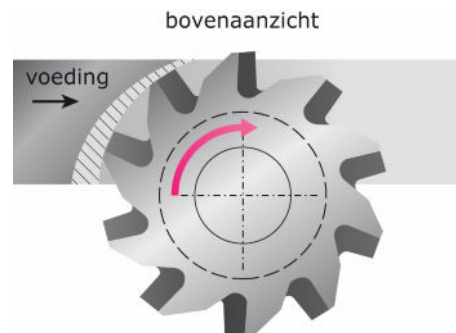
15 Freesmethoden

Inleiding

Frezen kun je volgens verschillende methoden doen. Je leert over het technisch principe van verschillende freesmethoden en over de kenmerken en voor- en nadelen ervan.



Tegenlopend frezen



Meelopend frezen

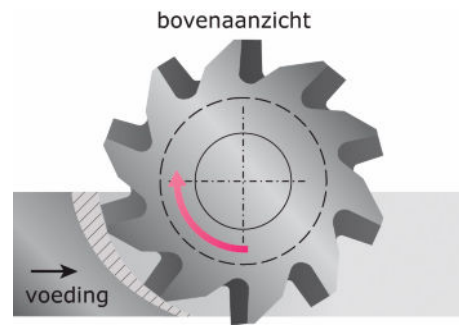
Leerdoelen

Je kunt:

- de kenmerken beschrijven van tegenlopend frezen en meelopend frezen
- uitleggen wat de gekozen freesmethode voor gevolgen heeft voor de spaanvorm, de snededikte, de standtijd, de spaanhoek en de vrijloophoek, de verspaningskrachten, de oppervlakteruwheid en het vermogen
- de voor- en nadelen van tegenlopend frezen benoemen
- de voor- en nadelen van meelopend frezen benoemen.

15.1 Tegenlopend frezen

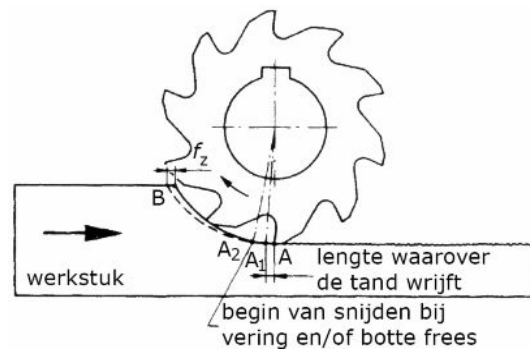
Het kenmerk van tegenlopend frezen is dat de voedingsrichting van het werkstuk tegengesteld is aan de snijrichting van de frees. Hierdoor drukt de frees het werkstuk als het ware van zich af.



Tegenlopend frezen

Spaanvorm

De tand van de frees komt bij punt A in contact met het materiaal. De snijkant wrijft eerst een beetje over het materiaal. Pas als er voldoende materiaal voor de tand staat, begint het snijden (bij A₁).



Spaanvorming bij tegenlopend frezen

Snededikte

Door de spaanvorming is de snededikte het kleinst bij tandintrede zie A in afbeelding 'Spaanvorming bij tegenlopend frezen'. De spaanvorming is het grootst wanneer de tand uit het materiaal treedt (bij B).

Standtijd

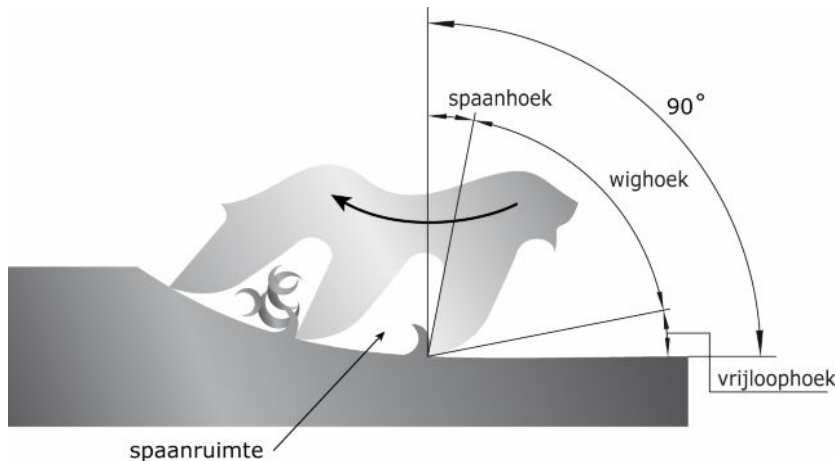
Doordat de frees eerst wrijft en dan pas verspaant, wordt de standtijd van de snijkanten bekort. De slijtage van het vrijloopvlak is groot. De warmteontwikkeling is eveneens groot.

Spaanhoek en vrijloophoek

De spaanhoek is de hoek tussen het spaanvlak van de snijtand en de (denkbeeldige) lijn die loodrecht op het materiaal staat.

De vrijloophoek is de hoek tussen het materiaal en het vrijloopvlak van de frees.

De waarden van de spaanhoek en vrijloophoek kun je in tabellen aflezen.



Spaanhoek en vrijloophoek

Bij tegenlopend frezen heb je sterke snijtanden nodig. De spaanhoek mag niet te groot zijn. Maar de spaanhoek mag ook niet te klein zijn, dat gaat ten koste van de spaanafvoer.

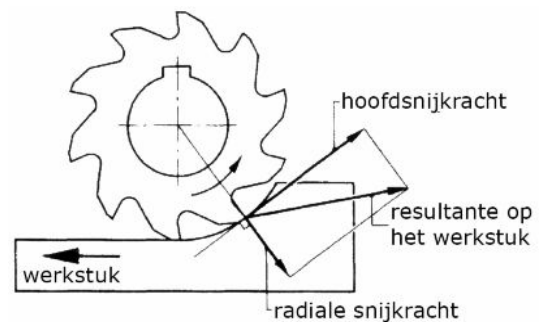
Verspaningskrachten

De krachten die op het werkstuk werken, zijn de:

- hoofdsnijkracht
- radiale snijkracht.

De resultante van beide krachten is te ontbinden in een horizontale kracht (het werkstuk wordt weggedrukt) en een verticale kracht.

De verticale kracht is eerst naar beneden gericht, maar even later, als dezelfde snijtand iets hoger staat, naar boven.



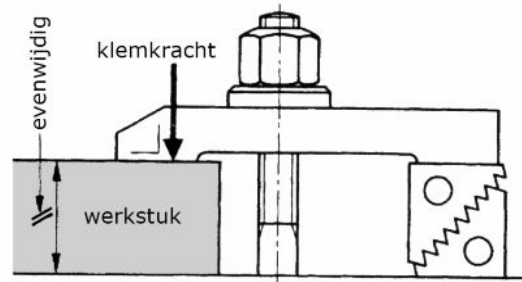
Snijkrachten bij tegenlopend frezen

De gevolgen van de verspaningskrachten bij tegenlopend frezen zijn:

- de frees kan het werkstuk wegdrücken. Je moet het werkstuk aan de 'achterzijde' ondersteunen.
- er zijn geen speciale voorzieningen nodig om de speling in de spantafel op te heffen.
- bij dunne of dunwandige werkstukken is het mogelijk dat deze gaan klapperen of dat de opspantafel gaat trillen. Hierdoor treedt meer slijtage aan de snijtanden op en bereik je een minder glad resultaat.
- door mogelijk doorbuigen van het werkstuk en trillen van de opspantafel kun je soms minder maatnauwkeurig frezen.

Een grotere spaanhoek stelt als voorwaarde dat de machine stabiel en nauwkeurig is, vooral met betrekking tot de:

- aandrijving van de hoofdspil
- lagering
- rondloop van de frees
- bevestiging van de frees
- rondloop van de freesspil
- spanmiddelen en werkstukopstelling
- ondersteuning van de freesspil
- afstelling van het steunlager.



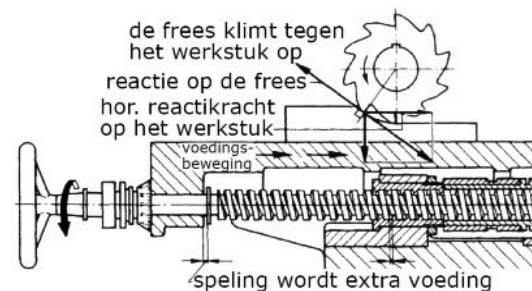
Werkstukopstelling

Spelingcompensator

Freemachines zijn uitgerust met een spelingcompensator. Deze zorgt ervoor dat de speling in de spantafel gecorrigeerd wordt. De manier waarop dit gedaan is, kan per freesmachine verschillen.

Door de spelingcompensator krijg je geen ongecontroleerde veranderingen in de voedingssnelheid. Met name bij meelopend frezen is dit een groot voordeel.

De snijtanden van de frees gaan hierdoor langer mee en breken minder snel.



Spelingcompensator

Oppervlakteruwheid

Bij tegenlopend frezen kunnen twee factoren de oppervlakteruwheid beïnvloeden:

- door de optredende krachten kan de frees spaandeeltjes in het werkstukoppervlak wrijven.
- door de optredende krachten kan de frees de oppervlaktestructuur dichter maken (dit komt door het wrijven van de frees over het oppervlak).

Bij een eventuele latere warmtebehandeling kan dit aanleiding geven tot spanningscheurtjes.

Vermogen

Om te kunnen frezen met dezelfde verspaningscapaciteit als bij het meelopend frezen heb je een groter vermogen nodig.



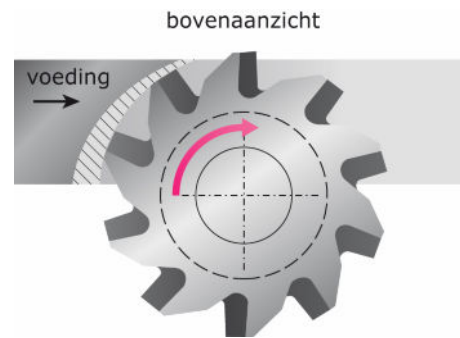
1. Wat moet je doen als het werkstuk bij tegenlopend frezen 'wegloopt'?

15.2 Meelopend frezen

Bij meelopend frezen is de draairichting van de snijtanden gelijk aan de bewegingsrichting van het werkstuk. Anders gezegd: het werkstuk 'loopt' mee met de draairichting van de frees.

Let op!

Meelopend frezen veroorzaakt veel trillingen. Vaak zul je dus tegenlopend moeten frezen.

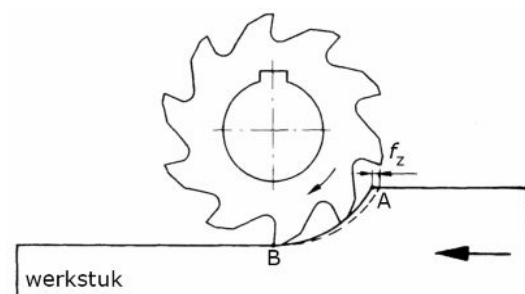


Meelopend frezen

Spaanvorm

De tand van de frees snijdt direct in het materiaal bij punt A.

De tand wrijft dus niet voordat hij gaat verspanen.



Spaanvorming bij meelopend frezen

Snededikte

De snededikte is bij meelopend frezen het grootst bij tandintrede A en het kleinst wanneer de tand uit het materiaal treedt (bij B).

Standtijd

De standtijd van de frees is ten opzichte van tegenlopend frezen langer, omdat de frees direct in het materiaal snijdt (en niet eerst over het materiaal wrijft). De slijtage van het vrijloopvlak is minder groot, evenals de warmte-ontwikkeling.

Spaanhoek en vrijloophoek

Spaan- en vrijloophoek kunnen groter zijn dan bij tegenlopend frezen. Dit betekent een betere spaanafvoer, omdat de spaanruimte hierdoor toeneemt. Bij grotere spaan- en vrijloophoek neemt de sterkte van de freestand af. Aan te bevelen zijn frezen met weinig snijtanden en van een goede kwaliteit.

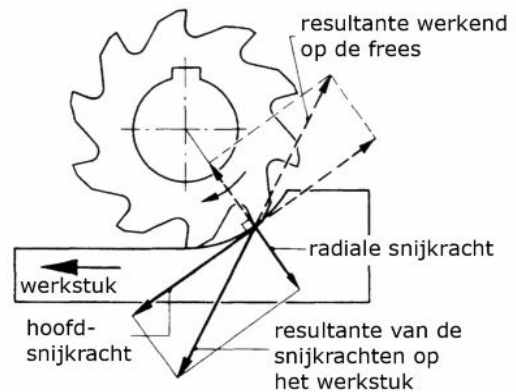
Verspaningskrachten

De krachten die op het werkstuk werken, zijn de:

- hoofdsnijkracht
- radiale snijkracht.

De resultante van beide krachten is te ontbinden in een horizontale kracht (het werkstuk wordt in de frees getrokken) en een verticale kracht.

De verticale kracht is tijdens de hele verspaning naar beneden gericht.



Verspaningskrachten bij meelopend frezen

Om aan de sterke neerwaartse kracht weerstand te bieden, moet je de volgende maatregelen treffen:

- gebruik een stabiele freesmachine
- gebruik een zo groot mogelijke freesspil en een groot spilgat
- plaats de steunlagers zo dicht mogelijk bij de frees
- verbind de doorbuigende knie door een steunraam met de steunarm
- steun de knie, indien mogelijk, op de voetplaat.

Gevolgen van de verspaningskrachten:

- de frees trekt het werkstuk naar zich toe. Je moet het werkstuk aan de 'voorzijde' ondersteunen.
- er zijn voorzieningen nodig om de speling in de spantafel op te heffen, of een machine met een spelingvrije tafelaandrijving. Is er wel speling in de spantafel, dan kunnen door de schokken de tanden van de frees uitbreken.
- door de neerwaartse kracht is meelopend frezen geschikt voor het frezen van dunne werkstukken (weinig kans op klapperen van werkstuk of trillen van de spantafel).
- een nadeel van meelopend frezen is dat dunwandige werkstukken door de neerwaartse druk kunnen verbuigen.

Oppervlakteruwheid

Inwrijven van spanen door het vrijloopvlak, zoals bij tegenlopend frezen kan gebeuren, is bij meelopend frezen niet mogelijk. Dit komt omdat het werkstuk netjes met het vrijloopvlak meeloopt. De structuur van het materiaal zal niet veranderen.

Vermogen

Voor meelopend frezen is een kleiner vermogen nodig dan voor tegenlopend frezen bij dezelfde verspaningscapaciteit.



2. Is de standtijd van de frees bij meelopend frezen langer of korter dan bij tegenlopend frezen?

15.3 Voor- en nadelen op een rij

Hieronder zijn de voor- en nadelen van mee- en tegenlopend frezen op een rij gezet. Een voordeel van de ene methode is vaak een nadeel bij de andere methode.

Nadelen van tegenlopend frezen	Voordelen van meelopend frezen
De snijkant van de frees wrijft. De standtijd van de frees is hierdoor korter.	De snijkant van de frees wrijft niet. De standtijd van de frees is hierdoor langer.
Het vrijloopvlak kan spaandeeltjes in het werkstukoppervlak wrijven (nadelig voor de structuur van het werkstukoppervlak) Door de wrijving is de warmteontwikkeling groter	Het vrijloopvlak wrijft geen spaandeeltjes in het werkstukoppervlak. De structuur van het oppervlak blijft hetzelfde. Minder warmteontwikkeling.
De verticale verspaningskracht is wisselend (trekken en duwen). Hierdoor ontstaan trillingen (vooral nadelig voor dunne werkstukken) Door de trillingen zijn snedediepte, voeding, snijsnelheid en spaanproductie kleiner en is de bewerkingstijd dus langer	De verticale verspaningskracht is naar beneden gericht (drukken). Hierdoor ontstaan geen trillingen, dus rustiger frezen. Door het wegblijven van trillingen en dus rustiger frezen zijn snedediepte, voeding, snijsnelheid en spaanproductie groter en is de bewerkingstijd dus korter
Koelvloeistof kan bij een opwaarts snijdende snijkant niet goed koelen zie afbeelding 'werking koelvloeistof'.	De werking van de koelvloeistof is bij een dalende snijkant beter

Nadelen tegenlopend frezen versus voordelen meelopend frezen

Voordelen van tegenlopend frezen	Nadelen van meelopend frezen
De frees drukt het werkstuk van zich af.	De frees trekt het werkstuk naar zich toe. een spelingcompensator is noodzakelijk.
De freesmachine en bijbehorende onderdelen hoeven niet zo star en stabiel te zijn als bij meelopend frezen.	De freesmachine moet star en stabiel zijn.
De bewerking van werkstukken met een gietkorst of walshuid levert weinig problemen op.	Gietkorsten en walshuiden beschadigen de snijkanten.
Je kunt een voorraad hebben van frezen met genormaliseerde spaan- en vrijloophoeken.	De grotere spaan- en vrijloophoeken kunnen van de norm afwijken. Bij taaie materialen krijg je een ruw oppervlak.

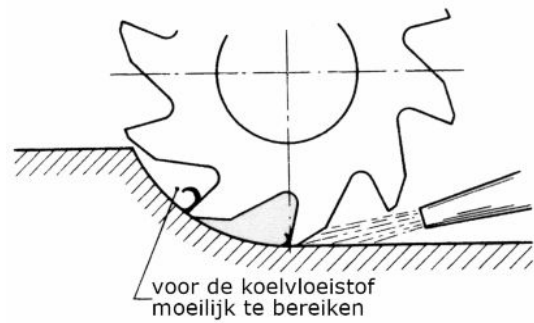
Voordelen tegenlopend frezen versus nadelen meelopend frezen

Opmerking koelvloeistof

Voor de koelvloeistof is de opwaarts snijdende snijkant moeilijk te bereiken.

Het koelen heeft dus een slechter resultaat, waardoor je meer koelvloeistof nodig hebt.

Bij een dalende snijkant (meelopen frezen) is de werking van de koelvloeistof beter.



Werking koelvloeistof

15.4 Samenvatting

- Twee verschillende freesmethoden zijn:
 - tegenlopend frezen
 - meelopend frezen.
- Bij tegenlopend frezen is de voedingsrichting van het werkstuk tegengesteld aan de snijrichting van de frees. Hierdoor drukt de frees het werkstuk als het ware van zich af.
- Bij meelopend frezen is de draairichting van de snijtanden gelijk aan de bewegingsrichting van het werkstuk. Het werkstuk 'loopt' mee met de draairichting van de frees.
- De gekozen methode heeft gevolgen voor:
 - de spaanvorm
 - de snededikte
 - de standtijd
 - de spaanhoek en de vrijloophoek
 - de verspaningskrachten
 - de oppervlakteruwheid
 - het vermogen.

15.5 Antwoorden

Antwoord 1

Om te voorkomen dat het werkstuk bij tegenlopend frezen 'wegloopt', moet je het werkstuk aan de achterzijde ondersteunen.

Antwoord 2

De standtijd van de frees is bij meelopend frezen langer dan bij tegenlopend frezen. Dit komt doordat de frees bij meelopend frezen direct in het materiaal snijdt en niet eerst over het materiaal wrijft.

16 Vragen Freesmethoden

Vraag 1

Loopt de rotatie-as bij mantelfrezen evenwijdig aan of loodrecht op het bewerkte vlak?

Vraag 2

Waarom is het verschil tussen mee- of tegenlopend frezen iets minder belangrijk bij kopfrezen dan bij mantelfrezen?

Vraag 3

Wat is tegenlopend frezen?

Vraag 4

Waarom wordt tegenlopend frezen ook wel scheppend frezen genoemd?

Vraag 5

Waarom is de standtijd van frezen bij meelopend frezen langer dan bij tegenlopend frezen?

Vraag 6

Waarom wordt meelopend frezen ook wel neerfrezen genoemd?

Vraag 7

Waarom zijn bij meelopen frezen voorzieningen nodig om de speling in de spantafel op te heffen en bij tegenlopend frezen niet?

17 Tabel verspaningscondities draaien

VERSCHANINGSCONDITIES DRAAIEN					
Richtwaarden voor de snijsnelheid v, voeding f en snedediepte a					
		automaten aluminium	automaten staal	S235	messing
Voordraaibeitel	v (m/min)	200-250	125-150	80-120	150-200
	f (mm/omw)	0,3	0,2	0,2	0,3
	a (mm)	3	2	2	3
Nadraaibeitel	v (m/min)	250-300	150-200	150-200	225-275
	f (mm/omw)	0,1	0,05	0,05	0,1
	a (mm)	0,5	0,5	0,5	0,5
Steekbeitel	v (m/min)	150-200	100-150	80-100	150-200
	f (mm/omw)	0,05	0,05	0,05	0,03
	a (mm)	2,5	2,5	2,5	2,5
Volboor	v (m/min)	200-250	125-150	80-120	150-200
	f (mm/omw)	0,15	0,05	0,05	0,05
	a (mm)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Boorbeitel (voordraai)	v (m/min)	200-250	125-150	80-120	150-200
	f (mm/omw)	0,15	0,1	0,1	0,1
	a (mm)	1,5	1	1	1
Boorbeitel (nadraai)	v (m/min)	250-300	150-200	80-120	225-275
	f (mm/omw)	0,1	0,05	0,1	0,1
	a (mm)	0,5	0,5	1	0,5
Draadsnijbeitel	v (m/min)	100	70	70	100
	f (mm/omw)	spoed	spoed	spoed	spoed
	a (mm)	0,1	0,1	0,1	0,1
Puntbeitel	v (m/min)	150-200	100-150	80-100	150-200
	f (mm/omw)	0,1	0,1	0,1	0,1
	a (mm)	2,5	2,5	2,5	2,5

18 Tabel verspaningscondities frezen

VERSAPANINGSCONDITIONES FREZEN									
Richtwaarden voor de snijsnelheid v en de aanzet per tand at bij een snedediepte van 3 tot 5 mm									
Tabel snijsnelheid van verschillende materialen									
		automaten aluminium		automaten staal		S235		messing	
materiaal frees		voor	na	voor	na	voor	na	voor	na
H.S.S.	v (m/min)	250	800	30	50	30	50	45	80
H.M.	v (m/min)	200	1000	90	160	90	160	90	250
Tabel aanzet per tand voor verschillende materialen bij verschillende frezen									
Kopfrezes									
H.S.S.	at (mm/tand)	0,3	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,1
H.M.	at (mm/tand)	0,5	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1
Vingerfrezes									
H.S.S.	at (mm/tand)	0,15	0,04	0,06	0,03	0,06	0,03	0,01	0,03
H.M.	at (mm/tand)	0,2	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,06
Mantelfrezes									
H.S.S.	at (mm/tand)	0,2	0,1	0,25	0,1	0,25	0,1	0,25	0,1
H.M.	at (mm/tand)	0,3	0,1	0,3	0,05	0,3	0,05	0,25	0,1
Schijffrezes									
H.S.S.	at (mm/tand)	0,15	0,08	0,1	0,06	0,1	0,06	0,15	0,07
H.M.	at (mm/tand)	0,2	0,08	0,15	0,06	0,15	0,06	0,15	0,08
Profielfrezes									
H.S.S.	at (mm/tand)	0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05	0,03
H.M.	at (mm/tand)	0,15	0,04	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1	0,04

