

Verspanen

boren draaien en frezen



Over ThiemeMeulenhoff

ThiemeMeulenhoff is dé educatieve mediaspecialist en levert educatieve oplossingen voor het Primair Onderwijs, Voortgezet Onderwijs, Middelbaar Beroepsonderwijs en Hoger Onderwijs. Deze oplossingen worden ontwikkeld in nauwe samenwerking met de onderwijsmarkt en dragen bij aan verbeterde leeropbrengsten en individuele talentontwikkeling.

Meer informatie over ThiemeMeulenhoff en een overzicht van onze educatieve oplossingen: www.thieme-meulenhoff.nl of via de Klantenservice 088 800 20 16

© ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2014.

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.

Introductie

Om onderdelen te kunnen maken heb je machines nodig om deze onderdelen te fabriceren.

Hoe deze machines werken wordt in de basis hier uitgelegd

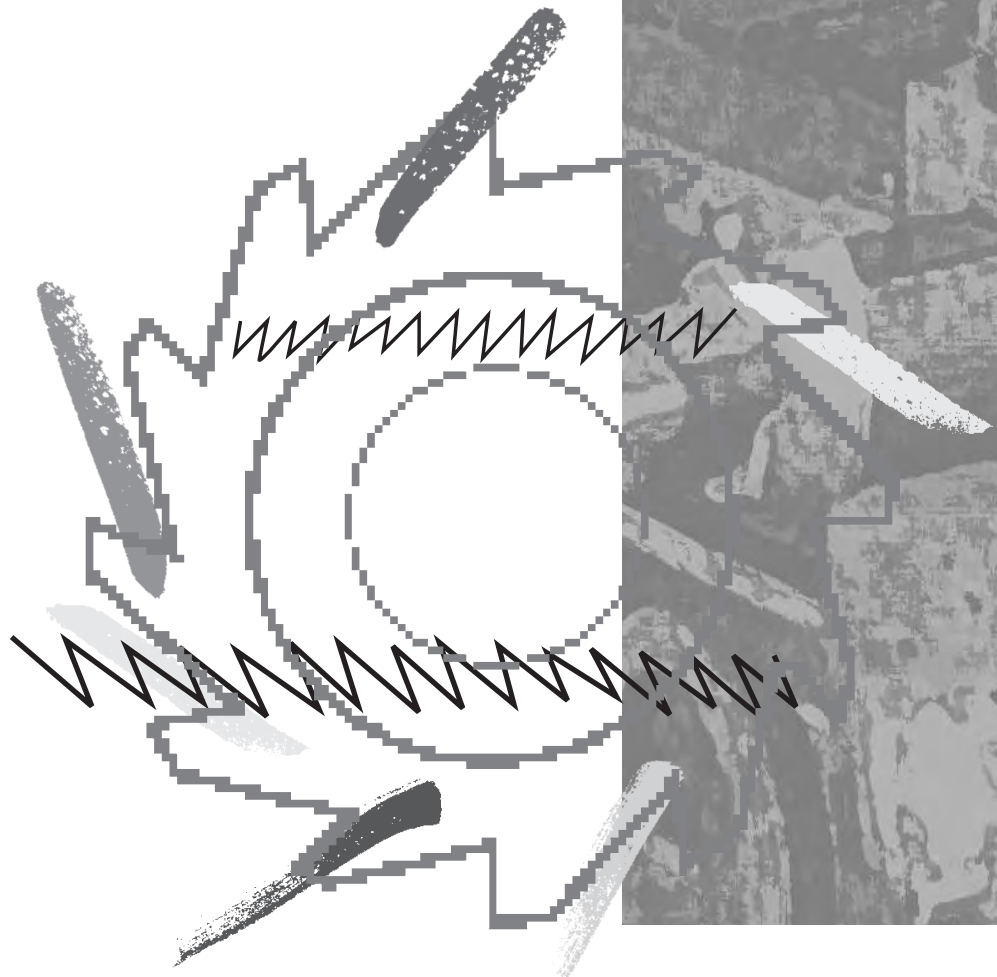
Inhoud

1	Boren en verzinken	7
1.1	De spiraalboor	8
	1.1.1 Het boorlichaam	8
	1.1.2 De schacht	9
	1.1.3 De boorpunt	9
1.2	Handboormachines	11
1.3	Boormachines met een vaste plaats	12
	1.3.1 De tafelboormachine	12
	1.3.2 De kolomboormachine	13
	1.3.3 De radiaalboormachine	15
1.4	Standtijd, snijsnelheid en aanzet	15
	1.4.1 Standtijd	16
	1.4.2 Snijsnelheid	17
	1.4.3 Aanzet	19
	1.4.4 Vorm van het gat	19
1.5	De centerboor	20
1.6	Het verzinken	21
1.7	Het onderhoud	22
	Opgaven	23
2	Praktijk van het draaien	45
2.1	Inleiding	46
2.2	Draaibewerkingen	46
	2.2.1 Voordraaien en nadraaien	46
	2.2.2 Vlakken	47
	2.2.3 Langsdraaien	48
	2.2.4 Passingdraaien	49
2.3	Steekbewerkingen	50
	2.3.1 Insteken	50
	2.3.2 Kopsteken	51
	2.3.3 Afsteken	52
	2.3.4 Kanten breken	53
2.4	Afstellen van werkstuk en beitel	53
	2.4.1 Uitsteeklengte	53
	2.4.2 Vastleggen van het werkstuknulpunt	53
	2.4.3 Positie van de beitel vastleggen	54
2.5	Bijzondere draaibewerkingen	54
	2.5.1 Conisch draaien	54
	2.5.2 Methoden voor conisch draaien	56
	2.5.3 Kartelen	59
2.6	Spangereedschap	63
	2.6.1 Zelfcentrerende drieklauw	63
	2.6.2 Vierklauw	66
	2.6.3 Spannen tussen centers	67
	2.6.4 Spantang	68
2.7	Werkvoorbereiding	68
2.8	Kernpunten	70

	Opgaven	73
3	Praktijk van het frezen	91
3.1	Inleiding	92
3.2	Positioneren van het werkstuk	92
3.3	Positioneren van de freeskop met een kantentaster	94
3.4	Vlakfrezen	95
	3.4.1 Vlak-, evenwijdig- en haaks frezen	95
	3.4.2 Schuine vlakken frezen	97
3.5	Gleuffrezen	100
	3.5.1 Rechte gleuf frezen	100
	3.5.2 V-gleuf	101
	3.5.3 T-gleuf en zwaluwstaart frezen	101
	3.5.4 Rechte gleuf tweezijdig begrensd	102
3.6	Uitsparing frezen	103
	3.6.1 Vierzijde begrensde uitsparing frezen	103
3.7	Hoekfrezen	104
3.8	Profielfrezen	106
	3.8.1 Radiusfrezen	106
3.9	Spangereedschap bij frezen	107
	3.9.1 Machineklem	107
	3.9.2 Magneetspanplaat	110
	3.9.3 Kikkerplaten	111
	3.9.4 Spanfouten	113
	3.9.5 Veiligheidsaspecten bij het spannen	115
3.10	Werkplan	115
3.11	Kernpunten	118
	Opgaven	121
4	Veiligheid verspanen	149
4.1	Algemeen	150
4.2	Risicofactoren en maatregelen	151
4.3	Veiligheid bij handgereedschap	151
4.4	Veiligheid bij boren	152
4.5	Veiligheid bij slijpen handgereedschap	152
4.6	Veiligheid bij draaien en frezen	152
4.7	Veiligheid bij slijpen	153
4.8	Milieuaspecten	154
4.9	Chemiekaarten	156
	Opgaven	157
	Opgaven	165
	Opgaven	171

Boren en verzinken

1

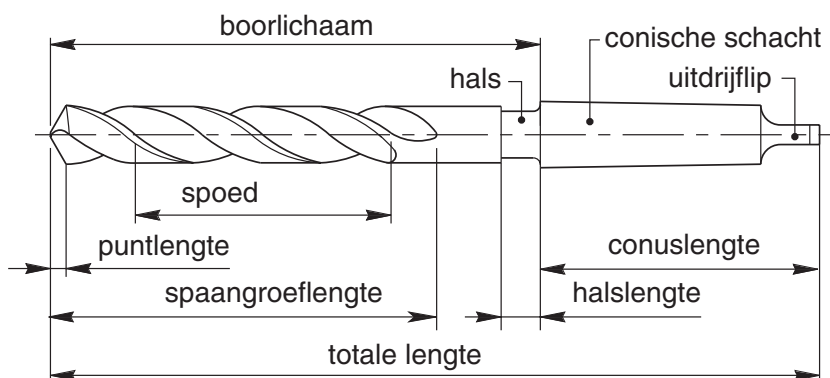


1.1 De spiraalboor

Boren is een verspanende bewerking waarbij we met een snijgereedschap een rond gat maken. Het snijgereedschap dat we hiervoor gebruiken, noemen we een spiraalboor.

De spiraalboor maken we meestal van snelstaal. De boor in figuur 1.1 bestaat uit drie delen :

- het boorlichaam;
- de schacht;
- de boorpunt.



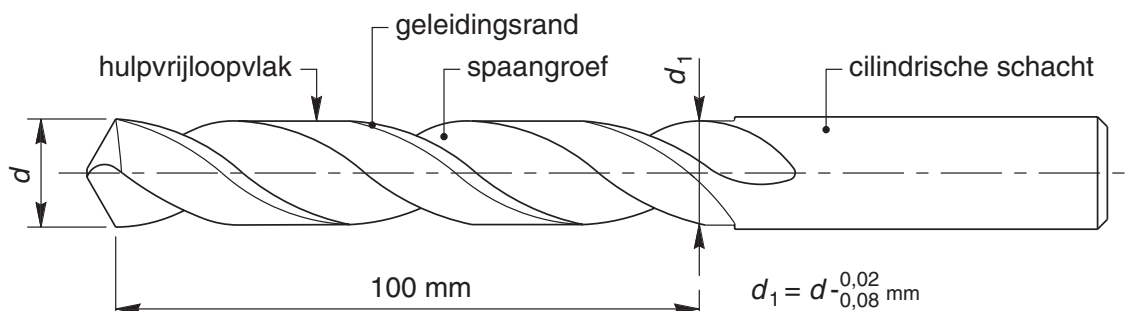
Figuur 1.1 Uitvoering van de spiraalboor

1.1.1 Het boorlichaam

spaangroef Het boorlichaam bestaat uit een cilinder met twee *schroeflijn*vormige groeven (spaangroeven). Deze spaangroeven voeren de spanen af en ze voeren de koelvloeistof toe.

geleidingsrand Aan de omtrek van het boorlichaam is een hulpvrijloopvlak aanwezig, waardoor twee *geleidingsranden* (facetten) ontstaan. Door het aanbrengen van de hulpvrijloopvlakken verminderen we de wrijving van de boor in het boorgat.

De geleidingsranden doen nauwelijks verspanen, maar ze leiden wel de boor in het boorgat. Om de wrijving nog verder te verminderen, slijpen we het boorlichaam naar de schacht toe iets kleiner. Zie figuur 1.2.



Figuur 1.2 Middellijnverschil bij een spiraalboor

1.1.2 De schacht

De schacht van de boor dient voor de bevestiging in het spangereedschap.

De twee meest gebruikte uitvoeringen zijn:

- boren met een cilindrische schacht;
- boren met een conische schacht.

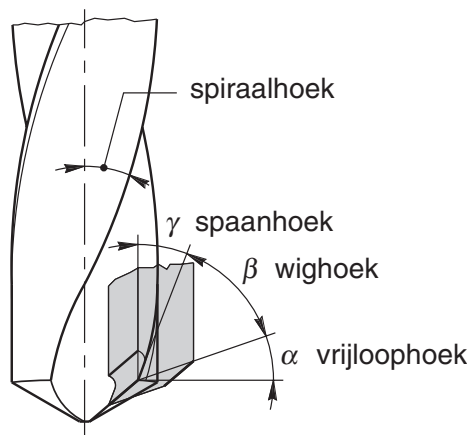
Boren met een middellijn tot en met 13 mm hebben een cilindrische schacht.

Bij een middellijn groter dan 13 mm is de schacht conisch (morse-conus).

Deze boren plaatsen we direct of met een verloophuls in de boorspil. Aan het eind van de conus zit een uitdrijfclip, waardoor we met een spie de boor uit de hoofdspil kunnen verwijderen.

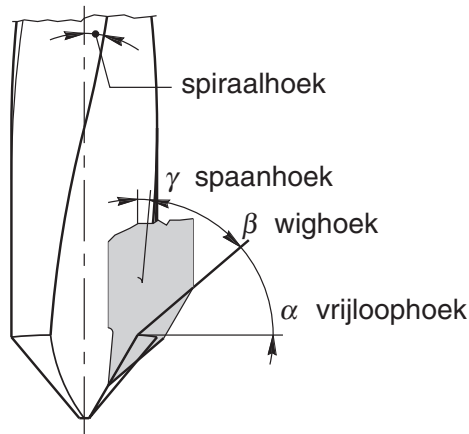
1.1.3 De boorpunt

De boorpunt is het deel van de boor dat zorgt voor het verspanen. Zie figuur 1.3.



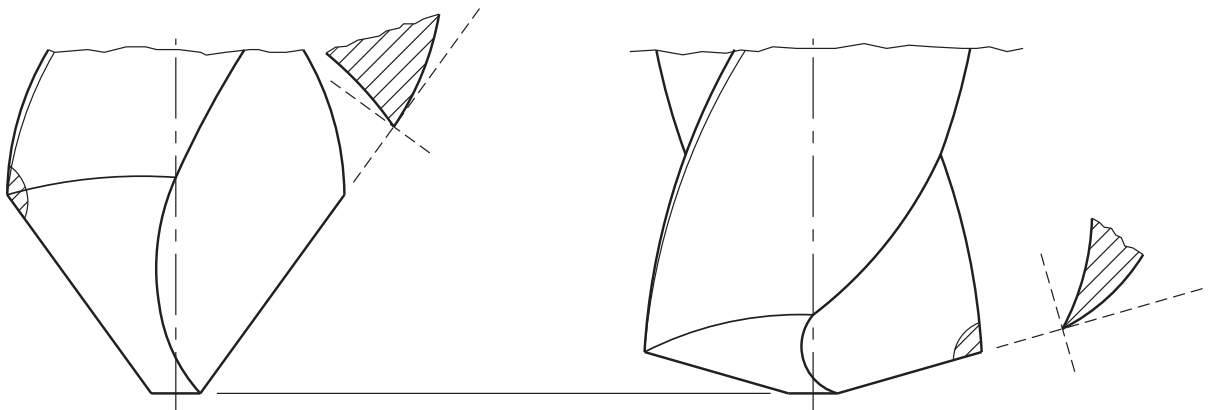
Figuur 1.3 Hoeken aan de spiraalboor

- spaanhoek** De geometrie van de boorpunt is ingewikkeld, doordat de spaanhoek, de wighoek en de vrijloophoek geen constante waarde hebben. Aan de omtrek van de boorpunt is bijvoorbeeld de spaanhoek groter dan in de kern. Dit komt doordat de spoed van de spaangroef constant blijft, terwijl de middellijn steeds kleiner wordt. Daarbij wordt de helling van het spaanvlak steeds steiler. Bij het verspanen van harde materialen moet de spaanhoek kleiner zijn dan bij zachtere materialen. Een methode zou zijn om de spiraalhoek te veranderen.
- spiraalhoek** De *spiraalhoek* is namelijk *gelijk* aan de *spaanhoek*. Zie figuur 1.4.



Figuur 1.4 Invloed van de spiraalhoek op de spaanhoek



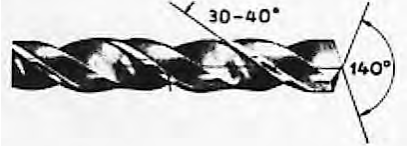


Maar als de spiraalboor eenmaal gemaakt is, ligt de spiraalhoek vast en kunnen we deze niet meer wijzigen. Een andere methode om de spaanhoek te veranderen is het wijzigen van de punthoek. Als de spiraalhoek gelijk blijft maar de punthoek wel kleiner wordt, krijgt de boor een kleinere spaanhoek. Zie figuur 1.5.



Figuur 1.5 Invloed van de punthoek op de spaanhoek

Verandering van de punthoek heeft wel gevolgen voor de vorm van de hoofdsnijkant. Bij een kleinere punthoek wordt de hoofdsnijkant bolvormig en gaat bij een grotere punthoek hol lopen. De methode om de snijkant recht te houden, is bij een bepaalde punthoek de vorm van de spaangroef aan te passen. Ofwel, de juiste spaanhoek en een rechte snijkant krijgen we door de juiste combinatie van spiraalhoek, punthoek en de vorm van de spaangroef. In tabel 1.1 zien we hiervan enkele voorbeelden.

TABEL 1.1 VERSCHILLENDE SPIRAALBOREN

uitvoering	specifiek voor het boren van
	onlegeerd staal met R_m van max. 900 N/mm ²
	corrosievast staal en mangaanstaal
	zachte aluminium- en koperlegeringen
	koper-zinklegeringen
	marmer, leisteen

Een tweede belangrijke hoek van de boorpunt is de vrijloophoek. Zie figuur 1.4. Dit is echter geen juiste naam. Afhankelijk van de aanzet van de boor is tijdens het verspanen de werkelijke vrijloophoek anders dan de vrijloophoek aan de boorpunt. Vandaar dat we de vrijloophoek aan de boorpunt ook wel de *vrijlijphoek* noemen.

vrijlijphoek

Het materiaal dat tussen de twee spaangroeven overblijft, noemen we de kern of de *ziel* van de boor. De *zieldikte* bepaalt de sterkte van de boor en de lengte van de dwarssnijkant. De spaanhoek ter plaatse van de ziel is sterk negatief, waardoor de dwarssnijkant slecht verspaant.

ziel

1.2 Handboormachines

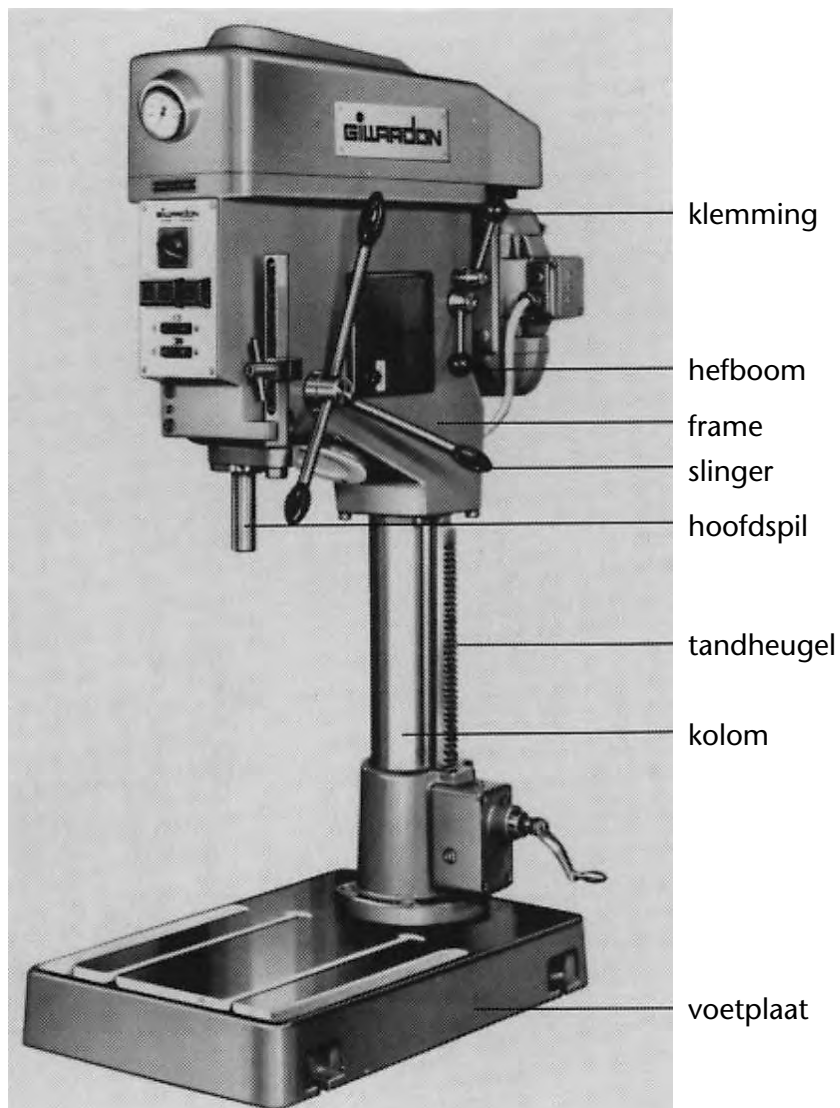
Handboormachines gebruiken we voor het bewerken van producten die we door hun omvang niet op vaste boormachines kunnen bewerken. In elektrische handboormachines zijn verschillende mogelijkheden ingebouwd, zoals een

slagregeling voor betonboren, een elektronische regeling voor het toerental en soms een oplaadsysteem om snoerloos te kunnen werken. In werkplaatsen gebruiken we ook pneumatische boormachines.

1.3 Boormachines met een vaste plaats

1.3.1 De tafelboormachine

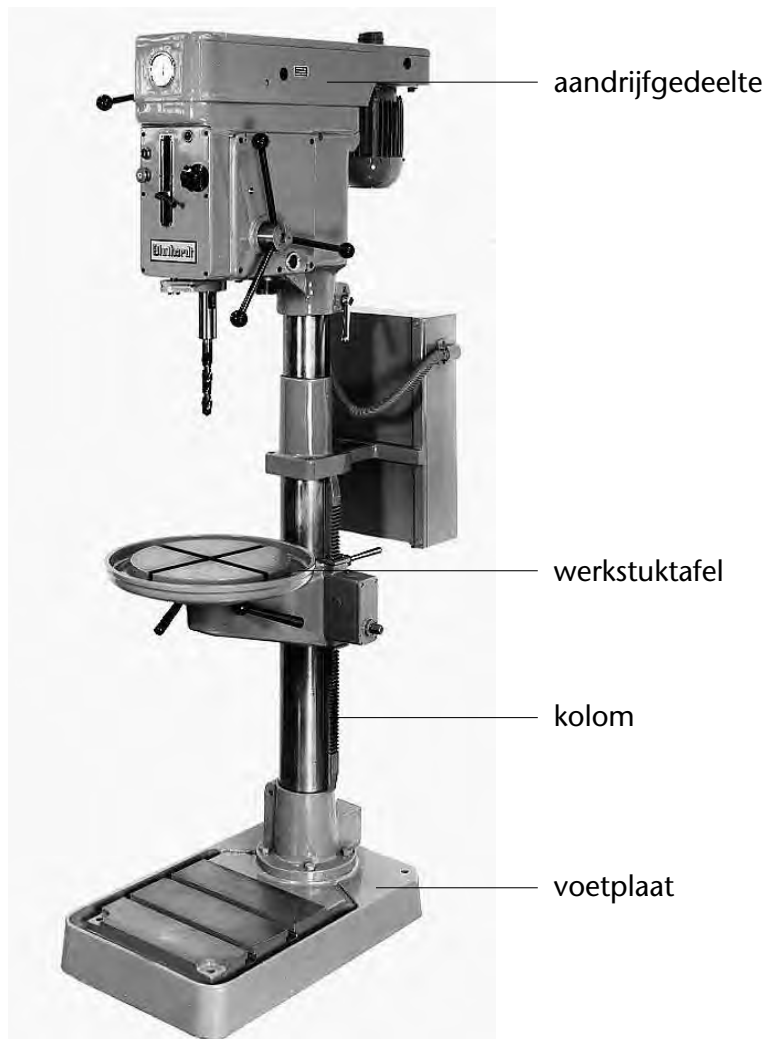
Door haar omvang moeten we de tafelboormachine op een speciale onderbouw of tafel plaatsen. Deze machine nemen we voor boren met een middellijn van maximaal 13 mm. De hoofdonderdelen zien we in figuur 1.6.



Figuur 1.6 Tafelboormachine

1.3.2 De kolomboormachine

De kolomboormachine nemen we voor het boren van gaten met een middellijn van maximaal 55 mm. Deze machine is opgebouwd uit een voetplaat waarop een kolom gemonteerd is. Aan deze kolom zijn de werkstuktafel en de hoofdaandrijving bevestigd. Zie figuur 1.7.



Figuur 1.7 Kolomboormachine

De voetplaat kunnen we gebruiken voor het opspannen van grote werkstukken. Hiervoor hebben we T-gleuven. In de voetplaat is ook een ruimte die dient als reservoir voor koel-olie.

Haaks op de voetplaat is een kolom gemonteerd, waarlangs we een werkstuktafel in verticale richting kunnen verplaatsen. Dit gebeurt met een tandheugel en rondsel, waarbij we ook de werkstuktafel in de rondte (om de kolom heen) kunnen verplaatsen.

Om de bewegingsvrijheid nog meer te vergroten, kunnen we de werkstuktafel om zijn eigen as laten draaien. Hierdoor kunnen we het werkstuk zonder het los te spannen op elke gewenste plaats onder de boor brengen. Elke verandering in de opstelling is met een klemsysteem vast te zetten, waardoor de tafel tijdens het boren op zijn plaats blijft.

uitlading

De afstand van de kolom tot de hartlijn van de hoofdspil noemen we de *uitlading*. Hiermee bepalen we de maximale afstand tussen het boorgat en de zijkant van het werkstuk.

Aan de bovenkant van de kolom is het aandrijfgedeelte geplaatst.

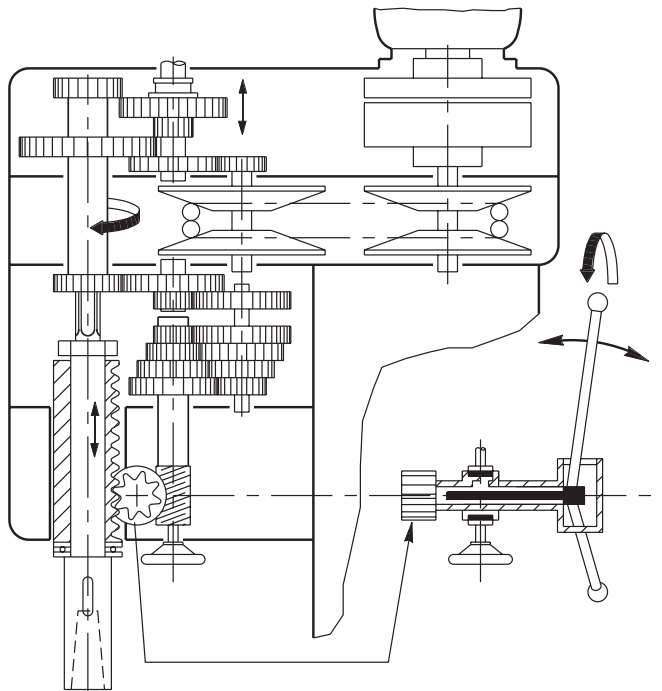
Dit onderdeel heeft drie functies:

- lagering van de hoofdspil;
- de hoofdspil-aandrijving;
- aandrijven van de automatische aanzet.

Voor de hoofdspil-aandrijving gebruiken we twee systemen:

- tandwiel-aandrijving;
- traploze regeling.

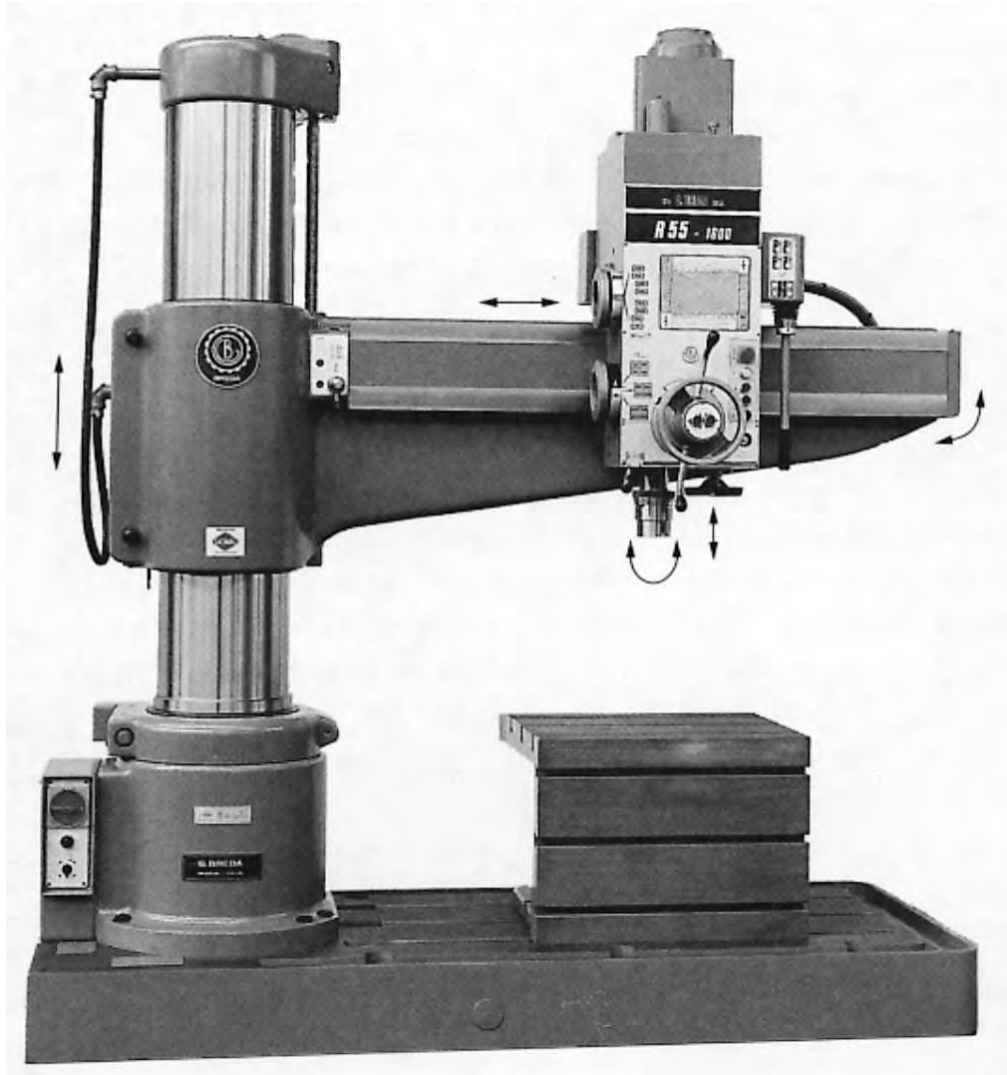
De rondsel-as brengt de aanzetbeweging van de hoofdspil op gang, en aan deze rondsel-as is een tandwielsysteem gekoppeld. Daardoor kunnen we de aanzetbeweging van de hoofdspil niet alleen met de hand, maar ook mechanisch doen. Zie figuur 1.8.



Figuur 1.8 Aandrijving van de aanzetbeweging

1.3.3 De radiaalboormachine

De radiaalboormachine gebruiken we voor grote werkstukken waarbij we de boor op elke gewenste plaats kunnen zetten. Daartoe kunnen we deze constructie in vijf richtingen bewegen. Zie figuur 1.9.



Figuur 1.9 Radiaalboormachine

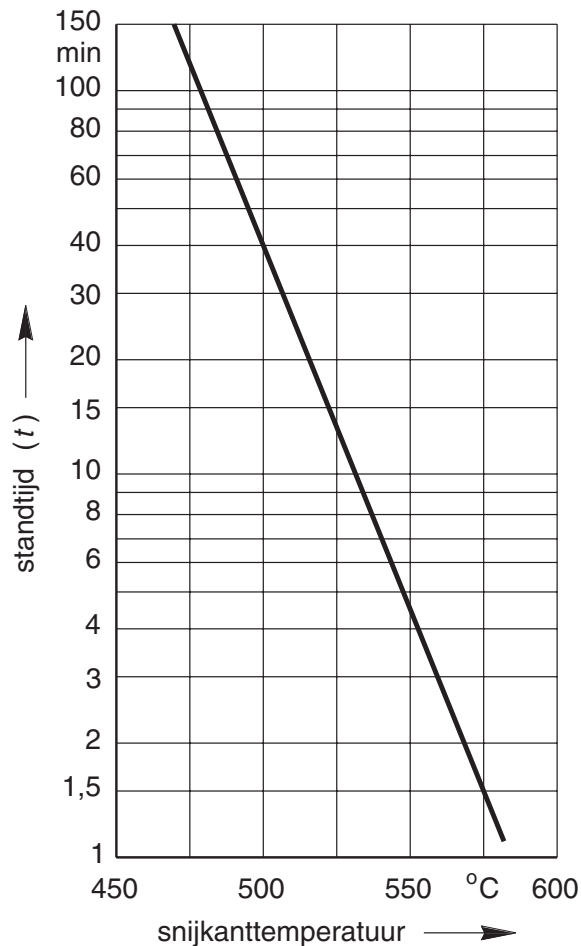
1.4 Standtijd, snijsnelheid en aanzet

Bij verspanen snijden we het materiaal door de wigvorm van het snijgereedschap. Dat moet dus harder zijn dan het materiaal en de beitel moet weerstand kunnen bieden aan de verspaningskrachten.

Na verloop van tijd wordt de snijkant van het snijgereedschap bot en moeten we deze slijpen. De tijd dat het snijgereedschap tussen twee slijpbeurten in goed

standtijd werkt, noemen we de *standtijd*. Het snijgereedschap kan bot worden door slijtage aan het spaanvlak.

Een andere factor is warmte. Door wrijving ontstaat er veel warmte waardoor de snijkanttemperatuur stijgt. De hardheid van het snijgereedschap neemt hierdoor af, wat de standtijd verkort. Zie figuur 1.10.



Figuur 1.10 Relatie standtijd-snikanttemperatuur voor snelstaal

In dit diagram zien we de relatie tussen de standtijd en de snijkanttemperatuur van het beitelmateriaal snelstaal. De snijsnelheid, de spaanslankheid en de koeling bepalen vooral de *snijkanttemperatuur*. De factoren oppervlakteruwheid en werkstukmateriaal spelen ook een rol, maar zijn moeilijker te wijzigen, omdat ze vooraf al vastliggen.

1.4.1 Standtijd

geboorde
lengte De standtijd of gebruiksduur van de boor drukken we uit in de totaal *geboorde lengte* tussen twee slijpingen in. Het richtgetal dat we hiervoor hanteren, is 2000 mm.

De standtijd hangt af van de snijkraft en de snijkanttemperatuur. De snijkraft en de snijkanttemperatuur hangen weer af van procesvariabelen. Deze procesvariabelen zijn:

- *snijvoorwaarden*:
 - aanzet;
 - snijsnelheid;
 - koeling;
- *snijgereedschap*:
 - geometrie van de boor;
 - materiaal;
- *werkstuk*:
 - vorm van het gat;
 - materiaal van het werkstuk.

1.4.2 Snijsnelheid

In tabel 1.2 zien we een aantal waarden voor de snijsnelheid.

De snijsnelheid van de boor is aan de omtrek het grootst en wordt naar de kern toe steeds kleiner. De snijsnelheid v meten we aan de omtrek, en we berekenen haar met de volgende formule:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/min} \quad (1.1)$$

Met:

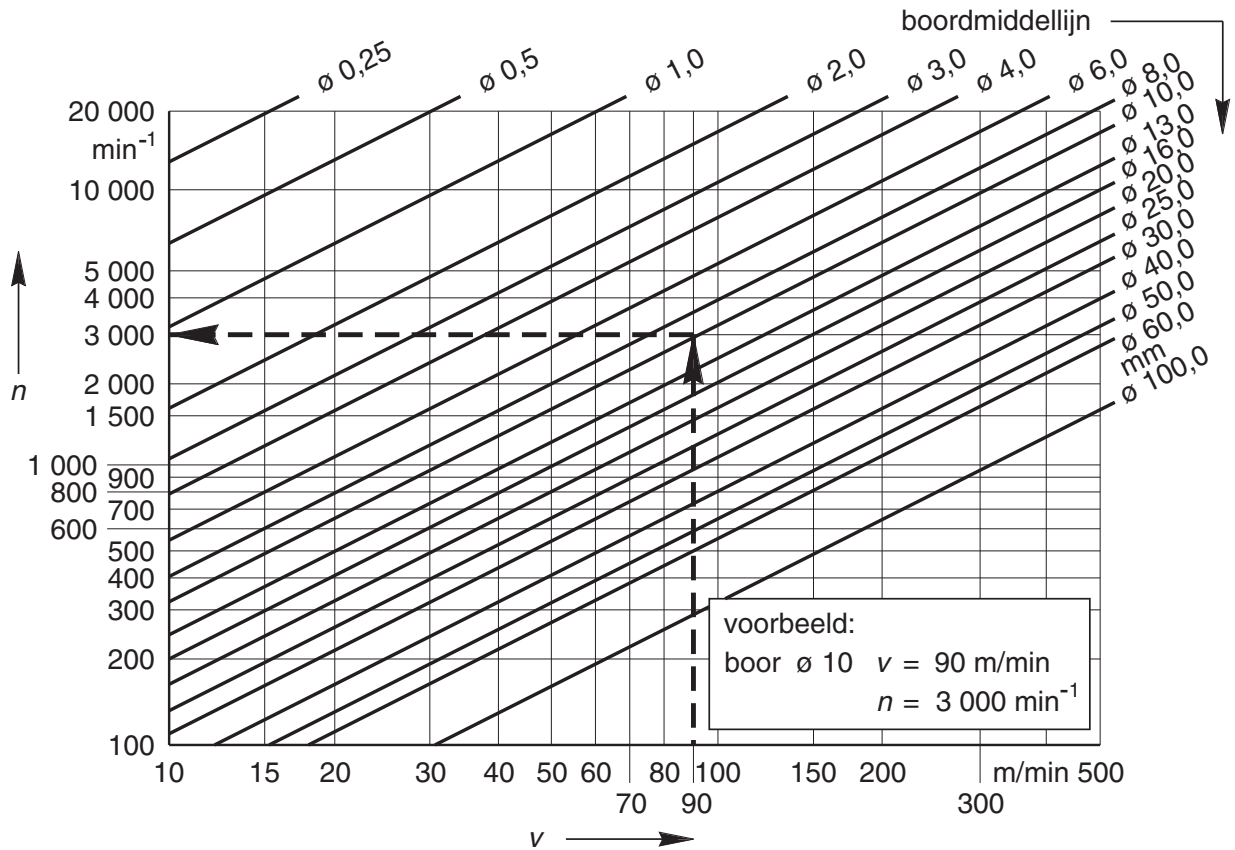
- v = snijsnelheid in m/min;
- d = boormiddellijn in mm;
- n = toerental per minuut (min^{-1}).

TABEL 1.2 AANBEVOLEN AANZET EN SNIJSNELHEID VOOR SNELSTALEN BOREN

materiaal	boormiddellijn mm												
	snij- snel- heid m/min.	2	4	6	8	10	12	15	20	30	40	50	60
		aanzet mm/omw.											
gietijzer < 210 HB	25 – 40	0,06	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
gietijzer > 210 HB	20 – 30	0,05	0,10	0,12	0,18	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50
nodulair gietijzer	15 – 25	0,05	0,08	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40
onlegeerd staal	25 – 35	0,05	0,11	0,15	0,20	0,25	0,35	0,45	0,45	0,50	0,50	0,60	0,60
onlegeerd staal (C 35)	25 – 35	0,05	0,10	0,13	0,18	0,22	0,30	0,40	0,40	0,45	0,45	0,55	0,55
gelegeerd staal	15 – 25	0,05	0,08	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40
gietstaal	20 – 35	0,05	0,11	0,15	0,20	0,25	0,35	0,45	0,45	0,50	0,50	0,60	0,60
mangaanstaal (ca. 13% mangaan)	3 – 5	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10	0,10	0,12	0,12
corrosievast staal (aust. AISI serie 300)	10 – 15	0,03	0,06	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35
corrosievast staal (ferriet mart. IASI serie 400)	15 – 20	0,04	0,08	0,12	0,15	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45
koper	60 – 120	0,08	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
Cu-Zn-legeringen	60 – 90	0,08	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80
CuNi 18 Zn 22	25 – 35	0,05	0,08	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40
Cu-Sn-legeringen	25 – 35	0,05	0,08	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40
aluminium (Al Mg3)	80 – 150	0,06	0,12	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0
aluminium (Al Cu Mg Pb)	25 – 40	0,05	0,08	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	0,40
kunststof (PVC)	25 – 40	0,08	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
bakeliet	30 – 35	0,08	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65

Ook gebruiken we vaak een boornomogram. Zie figuur 1.11.

Stel we gaan uit van een snijsnelheid van 90 m/min voor het boren van koper, en de vereiste middellijn is 10 mm. Als we het nomogram uitlezen krijgen we een toerental van 3000 toeren per minuut.



Figuur 1.11 Boornomogram

1.4.3 Aanzet

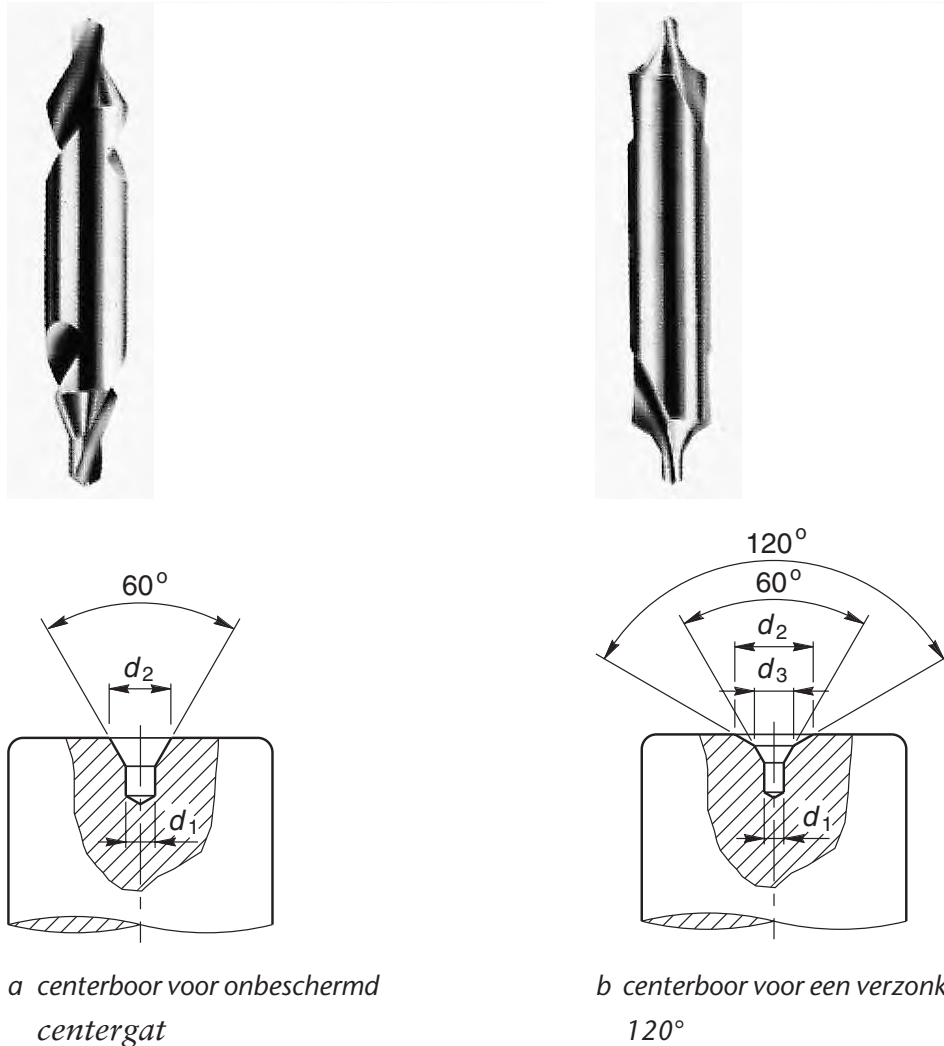
De aanzet is de verplaatsing van de boor per omwenteling, uitgedrukt in millimeters per omwenteling (mm/omw). Bij boren met een grote middellijn mogen we de aanzet verhogen, omdat deze een grotere weerstand bieden tegen de verspaningskracht dan boren met een kleine middellijn. In tabel 1.2 zien we een aantal waarden voor de grootte van de aanzet.

1.4.4 Vorm van het gat

Het type gat dat we in het werkstuk boren, bepaalt de gebruiksduur van de boor. Als we gaten moeten boren die dieper zijn dan drie maal de boordmiddellijn, moeten we de snijsnelheid en de aanzet aanpassen. Zowel de manier waarop de boor het werkstuk ingaat en uitkomt, als de weerstand bij de spanafvoer is van invloed op de gebruiksduur.

1.5 De centerboor

Om verlopen van de spiraalboor te voorkomen, kunnen we op de plaats waar we centergat willen boren eerst een centergat boren. De meest voorkomende centerboren zien we in figuur 1.12.



Figuur 1.12 Centerboren

In figuur 1.12a zien we een centerboor voor een *onbeschermd centergat*. Dat wil zeggen: als we aan de omtrek een beschadiging hebben, kan de boor bij het boren gaan verlopen.

De centerboor van figuur 1.12b boort behalve het centergat ook nog een verzonken kant van 120°. Dit beschermt het centergat en daardoor is er ook minder kans op het verlopen van de boor.

Het kenmerkende van centerboren is de *dubbelzijdige werking*. Bij het inspannen van de boor moeten we erop letten dat hij tijdens het boren niet kan verschuiven, omdat dit het niet-werkende snijgedeelte kan beschadigen.

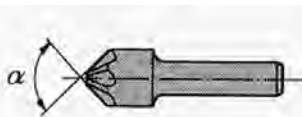
1.6 Het verzinken

In tabel 1.3 geven we een overzicht van enkele typen verzinkboren en hun gebruik. Als snijsnelheid van deze gereedschappen houdt men de helft van die van de overeenkomstige spiraalboren aan.

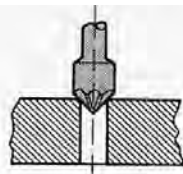
TABEL 1.3 OVERZICHT VAN VERZINKBOREN

model en benaming

toepassing



kegelverzinkboor

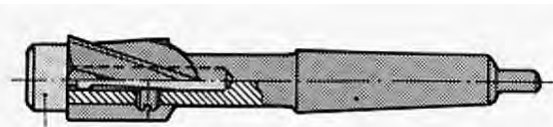


- punthoek $\alpha = 60^\circ$: ontbramen van gaten
- punthoek $\alpha = 90^\circ$: verzinken van schroefgaten voor schroeven met verzonken kop, en als voorbereiding voor het aanbrengen van binnenschroefdraad



penverzinkboor

- voor cilinderkopschroeven met verzonken kop

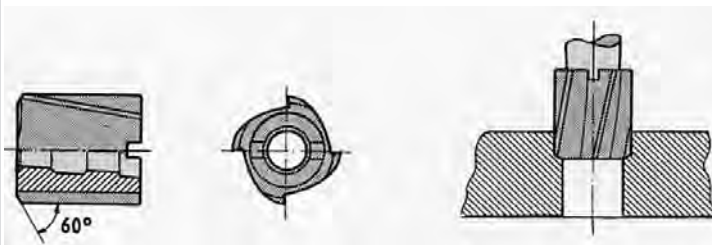


- voor het maken van haakse oplegvlakken



penverzinkboor met losse geleidelen

- voor het vlak verzinken van gaten met grote middellijn



opsteekotterboor

- voor het zuiver opboren van grote gaten

1.7 Het onderhoud

Met regelmatig onderhoud kun je de kans op stagnatie verminderen en bevorder je de veiligheid.

Houd rekening met de volgende aspecten:

- Smeer de boormachine volgens het smeervoorschrift.
- Houd de boortafel, spanklem en verloophulzen steeds schoon.
- Olie de blanke delen en geleidingen licht in.
- Vul periodiek koelmiddel bij en controleer deze op vervuiling.

Opgaven

Ongeveer 500 jaar geleden bedacht Leonardo da Vinci een machine waarmee je kon boren en draaien. De ingewikkelde en bijna kunstzinnige vormgeving van de huidige spiraalboor heeft dus een lange geschiedenis.

Na het doorwerken van dit hoofdstuk moet je kennis hebben van:

- het doel en de principewerking van boren;
- de benamingen van onderdelen, vlakken en hoeken;
- uitvoeringsvormen van gaten;
- opspangereedschappen;
- bepalen van het toerental en aanzet;
- enkele soorten boormachines;
- veiligheids-, onderhouds- en milieuaspecten.

Boren

Bestudeer eerst de volgende paragraaf uit je kernboek:

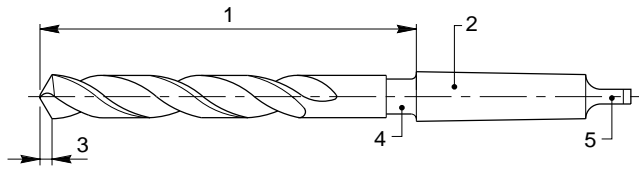
- ##.1 De spiraalboor

Beantwoord vervolgens de vragen/opdrachten 1 t/m 14.

- 1 In deze opdracht geven we vier omschrijvingen over het *principe* en de *toepassing* van boren. Lees elke omschrijving goed. Bepaal of het informatie is over het principe (P) of over de toepassing (T).

omschrijving	P	T
1 Boren is het zodanig wegsnijden van materiaal met een boor dat er een cilindrisch gat ontstaat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Bij boren snijden twee (hoofd)snijkanten aan de boorpunt het werkstukmateriaal weg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Boren doe je om gaten te maken zodat je onderdelen aan elkaar kunt verbinden, bijvoorbeeld met bouten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Boren doe je om nabewerkingen te kunnen doen, zoals een sleufgat vijlen of schroefdraad tappen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 2 De boor van figuur 4.1 bestaat uit de volgende hoofddelen: punt, hals, uitdrijfflip, boorlichaam en schacht.



Figuur 4.1

Zoek uit welke delen dit zijn en noem ze in de volgorde 1-2-3-4-5.

- a boorlichaam - uitdrijfflip - hals - uitdrijfflip - punt
 b boorlichaam - schacht - punt - uitdrijfflip - hals
 c boorlichaam - schacht - punt - hals - uitdrijfflip
- 3 Wat is het nut van de groeven in het boorlichaam?
 Op deze vraag worden vijf antwoorden gegeven waarvan er drie juist zijn.

	juist	onjuist
1 vorming van de snijkanten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 voorboren is dan overbodig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 toevoer van de koelsmeervloeistof	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 sterker boorlichaam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 afvoer van spanen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 4 Een boor heeft drie soorten snijkanten. Hierover stellen we enkele vragen.

Het meeste verspaningswerk wordt gedaan door de _____

Hiervan zijn er 1 / 2 / 3

Het verspanen in het midden wordt gedaan door de _____

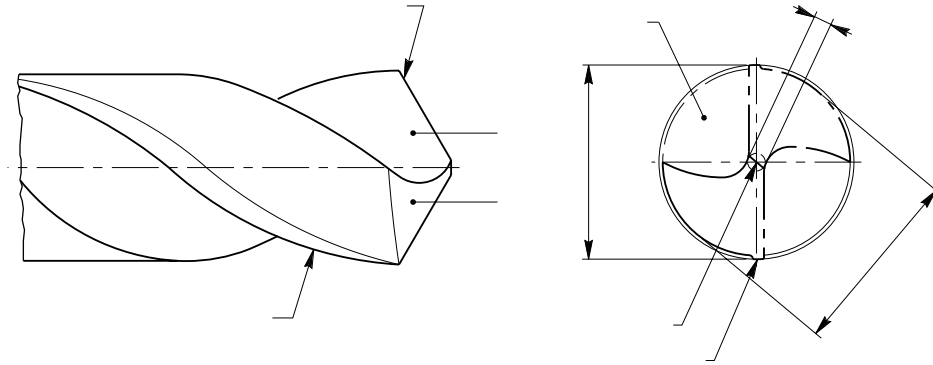
Hiervan zijn er 1 / 2 / 3

Het op maat snijden wordt gedaan door de _____

Hiervan zijn er 1 / 2 / 3

- 5 In deze opdracht noemen we genummerde onderdelen van de spiraalboor. Schrijf de nummers op de juiste plaats in de tekening (figuur 4.2). Doe dit zonder in je kernboek te kijken. Met wat logisch nadenken moet dat kunnen!

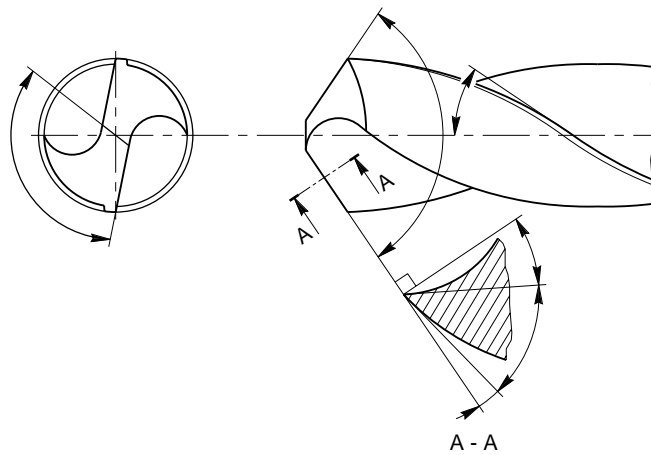
1 hoofdsnijkant	6 spaangroef
2 hulpsnijkant	7 zieldikte
3 dwarssnijkant	8 geleidingsrand (facet)
4 boormiddellijn	9 spaanvlak
5 vrijloopmiddellijn	10 vrijloopvlak



Figuur 4.2

- 6 Gegeven zijn de namen van zes hoeken. Schrijf de bijbehorende cijfers op de juiste plaats in figuur 4.3. Natuurlijk eerst proberen zonder in je kernboek te kijken.

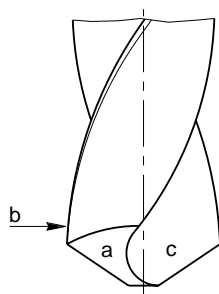
- | | |
|---------------------|----------------|
| 1 dwarssnijkanthoek | 4 spaanhoek |
| 2 punthoek | 5 wighoek |
| 3 spiraalhoek | 6 vrijloophoek |



Figuur 4.3

- 7 Voor de schacht zijn er de twee volgende uitvoeringen:
- met een conische schacht voor boren t/m 13 mm en een cilindrische schacht voor boren met een grotere middellijn
 - met een cilindrische schacht voor boren t/m 13 mm en een conische schacht voor boren met een grotere middellijn
 - met een cilindrische schacht voor boren t/m 10 mm en een conische schacht voor boren met een grotere middellijn

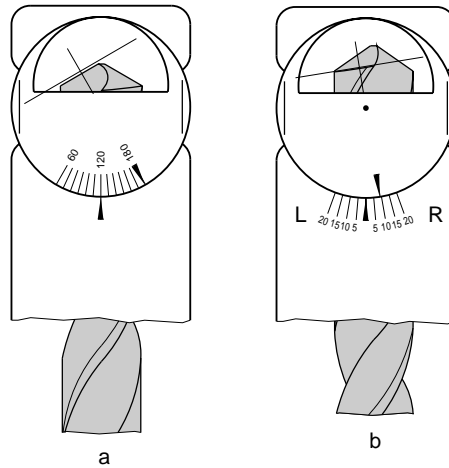
- 8 Al eerder heb je geleerd dat je de grootte van de spaanhoek moet ‘aanpassen’ aan het werkstukmateriaal. Dit aanpassen gaat bij boren niet correct door anders te slijpen. Je hebt verschillende uitvoeringen nodig omdat de spaanhoek gelijk is aan de:
- wighoek
 - vrijloophoek
 - dwarssnijkanthoek
 - spiraalhoek
 - punthoek
- 9 Tijdens het boren zal de werkelijke vrijloophoek anders zijn dan de vrijloophoek die je tevoren slijpt. De werkelijke vrijloophoek is tijdens boren *groter/kleiner*, omdat deze afhangt van:
- de grootte van de snijsnelheid
 - de elasticiteit van het werkstukmateriaal
 - de grootte van de aanzet
- 10 De dwarssnijkant verspaant slecht en de aanzetkracht is groot. Wat is hiervan de oorzaak?
- de spaanhoek is negatief
 - de spaanhoek is positief
 - de vrijloophoek is te klein
- 11 Omdat de dwarssnijkant slecht verspaant, boor je gaten vanaf ongeveer 15 mm voor met een boor waarvan de middellijn:
- gelijk is aan de dwarssnijkant
 - iets kleiner is dan de dwarssnijkant
 - iets groter is dan de dwarssnijkant
- 12 Als de hoofdsnijanten van een boor niet meer scherp zijn, waar moet er dan worden geslepen? Zie ook figuur 4.4.



- vrijloopvlakken
- omtrek (facet)
- spaanvlakken

Figuur 4.4

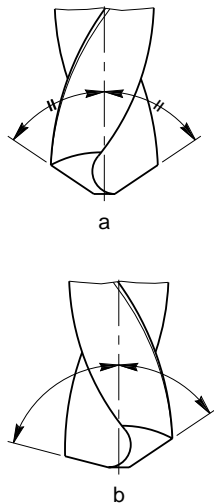
- 13 Welke controles zie je in figuur 4.5?
- a grootte van de punthoek en van de spaanhoek
 - b lengte van de hoofdsnijkant en grootte van de spaanhoek
 - c grootte van de punthoek en grootte van de vrijloophoek aan de buitenkant van de boor



Figuur 4.5

- 14 In deze opdracht noemen we slijpfouten onder de nummers 1 t/m 7 en soms toegelicht met een afbeelding. Onder de letters a t/m e noemen we gevolgen. Zoek uit tot welke gevolgen de genoemde fouten leiden. We zullen je eerst een beetje helpen.

Als de *resultante* van de snijkrachten op de hoofdsnijkanten niet verticaal gericht is, wordt de boor zijwaarts weggedrukt. De gevolgen zijn dat het gat verloopt en een te grote middellijn krijgt. Let dus goed op lengte en stand van de snijkanten.



Gevolgen van slijpfouten:

- a het gat verloopt
- b het gat wordt te groot en de boor verloopt
- c de boor hapt
- d de boor wil niet snijden
- e de hoofdsnijkanten zijn niet recht, waardoor de snijcapaciteit minder is dan normaal

Figuur 4.6

slijpfouten

- 1 de vrijloophoek is te groot
- 2 de vrijloophoek is te klein
- 3 de snijkanten zijn ongelijk van lengte; de hoeken met de hartlijn zijn gelijk (a)
- 4 de snijkanten hebben ongelijke hoeken met de hartlijn; de punt ligt in het midden (b)
- 5 de punthoek is te klein
- 6 de punthoek is te groot
- 7 het bovenzvlak van het werkstuk staat niet haaks onder de boor

gevolgen

a	b	c	d	e
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Snij snelheid

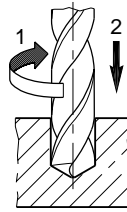
Bestudeer eerst de volgende paragrafen uit je kernboek:

- ##.4 Standtijd, snij snelheid en aanzet
- ##.5 De centerboor

Beantwoord vervolgens de vragen/opdrachten 15 t/m 25.

15 Bij boren noem je de bewegingen 1 en 2 in figuur 4.7 respectievelijk:

- a snijbeweging en aanzet
- b aanzet en snijbeweging
- c snijbeweging en snedediepte
- d aanzet en snedediepte



Figuur 4.7

16 Bij boren wordt meestal als de 'standtijd' gehanteerd:

- a een totaal geboorde lengte van 2000 mm tussen 2 slijpingen
- b een totaal tijd van 60 minuten tussen 2 slijpingen
- c een totaal tijd van 2000 minuten tussen 2 slijpingen

17 Twee factoren waarvan de standtijd afhankelijk is, zijn:

- a de snijkracht en de oppervlakteruwheid
- b de snijsnelheid en de snijkracht
- c de snijsnelheid en de slijptijd

18 Bepaal met behulp van tabel ##.2 uit je kernboek voor een snelstalen boor de aanbevolen snijsnelheid en aanzet voor de volgende gevallen.
(vul onderstaande tabel verder in)

materiaal	boormiddellijn (mm)	snijsnelheid (m/min)	aanzet (mm/omw)
a S245 (Fe 360)	20		
b mangaanstaal	10		
c AlMg ₃ -legering	6		
d gietijzer hardheid 240 HB	12		
e messing	4		

- 19 Een kolomboormachine heeft de volgende toerentallen: 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 en 1600 min^{-1} .
Er moeten met een snelstalen boor gaten worden geboord van 20 mm in gietijzer met een hardheid van 230 HB. De maximale snijsnelheid mag 27 m/min zijn.

Gevraagd

- Bereken het theoretisch toe te passen toerental.
- Welk toerental moet worden ingesteld?
- Hoe groot is de werkelijke snijsnelheid bij het ingestelde toerental?
- Hoe groot is de aanzet in mm/omw?

Oplossing

$$a \quad v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \rightarrow n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \text{_____} = \text{_____} \text{ min}^{-1}$$

$$b \quad \text{Het in te stellen toerental is _____ } \text{min}^{-1}.$$

$$c \quad v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \text{_____} = \text{_____} \text{ m/min}$$

$$d \quad \text{De aanzet is _____ mm/omw.}$$

- 20 In werkplaatsen is het handiger een boornomogram te gebruiken om het toerental te bepalen. Er komen nu enkele oefeningen.
Bij een gegeven snijsnelheid en boormiddellijn moet je het in te stellen toerental bepalen aan de hand van het boornomogram. De boormachine heeft dezelfde toerentallen als in opdracht 19.

	snijsnelheid (m/min)	boormiddellijn (mm)	in te stellen toerental (min^{-1})
a	40	30	
b	20	13	
c	30	16	

- 21 Een kolomboormachine heeft de volgende toerentallen: 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400 en 630 min^{-1} . De automatische aanzet is in te stellen op 0,05; 0,1; 0,24; 0,36; 0,5 en 0,8 mm/omw.

In werkstukken van ongelegeerd staal worden gaten geboord met een middellijn van 20 mm. De toelaatbare snijsnelheid is 30 m/min.

Gevraagd

- Bepaal het in te stellen toerental met het boornomogram van fig. ##.9 uit je kernboek.
- Bereken de werkelijke snijsnelheid.
- Welke aanzet moet je instellen? Zie tabel ##.2 uit je kernboek.

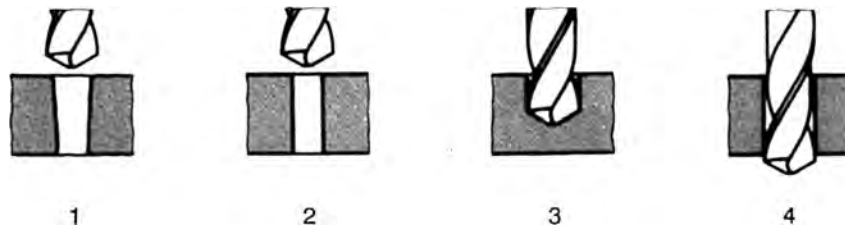
Oplossing

a

b

c

- 22 In figuur 4.8 zie je vier boorgatvormen. Hoe noem je deze boorgatvormen?



Figuur 4.8

De benamen in de volgorde 1-2-3-4 zijn:

- voorgegoten, voorgeboord, doorlopend, blind
 - voorgeboord, voorgegoten, blind, doorlopend
 - voorgegoten, voorgeboord, blind, doorlopend
 - voorgeboord, voorgegoten, doorlopend, blind
- 23 In tabel ##.2 uit het kernboek zie je dat bij een grotere boormiddellijn de aanzet groter gekozen mag worden. Waardoor komt dit?

Antwoord

- 24 Bij het boren van diepe gaten (dieper dan 3 maal de middellijn) moet je de volgende maatregelen nemen:
- | | juist | onjuist |
|---|--------------------------|--------------------------|
| – snijsnelheid en aanzet verlagen (15-30%) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| – overvloedig koelen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| – de boor regelmatig omhooghalen om de spanen te lossen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| – de boor regelmatig omhooghalen om te koelen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 25 Als je wilt tegengaan dat een spiraalboor in het begin verloopt, boor je eerst een stukje met een:
- a spiraalboor met een punthoek van 90°
 - b verzinkboor
 - c centerboor
 - d spiraalboor met een punthoek van 60°

Verzinken

Bestudeer eerst de volgende paragraaf uit je kernboek:

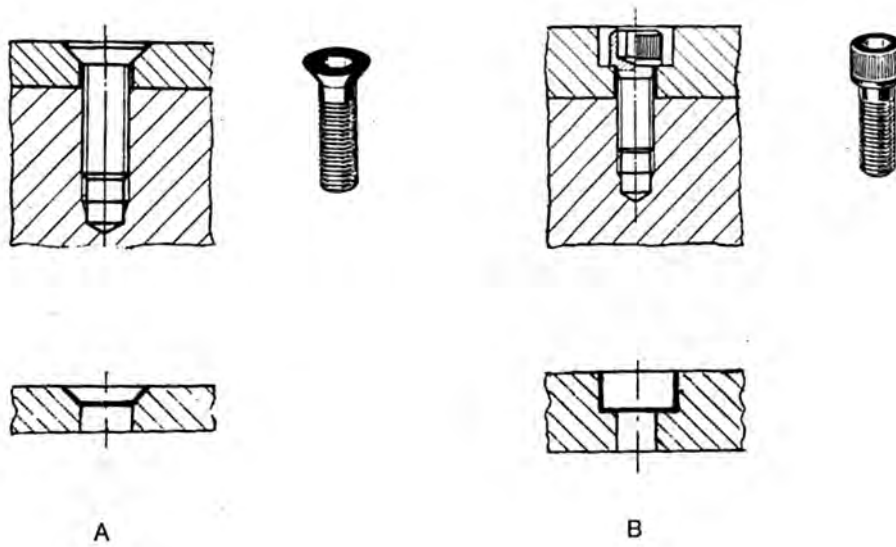
- ##.6 Het verzinken

Beantwoord vervolgens de vragen/opdrachten 26 t/m 31.

- 26 In deze opdracht geven we drie omschrijvingen over het *principe* en de *toepassing* van verzinken. Lees de omschrijvingen goed. Bepaal voor elke omschrijving of het informatie is over het principe (P) of over de toepassing (T).

omschrijving	P	T
Verzinken is een boorbewerking waarmee je:		
1 een voorgeboord gat een bepaald profiel kan geven	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 geboorde, geruimde en schroefdraadgaten kan ontbramen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 bevestigingsmiddelen zoals schroeven, bouten en klinknagels onder het oppervlak van de constructie kan brengen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27



Figuur 4.9

Conisch verzinken pas je onder andere toe bij bevestigingen met *cilinderkopschroeven/verzonken schroeven/tapbouten*. Dit wordt afgebeeld in *figuur 4.9 A/figuur 4.9 B*.

Als snijgereedschap gebruik je een *conische verzinkboor/ spiraalboor/ penverzinkboor*.

Vlakverzinken pas je toe bij bevestigingen met *cilinderkopschroeven/verzonken schroeven/tapbouten*.

Dit wordt afgebeeld in *figuur 4.9 A/figuur 4.9 B*.

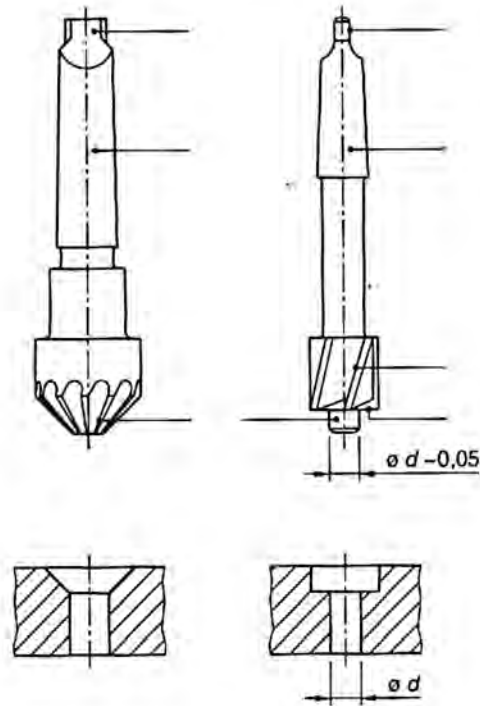
Als snijgereedschap gebruik je een *conische verzinkboor/spiraalboor/penverzinkboor*.

- 28 We geven hieronder de namen van enkele onderdelen van de verzinkboren die je in figuur 4.10 kunt zien.

Schrijf nu de cijfers op de juiste plaatsen in de tekeningen.

Het zal duidelijk zijn dat je bepaalde cijfers vaker gebruikt.

- 1 snijkant(en)
- 2 schacht
- 3 uitdrijflip
- 4 geleidepen (soms verwisselbaar)



Figuur 4.10

- 29 In deze opdracht stel je vast hoe je op een bepaalde diepte verzinkt. De handelingen noemen we in willekeurige volgorde.
- 1 de schaalverdeling of numeriek maataflezing op nul stellen
 - 2 op de juiste diepte boren
 - 3 de verzinkboor in de boorhouder plaatsen
 - 4 het snijdende gedeelte op de bovenkant van het werkstuk of gatrand stellen

Wat is de juiste werkvolgorde?

- a 1 – 4 – 3 – 2
- b 1 – 3 – 4 – 2
- c 3 – 4 – 1 – 2
- d 3 – 1 – 4 – 2

- 30 Waarom heeft een conische verzinkboor geen geleidepen en een penverzinkboor wel?

- 31 Bij het boren met verzinkboren geldt als regel dat de aan te houden snijsnelheid is:
- het dubbele van die bij een spiraalboor met dezelfde middellijn
 - 50% van die bij een spiraalboor met dezelfde middellijn
 - 25% van die bij een spiraalboor met dezelfde middellijn

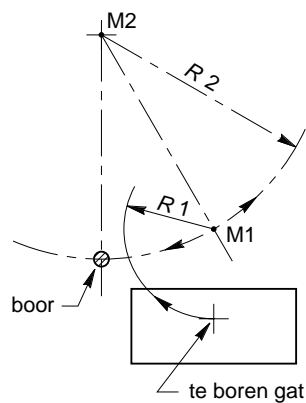
Boormachines

Bestudeer eerst de volgende paragrafen uit je kernboek:

- ##.2 Handboormachines
- ##.3 Boormachines met een vaste plaats

Beantwoord vervolgens de vragen/opdrachten 32 t/m 34.

- 32 Bekijk figuur 4.11 en lees de volgende omschrijving.
De tafel met het werkstuk is draaibaar om zijn eigen as M1 en ook om M2. Je kunt dus elk gewenst punt van het werkstuk onder de boor brengen. Welke boormachine heeft deze mogelijkheid?
- tafelboormachine
 - kolomboormachine
 - radiaalboormachine



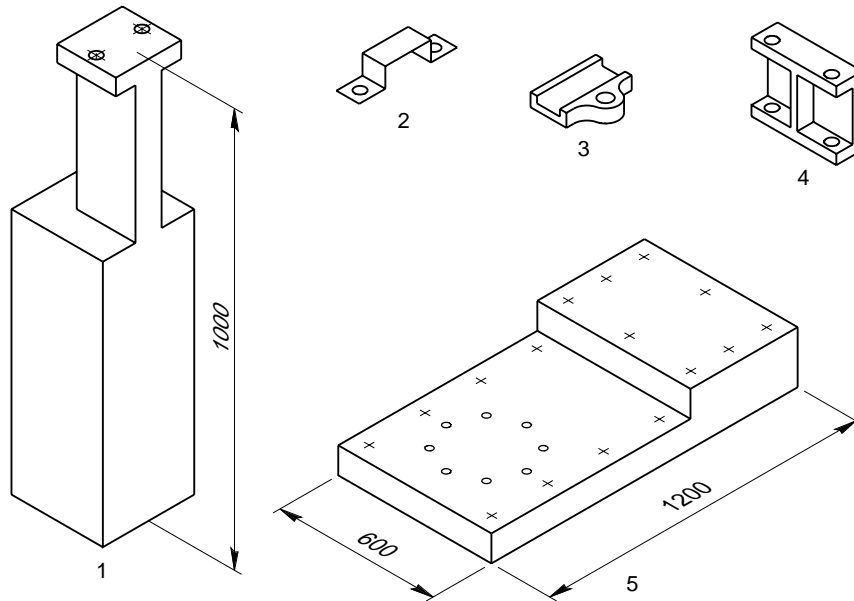
Figuur 4.11

33 We beschrijven vijf toepassingen die met de tekeningen 1 t/m 5 van figuur 4.12 worden toegelicht. Bij elke toepassing betreft het één product, dus geen seriewerk. Welke boormachine gebruik je?

Kruis het goede antwoord aan en noem de reden.

De beschikbare boormachines zijn:

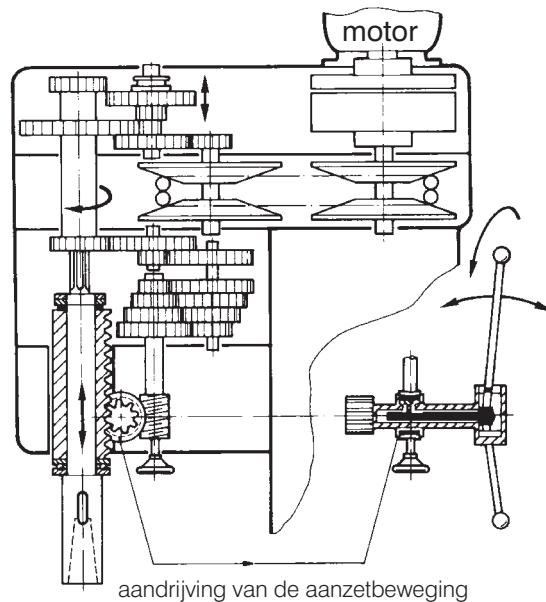
- a elektrische handboormachine
- b tafelboormachine
- c kolomboormachine
- d radiaalboormachine



Figuur 4.12

	a	b	c	d	reden
1 Twee gaten van 14 mm in het voetstuk van figuur 4.12-1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2 Een gat van 16 mm in het product van figuur 4.12-3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3 Zestien gaten van 18 mm en acht van 5 mm in een product dat 6000 N weegt (zie figuur 4.12-5)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4 Twee gaten van 6 mm in de beugel van figuur 4.12-2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5 Vier gaten van 22 mm in het product van figuur 4.12-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

- 34 Figuur 4.13 is het aandrijfschema van een kolomboormachine. De motor drijft via een traploze regeling en tandwielen de boorspil aan. De aanzetbeweging wordt via tandwielen afgeleid van de hoofdspil.



Figuur 4.13

Gevraagd

- Ga in de tekening na hoe de roterende (snij) beweging van de hoofdspil tot stand komt en kleur de betreffende aandrijfonderdelen rood.
- Met hoeveel verschillende toerentallen kan de hoofdspil draaien?

Antwoord: _____

- Met hoeveel verschillende toerentallen kan de hoofdspil draaien als je de traploze regeling niet verstelt?

Antwoord: _____

- Ga na hoe de automatische aanzet tot stand komt en kleur de betreffende aandrijfonderdelen blauw.

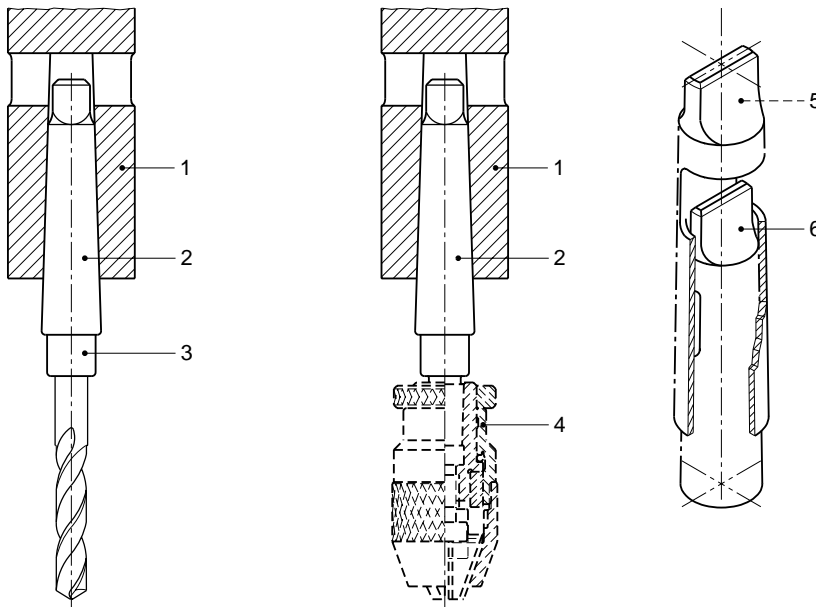
- Hoeveel verschillende aanzetsnelheden zijn mogelijk als je de traploze regeling niet verstelt?

Antwoord: _____

Spannen van spiraalboren en verzinkboren

Boren met een conische schacht kun je direct of met verloophulzen in de boorspil bevestigen. De tapsheid van het gat in de boorspil is zodanig dat het bevestigde onderdeel klemt. Je spreekt van een zelfklemmende conus. De conusvorm heet *morseconus* (mc) en is genormaliseerd. Er zijn morseconussen met verschillende middellijnen, die worden aangeduid met mc 1, mc 2, ... mc 6. De inwendige en uitwendige vormen passen zelfklemmend in elkaar. Meer informatie geeft figuur 4.14. Hierbij behoort de volgende verklaring:

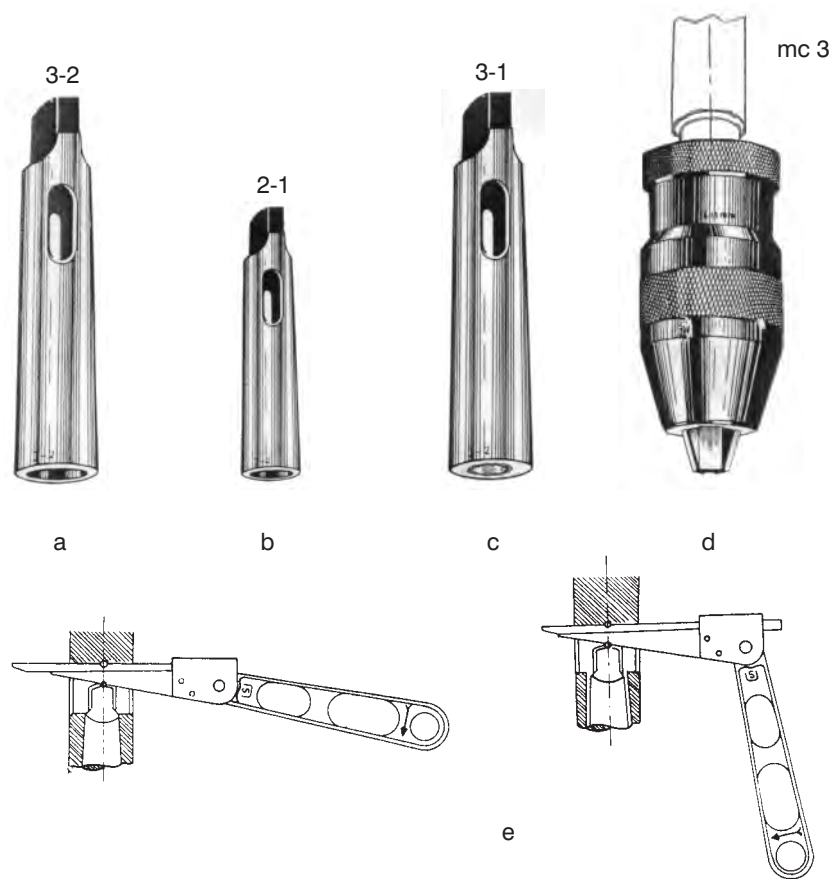
- 1 boorspil
- 2 verloophuls
- 3 boor met conische schacht
- 4 zelfcentrerende boorhouder voor boren met cilindrische schacht
- 5 verloophuls, uitwendig mc 3 en inwendig mc 2
- 6 verloophuls, uitwendig mc 2 en inwendig mc 1



Figuur 4.14

Beantwoord nu de vragen/opdrachten 35 t/m 37.

- 35 Stel dat je een kolomboormachine met een opname mc 3 in de boorspil kunt gebruiken. Als hulpgereedschap is aanwezig:
- a een verloophuls uitwendig mc 3 / inwendig mc 2
 - b een verloophuls uitwendig mc 2 / inwendig mc 1
 - c een verloophuls uitwendig mc 3 / inwendig mc 1
 - d een zelfcentrerende boorhouder
 - e een conusuitdrijver



Figuur 4.15

Gevraagd

Welke hulpgereedschappen gebruik je voor de volgende vijf toepassingen?

- | | a | b | c | d | e |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 Het spannen van boren tot en met 13 mm die cilindrische schachten hebben. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 Het verwijderen van de boorhouder uit de boorspil. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 Het spannen van een boor van 14 mm die een conische schacht mc 1 heeft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 Het spannen van een boor van 20 mm die een conische schacht mc 2 heeft. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 Het verwijderen van een verloophuls mc 2/mc 1 uit een verloophuls mc 3/mc 2. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 36 Bestudeer de werking van de conusuitdrijver en bereideneer hoe de uitdrijfkracht op de uitdrijfclip van de boor ontstaat.
- 37 Goede klemkracht van de in elkaar passende morseconussen van boren en verloophulzen behoud je langdurig door ze:
- a in te oliën voordat je ze in elkaar schuift
 - b in elkaar te tikken met een hamer
 - c voortdurend schoon en vrij van beschadiging en roest te houden

Veiligheid en onderhoud

Beantwoord de vragen/opdrachten 38 en 39.

- 38 Deze opdracht gaat over de *veiligheid* bij het boren en verzinken. Er worden vijf onveilige situaties genoemd (1 t/m 5) en zes maatregelen om de veiligheid te verbeteren (a t/m f).
Gevraagd wordt om voor elke onveilige situatie de passende maatregel(en) te kiezen.

Maatregelen:

- a de noodstopshakelaar bedienen
- b de docent alarmeren
- c een hoofddekseel dragen
- d je veiligheidsbril steeds blijven dragen
- e een beschermkap om de draaiende boor laten aanbrengen
- f het werkstuk goed vastklemmen

onveilige situatie	maatregelen					
	a	b	c	d	e	f
1 kans op verschuiven en verdraaien van het werkstuk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 lang hoofdhaar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 kans om spanen in je ogen te krijgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 spanen kunnen de werkplaats in slingeren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 een persoon is door een ongeval niet meer in staat zelf iets te ondernemen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 39 In deze opdracht besteden we aandacht aan het onderhoud en het milieu. Beoordeel de onderstaande zeven beweringen.

	juist	onjuist
1 Regelmatig onderhoud komt de veiligheid ten goede.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 De boormachine moet elk jaar worden geleverd.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 De opspantafel en boor- en verzinkgereedschappen moet je voortdurend schoon houden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Alle blanke delen en geleidingen moet je licht in de olie houden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Je moet de boormachine elke dag smeren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Je moet de machine smeren volgens het smeervoorschrift.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Je moet het koelmiddel éénmaal per week bijvullen en controleren op vervuiling.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Samenvatting

De toepassing van boren

- Cilindrische gaten maken om onderdelen aan elkaar te kunnen verbinden door bijvoorbeeld bouten.
- Nabewerkingen te kunnen doen zoals sleufgaten maken en schroefdraad tappen.

Het principe van boren

Roterend wegsnijden van materiaal met een spiraalboor waardoor een cilindrisch gat ontstaat.

Enkele typen boormachines

Tafelboormachine, kolomboormachine en radiaalboormachine. Welke boormachine je gebruikt, hangt af van de grootte en het gewicht van het werkstuk en de gatmiddellijn. Opdracht 33 gaat hierover.

Hoe de spiraalboor in elkaar zit, kun je nog eens nagaan in de opdrachten 2 t/m 11.

Slijpfouten aan de boor veroorzaken: verlopen gaten, te grote gaten, happen van de boor, gebogen snijkanten en verminderde snijcapaciteit. In opdracht 14 worden oorzaak en gevolg met elkaar in verband gebracht.

Het in te stellen toerental kun je berekenen met:
$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

Hierin is:

v de snijsnelheid in m/min (tabel ##.2 uit je kernboek)

d de boormiddellijn in mm

n het toerental in min^{-1}

In de werkplaats bepaal je het toerental vlug met een diagram.

De toepassing van verzinken

- Kop van schroef, bout en klinknagel onder het oppervlak van de constructie brengen.
- Gaten ontbramen.

Het principe van verzinken

Aan bestaande gaten een profiel snijden met een verzinkboor.

Spannen van spiraalboren en verzinkboren

Boren tot een middellijn van 13 mm hebben een cilindrische schacht. Je kunt ze in een zelfcentrerende boorhouder spannen.

Grotere boren hebben een conische schacht. Ze worden zelfklemmend opgenomen in de boorspil, zonodig met behulp van een verloophuls.

Tijdens het boren mag het werkstuk niet los gaan. Onnauwkeurige gaten en onveilige situaties kunnen hiervan het gevolg zijn.

Als je veilig werkt, komt dat ook de veiligheidssituatie van anderen in je omgeving ten goede!

Zelftoets

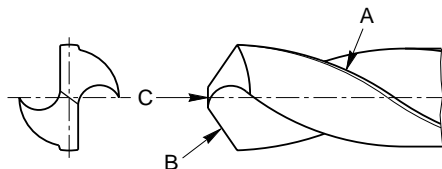
Elke goed beantwoorde vraag is 10 punten waard. Totaal zijn maximaal 100 punten te behalen. Overleg met de docent over de betekenis van je totaalscore.

- 1 Om welke twee redenen wordt de bewerking boren toegepast?
- om onderdelen aan elkaar te kunnen verbinden, om onderdelen te kunnen demonteren
 - om een perfecte oppervlakte-afwerking te krijgen, om andere bewerkingen te kunnen doen
 - om andere bewerkingen te kunnen doen, om onderdelen aan elkaar te kunnen verbinden
 - om onderdelen aan elkaar te kunnen verbinden, om een perfecte oppervlakte-afwerking te krijgen

- 2 Hoe heten de roterende en de rechtlijnige beweging die een spiraalboor maakt tijdens het boren?

roterend – **rechtlijnig**

- snedediepte – aanzet
 - snijbeweging – snedediepte
 - snijnsnelheid – aanzet
 - snijbeweging – aanzet
- 3 Hoe heten de snijkanten die zijn aangeduid met A, B, C en hoeveel zijn er van elk?



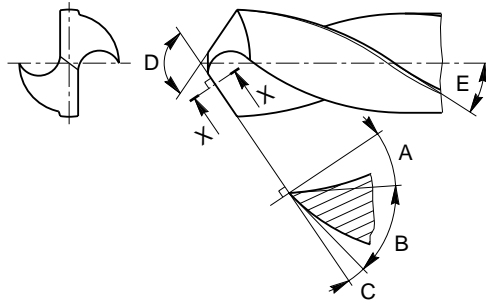
A

B

C

- | | | | |
|---|---------------------|---------------------|--------------------|
| a | dwarssnijkant (2×), | hoofdsnijkant (2×), | hulpsnijkant (1×) |
| b | hulpsnijkant (2×), | hoofdsnijkant (2×), | dwarssnijkant (1×) |
| c | hoofdsnijkant (1×), | dwarssnijkant (2×), | hulpsnijkant (1×) |
| d | hulpsnijkant (1×), | hoofdsnijkant (2×), | dwarssnijkant (1×) |
- 4 Waarom moet je gaten vanaf een middellijn van ongeveer 15 mm voorboren?
- de dwarssnijkant verspaant slecht omdat de spaanhoek daar negatief is
 - de dwarssnijkant verspaant slecht omdat de vrijloophoek klein is
 - de dwarssnijkant verspaant slecht omdat de spaanhoek daar positief is
 - de hulpsnijkant verspaant slecht omdat de spaanhoek daar negatief is

- 5 Hoe heten de hoeken die zijn aangeduid met A, B, C, D, E?



- | | A | B | C | D | E |
|---|--------------|----------|--------------|-------------|-------------|
| a | spaanhoek | punthoek | vrijloophoek | wighoek | spiraalhoek |
| b | vrijloophoek | wighoek | spaanhoek | spiraalhoek | punthoek |
| c | vrijloophoek | wighoek | spaanhoek | punthoek | spoedhoek |
| d | spaanhoek | wighoek | vrijloophoek | punthoek | spiraalhoek |
- 6 Als je boren koopt met verschillende spiraalhoeken, zal ook de grootte van een andere hoek verschillend zijn. Welke hoek is dat en wat is de bedoeling daarvan?
- de vrijloophoek, om happen tegen te gaan
 - de spaanhoek, om aan te passen bij het werkstukmateriaal
 - de vrijloophoek, om de spanen beter te kunnen afvoeren
 - de spaanhoek, om minder wrijvingswarmte te ontwikkelen
- 7 Stel dat je veel gaten moet boren in een zwaar werkstuk. De werkstukafmetingen zijn: 800 mm × 1000 mm × 200 mm. De grootte van de gaten varieert van 8 mm tot 25 mm.
Welke boormachine kun je voor dit werk het beste kiezen?
- de elektrische handboormachine, omdat deze gemakkelijk verplaatsbaar is
 - de radiaalboormachine, omdat je met de boorarm boven elke boorplaats kunt positioneren zonder het werkstuk te verplaatsen
 - de radiaalboormachine, omdat je het werkstuk in elke positie onder de boorspil kunt rollen
 - de kolomboormachine, omdat je elk punt van het werkstuk onder de boorspil kunt zwenken

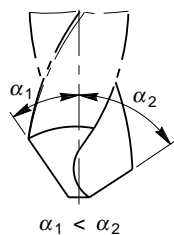
- 8 Je moet bepaalde bewerkingen doen om de kop van een inbusschroef onder de oppervlakte van een constructie te krijgen. Hoe is je werkvolgorde en welk gereedschap heb je telkens nodig?

Kies en combineer uit de onderstaande mogelijkheden.

bewerkingen	gereedschappen
1 boren steelgat	A centerpons en hamer
2 centerboren	B centerboor
3 aftekenen	C conische verzinkboor
4 vlakverzinken	D kopverzinkboor
5 centeren	E hoogteschuifmaat en afschrijver
	F spiraalboor

Welke combinatie is van bewerkingen en gereedschappen is juist?

- a 3A - 5C - 1F - 4D - 2B
 b 3E - 5B - 2A - 1D - 4C
 c 3E - 5A - 2B - 1F - 4D
 d 3E - 5A - 2B - 4D - 1F
- 9 In ongelegeerd staal moeten gaten met een middellijn van 12 mm geboord worden. De snijsnelheid mag 30 m/min zijn.
 Gevraagd: Bereken het maximale toerental in min^{-1} .
- a 796
 b 820
 c 127
 d 1130
- 10 De hoofdsnijkanten van een spiraalboor maken ongelijke hoeken met de hartlijn. De punt ligt wel in het midden. Welke invloed heeft dit op het gat?
- a het gat wordt te groot
 b het gat wordt te klein en verloopt
 c het gat wordt te groot en verloopt
 d het heeft geen invloed op het gat



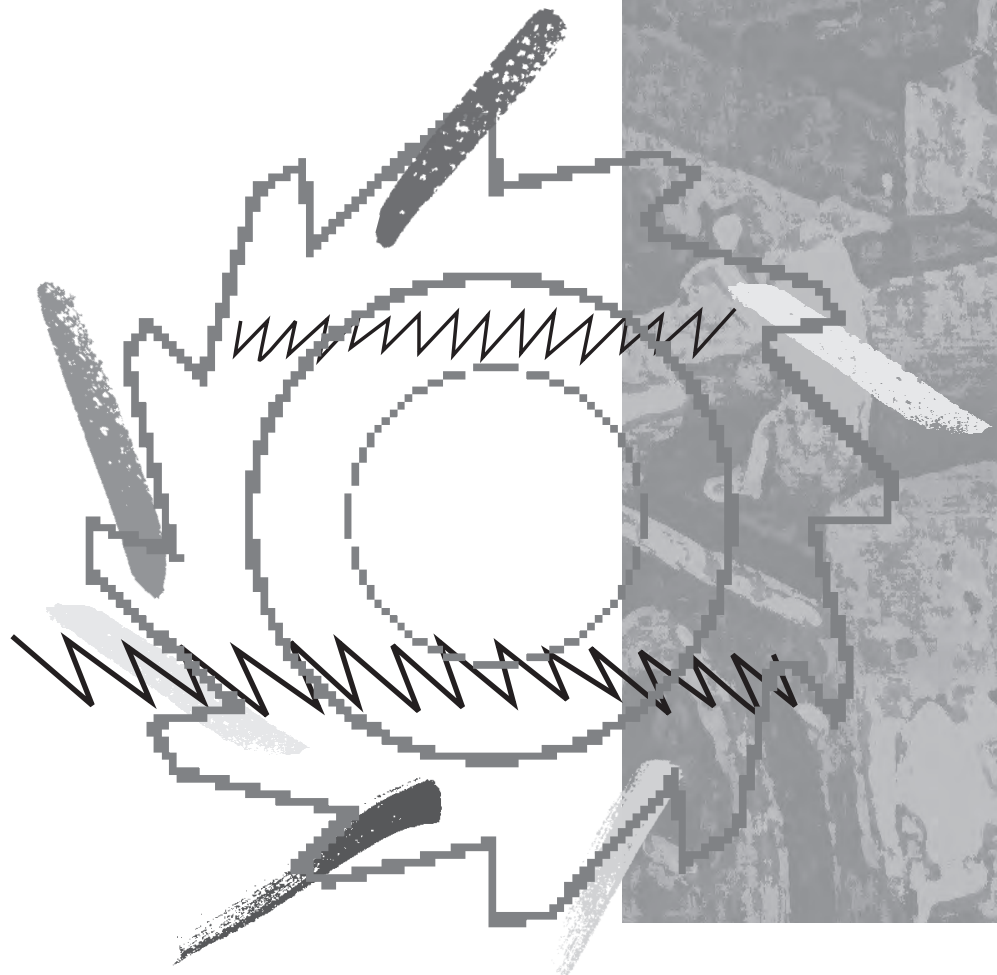
Praktijk van het draaien

2

K. Kort

**Redactie
H. Hebels**

2013



2.1 Inleiding

Bij het draaien verwijder je grote spanen om het werkstuk zo snel mogelijk de gewenste afmetingen te geven. Daardoor ontstaan er grote verspaningskrachten en hoge temperaturen. Het is dus niet zo vreemd als je blauwe spanen krijgt. Zie figuur 2.1.



Figuur 2.1 Blauwe spanen

In dit hoofdstuk lees je hoe je zo snel mogelijk kunt verspanen zonder schade aan de draaimachine te veroorzaken.

2.2 Draaibewerkingen

In de praktijk zijn er verschillende soorten draaibewerkingen, zoals voordraaien, nadraaien, langsdraaien en vlakken.

2.2.1 Voordraaien en nadraaien

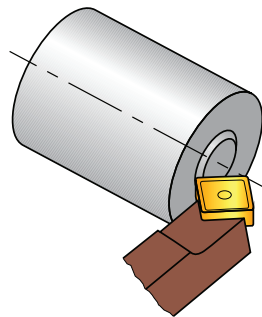
Bij draaien is er een verschil tussen voordraaien en nadraaien. Voordraaien doe je om in korte tijd zoveel mogelijk materiaal te verspanen. Bij het voordraaien ontstaan er dus grote verspaningskrachten en hoge

verspaningstemperaturen. De wisselplaat in de beitel moet een zo'n groot mogelijke punthoek hebben om deze krachten te kunnen opnemen. Je draait het werkstuk voor, tot het bijna de gewenste maat heeft.

Het verschil met de gewenste maat heet de toegift. Je verwijdert de toegift bij het nadraaien. Daarbij breng je het product op de gewenste maat en je geeft het de gewenste oppervlakteruwheid. Je kiest bij het nadraaien een kleinere snedediepte en een hoger toerental dan bij het voordraaien. Daarbij gebruik je de tabellen van de leverancier van het snijgereedschap.

2.2.2 Vlakken

Vlakken (of dwarsdraaien) is een bewerking loodrecht op de hartlijn van het product. Zie figuur 2.2. Door te vlakken geef je de voorkant van het product een vlak oppervlak. Je kunt het product door het te vlakken ook de juiste lengte geven.



Figuur 2.2 Vlakken

Zoals bij alle draaibewerkingen is het ook bij vlakken belangrijk dat de beitel precies op centerhoogte staat. Als een beitel onder de centerhoogte staat, blijft er een puntje in het hart van het werkstuk staan. Staat de beitel boven centerhoogte dan zal het verspaningsproces bij een kleine diameter stoppen.

Om het toerental te bepalen ga je uit van de grootste diameter. Daardoor wordt de snijsnelheid steeds lager als de beitel richting het hart gaat. Op een verouderde draaimachine wordt het materiaaloppervlak daardoor richting het hart steeds ruwer.

Moderne draaimachines hebben een constante snijsnelheid. Als de beitel bij het vlakken richting het hart beweegt neemt het toerental toe, tot een vooraf instelbaar maximaal toerental. Daardoor krijgt het materiaaloppervlak een constante ruwheid.

Tijdens het vlakken kun je de langsslede vastklemmen. Hierdoor kan de langsslede tijdens het draaien niet verlopen.

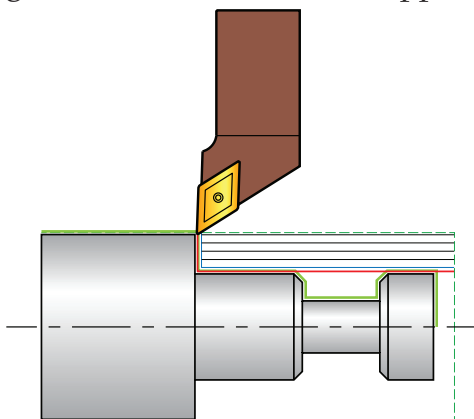
2.2.3 Langsdraaien

Bij het langsdraaien beweegt de beitel evenwijdig aan de hartlijn van het product (in de Z-richting). Zie figuur 2.3.



Figuur 2.3 Langsdraaien

Je kunt inwendig en uitwendig langsdraaien. Voordat je gaat draaien maak je een snedeplan. Zie figuur 2.4. In het snedeplan geef je aan welk deel je gaat voordraaien en in hoeveel sneden je dit wil doen. De laatste snede gebruik je voor het nadraaien. Bij het voordraaien zorg je ook voor een toegift in de Z-richting. Bij het nadraaien van de vereiste diameter verwijder je deze toegift. Je verplaatst de beitel tot de exacte Z-maat en draait de beitel vervolgens terug met de dwarslede. Hierdoor wordt de exacte Z-maat gerealiseerd en wordt het oppervlak glad.

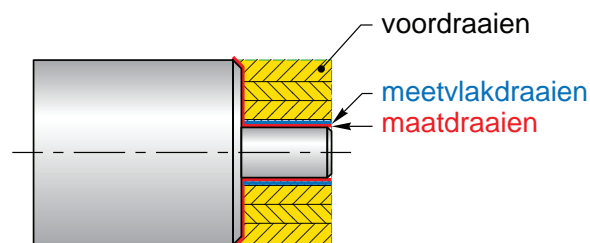


Figuur 2.4 Snedeplan bij langsdraaien

2.2.4 Passingdraaien

Passingdraaien is langsdraaien waarbij de maatvoering een kleine tolerantie heeft. De tolerantie wordt in 0,001 mm gegeven. Voor het meten van een passing gebruik je een micrometer. Het werkstuk dat je meet mag niet heet zijn, want door uitzetting ontstaat een afwijking.

Bij het passingdraaien maak je een snedeplan. Op de passingmaat laat je een dubbele toegift staan. De eerste toegift gebruik je om het meetvlak te draaien. De tweede toegift gebruik je om de exacte passing te draaien (maatvlakdraaien). Zie figuur 2.5.



Figuur 2.5 Snedeplan bij passingdraaien

Na het voordraaien laat je het product eerst afkoelen. Bij meetvlak- en maatvlakdraaien moeten de verspaningscondities gelijk zijn. Je mag het toerental, de aanzet, de beitel en de snedediepte dus niet aanpassen. Als je het meetvlak hebt gedraaid meet je de afmetingen met de micrometer. Als laatste ga je maatdraaien.

2.3 Steekbewerkingen

Bij steken draaien we een groef in een product. Zie figuur 2.6.



Figuur 2.6 Steekbewerkingen

We onderscheiden:

- insteken;
- kopsteken;
- afsteken.

2.3.1 Insteken

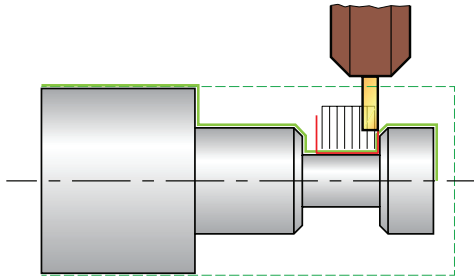
Insteken is het draaien van een groef in een product. Er zijn drie manieren om in te steken. Welke methode je kiest hangt af van de breedte en de diepte van de groef.

Groef smaller of gelijk aan 8 mm

Hierbij kun je het beste kiezen voor een steekbeitel die dezelfde breedte heeft als de groef. Met deze beitel kun je de groef in één keer steken.

Groef dieper dan de breedte en breder dan 8 mm

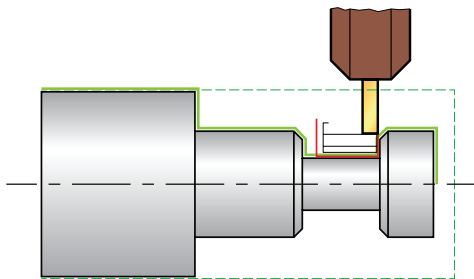
Hierbij steek je met een beitel een aantal keer naast elkaar, tot je de gewenste breedte hebt bereikt. Zie figuur 2.7. Je laat een toegift staan voor het nadraaien. Bij het nadraaien steek je de toegift in Z-richting weg, totdat de groefdiameter is bereikt. Vervolgens draai je de bodem van de groef met een langsbeweging glad.



Figuur 2.7 Snedepplan bij insteken

Groef breder dan de diepte en breder dan 8 mm

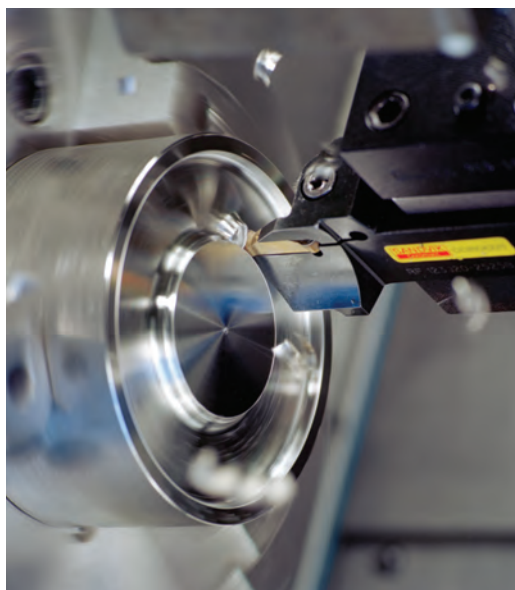
Om deze groef te maken begin je met steken. Daarna laat je de beitel een langs beweging maken om de breedte van de groef te draaien. Je gebruikt daarvoor een beitel met twee snijkanten. Zie figuur 2.8.



Figuur 2.8 Snedepplan bij insteken door middel van langs beweging

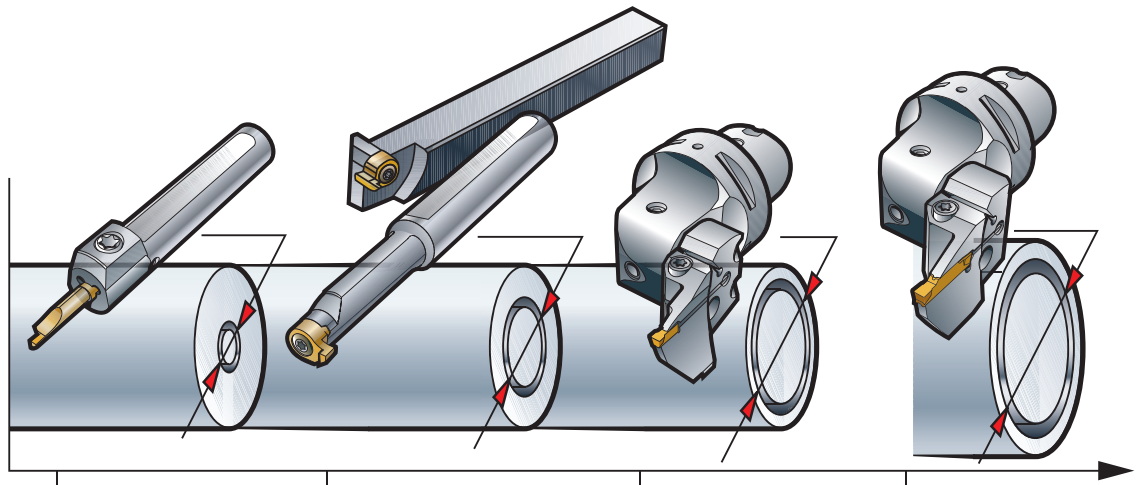
2.3.2 Kopsteken

Kopsteken is het steken van een groef op de kops kant van het product. De steekrichting is axiaal (evenwijdig aan de hartlijn). De beitel die je gebruikt moet afgerond zijn, zodat deze in de groef past. Zie figuur 2.9.



Figuur 2.9 Kopsteken

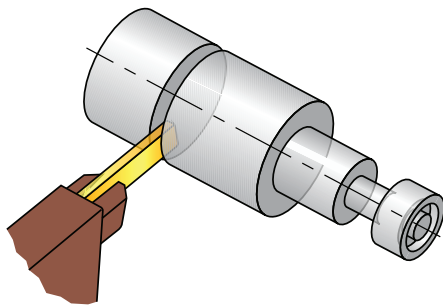
Voor verschillende groefdiameters heb je verschillende beitels nodig. Zie figuur 2.10.



Figuur 2.10 Vormen van kopsteekbeitels

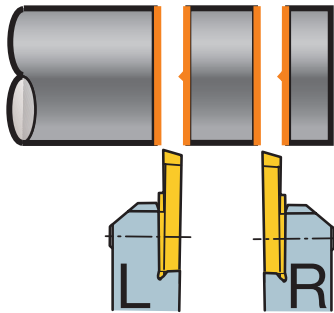
2.3.3 Afsteken

Bij afsteken scheid je een werkstuk van stafmateriaal. Zie figuur 2.11. Hierdoor maak je het werkstuk eenvoudig op lengte. De maximale diameter waarbij je dit kunt doen hangt af van de uitsteeklengte van de beitel. In de praktijk neem je voor de maximale uitsteeklengte van de beitel acht keer de breedte van de beitel.



Figuur 2.11 Afsteken

Als je bij het afsteken bijna bij het hart van het product bent, breekt het product af. Hierdoor zal er een pit op het product achterblijven. Je kunt dit voorkomen door een beitel te gebruiken met een instelhoek tussen 10 en 15 graden. Een instelhoek is een schuine voorkant aan de beitel. Door deze schuine kant zal het product op de gewenste plaats afbreken. Zie figuur 2.12. Om het afbreken zo lang mogelijk uit te stellen, moeten de verspaningskrachten zo klein mogelijk zijn. Daarom maak je de aanzet steeds kleiner als de beitel naar het hart van het product gaat.



Figuur 2.12 Afsteken met instelhoek

2.3.4 Kanten breken

Als het product gereed is kun je de scherpe kanten verwijderen door deze te breken. Dit moet je doen vóór het afsteken. Kanten breken is een klein schuin kantje maken van $0,25 \times 45^\circ$. Je kunt dit doen met een beitel met een vierkante wisselplaat en een intredehoek van 45 graden.

2.4 Afstellen van werkstuk en beitel

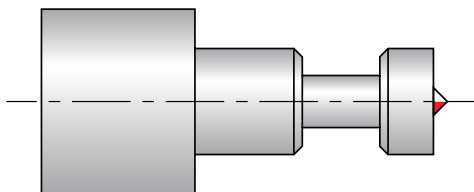
Voor je begint met draaien moet je de positie van het werkstuk en de beitel vastleggen.

2.4.1 Uitsteeklengte

De uitsteeklengte van het materiaal in de draaimachine moet zo kort mogelijk zijn. Zonder ondersteuning mag het materiaal maximaal vier keer de diameter uitsteken. Anders zal het materiaal door de verspaningskrachten doorbuigen, waardoor de te draaien diameter niet over al gelijk is.

2.4.2 Vastleggen van het werkstuknulpunt

Bij een draaimachine werk je met een X-as en een Z-as. Je kiest het nulpunt van de Z-as bij voorkeur op de voorzijde van het product. Daardoor kun je de meeste lengtematen eenvoudig vanaf de voorzijde controleren. Zie figuur 2.13.



Figuur 2.13 Nulpunt aan de voorzijde van het product

Je kunt de X-as op de digitale aflezing op diameteraflezing of radiusaflezing instellen. Meestal gebruik je de diameteraflezing. Je kiest de nul van de X-as dan op de hartlijn van het product. Als je de beitel goed hebt afgesteld draait deze het werkstuk exact op de maat die op de digitale aflezing staat aangegeven.

2.4.3 Positie van de beitel vastleggen

Om de positie van de beitel in Z-richting vast te leggen, vlak je de voorzijde van het product. Na het vlakken stel je de Z-maat in op nul. We noemen dit het nullen van de beitel.

De X-waarde stel je in door met de beitel een stukje van het werkstuk te draaien in de Z-richting. Daarna meet je de diameter van het afgedraaide gedeelte en je stelt de waarde voor de X-maat in op de digitale aflezing.

2.5 Bijzondere draaibewerkingen

Naast langsdraaien, vlakken en steken zijn er nog twee bijzondere bewerkingen: conisch draaien en kartelen.

2.5.1 Conisch draaien

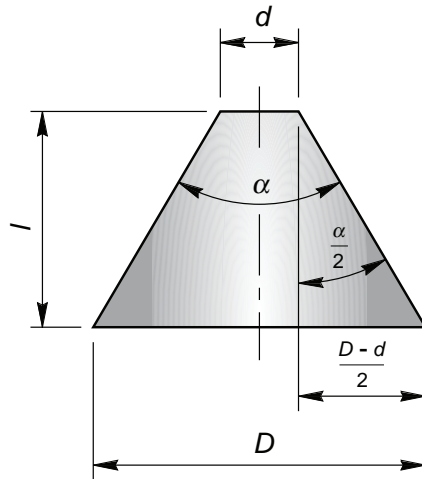
Conisch draaien is een kegelvorm aan een werkstuk draaien. De kegelvorm noem je een conus. Je kunt een uitwendige of een inwendige conus aan een werkstuk draaien. De mate waarin de diameter van de conus verloopt, noem je de coniciteit.

Om een conus te kunnen draaien moet de baan van de beitel een hoek maken met de hartlijn van de hoofdspil van de draaimachine. Korte werkstukken draai je meestal conisch op een CNC-draaimachine. Lange werkstukken draai je meestal conisch op een conventionele draaimachine.

Er zijn verschillende manieren om een conus op een tekening aan te geven en de instelhoek te berekenen. Hierna lees je welke manieren dat zijn.

Tophoek conus aangegeven

Als de tophoek α van de conus op de tekening staat, stel je de instelhoek in op $\frac{1}{2} \alpha$. Zie figuur 2.14.



Figuur 2.14 Aanduiding conisch werkstuk

Afmetingen conus aangegeven

Als de diameters D , d en de lengte l van de conus op de tekening staan, bereken je de instelhoek met de formule $\tan \frac{1}{2} \alpha = \frac{D-d}{2l}$. De instelhoek is dan $\frac{1}{2} \alpha$. Zie figuur 2.14.

Coniciteit aangegeven

Als de coniciteit is aangegeven, moet daarnaast ook één van de diameters (D of d) en de lengte (l) bekend zijn. De ontbrekende diameter bereken je met de formule $C = (D - d) : l$.

De instelhoek bepaal je vervolgens met de formule $\tan \frac{1}{2} \alpha = \frac{D-d}{2l}$.

Voorbeeld

Gegeven:

De coniciteit van een conus is 1:5. $D = 25$ en $l = 50$

Gevraagd:

Bereken de instelhoek.

Oplossing:

$$\begin{aligned} C &= (D - d) : l \Rightarrow \\ 1:5 &= (25 - d) : 50 \Rightarrow \\ 0,2 &= (25 - d) : 50 \Rightarrow \\ 10 &= 25 - d \Rightarrow \\ 10 + d &= 25 \Rightarrow \\ d &= 25 - 10 \Rightarrow \\ d &= 15 \end{aligned}$$

Vervolgens kun je de instelhoek berekenen:

$$\begin{aligned} \tan \frac{1}{2} \alpha &= \frac{D - d}{2l} \Rightarrow \\ \tan \frac{1}{2} \alpha &= \frac{25 - 15}{2 \times 50} \Rightarrow \\ \tan \frac{1}{2} \alpha &= 0,1 \Rightarrow \\ \frac{1}{2} \alpha &= 5,7^\circ \Rightarrow \\ \alpha &= 11,4^\circ \end{aligned}$$

2.5.2 Methoden voor conisch draaien

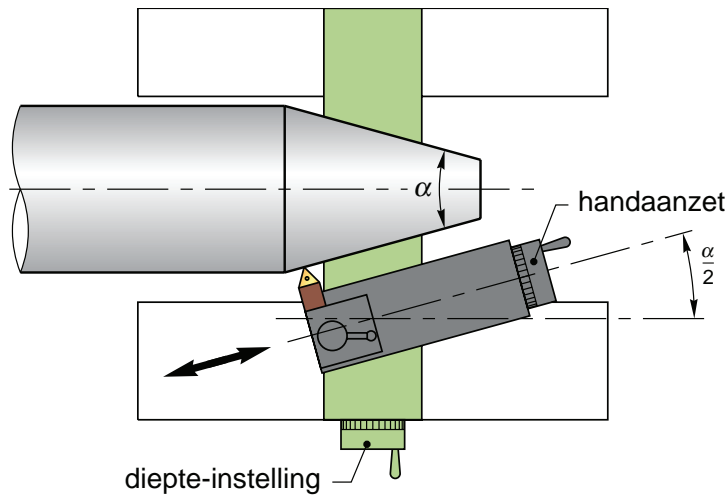
Bij conisch draaien beschrijft de beitel een baan onder een hoek ten opzichte van de hartlijn van de hoofdspil. Hierna lees je op welke manieren je dit kunt realiseren op een draaimachine.

Beitelslede onder een hoek plaatsen

Deze methode wordt bij conventioneel draaien het meest toegepast. Je kunt de draaimachine hierbij namelijk relatief snel instellen. Verder pas je deze methode vooral toe bij het draaien van korte conische producten.

Je leest de in te stellen hoek af op de gradenverdeling onder de beitelslede.

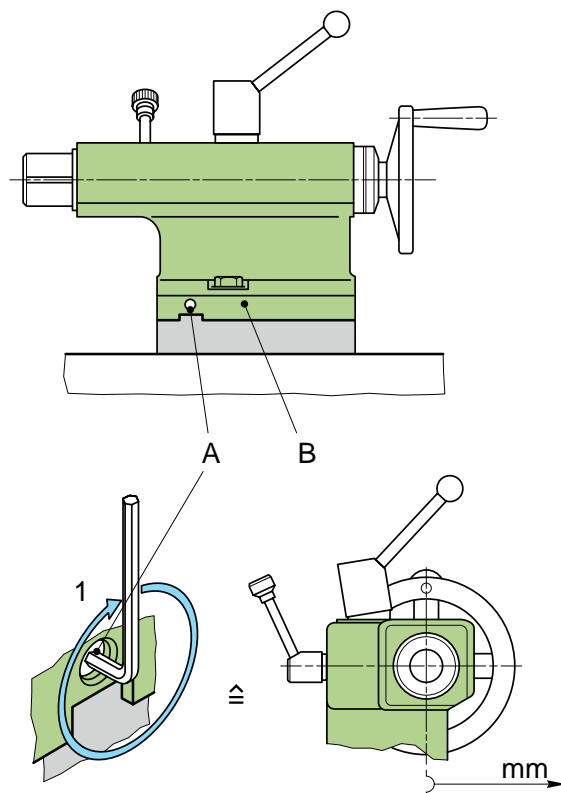
De lengte van de conusvlak kan nooit langer zijn dan de maximale slag van de beitelslede. Zie figuur 2.15.



Figuur 2.15 Conisch draaien door schuin stellen van de beitelslede

Losse kop zijdelings verplaatsen

Deze methode is geschikt om relatief lange werkstukken met een geringe coniciteit te draaien. De lengte van het conische deel moet minimaal 100 mm zijn. Je spant het werkstuk bij deze methode tussen de centers. Je verplaatst de hartlijn van het ingespannen werkstuk, zodat de hartlijn van het werkstuk een hoek maakt met de hartlijn van de hoofdspil. Dit doe je door de losse kop in X-richting te verplaatsen. Je kunt de losse kop verstellen door een bout aan één van de kopse kanten los te draaien. Zie figuur 2.16.



Figuur 2.16 Verplaatsing losse kop

Welke bout je moeten losdraaien hangt af van de richting waarin je de losse kop wilt verplaatsen. Je verplaatst de losse kop zijwaarts door bout A te verdraaien. In de handleiding van de machine kun je vinden hoe groot de verplaatsing is bij één omwenteling. Om de verplaatsing te controleren meet je dit met een meetklok.

Vervolgens bereken je de benodigde verplaatsing (v) van de losse kop met de volgende formule:

$$v = \frac{D - d}{2} \cdot \frac{L}{l}$$

Met:

- v = verplaatsing;
- D = grootste diameter van de conus;
- d = kleinste diameter van de conus;
- L = lengte van hele product;
- l = lengte van conus.

Voorbeeld

Gegeven:

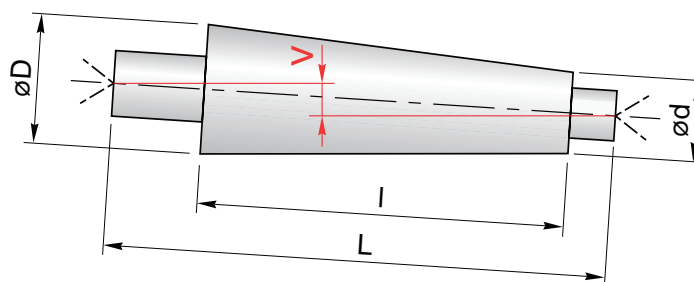
Je wilt het conische werkstuk in figuur 2.17 draaien.

a $D = 70$ mm.

b $d = 69$ mm.

c $L = 300$ mm.

d $l = 200$ mm.



Figuur 2.17 Conisch werkstuk

Gevraagd:

Bereken de verplaatsing v van de losse kop.

Oplossing:

$$v = \frac{D - d}{2} \cdot \frac{L}{l} \Rightarrow$$

$$v = \frac{70 - 69}{2} \times \frac{300}{200} \Rightarrow$$

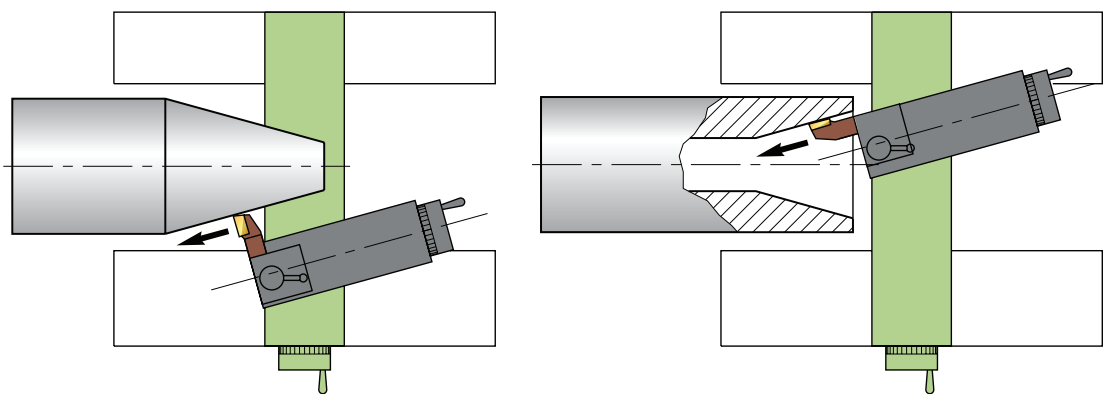
$$v = 0,75 \text{ mm}$$

Draaien van een inwendige en uitwendige conus

Als je een inwendige en een uitwendige conus moet draaien die op elkaar moeten passen, is het belangrijk dat de hellingshoek bij beide precies gelijk is. Je kunt dit bereiken door de beitelslede onder de gewenste hoek in te stellen en beide conussen onder dezelfde instelling te draaien.

Je draait eerst de uitwendige conus en vervolgens de inwendige.

Zie figuur 2.18. Omdat je de instelling van de beitelslede niet mag veranderen, moet je de binnendraaibeitel andersom in de beitelhouder plaatsen. Je verspaant daardoor aan de achterzijde van het gat.



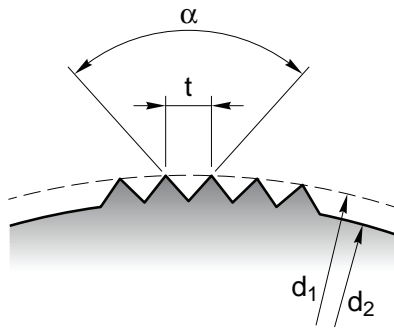
a uitwendige conus

b inwendige conus

Figuur 2.18 Draaien van uitwendige en inwendige passende conus

2.5.3 Kartelen

Kartelen is het opruwen van het oppervlak van een draaiwerkstuk, zodat een betere grip ontstaat. Je kunt met een speciaal gereedschap kartels op een werkstuk aanbrengen. In figuur 2.19 zie je de vorm van een kartel.



Figuur 2.19 Kartelvorm

De afmetingen van een kartel worden als volgt aangegeven:

- α = tophoek;
- t = steek;
- d_1 = diameter met kartels;
- d_2 = draaidiameter.

Veel toegepaste steekwaarden zijn 0,5 mm, 0,6 mm, 0,8 mm, 1 mm, 1,2 mm en 1,6 mm.

Kartelen door vervormen

Bij kartelen door vervormen druk je een speciaal kartelapparaat tegen het draaiende oppervlak van het werkstuk. De kartels worden aangebracht door plastische vervorming van het materiaal. Zie figuur 2.20.

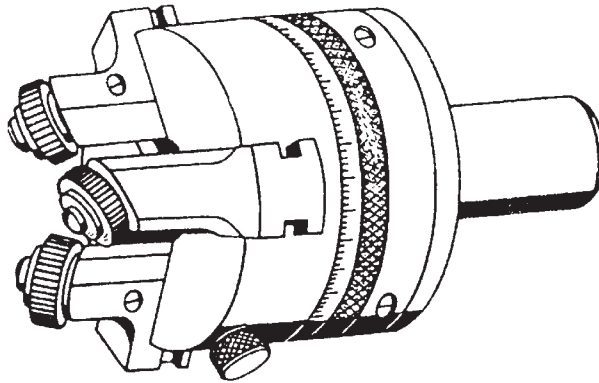


Figuur 2.20 Kartelapparaat voor kartelen door vervormen

De snijsnelheid bij kartelen door vervormen is 20 m/min. Je kiest een aanzet van 0,2 tot 0,3 mm/omw. Tijdens het kartelen gebruik je koelvloeistof om het oppervlak te smeren en te koelen.

Kartelfrezen

Bij kartelfrezen worden de kartels met een kartelfreesapparaat in het materiaal gesneden. Zie figuur 2.21.



Figuur 2.21 Kartelfreesapparaat

Bij deze kartelmethode zijn de bewerkingskrachten kleiner dan bij kartelen door vervormen. Je kunt daardoor dunnere producten kartelfrezen. Voeg koelmiddel toe om te smeren, te koelen en om de spanen weg te spoelen. Je stelt de snedediepte in op de kartelhoogte + 0,1 mm.

Voorbeeld

Gegeven:

$$t = 1 \text{ mm.}$$

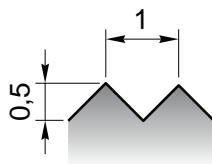
$$\alpha = 90^\circ.$$

Gevraagd:

Bereken de snedediepte.

Oplossing:

Bij een loodlijn vanuit de top ontstaat een gelijkzijdige driehoek met twee hoeken van 45° . De hoogte van de kartel is gelijk aan een halve steek. Als de steek 1 mm is, dan is de kartelhoogte 0,5 mm. Zie figuur 2.22.



Figuur 2.22 Snedediepte bepalen bij een kartel

De snedediepte die je moet instellen is de kartelhoogte + 0,1 mm. De snedediepte is dus $0,5 + 0,1 = 0,6$ mm.

De aanzet en snijsnelheid bij het kartelfrezen zijn afhankelijk van de diameter van de kartelfrees, het werkstukmateriaal en de diameter van het werkstuk. Zie tabel 2.1.

TABEL 2.1 A ANZET EN SNIJSNELHEID BIJ KARTELFREZEN									
Materiaalsoort	Diameter kartelfrees	$D_{\text{werkstuk}} < 12$		$12 < D_{\text{werkstuk}} < 40$		$40 < D_{\text{werkstuk}}$		f (mm/omw)	f (mm/omw)
		v_c (m/min)	f (mm/omw)	v_c (m/min)	f (mm/omw)	v_c (m/min)	f (mm/omw)		
Staal tot 600 N/mm ²	10	35	0,05-0,08	-	-	-	-	-	-
	14,5	45	0,05-0,09	4-	0,07-0,09	-	-	-	-
	20/21,5	60	0,05-0,14	60	0,07-0,15	55	0,07-0,15	0,07-0,15	0,07-0,15
	25	60	0,05-0,15	60	0,10-0,15	50	0,10-0,15	0,10-0,15	0,10-0,15
Staal boven 600 N/mm ²	10	25	0,04-0,07	-	-	-	-	-	-
	14,5	35	0,06-0,08	30	0,06-0,08	-	-	-	-
	20/21,5	50	0,06-0,12	45	0,06-0,12	40	0,06-0,12	0,06-0,12	0,06-0,12
	25	40	0,05-0,10	30	0,05-0,10	35	0,05-0,10	0,05-0,10	0,05-0,10
RVS	10	22	0,04-0,06	-	-	-	-	-	-
	14,5	30	0,06-0,08	28	0,06-0,08	-	-	-	-
	20/21,5	40	0,06-0,12	35	0,06-0,12	32	0,06-0,12	0,06-0,12	0,06-0,12
	25	35	0,05-0,10	30	0,05-0,10	30	0,05-0,10	0,05-0,10	0,05-0,10
Aluminium	10	70	0,06-0,18	-	-	-	-	-	-
	14,5	80	0,08-0,12	70	0,08-0,18	-	-	-	-
	20/21,5	120	0,10-0,25	110	0,10-0,25	100	0,10-0,25	0,10-0,25	0,10-0,25
	25	90	0,10-0,20	90	0,10-0,20	80	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20
Messing tot kortspanig	10	60	0,06-0,10	-	-	-	-	-	-
	14,5	70	0,08-0,12	60	0,08-0,12	-	-	-	-
	20/21,5	100	0,08-0,20	100	0,08-0,20	90	0,08-0,20	0,08-0,20	0,08-0,20
	25	90	0,10-0,15	90	0,10-0,15	80	0,10-0,15	0,10-0,15	0,10-0,15
Messing tot langspanig	10	50	0,05-0,09	-	-	-	-	-	-
	14,5	60	0,06-0,10	60	0,06-0,10	-	-	-	-
	20/21,5	90	0,07-0,15	90	0,07-0,15	80	0,07-0,15	0,07-0,15	0,07-0,15
	25	80	0,06-0,15	80	0,06-0,15	60	0,06-0,15	0,06-0,15	0,06-0,15

2.6 Spangereedschap

Als je een werkstuk in de draaimachine spant, moet de hartlijn zo goed mogelijk overeenkomen met de centerlijn van de draaimachine. Hoe kleiner de toleranties van het werkstuk, des te nauwkeuriger moet je het werkstuk positioneren. Bij draaien noem je dit centreren.

Om de juiste positie tijdens het draaien vast te houden klem je het werkstuk vast met spangereedschap. De keuze voor een spangereedschap hangt af van:

- de positioneernauwkeurigheid;
- het aantal producten;
- de lengte en diameter van het product;
- de vorm van het product.

2.6.1 Zelfcentrerende drieklauw

Je spant een werkstuk meestal in met een zelfcentrerende drieklauw. De drieklauw is zelfcentrerend omdat de drie klauwen gelijktijdig naar binnen of naar buiten bewegen.

Als de uitsteeklengte van het product groter is dan vier keer de diameter, moet je het werkstuk ondersteunen. Je boort dan een klein centergaatje in de kopse kant van het product en plaats hierin een meedraaiend center. Het meedraaiend center zit vast in de losse kop en ondersteunt het uitstekende deel van het werkstuk. Zo voorkom je dat het product tijdens het draaien doorbuigt. Zie figuur 2.23.



Figuur 2.23 Product in drieklauw en ondersteund door meedraaiend center

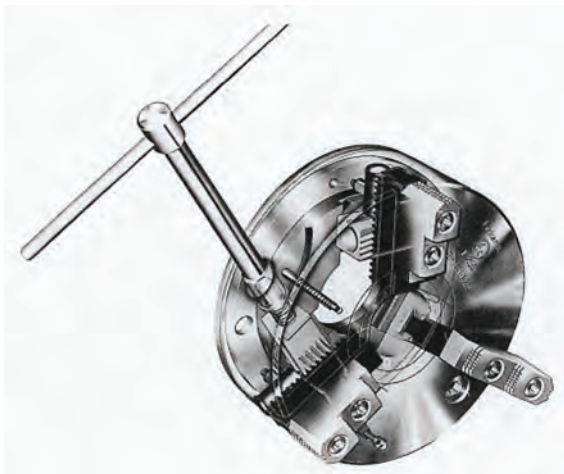
Het is ook mogelijk om aan de buitenzijde van de klauwen buisvormige en ringvormige producten op te spannen. Zie figuur 2.24.



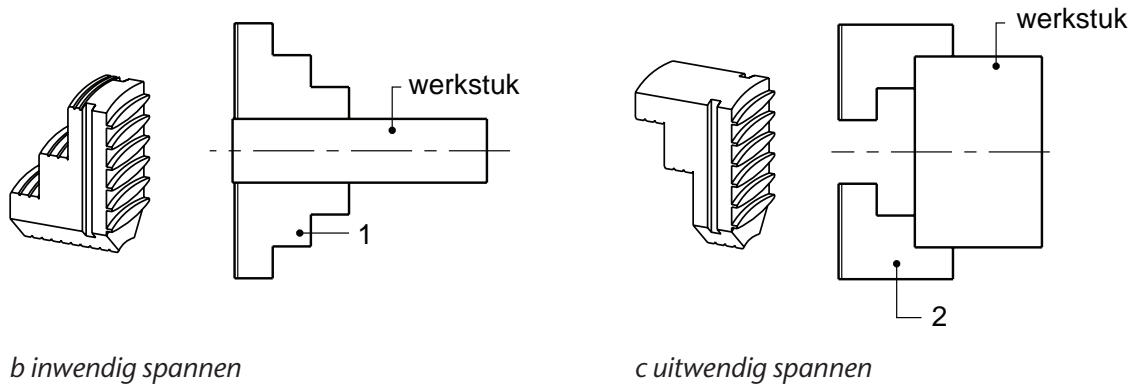
Figuur 2.24 Ringvormig product opgespannen in drieklauw

Spannen op uitwendige klauwen

Je kunt de inwendige klauwen van een drieklauw vervangen door uitwendige klauwen. Daarmee kun je producten met grote diameters uitwendig opspannen. Zie figuur 2.25.



a opengewerkte drieklauwplaat



Figuur 2.25 In- en uitwendig spannen in een drieklawwplaat

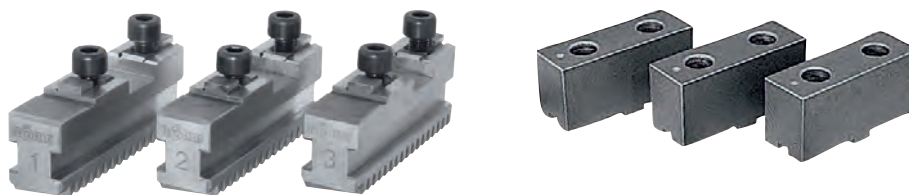
De klauwen zijn genummerd van 1 tot 3. De sleuven van de klauwplaat zijn ook genummerd. Bij het monteren van andere klauwen bevestig je eerst klauw 1 in sleuf 1, daarna klauw 2 in sleuf 2, enzovoorts.

Zachte klauwen

Zachte klauwen gebruik je om spanbeschadigingen te voorkomen. Je kunt ze ook gebruiken als bij het draaien een hoge centreernauwkeurigheid wordt gevraagd. Bij zachte klauwen is een centreernauwkeurigheid mogelijk van 0,01 mm.

Zachte klauwen bestaan uit basisbekken en zachte opzetbekken.

Zie figuur 10.26. Deze worden met inbusbouten op elkaar gemonteerd. De klauwen worden op dezelfde manier op de klauwplaat gemonteerd als bij uitwendig spannen. Bij het omspannen van een werkstuk is de nauwkeurigheid van een zelf-centrerende drieklaww 0,1 mm.

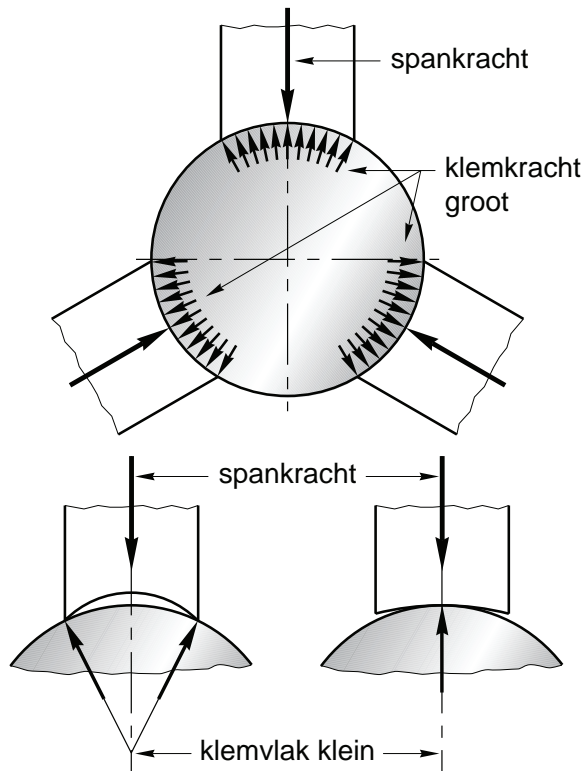


a basisbekken

b zachte opzetbekken

Figuur 2.26 Zachte klauwen

Voor het gebruik draai je de opzetbekken op de diameter van het product - 0,02 mm. Hiermee voorkom je dat de bek op één lijn het product klemt. Doordat er een klein verschil in diameter is, drukt niet het volledig klemvlak van de bekken op het product. Hierdoor ontstaat een grote klemdruk op de klemvlakken. Zie figuur 2.27.



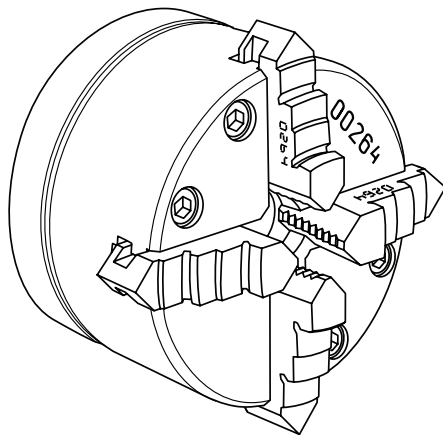
Figuur 2.27 Zachte bekken waarvan de diameter groter en kleiner zijn dan het product

2.6.2 Vierklauw

Vierkant en rechthoekig materiaal kun je niet opspannen in een drieklauw. Daarvoor gebruik je een zelfcentrerende vierklauw of een onafhankelijke vierklauw.

Zelfcentrerende vierklauw

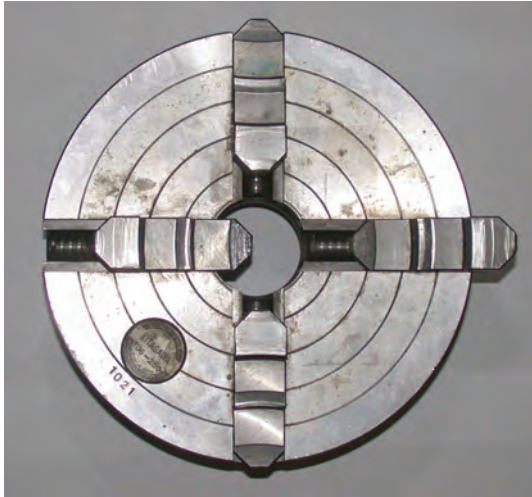
De zelfcentrerende vierklauw gebruik je om vierkante werkstukken inwendig en uitwendig te spannen. De werking komt overeen met die van de zelfcentrerende drieklauw. Zie figuur 2.28.



Figuur 2.28 Zelfcentrerende vierklauw

Onafhankelijke vierklauw

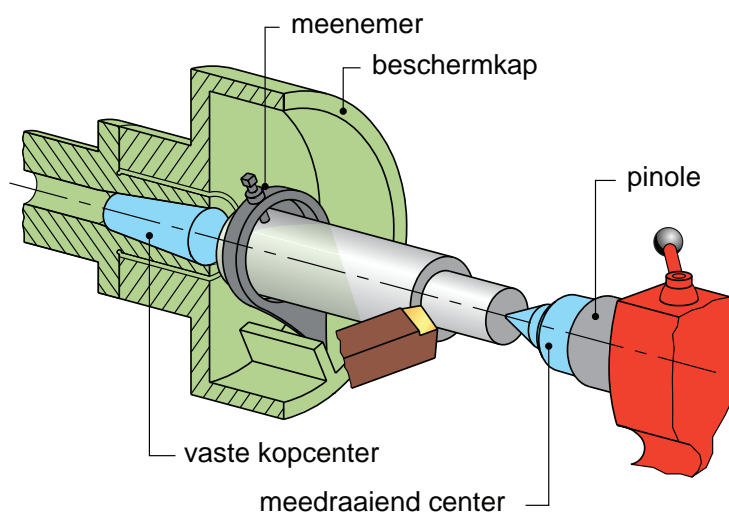
Je kunt de klauwen van een onafhankelijke vierklauw afzonderlijk naar binnen of naar buiten draaien. Zie figuur 2.29. Hierdoor kun je rechthoekig materiaal centrisch of excentrisch opspannen. Bij het opspannen moet je het werkstuk uitklokken, zodat het precies centrisch of excentrisch is geplaatst.



Figuur 2.29 Onafhankelijke vierklauw

2.6.3 Spannen tussen centers

Lange werkstukken span je bij voorkeur tussen de centers. Zie figuur 2.30.

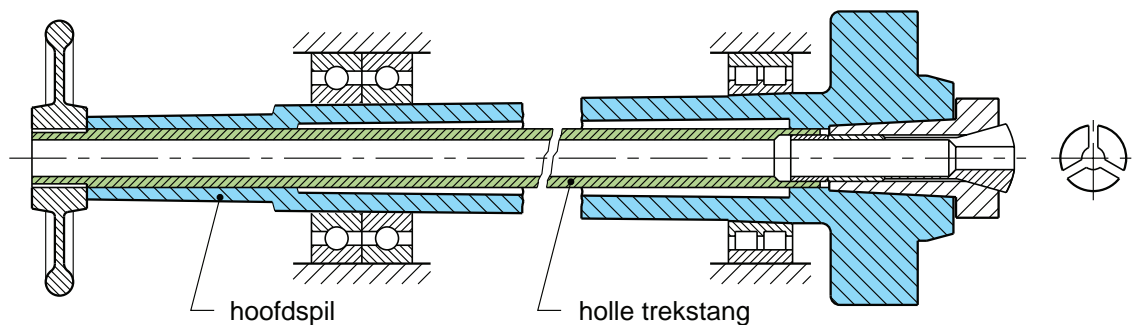


Figuur 2.30 Spannen tussen de centers

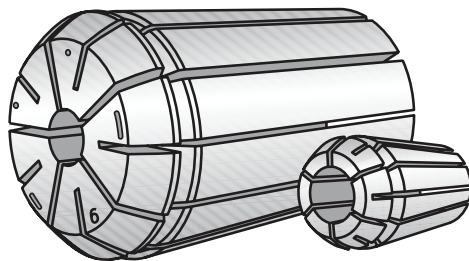
Op de kopse kanten van het product boor je een centergat. Je monteert een meenemerafplaat (beschermplaat) en vast kopcenter op de hoofdspil. In de losse kop plaats je een meedraaiend center. Op het product wordt een meenemer geschroefd die door de meenemerafplaat wordt meegenomen. Daarna plaats je het product tussen de centers. Hierdoor zal het product gaan draaien.

2.6.4 Spantang

Een spantang gebruik je om grotere series van kleine cilindrische producten te draaien. Je kunt deze producten zeer goed centreren in een spantang. Je monteert de spantang in een conische bus in de hoofdspil. Zie figuur 2.31. Er is een spantang voor elke productafmeting. Zie figuur 2.32.



Figuur 2.31. Spantang



Figuur 2.32 Spantangen voor verschillende afmetingen

2.7 Werkvoorbereiding

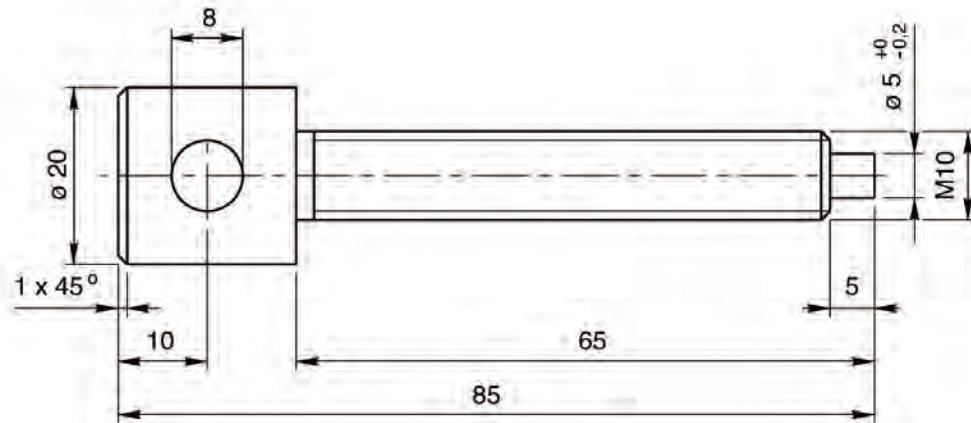
Je maakt een werkplan om het draaiproces voor te bereiden. Een bedrijf of een school gebruikt daarvoor meestal een eigen formulier of een werkstaat. Daarop vul je het werkplan in volgens onderstaand stappenplan.

Stappenplan werkvoorbereiding:

- Bepaal de bewerkingen en handelingen die je moet uitvoeren om het product te maken.
- Bepaal voor elke bewerking het gereedschap dat je moet gebruiken.
- Bepaal voor elke bewerking de juiste sneddiepte, aanzet en toerental.
- Bepaal voor elke bewerking het meetgereedschap waarmee je het resultaat wilt controleren.

Voorbeeld werkvoorbereiding

In figuur 2.33 en 2.34 zie je een te draaien spanschroef en het bijbehorende werkvoorbereidingsformulier.



Figuur 2.33 Spanschroef

Werkvoorbereidingsformulier

klas:		naam:		tr@nsferW			
bewerkingen	werkstuk:	aantal:	tek. nr.:		materiaal: <i>aut. st.</i>		
	<i>spanschroef</i>	<i>1</i>	<i>11</i>		afmetingen: $\varnothing 20 \times 87 \text{ mm}$		
	omschrijving bewerking	\bar{a} (mm)	f (mm/omw)	n (min^{-1})	span- gereed- schap	snij- gereed- schap	meet- gereed- schap
1	<i>vlakdraaien</i>	<i>0,3</i>	<i>0,15</i>	<i>800</i>	<i>drieklauw</i>	<i>ruwbeitel</i>	
2	<i>schuine kant 1 x 45°</i>					<i>ruwbeitel</i>	
3	<i>vlakdraaien 85 lang</i>					<i>ruwbeitel</i>	<i>schuifmaat</i>
4	<i>langsdraaien $\varnothing 10 \times 65$</i>	<i>1,5/0,5</i>	<i>0,15/0,1</i>	<i>800</i>		<i>mesbeitel</i>	<i>schuifmaat</i>
5	<i>langsdraaien $\varnothing 5 \times 5$</i>					<i>mesbeitel</i>	
6	<i>schuine kant 1 x 45°</i>					<i>ruwbeitel</i>	
7	<i>schroefdraad snijden M10</i>					<i>houder + snijplaat</i>	<i>boutbek- kaliber</i>

Figuur 2.34 Werkvoorbereidingsformulier

2.8 Kernpunten

Veel voorkomende draaibewerkingen:

- langsdraaien;
- dwarsdraaien;
- steken.

Passingdraaien is een langsdraaibewerking waarbij de tolerantie klein is.

Bij steken onderscheiden we:

- groefsteken;
- afsteken;
- kopsteken.

Verskillende manieren om een conus te draaien:

- de beitelslede onder een hoek plaatsen;
- de losse kop zijdelings verplaatsen.

Met de beitelslede onder een hoek kun je zowel inwendig als uitwendig conussen draaien. Moet een inwendige op een uitwendige conus passen, dan draai je de twee conussen zonder de beitelslede te verstellen.

Je kunt kartelen door de kartel te vervormen of te frezen. Bij kartels frezen zijn de krachten kleiner. Deze methode is geschikt voor dunne producten.

De keuze van het spangereedschap hangt af van:

- de positioneer nauwkeurigheid van het spangereedschap;
- het aantal producten;
- de lengte en diameter van het product;
- de vorm van het product.

Je kunt een werkstuk op de volgende manieren in de draaimachine opspannen:

- in een drieklauw met harde- of zachte inwendige of uitwendige klauwen;
- in een zelfcentrerende of onafhankelijke vierklauw;
- met spantangen;
- tussen de centers.

Verantwoording

Wij danken de volgende bedrijven, instanties en personen voor het beschikbaar stellen van illustraties:

Hoffmann Quality Tools BV, Hengelo figuur 2.20; figuur 2.26

iStockphoto figuur 2.23; figuur 2.24

jordachelr / 123RF Stockfoto figuur 2.9

K. Kort figuur 2.29

Sandvik Benelux BV, Schiedam figuur 2.6; figuur 2.10; figuur 2.12

Shutterstock figuur 10.1

stana / 123RF Stockfoto figuur 2.3

Opgaven

Draai bewerkingen

Bestudeer de volgende paragrafen uit de theorie:

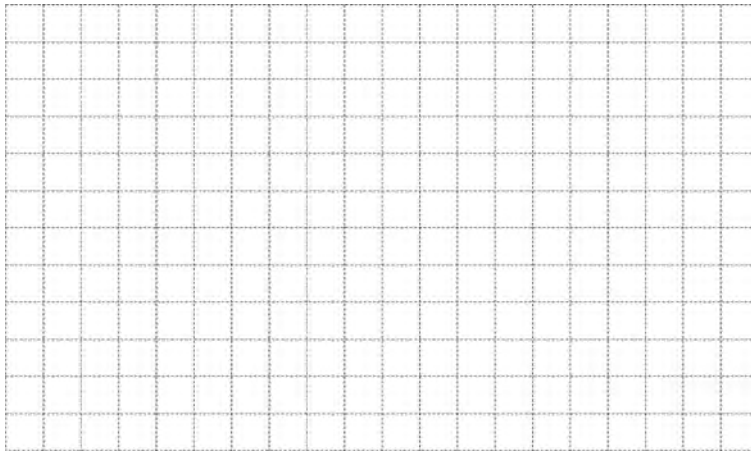
- 1 Inleiding
- 2 Draai bewerkingen
- 3 Steek bewerkingen

Maak de vragen/opdrachten 1 t/m 12.

- 1 Noem twee draai bewerkingen die je kunt uitvoeren door dwarsdraaien:

- 2 Welke bewering is waar?
- a Bij nadraaien gebruik je een zo groot mogelijke punthoek.
 - b Bij nadraaien gebruik je een grote snedediepte.
 - c Bij nadraaien verwijder je de toegift.
 - d Bij nadraaien ontstaan er hoge verspaningskrachten.
- 3 Bij voordraaien gebruik je:
- a een grote aanzet en een kleine snedediepte.
 - b een grote aanzet en een grote snedediepte.
 - c een kleine aanzet en een grote snedediepte.
 - d een kleine aanzet en een kleine snedediepte.

- 4 Teken een snedenplan voor het passingdraaien van een astap met een diameter van 28 mm en een lengte van 25 mm. Het uitgangsmateriaal is 35 mm dik.



- 5 Bij het vlakken van een werkstuk is de draaimachine ingesteld op een constante snijsnelheid $v = 215$ m/min. Hoe hoog is het toerental bij de volgende diameters:

$$D = 50 \text{ mm: } n = \text{_____} \text{ omw/min}$$

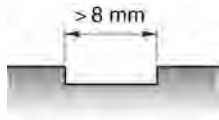
$$D = 35 \text{ mm: } n = \text{_____} \text{ omw/min}$$

$$D = 20 \text{ mm: } n = \text{_____} \text{ omw/min}$$

- 6 Beschrijf waarom bij meetvlak- en maatvlakdraaien de verspaningscondities gelijk moeten zijn.

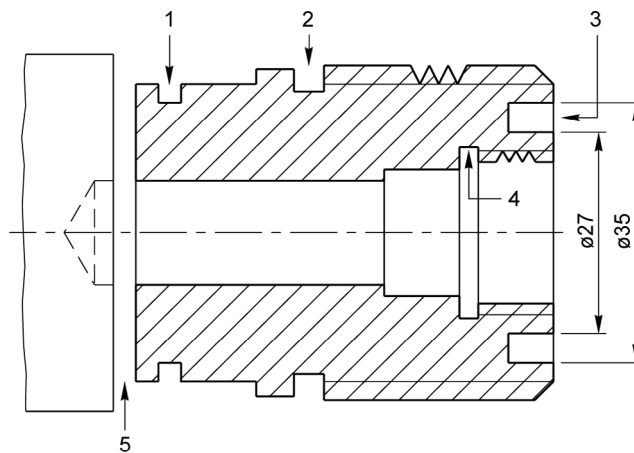
- 7 Noem drie bewerkingsmethoden van steken.

- 8 Als je bij insteken een groef smaller of gelijk aan 8 mm moet maken, voor welke methode kies je dan?
- Je steekt met een steekbeitel met een breedte die overeenkomt met de breedte van de groef.
 - Je steekt met een beitel een aantal keer naast elkaar tot de gewenste breedte is bereikt.
 - Je steekt om een begin van deze groef te maken, gevolgd door een langsbeweging om de breedte van de groef te draaien.



Figuur 1

- 9 Welke methode kies je voor het steken van de groef in figuur 1?
- Je steekt met een steekbeitel met een breedte die overeenkomt met de breedte van de groef.
 - Je steekt met een beitel een aantal keer naast elkaar tot de gewenste breedte is bereikt.
 - Je steekt om een begin van deze groef te maken, gevolgd door een langsbeweging om de breedte van de groef te draaien.

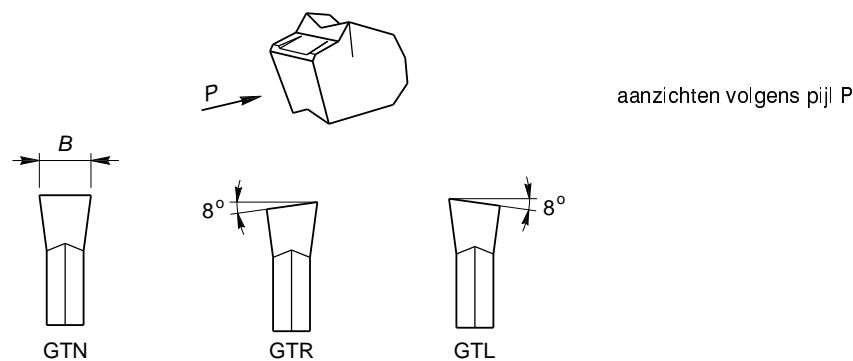


Figuur 2

- 10 Je wilt verschillende steekbewerkingen uitvoeren aan het product van figuur 2. De beschrijvingen van de bewerkingen zijn gegeven achter de nummers 1 t/m 5. De beschikbare beitels zijn:
- afsteekbeitel
 - insteekbeitel
 - kamerbeitel
 - kopsteekbeitel

Noteer de letters van de beitels die je kiest achter de bewerkingen:

beschrijving	beitel
1 groef voor een uitwendige borgring maken	_____
2 uitloopgroef voor uitwendige schroefdraad maken	_____
3 groef in het kopvlak maken	_____
4 uitloopgroef voor inwendige schroefdraad maken	_____
5 op lengte afkorten	_____



Figuur 3

- 11 In figuur 3 zie je de wisselplaten GTN, GTR en GTL. Je wilt hiermee drie steekbewerkingen uitvoeren:
- 1 insteken
 - 2 afsteken met de beitel aan de voorzijde van de centerlijn
 - 3 afsteken met de beitel aan de achterzijde van de centerlijn

In welke volgorde gebruik je de wisselplaten voor deze steekbewerkingen?

- a 1 GTR - 2 GTL - 3 GTN
 - b 1 GTN - 2 GTR - 3 GTL
 - c 1 GTN - 2 GTL - 3 GTR
 - d 1 GTL - 2 GTR - 3 GTN
- 12 Kanten breken is een klein schuin kantje maken van $0,25 \times 45^\circ$. Als de digitale uitlezing op diameterinstelling staat, dan moet je de beitel hiervoor:
- a 0,5 mm in Z-richting verplaatsen.
 - b 0,5 mm in X-richting verplaatsen.
 - c 0,25 mm in X-richting verplaatsen.
 - d 0,125 mm in X-richting verplaatsen.

Afstellen van werkstuk en beitel

Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie:
 – 4 Afstellen van werkstuk en beitel

Beantwoord de vragen/opdrachten 13 t/m 15.

- 13 Streep in de volgende tekst de foute antwoorden door.
 Er blijft een puntje in het hart van het werkstuk staan als je de beitel bij dwarsdraaien *onder/boven* de centerhoogte instelt. Het verspaningsproces stopt bij een kleine diameter als de beitel *onder/boven* de centerhoogte staat.

- 14 Als een werkstuk in de drieklauw op een draaimachine is bevestigd, dan ligt het werkstuknulpunt bij voorkeur:
- rechts aan de voorkant van het werkstuk.
 - links aan de voorkant van het werkstuk, tussen de klauwen.
 - rechts op de hartlijn van het werkstuk.
 - links op de hartlijn van het werkstuk, tussen de klauwen.
- 15 Als je een werkstuk in Z-richting gaat nullen, voer je de stappen uit die je ziet in de linkerkolom. Zet de stappen in de rechterkolom in de juiste volgorde.

Draai de kopse kant van het werkstuk vlak.	1
Werkstuk op kopse kant laten raken.	2
Voer de waarde -0,2 in de Z-as in.	3
Plaats de beitel voor het werkstuk op $Z = 0$	4

Bijzondere draaibewerkingen

Bestudeer de volgende subparagrafen uit de theorie:

- 5.1 Conisch draaien
- 5.2 Methoden voor conisch draaien

Beantwoord de vragen/opdrachten 16 t/m 23.

- 16 Je wilt een product draaien met een tophoek van 30° .

Je stelt de beitelsslede in op _____ graden.

- 17 Je wilt een conus draaien waarvan de grootste diameter 60 mm en de kleinste diameter 46 mm is. De lengte van de conus is 50 mm.

- a Bereken de instelhoek van de beitelsslede.

- b Bereken de tophoek van het product.

- 18 Je wilt een conus draaien met een coniciteit van 1 : 10.
 $D = 30$ mm en $l = 60$ mm.
 Bereken de instelhoek voor het draaien van deze conus.

- 19 Je wilt een conus draaien met een grote diameter $D = 51$ mm en een kleine diameter $d = 50$ mm. De totale lengte van het product is 300 mm. De lengte waarover de conus wordt gedraaid is 250 mm.
 Bereken de verplaatsing v van de losse kop.

- 20 In de linkerkolom zie je de bewerkingstappen voor het draaien van een passende in- en uitwendige conus. Ze staan in een willekeurige volgorde. Zet de bewerkingstappen in de juiste volgorde in de rechterkolom.

Plaats het materiaal voor de inwendige conus in de drieklauw.	1
Plaats het materiaal voor de uitwendige conus in de drieklauw.	2
Plaats een beitel voor inwendig draaien op zijn kop in de beitelhouder, zodat de hoek van de beitelhouder niet hoeft te worden versteld.	3
Zet de beitelslede onder de hoek van de conus.	4
Plaats een beitel voor uitwendig draaien in de beitelhouder.	5
Draai de inwendige conus op de gewenste diameter.	6
Boor het gat voor.	7
Draai de uitwendige conus op de gewenste diameter volgens tekening.	8

- 21 Waarom plaats je bij de vorige vraag de beitel voor inwendig draaien op zijn kop in de beitelhouder?

- 22 Je wilt een uitwendige conus draaien met een helling van 1 : 6. Je moet de uitwendige conus afdraaien totdat een inwendige conus met een gegeven diepte erop past. Bij een tussenmeting steekt de inwendige conus nog 0,6 mm te ver uit. Om de uitwendige conus op maat te draaien moet je:
- a de dwarsslede 0,6 mm verplaatsen.
 - b de dwarsslede $0,6 : 2$ mm verplaatsen.
 - c de langsslede 0,6 mm verplaatsen.
 - d de beitelslede 0,6 mm verplaatsen.
- 23 Wanneer pas je bij conisch draaien de methode toe waarbij je de losse kop verschuift?
- a bij lange werkstukken met een grote coniciteit
 - b bij lange werkstukken met een kleine coniciteit
 - c bij korte werkstukken met een kleine coniciteit
 - d bij korte werkstukken met een grote coniciteit

Bestudeer de volgende subparagraaf uit de theorie:

– 5.3 Kartelen

Beantwoord de vragen/opdrachten 24 t/m 29.

- 24 Je wilt een product met een diameter van 40 mm door vervormen voorzien van kartels.
- a Met welke snijsnelheid ga je dit doen?

 - b Bepaal of bereken het in te stellen toerental.

- 25 Een kartel heeft een steek van 1,2 mm en een tophoek van 90° . Welke snediediepte stel je in om deze kartel te maken ?

- 26 Je wilt een as van staal met een treksterkte tot 600 N/mm^2 en een diameter van 55 mm van kartels voorzien met een kartelfreesapparaat. De diameter van de kartelfrees is 25 mm.
- a Bepaal de snijsnelheid.
- _____
- b Bereken het toerental.
- _____
- c Bepaal de aanzet.
- _____
- 27 Hoeveel rollen heb je bij het maken van een kruiskartel minimaal nodig?
- a Minimaal 1 rol.
b Minimaal 2 rollen.
c Minimaal 3 rollen.
d Minimaal 4 rollen.
- 28 Bij het kartelen wordt de diameter van het product:
- a door vervormen groter en bij kartelfrezen kleiner.
b door vervormen kleiner en bij kartelfrezen kleiner.
c door vervormen groter en bij kartelfrezen nauwelijks groter.
d door vervormen kleiner en bij kartelfrezen groter.
- 29 Welke kartelmethode gebruik je bij het kartelen van gietijzer?
- a Kartelfrezen, omdat gietijzer moeilijk is te vervormen.
b Kartelfrezen, omdat gietijzer zelfsmerend is.
c Kartelen door vervormen, omdat de krachten hierbij klein zijn.
d Kartelen door vervormen, omdat er dan een glad oppervlak ontstaat.

Spangereedschap

Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie:

- 6 Spangereedschap

Beantwoord de vragen/opdrachten 30 t/m 39.

- 30 Noem twee redenen waarom je een product in een draaimachine goed moet opspannen.

1 _____

2 _____

- 31 Mag een werkstuk met een diameter van 20 mm zonder ondersteuning 85 mm uitsteken?
Dat mag *wel/niet*, omdat

- 32 Geef bij de onderstaande beweringen aan of deze waar of niet waar zijn.
- Bij draaien is centreren ook het positioneren van het product. *waar/niet waar*
- Het materiaal van het product heeft invloed op de keuze van het spanmiddel. *waar/niet waar*
- Om beschadiging van het product te voorkomen, mag je de spankracht van het spanmiddel kleiner maken. *waar/niet waar*

- 33 In de linkerkolom zie je een aantal omschrijvingen van producten. In de rechterkolom staan in willekeurige volgorde een aantal spanmiddelen. Zet de juiste opspanning achter elke productomschrijving.

Op te spannen product	Vul de juiste opspanning in:	Spanmiddel
Een product waarbij de tolerantie een centreernauwkeurigheid vraagt van 0,01 mm.		Stelplaat
Lange werkstukken die langsgedraaid moeten worden.		Onafhankelijke vierklauw
Een product van rechthoekig uitgangsmateriaal.		Spantang
Grote series kleine cilindrische producten.		Drieklauw
Buisvormige of ringvormige producten.		Drieklauw met zachte bekken
Een gietwerkstuk met een onregelmatige vorm.		Drieklauw en bril

- 34 Je wilt een product draaien in een opspanning met zachte klauwen. Plaats de bewerkingstappen van de rechterkolom in onderstaande tabel in de juiste volgorde.

1		Klauwen voordraaien, ongeveer 1 mm verwijderen.
2		Eindmeting uitvoeren.
3		Zachte klauwen plaatsen.
4		Klauwen uitdraaien op diameter van te spannen product min 0,02 mm.
5		Spanring die 2 mm kleiner is dan te spannen product in drieklauw plaatsen.
6		Procesmeting met driepuntsschroefmaat uitvoeren.

- 35 Als je een product met een grote diameter op harde buitenklauwen wilt opspannen, kun je de harde binnenklauwen *wel/niet* omdraaien. Waarom wel/niet?

- 36 Welke productvorm(en) kun je opspannen in een drieklauw?
- rond
 - vierkant
 - zeskant
 - achtkant
 - rechthoek
- 37 Hoe ver mag een werkstuk in de drieklauw uitsteken zonder extra ondersteuning?
- Een lengte gelijk aan de diameter van het werkstuk.
 - Een lengte gelijk aan $2 \times$ de diameter van het werkstuk.
 - Een lengte gelijk aan $4 \times$ de diameter van het werkstuk.
 - Een lengte gelijk aan $5 \times$ de diameter van het werkstuk.
- 38 Wat gebeurt er als je een zelfcentrerende vierklauw dichtdraait?
- Slechts één klauw beweegt naar binnen.
 - Een paar tegenover elkaar staande klauwen bewegen naar binnen.
 - Alle klauwen bewegen naar binnen.
 - Drie klauwen bewegen naar binnen.

- 39 Je wilt een product van 25 mm rond en 200 mm lang opspannen op een draaimachine. Welk spangereedschap gebruik je?
- een onafhankelijke vierklauw
 - een spantang van 25 mm
 - zachte klauwen in de drieklauw
 - een drieklauw en meedraaiend center in de losse kop

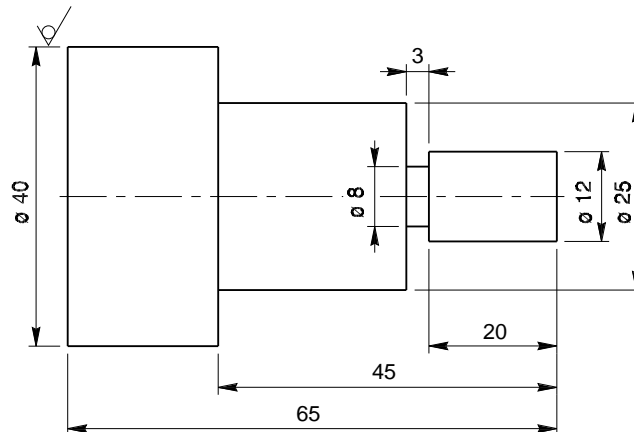
Werkvoorbereiding

Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie:

- 7 Werkvoorbereiding

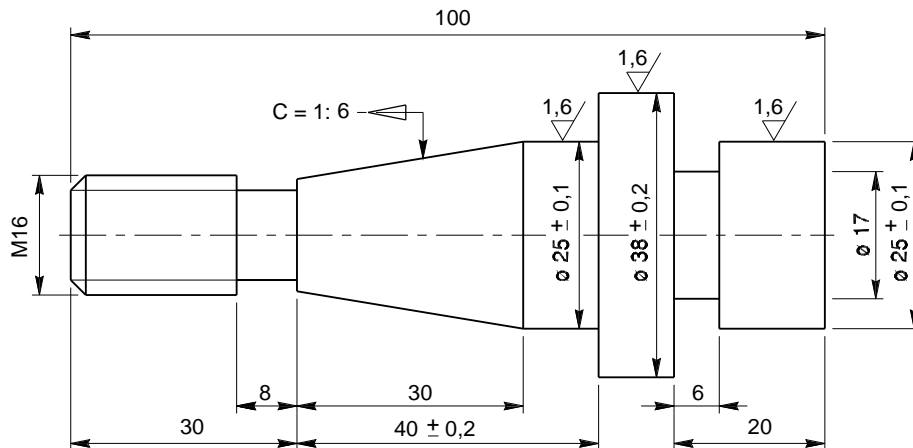
Maak in overleg met je docent één of meer van de opdrachten 40 t/m 45. Gebruik daarbij het werkvoorbereidingsformulier op de volgende bladzijde.

- 40 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 1. Gebruik hardmetalen snijplaatjes.



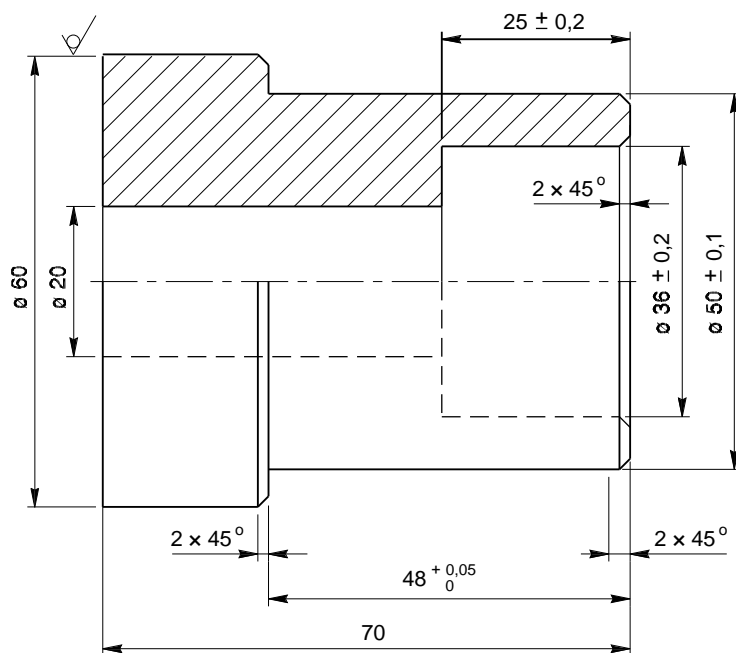
oppervlakteruwheid	$1,6/\sqrt{\text{ }}$ ($\sqrt{\text{ }}$)
materiaal	11SMnPb28
uitgangsafmetingen	$\varnothing 40$
afkortlengte	67
aantal producten	1

- 41 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 2.



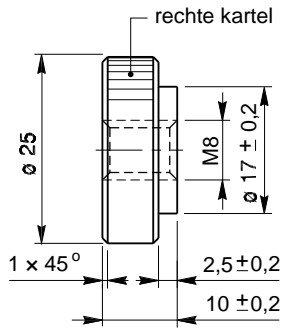
oppervlakteruwheid	$\sqrt[3,2]{\left(\sqrt[1,6]{\right)}$
materiaal	11SMnPb28
uitgangsafmetingen	$\varnothing 40$
afkortlengte	102
aantal producten	1

- 42 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 3. Gebruik hardmetalen snijplaatjes.



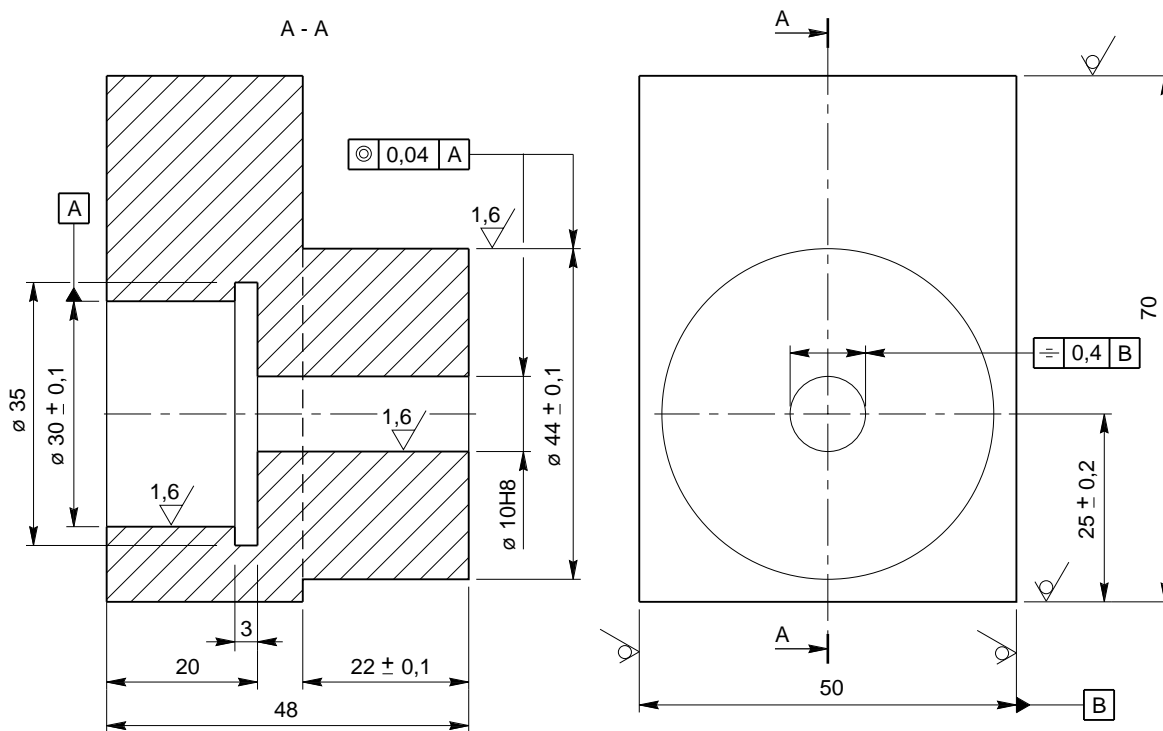
oppervlakteruwheid	$\sqrt[3,2]{\left(\sqrt{\right)}$
materiaal	AlCu4
uitgangsafmetingen	$\varnothing 60$
afkortlengte	72
aantal producten	1

- 43 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 4.



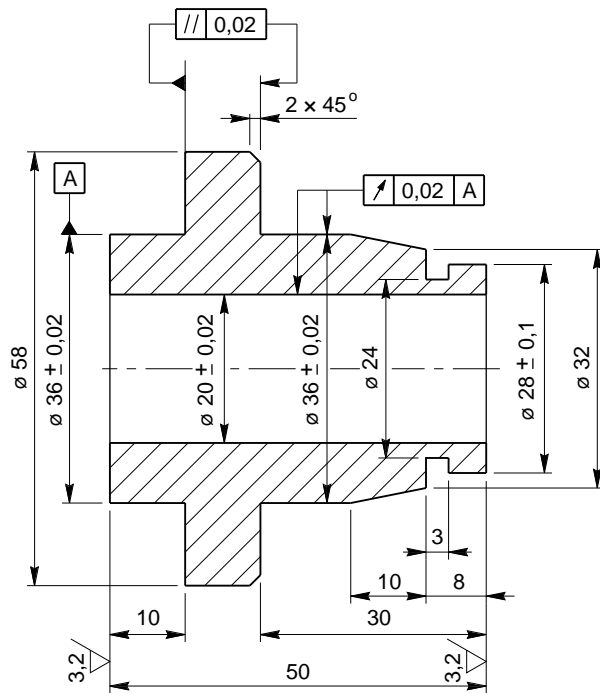
oppervlakteruwheid	$\sqrt{1,6}$
materiaal	CuZn40Pb3
uitgangsafmetingen	$\varnothing 25$
afkortlengte	staaf
aantal producten	1

- 44 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 5.



oppervlakteruwheid	$\sqrt{3,2}$ ($\sqrt{1,6}$, $\sqrt{1,6}$)
materiaal	11SMnPb28
uitgangsafmetingen	70 x 50
afkortlengte	50
aantal producten	1

- 45 Maak een werkvoorbereiding voor werkstuk 6. Gebruik hardmetalen snijplaatjes.



oppervlakteruwheid	$\sqrt{\text{1,6}}$ ($\sqrt{\text{3,2}}$)
materiaal	AlCu4
uitgangsafmetingen	$\varnothing 60$
afkortlengte	52
aantal producten	1

Afsluiting Praktijk van het draaien

Controlelijst

Hieronder zie je de checklist van onderwerpen die in dit hoofdstuk aan de orde zijn geweest. Geef aan welk van de onderdelen je goed beheerst en welke je misschien nog even beter moet bekijken.

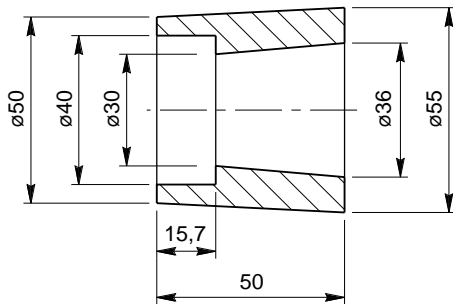
Je kunt:

- de verschillen noemen tussen voor- en nadraaien;
- de verschillen noemen tussen langs- en dwarsdraaien;
- beschrijven wanneer en waarom een constante snijsnelheid wordt toegepast;
- een snedenplan maken voor langsdraaien, dwarsdraaien, steken en inwendig draaien;
- een snedenplan voor passingdraaien maken;
- meetvlak- en maatvlakdraaien omschrijven;
- de drie methoden van insteken noemen;
- beschrijven hoe je een groef smaller of gelijk aan 8 mm kunt draaien;
- beschrijven hoe je een groef kunt draaien die dieper is dan de breedte en breder dan 8 mm;
- beschrijven hoe je een groef kunt draaien die breder is dan de diepte en breder dan 8 mm;
- het proces van kopsteken omschrijven;
- het verschil tussen in- en afsteken uitleggen;
- uitleggen hoe je kanten moet breken;
- beschrijven hoe je het nulpunt van het werkstuk op de machine moet vastleggen;
- twee manieren van conisch draaien omschrijven;
- in verband met coniciteit de volgende formule toepassen: $\text{tophoek} = \frac{1}{2}\alpha$;
- in verband met coniciteit de volgende formule toepassen: $\tan \frac{1}{2}\alpha = \frac{D-d}{2l}$;
- in verband met coniciteit de volgende formule toepassen: $C = (D - d) : l$;
- in verband met coniciteit de volgende formule toepassen: $v = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{L}{l}$;
- het draaien beschrijven van een in- en uitwendige conus die op elkaar moeten passen;
- het verschil aangeven tussen kartelen door vervormen en frezen;
- de snedediepte bepalen bij kartelen door frezen;
- aangeven waarom je voor een spangereedschap kiest;
- de verschillende soorten spangereedschappen benoemen;
- aangeven wanneer ondersteuning door een meedraaiend center bij het draaien in een drieklaww nodig is;
- het spannen op uitwendige klauwen beschrijven;
- het uitdraaien van klauwen met zachte bekken beschrijven;
- het verschil aangeven tussen een zelfcentrerende en een onafhankelijke vierklaww;
- een werkvoorbereiding voor een draaiwerkstuk maken.

Zelftoets

- 1 Welke bewering is waar?
 - a Bij voordraaien gebruik je een zo klein mogelijke punthoek.
 - b Bij voordraaien gebruik je een klein snedediepte.
 - c Bij voordraaien verwijder je de toegift.
 - d Bij voordraaien ontstaan er hoge verspaningskrachten.

- 2 Welke methode kies je als je een groef wilt draaien die breder is dan de diepte en breder is dan 8 mm?
 - a Je steekt met een steekbeitel met een breedte die overeenkomt met de breedte van de groef.
 - b Je steekt met een beitel een aantal keer naast elkaar tot de gewenste breedte is bereikt.
 - c Je steekt om een begin van deze groef te maken, gevolgd door een langsbeweging om de breedte van de groef te draaien.



Figuur 10

- 3 Het werkstuk van figuur 10 heeft een uitwendige (1) en inwendig conus (2). Bereken voor beide conussen de hoek waaronder de bovenslede moet staan als je ze moet draaien.

	1	2
a	6,84	5,71
b	2,86	5,00
c	2,86	3,43
d	5,71	6,84

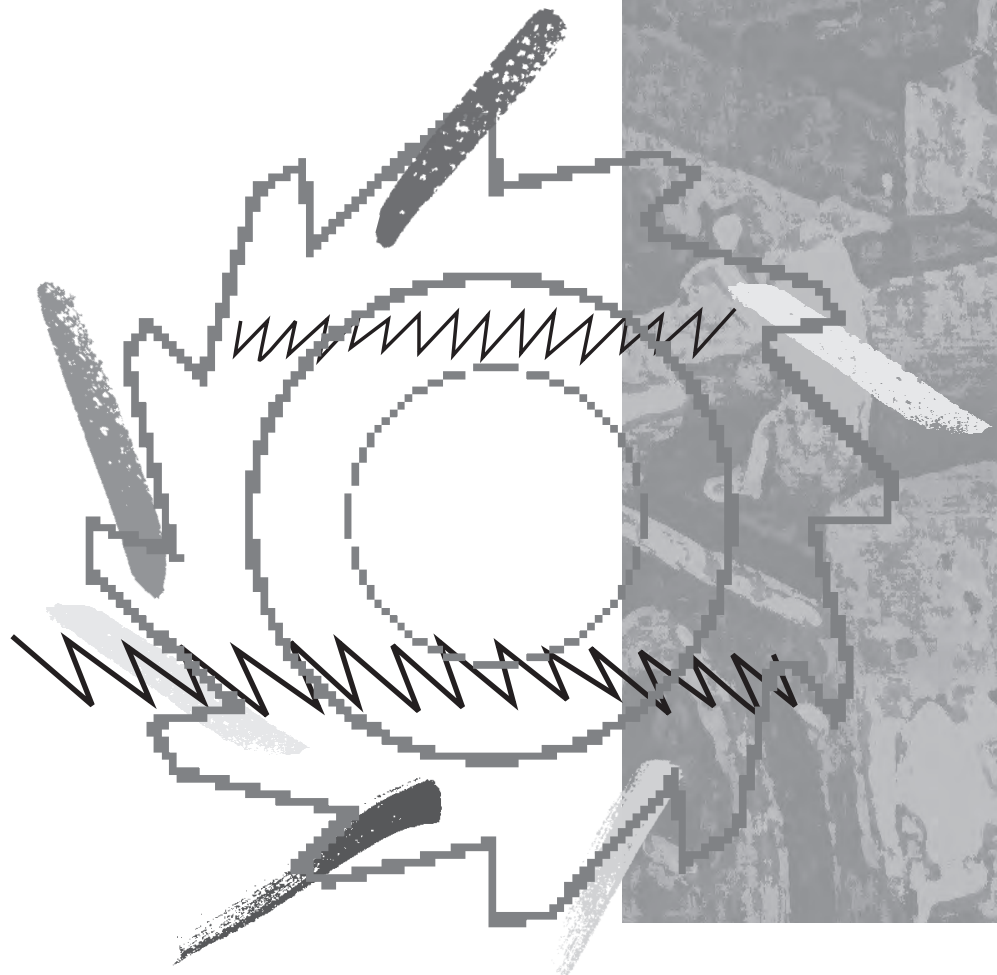
- 4 Je wilt een conus draaien met een kegeltophoek van $10^\circ \pm 0,3^\circ$. De beitelslede stel je schuin met behulp van een meetcilinder en meetklok. Hoeveel moet de meetklokuitslag zijn bij een beitelverplaatsing van 25 mm?
 - a 2,18 mm
 - b 4,34 mm
 - c 1,74 mm
 - d 0,87 mm

- 5 Waarvoor kun je kartelen toepassen? Er zijn meer antwoorden goed.
 - 1 Om de middellijn te verkleinen bij een perspassing.
 - 2 Om een te klein gedraaide middellijn te herstellen.
 - 3 Om een betere grip te krijgen op handgrepen.
 - 4 Om een goede verbinding te krijgen als je metalen producten insmelt in kunststof.

- 6 Welke methode van kartelen pas je toe voor een product van gietijzer?
- a Drukkend kartelen, omdat de deformatiekracht kleiner is.
 - b Drukkend kartelen, omdat het uiterlijk mooier is.
 - c Snijdend kartelen, omdat gietijzer moeilijk te deformereren is.
 - d Snijdend kartelen, omdat je dan niet hoeft te smeren.
- 7 Welk spanmiddel gebruik je voor seriewerk waarbij met hoge toerentallen wordt gedraaid?
- a Een drieklaauw, omdat die met grote kracht zelfcenterend spant.
 - b Een spantang, omdat die zelfcenterend spant en er door de compacte bouwwijze weinig kans op trillen door onbalans is.
 - c Een onafhankelijke vierklaauw, omdat je er vlug mee spant en onbalans kunt compenseren.
 - d Een stelplaat, omdat je het materiaal stevig kunt klemmen en onbalans kunt compenseren.
- 8 Noem twee redenen waarom je werkstukken in zachte klauwen opspant.
- a voorkomen van beschadiging – grote centreernauwkeurigheid
 - b voorkomen van beschadiging – veilig spannen
 - c snel spannen – grote centreernauwkeurigheid
 - d voorkomen van beschadiging – snel spannen
- 9 Waarom heeft een drieklaauw met zachte klauwen een hogere centreernauwkeurigheid dan een drieklaauw met geharde klauwen?
- a Het zachtere materiaal past zich aan bij het productmateriaal.
 - b De klemkracht mag groter zijn zonder dat het productmateriaal beschadigd raakt.
 - c De klauwen en de tandkrans met spiraal staan in dezelfde stand als die waarbij de klauwen zijn uitgedraaid.
 - d De klemkracht mag kleiner zijn omdat de vorm van de contactvlakken gelijk is.

Praktijk van het frezen

3



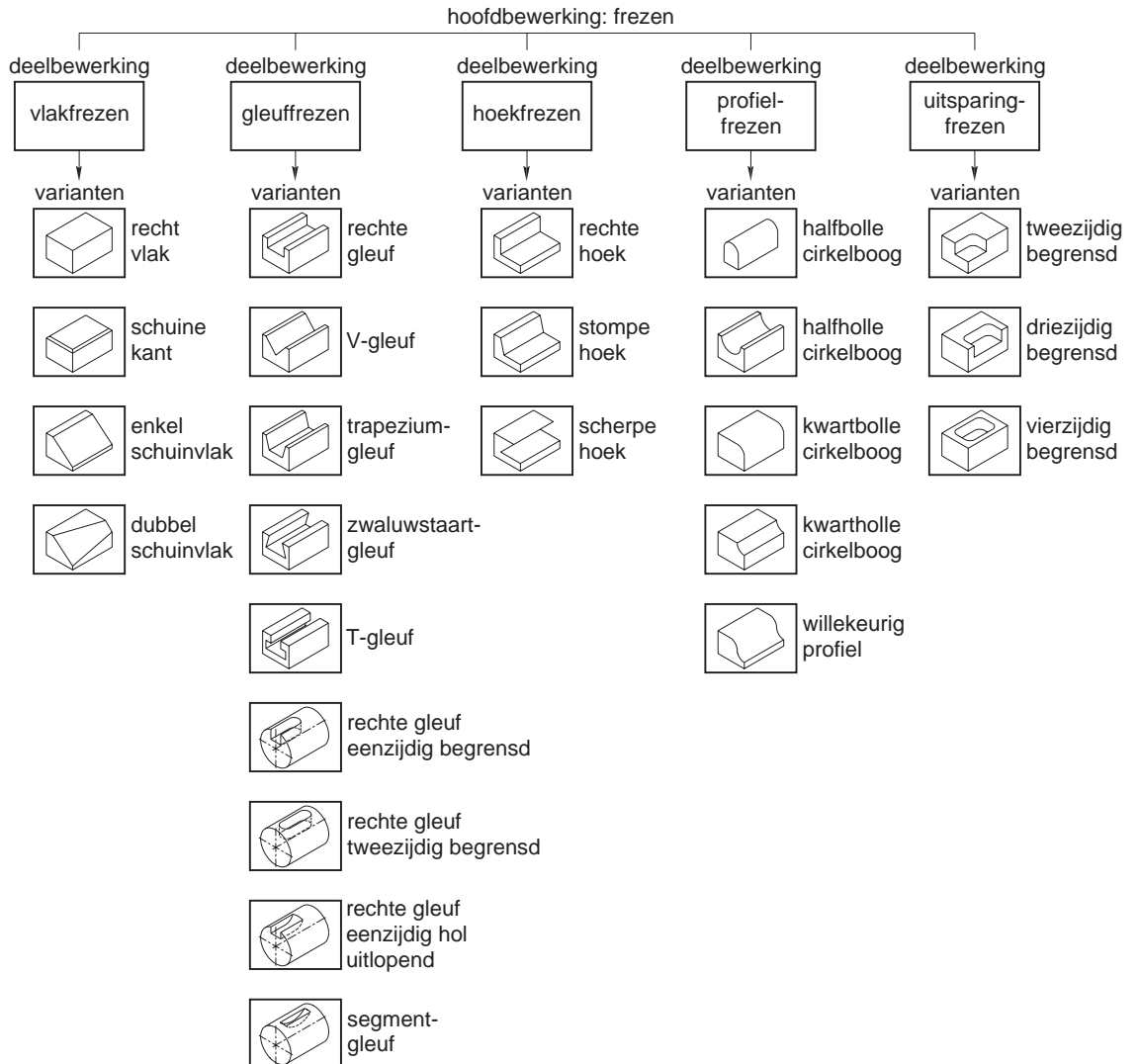
K. Kort

**Redactie
H. Hebels**

2013

3.1 Inleiding

Om een product te kunnen frezen moet je de bewerkingen aan het werkstuk opdelen in deelbewerkingen. Zie figuur 3.1.



Figuur 3.1 Deelbewerkingen en freesvarianten

In dit hoofdstuk lees je hoe je deze deelbewerkingen kunt uitvoeren en hoe je daarvoor een werkplan kunt opstellen.

3.2 Positioneren van het werkstuk

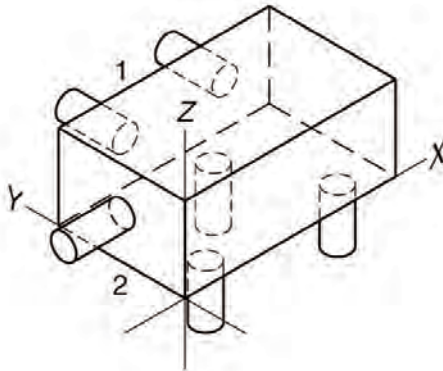
De eerste stap bij het bewerken van het werkstuk is het positioneren. Als je meerdere gelijke werkstukken moet frezen, moet je ervoor zorgen dat alle producten in dezelfde positie worden ingeklemd. Hiermee voorkom je dat je elk product opnieuw moet uitmeten. Om dit te realiseren moet het werkstuk ondubbelzinnig worden gepositioneerd. Hierna lees je wat dit betekent.

Je gebruikt voor het positioneren van het werkstuk de 3-2-1 regel.

Zie figuur 3.3. Deze regel is gebaseerd op de verdeling van het aantal aanslagen:

- 3 aanslagen in het XY-vlak;
- 2 aanslagen in het YZ-vlak;
- 1 aanslag in het XZ-vlak.

Een werkstuk heeft zes vrijheidsgraden. Als het werkstuk niet wordt geklemd, kun je het rechtlijnig bewegen in de X-, Y-, en Z-richting. Ook kun je het product verdraaien (roteren) om de X-, Y-, en Z-as. Deze bewegingsmogelijkheden noem je vrijheidsgraden. Je kunt de vrijheidsgraden (zes in totaal) blokkeren door aanslagen aan te brengen in het XY-, YZ-, en XZ-vlak. Zie figuur 3.2.



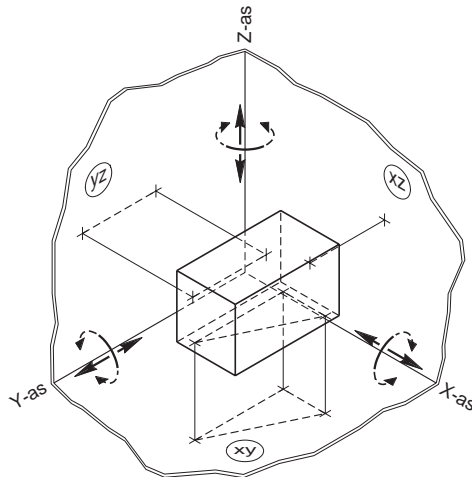
Figuur 3.2 Vrijheidsgraden blokkeren met aanslagen

Door één aanslag in het XY-vlak te plaatsen blokkeer je de rechtlijnige beweging in de Z-richting. De vijf andere vrijheidsgraden zijn dan nog aanwezig.

Als je twee aanslagen toevoegt zitten er in het XY-vlak drie aanslagen. Daardoor is niet alleen de rechtlijnige beweging in Z-richting geblokkeerd, maar ook de rotatie om de X- en Y-as.

Door een aanslag in het YZ-vlak aan te brengen kan het werkstuk niet meer verschuiven in de X-richting. Er is alleen nog een rotatie om de Z-as en een rechtlijnige beweging in de Y-richting mogelijk.

Een tweede aanslag in het YZ-vlak zorgt er voor dat er geen rotatie om de Z-as meer mogelijk is. Door de aanslag in het XZ-vlak is het product ondubbelzinnig gepositioneerd.



Figuur 3.3 De 3-2-1 regel voor het positioneren

Als er minder aanslagen aanwezig zijn dan volgens de 3-2-1 regel noodzakelijk is, is het werkstuk ondergepositioneerd. Hierdoor heeft het werkstuk nog één of meerdere vrijheidsgraden en kan het dus nog verschuiven of verdraaien. Het werkstuk is overgepositioneerd als er meer aanslagen aanwezig zijn dan volgens de 3-2-1 regel noodzakelijk is.

3.3 Positioneren van de freeskop met een kantentaster

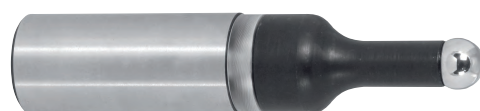
Je kunt het werkstuk door de draaiende frees laten raken, om zo de juiste positie van de freeskop ten opzichte van het werkstuk te bepalen. De draaiende frees geeft echter een beschadiging aan het werkstuk.

Als dit niet is toegestaan kun je een kantentaster gebruiken. Er zijn twee typen kantentasters: de kantentaster met veer en de 3D-kantentaster. Zie figuur 3.4.

Een kantentaster met veer laat je met een toerental van 500 omw/min tegen het werkstuk aanlopen. Bij het weglopen van het onderste deel van de kantentaster staat het hart van de spil op de halve diameter van het werkstuk. Zie figuur 3.4a. Een 3D-kantentaster draai je tegen het werkstuk aan met een stilstaande hoofdspil. Bij het raken gaat het lampje branden. Zie figuur 3.4b.



a kantentaster met veer



b 3D kantentaster met lampje

Figuur 3.4 Kantentasters

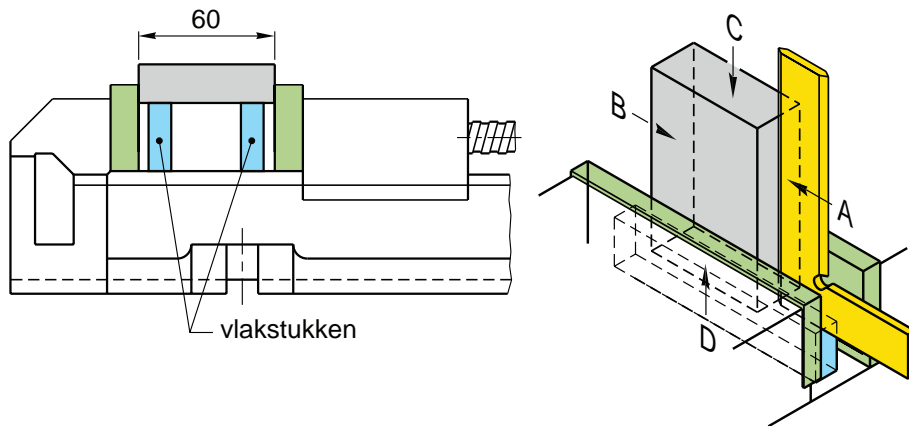
3.4 Vlakfrezen

Bij vlakfrezen zijn er een aantal varianten waarbij een vlak recht of schuin bewerkt wordt.

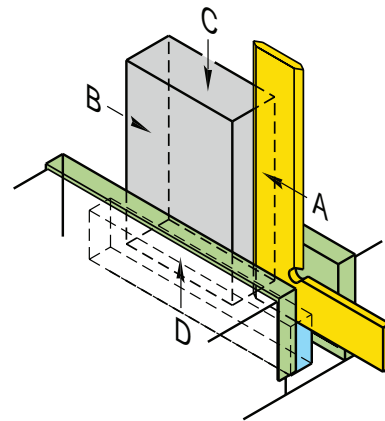
3.4.1 Vlak-, evenwijdig- en haaks frezen

Om de bovenkant evenwijdig aan de onderkant te frezen, plaats je het product op twee vlakstukken. Zie figuur 3.5a. Er mag na inklemming geen speling zijn tussen het product en de vlakstukken. Zorg er daarom voor dat de vlakstukken schoon zijn en dat het materiaal geen bramen heeft. Nadat je het bovenvlak hebt gefreesd, zijn de boven- en onderzijde van het product evenwijdig.

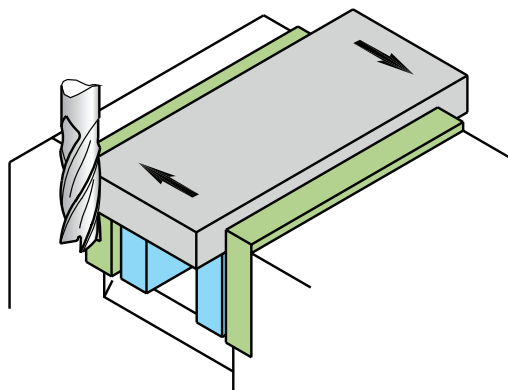
Om een product haaks te frezen, plaats je het uitgangsvlak (zijkant A) van het product met behulp van een winkelhaak zuiver haaks in de klem. Zie figuur 3.5b.



a vlak frezen



b haaks frezen

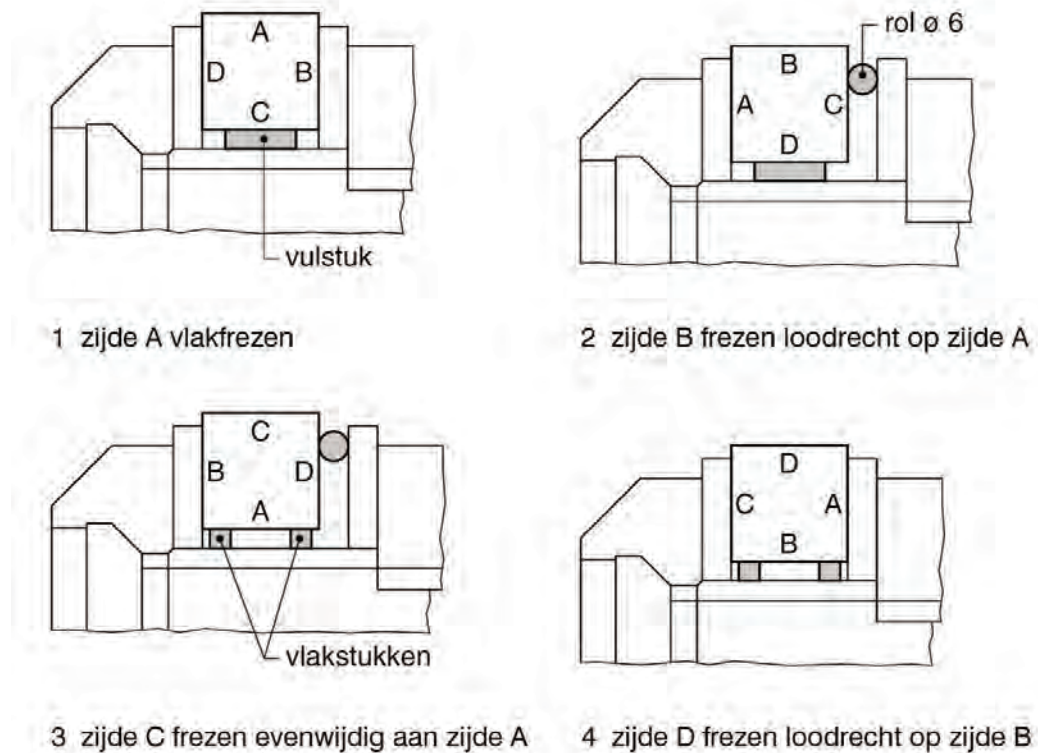


c evenwijdig frezen

Figuur 3.5 Vlak-, haaks- en evenwijdig frezen

Na het vlakfrezan van de bovenkant (C) is deze haaks ten opzichte van zijvlak (A). Als het product breder is dan de machineklem kun je de zijkanten evenwijdig frezen. Dat doe je door beide uiteinden in dezelfde opspanning vlak te frezen. Zie figuur 3.5c.

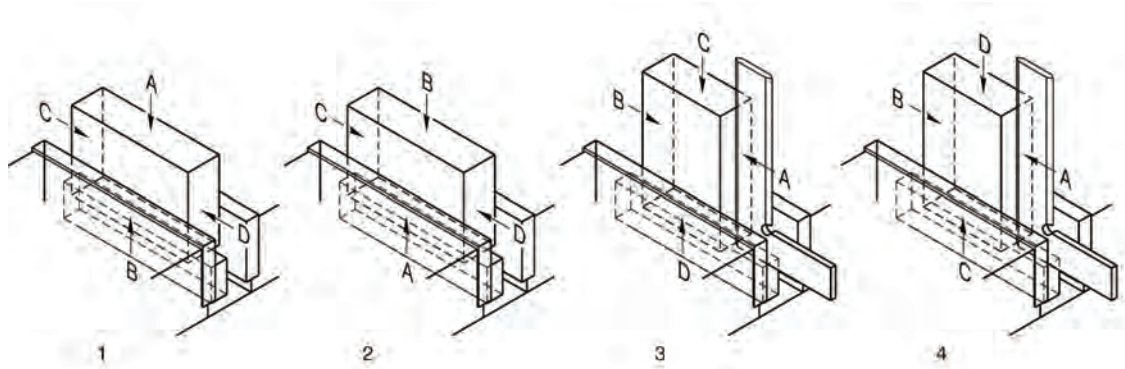
Als je een product aan alle kanten moet bewerken, kun je het haaks en evenwijdig frezen door eerst vlak A te frezen en vervolgens vlak B. Om vlak B loodrecht op vlak A te kunnen frezen druk je het product met een rol tegen de vaste bek van de klem. Zie figuur 3.6.



Figuur 3.6 Werkstuk rondom haaks frezen

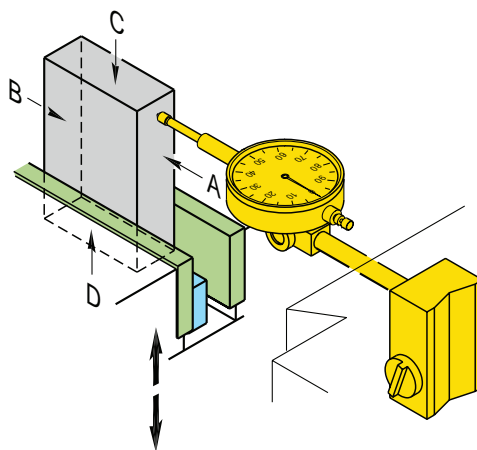
Als vlak A en C niet helemaal evenwijdig zijn, wordt vlak A door de rol volledig tegen de vaste bek gedrukt. In plaats van een rol kun je een ronde bek gebruiken bij een machineklem met verwisselbare bekken. Vlak A en B zijn na het frezen haaks. Met een rol of speciale bek bij vlak D, kun je vlak B tegen de vaste bek van de machineklem drukken. Omdat vlak A en B haaks zijn is er geen speling bij de vlakstukken. Nadat vlak C is gefreesd, zijn de vlakken B en C haaks en de vlakken A en C evenwijdig.

Omdat vlak A en C al evenwijdig zijn, hoef je voor het frezen van vlak D geen rol te gebruiken. Nadat vlak D is gefreesd zijn de vier vlakken A-D haaks en evenwijdig. Je kunt de kopse kanten van het product nu afhankelijk van de vorm evenwijdig frezen of haaks frezen met behulp van een winkelhaak, zoals in figuur 3.7.



Figuur 3.7 Werkstuk haaks in de klem plaatsen

Een nauwkeuriger methode is om met een meetklok en statief te controleren of het werkstuk haaks staat. Je laat de taster van de klok aan de bovenkant het werkstuk raken, zoals in figuur 3.8. Vervolgens schuif je de klok omlaag. Als het werkstuk haaks in de klem staat, zal de aangegeven waarde op de klok niet veranderen.



Figuur 3.8 Met een meetklok controleren of het werkstuk haaks staat

3.4.2 Schuine vlakken frezen

Er zijn drie methoden om schuine vlakken te frezen:

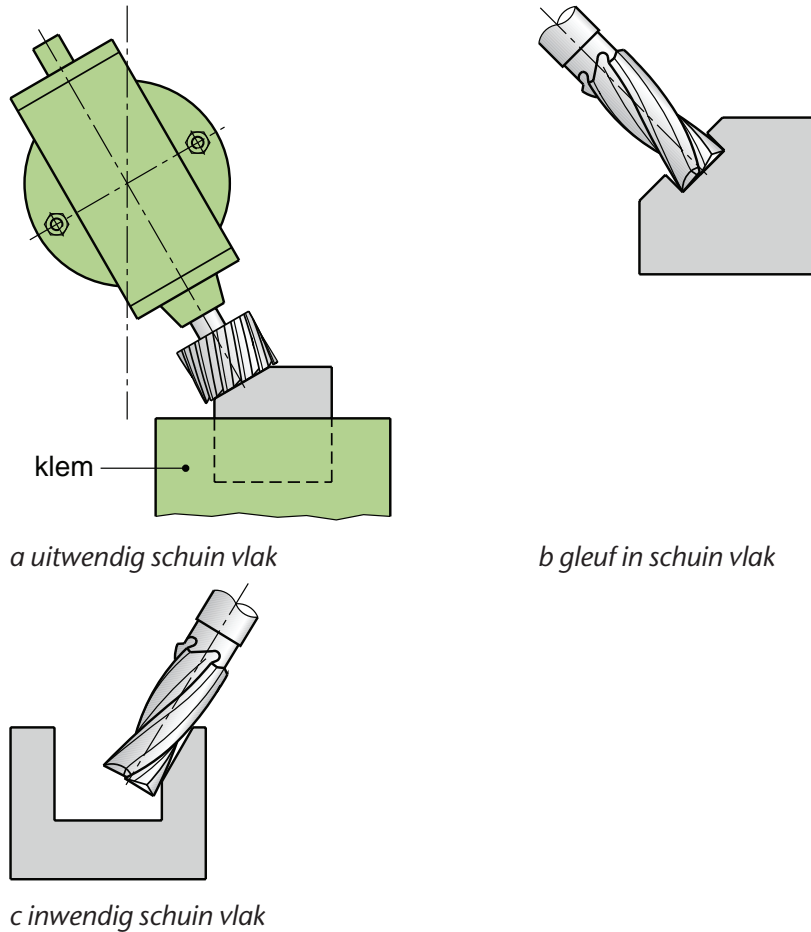
- schuin stellen van de frees;
- schuin stellen van het werkstuk;
- speciale frezen gebruiken.

De keuze voor een methode hangt af van:

- de grootte van het oppervlak;
- de hoek van het gereedschap;
- de beschikbare machine;
- het beschikbare gereedschap;
- de nauwkeurigheid.

Schuinstellen van de frees

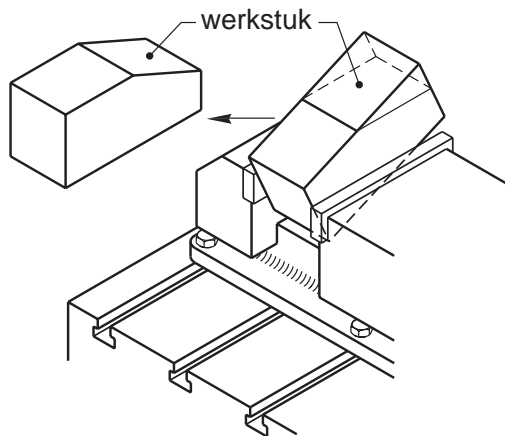
Bij deze methode plaats je de freeskop onder een hoek. Je kunt op deze manier zowel een inwendig als uitwendig vlak frezen. Ook kun je een gleuf in een schuin vlak frezen. Zie figuur 3.9.



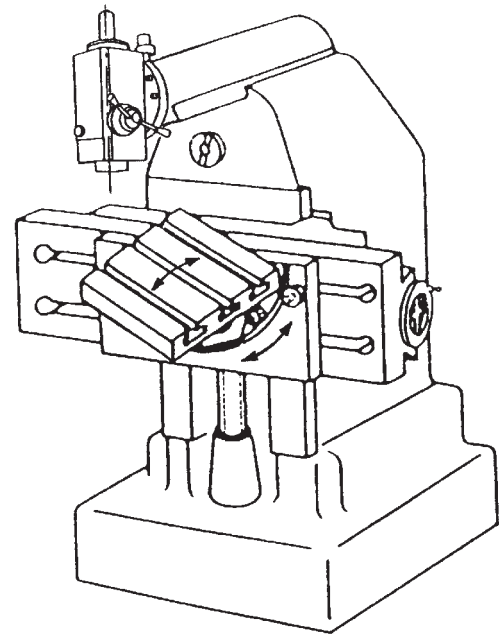
Figuur 3.9 Schuine vlakken frezen met een schuin geplaatste freeskop

Schuinstellen van werkstuk

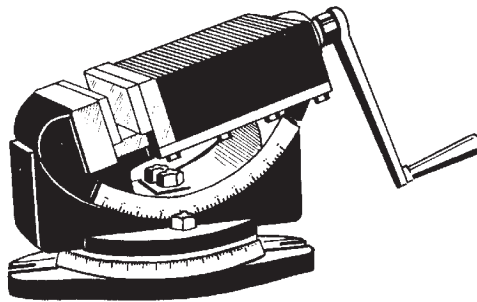
In figuur 3.10 zie je drie manieren om het werkstuk schuin te stellen. De freeskop blijft hierbij verticaal. Bij de methoden volgens figuur 3.10b en figuur 3.10c is het mogelijk om het werkstuk in meerdere richtingen schuin te stellen. Op deze manier kun je een dubbel schuinvlak frezen.



a schuin in de klem geplaatst



b schuinstellen van de tafel

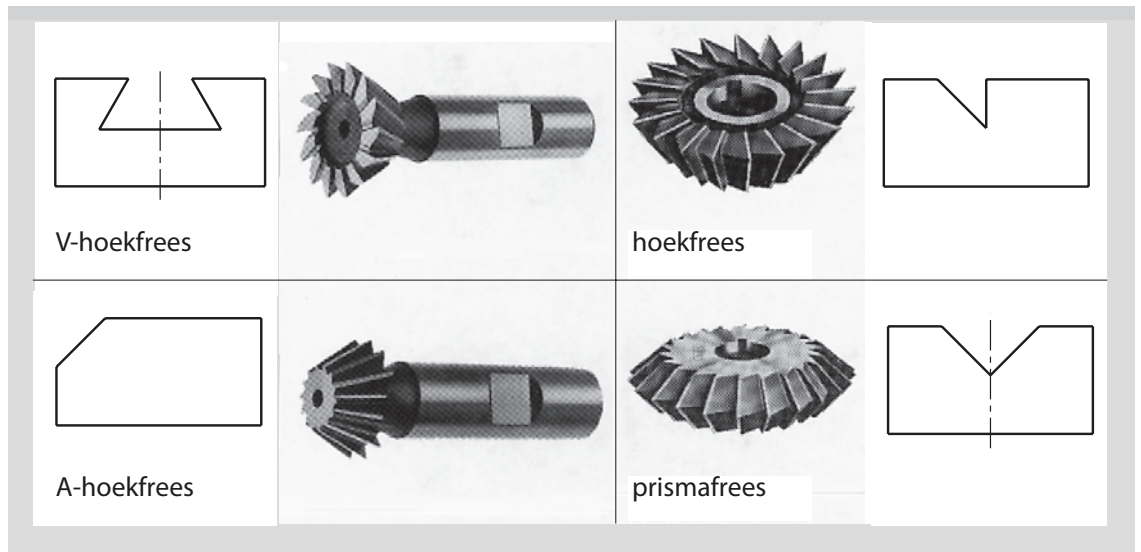


c verstelbare machineklem

Figuur 3.10 Schuine opspantafel

Schuine vlakken frezen met speciale frezen

Je kunt ook schuine vlakken frezen met een A-hoekfrees, een V-hoekfrees, een hoekfrees of een prismafrees. Met deze frezen kun je alleen de hoek frezen die in de frees is aangebracht. Zie figuur 3.11.



Figuur 3.11 A-hoekfrees, V-hoekfrees, hoekfrees en prismafrees

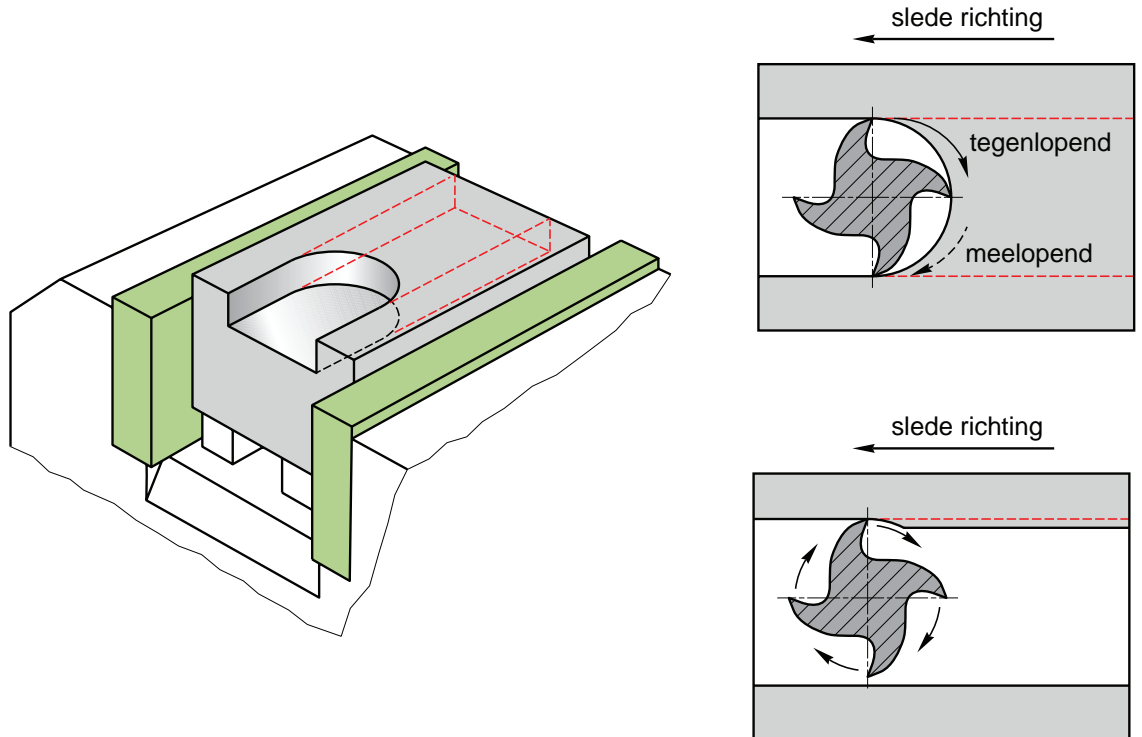
De V-hoekfrees en de A-hoekfrees span je in de verticale kop van de universele freesmachine. De hoekfrees en de prismafrees span je op de horizontale as van de freesmachine.

3.5 Gleuffrezen

Er zijn een groot aantal gleuffreesbewerkingen.

3.5.1 Rechte gleuffrezen

Rechte, doorlopende gleuven kun je frezen met een spiebaanfrees, een vingervrees, een schijffrees en een zaagfrees. Bij een rechte doorlopende gleuf hoeft de frees niet te boren. De frees kan van buiten het werkstuk in het materiaal lopen. Om een gleuf met een kleine tolerantie te frezen, moet je eerst voorfrezen. Bij het voorfrezen laat je 0,5 mm op elk vlak staan. Dit noem je een toegift (of een overmaat). Deze toegift frees je bij het maatvlakfrezen weg. Bij het maatvlakfrezen frees je de sleuf volgens de maat van de tekening. Zie figuur 3.12.



Figuur 3.12 Rechte gleuf met kleine tolerantie

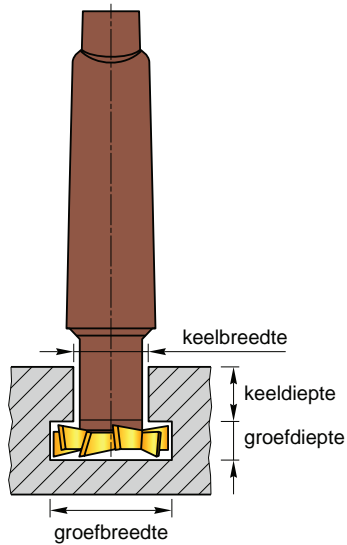
Als de maat een kleine tolerantie heeft, frees je de toegift in twee stappen weg. De eerste stap is het meetvlakfreesen en de tweede stap het maatvlakfreesen. Door bij het meetvlakfreesen en het maatvlakfreesen evenveel weg te frezen, zijn de snijkrachten gelijk.

3.5.2 V-gleuf

V-gleuven kun je frezen met een prismafrees. De prismafrees gebruik je op een horizontale freesspil. Je zult de freesmachine moeten ombouwen naar de horizontale uitvoering. De prismafrees komt voor met drie verschillende hoeken: 45°, 60° en 90°.

3.5.3 T-gleuf en zwaluwstaartgleuffrezen

Een T-gleuf wordt eerst voorgefreesd met een vingerfrees. Met een T-gleuffrees wordt de T-groef gevormd. Zie figuur 3.13.

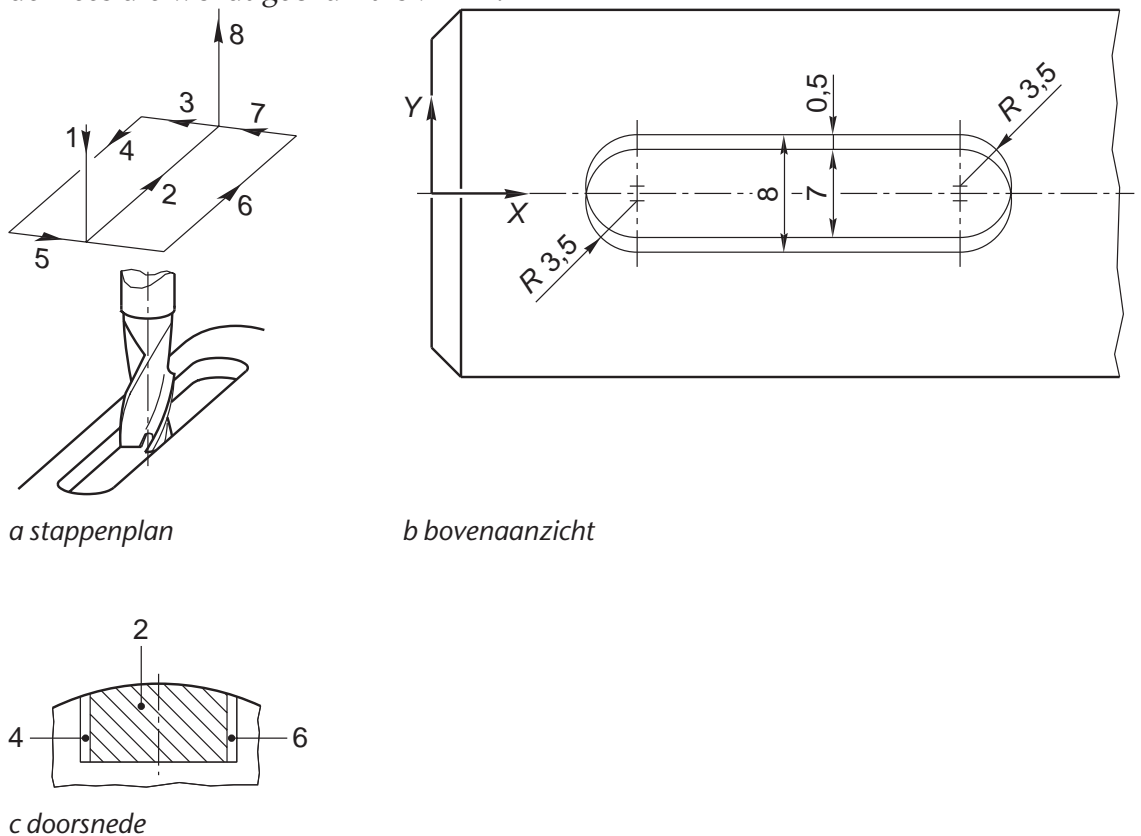


Figuur 3.13 T-gleuf frezen

Een zwaluwstaartgleuf of een scherpe hoek frees je met een V-hoekfrees. De zwaluwstaartgleuf wordt net als de T-gleuf eerst voorgefreesd met een vingerfrees. Daarna frees je met de V-hoekfrees het zwaluwstaartprofiel.

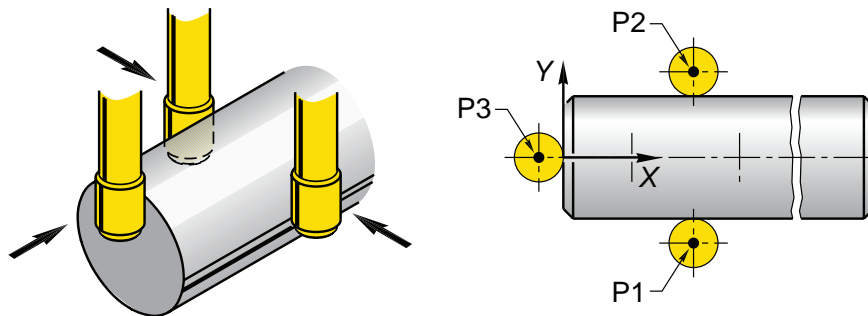
3.5.4 Rechte gleuf tweezijdig begrensd

In figuur 3.14 zie je een voorbeeld van het frezen van een gleuf. De diameter van de frees die wordt gebruikt is 7 mm.



Figuur 3.14 Frezen van een tweezijdig begrenste gleuf in een as

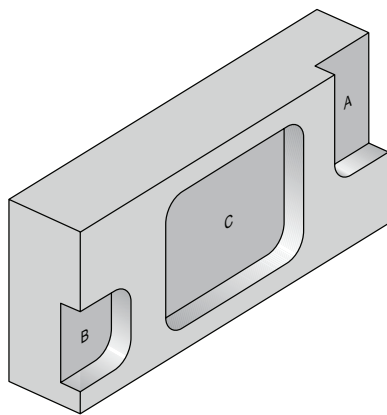
Om de sleuf nauwkeurig in het hart van de as te frezen, gebruik je de kantentaster. Zie figuur 3.15.



Figuur 3.15 Uitklokken van een as met de kantentaster

3.6 Uitsparing frezen

Een uitsparing is een vlak dat op een bepaalde diepte is gefreesd. Het te frezen vlak kan tweezijdig (A), driezijdig (B) of vierzijdig (C) begrensd zijn. Zie figuur 3.16.



Figuur 3.16 Een werkstuk met een tweezijdige -, een driezijdige - en een vierzijdige begrenste uitsparing

3.6.1 Vierzijdige begrenste uitsparing frezen

Een vierzijdige begrenste uitsparing noem je ook wel een kamer. De kamer ga je eerst voorfrezen en daarna maatvlakfrezen. Zie figuur 3.17.



Figuur 3.17 Kamerfrezen

Bij het voorfrezen laat je een halve millimeter materiaal staan. Bij het maatvlakfrezen verwijder je deze halve millimeter. Hierbij gebruik je een centrumsnijdende frees. Dit is een frees waarbij op de kopse kant één of meer snijkanten tot het hart doorlopen. Zijn de toleranties van de maten klein, dan ga je eerst meetvlakfrezen en daarna maatvlakfrezen.

De methode voor kamerfrezen gebruik je ook bij het frezen van een tweezijdig of driezijdig begrensde uitsparing. Omdat de frees in deze situaties van buiten het werkstuk naar binnen kan gaan, hoef je geen centrumsnijdende frees te gebruiken.

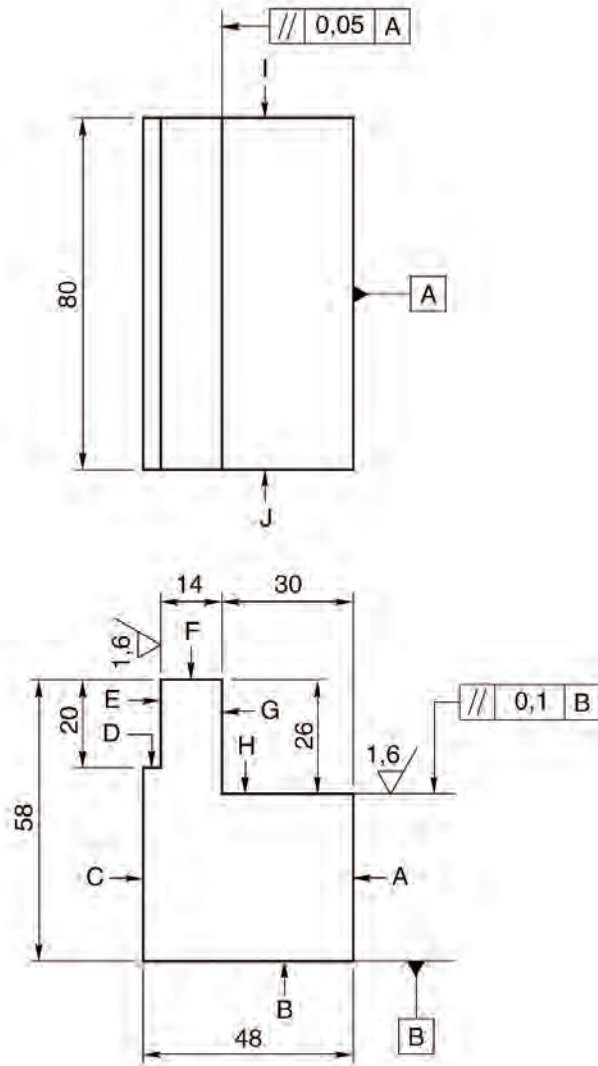
3.7 Hoekfrezen

Bij hoekfrezen wordt een vlak verdiept gefreesd terwijl het eenzijdig is begrensd. De hoek kan variëren van scherp naar stomp.

Rechte hoek frezen

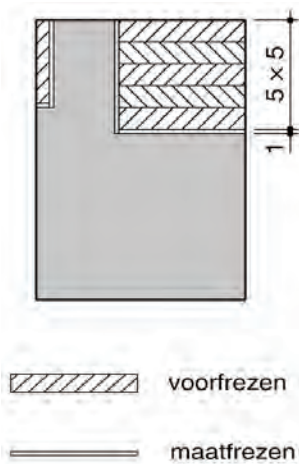
Rechte hoeken kun je bewerken met een vingerfrees of een mantelkopfrees. Een scherpe hoek frees je met een V-hoekfrees.

Een voorbeeld van een rechte hoek zie je in figuur 3.18a. In het snedenplan is uitgegaan van een mantelkopfrees met een diameter van 50 mm. Zie figuur 3.18b.



oppervlakteruwheid	$3,2 / (1,6)$
materiaal	11MnPb28
uitgangsafmetingen	60 x 50
afkortlengte	85

a werktekening



b snedeplan

Figuur 3.18 Rechte hoek frezen met mantelkopfrees met een diameter van 50 mm

3.8 Profielfrezen



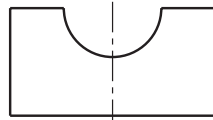

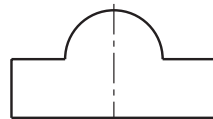

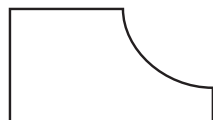

Bij profielfrezen gaat het meestal om het frezen van bolle of holle cirkelbogen. De boog kan half zijn (180°) of kwart (90°). Ook willekeurige profielen komen voor.

3.8.1 Radiusfrezen

Radiussen kun je frezen met een hoekrondingsfrees, een radiusfrees, een concaaf-frees of een convexfrees. Zie tabel 3.1.

Met een hoekrondingsfrees en een concaaffrees frees je een bol profiel. Met de radiusfrees en convexfrees maak je een hol profiel.

De hoekrondingsfrees en de radiusfrees worden vaak gebruikt bij kleine series. Je bevestigt ze in de verticale freeskop van de freesmachine. Ze frezen een kwart cirkel. De concaaffrees en de convexfrees hebben een grote verspaningscapaciteit. Deze worden vaak bij grote series gebruikt. Met deze frezen worden halfronde cirkels gefreesd. De universele freesmachine moet hierbij wel worden omgebouwd naar de horizontale uitvoering.

TABEL 3.1 RADIUSFREZEN	
 <p>hoekrondingsfrees</p>	
 <p>convexfrees</p>	
 <p>concaaffrees</p>	
 <p>radiusfrees</p>	

3.9 Spangereedschappen bij frezen

Er zijn bij het frezen twee spanmethoden:

Indirect spannen: hierbij staat op de tafel van een freesmachine een spanmiddel waarin het product wordt geklemd.

Direct spannen: hierbij wordt het product direct op de tafel van de freesmachine geklemd.

De keuze voor een spangereedschap hangt af van:

- de positioneer-nauwkeurigheid;
- het aantal producten;
- de grootte van het product;
- de vorm van het product;
- het materiaal van het product.

3.9.1 Machineklem

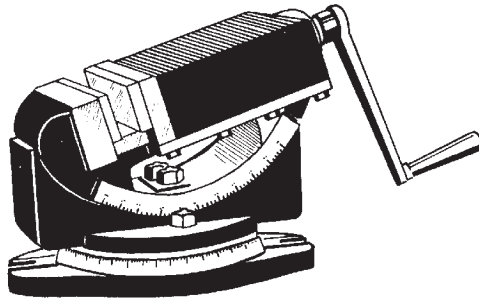
Bij het frezen gebruik je voor het opspannen van het product meestal een machineklem. Dit is een manier van indirect spannen. Zie figuur 3.19.



Figuur 3.19 Frezen met machineklem

Een machineklem heeft een vaste- en een losse bek. De losse bek wordt door een schroefspil, luchtdruk of oliedruk heen en weer bewogen.

Met de machineklem in figuur 3.20 kun je het product onder een hoek zetten. Je kunt de klem in drie richtingen verdraaien.



Figuur 3.20 Verstelbare machineklem

Een machineklem blokkeert het product alleen in de Y-richting. Om het product ook in Z-richting te blokkeren gebruiken je vlakstukken. Deze worden meestal per paar onder het product geplaatst. Zie figuur 3.21. Als het product is geklemd, tik je het met een koperen of kunststof hamer vast op de vlakstukken.



Figuur 3.21 Werkstuk in klem met vlakstukken

In een universele machineklem kun je verschillende bekken monteren. Hierdoor kun je producten met verschillende vormen klemmen. Zie figuur 3.22.

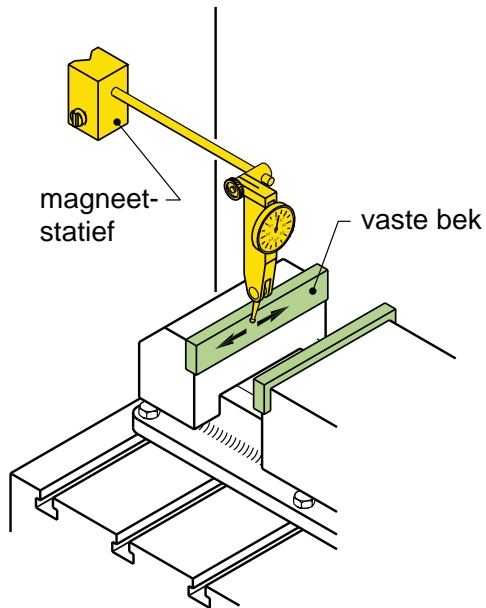


Figuur 3.22 Universele machineklem

Veel voorkomende bekken:

- Gladde bek om beschadiging te voorkomen.
- Geprofileerde bek om grip te krijgen op product.
- Bek voorzien van een oplegvlak.
- Bek met profiel om ronde producten verticaal of horizontaal op te spannen.
- Bek met zijaanslag.
- Ronde bek, die in combinatie gebruikt wordt met een gladde bek. Als de aanlegvlakken van het product niet evenwijdig zijn, dan drukt de ronde bek het product vlak tegen de gladde bek.
- Bek met schuine aanslag, waardoor het product onder een hoek wordt opgespannen.

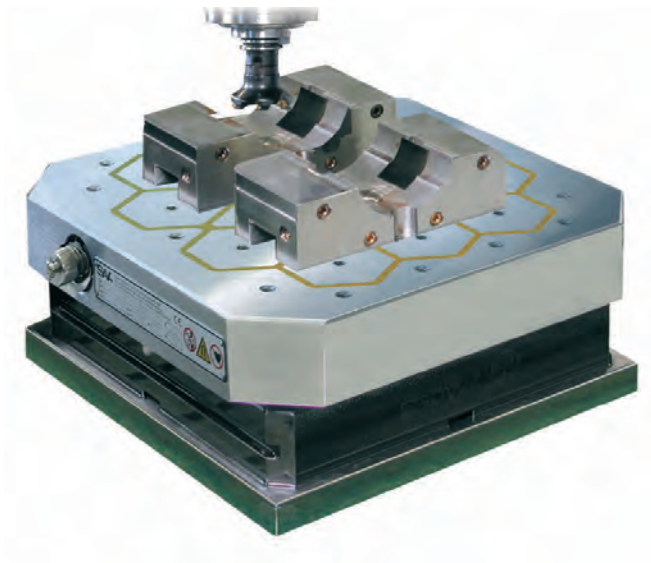
De machineklem wordt met T-bouten op de tafel van de freesmachine bevestigd. Bij het monteren is het belangrijk dat er geen spanen of ander vuil tussen de machineklem en de tafel zit. Verder moet de vaste bek evenwijdig met de X-, Y- of Z-as staan. Hiervoor moet de machineklem worden uitgeklokt. Dit controleer je door een meetklok langs de vaste bek te laten lopen. Zie figuur 3.23.



Figuur 3.23 Uitklokken van de machineklem

3.9.2 Magneetspanplaat

De magneetspanplaat biedt een andere indirecte spanmethode bij het frezen. Zie figuur 3.24.



Figuur 3.24 Frezen waarbij het product is opgespannen op een magneetplaat

Met een magneetspanplaat wordt het product door magnetische krachten geklemd. De magneetspanplaat bestaat uit een opspanplaat met daaronder een magnetisch blok. Door de hefboom wordt het magnetisch blok verplaatst. Hierdoor wordt de klemkracht van de opspanplaat in- of uitgeschakeld.

Voordelen van het klemmen van producten met een magneetspanplaat:

- Je kunt snel in en uitspannen.
- De klemkracht is overal gelijk, waardoor het product niet gaat wippen.
- Producten kunnen rondom worden bewerkt.
- Producten die rondom een grillige vorm hebben kunnen worden opgespannen.

Een nadeel is dat je alleen maar materialen kunt klemmen die magnetisch zijn te maken. Messing- en aluminiumproducten kun je niet op een magnetische spanplaat spannen. Een ander nadeel is dat het oplegvlak van het product voldoende groot en vlak moet zijn. De hoogte van het product ten opzichte van het oplegvlak mag niet te groot zijn, anders zal het product door de verspaningskrachten van de plaat worden afgeschoven. Ook bestaat het gevaar dat het product omklapt.

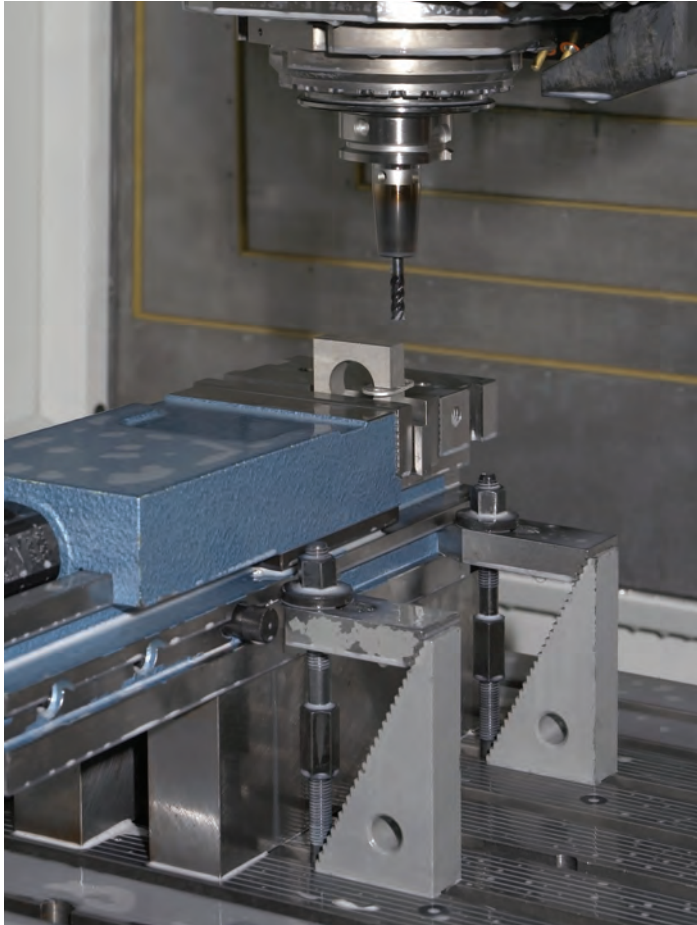
3.9.3 Kikkerplaten

De kikkerplaat gebruik je voor direct spannen. Het product wordt met kikkerplaten op de freestafel vastgeklemd. De kikkerplaat wordt gebruikt met een hamerkopbout, een moer, een sluitring en een opvulstuk. Zie figuur 3.25.



Figuur 3.25 Werkstuk opspannen met kikkerplaten

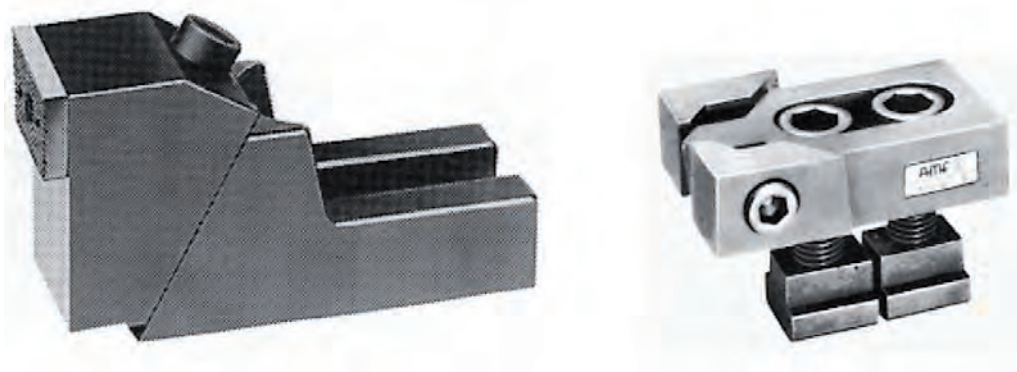
Zorg ervoor dat de kikkerplaat evenwijdig staat met het werkstuk. Afhankelijk van de hoogte van het product kies je een hamerkopbout met bijpassende lengte en opvulstukken met de juiste hoogte. Hiervoor zijn complete sets met opspanplaten en toebehoren beschikbaar. Zie figuur 3.26.



Figuur 3.26 Opspanning met getrapte opvulstukken

Een nadeel van het direct spannen met kikkerplaten is dat ze direct op het product klemmen. Hierdoor is het niet mogelijk om het hele bovenvlak van het product te bewerken. Ook kunnen er beschadigingen ontstaan.

Met vlakspanners kun je het gehele oppervlak wel in één keer bewerken. Je positioneert het product door aan de omtrek vlakspanners te plaatsen. Door de binnenzeskantschroeven aan te draaien zal door de wigwerking van de vlakspanner het product worden geklemd. Zie figuur 3.27.



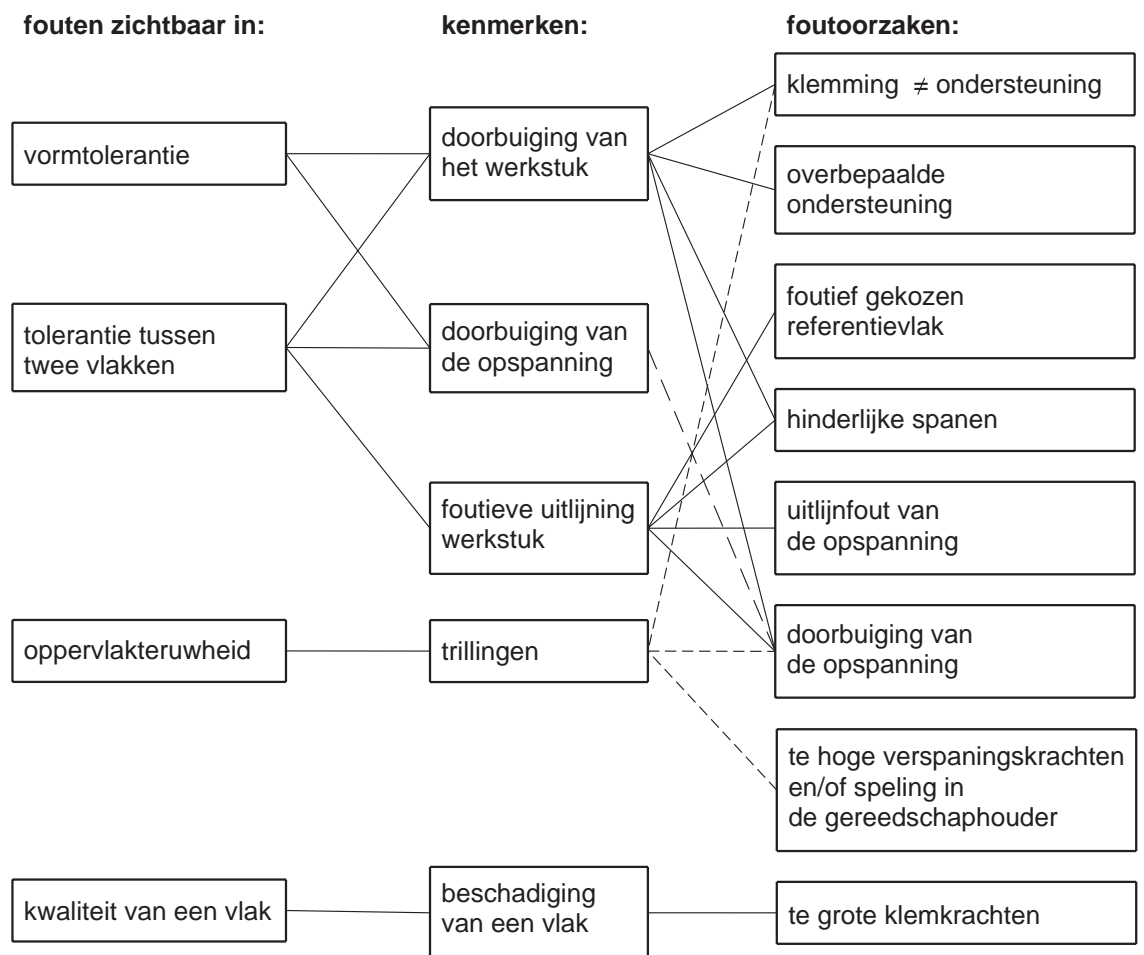
Figuur 3.27 Vlakspanners

3.9.4 Spanfouten

Als je een product niet goed opspant, kunnen er bij het frezen fouten ontstaan. Veel voorkomende fouten zijn:

- afwijkende vormtoleranties, zoals rechtheid en vlakheid van een product;
- afwijkende toleranties tussen twee vlakken, zoals haaksheid en evenwijdigheid tussen twee vlakken;
- te grote oppervlakteruwheid;
- beschadiging van een vlak.

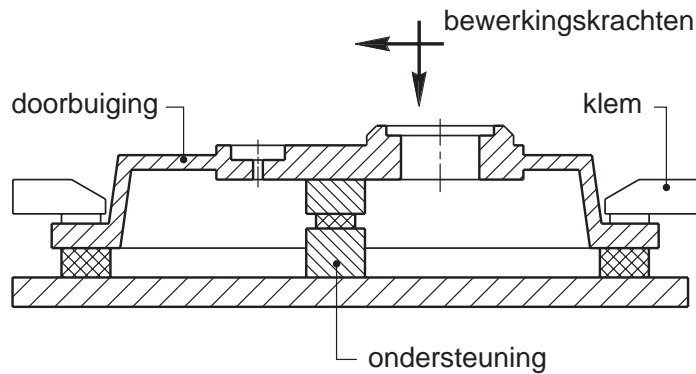
In figuur 3.28 zie je de mogelijke oorzaken van genoemde productfouten.



Figuur 3.28 Mogelijke samenhang van fouten, kenmerken en oorzaken

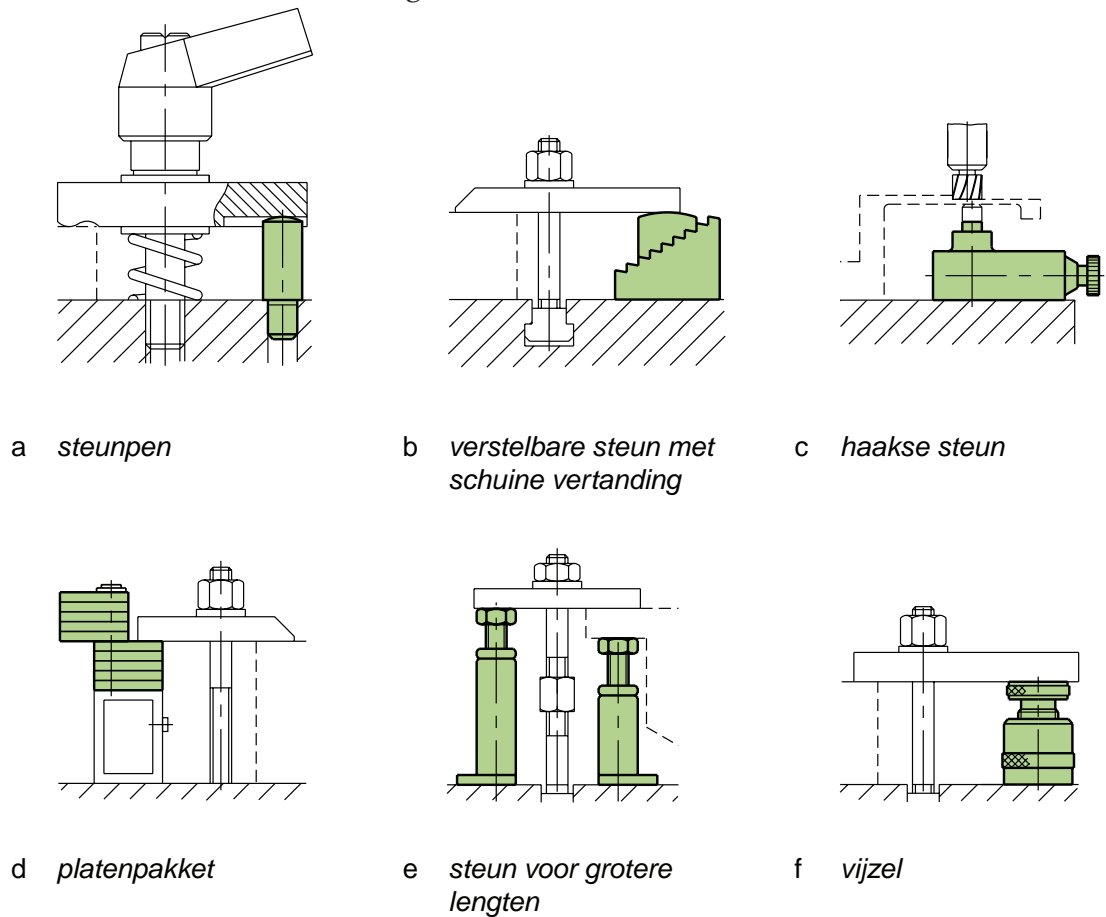
De klemkracht breng je aan op de aanlegpunten. Dit zijn de punten waar het werkstuk op de tafel rust. We zeggen dan dat alle spankrachten in lijn zijn met de aanlegpunten. Als de aanlegpunten te ver uit elkaar liggen kan er te weinig ondersteuning zijn. Tijdens het freesproces veroorzaken de freeskrachten dan vervormingen in het product. In deze situatie moet je extra ondersteuning aanbrengen.

Hiervoor kun je een steunvijzel gebruiken. Zie figuur 3.29.



Figuur 3.29 Extra ondersteuning met steunvijzel om doorbuigen te voorkomen

Afhankelijk van de grootte van het product zijn er een aantal mogelijkheden om deze te ondersteunen. Zie figuur 3.30.



Figuur 3.30 Verschillende steunmiddelen

3.9.5 Veiligheidsaspecten bij het spannen

Goed opspannen is ook belangrijk vanwege de veiligheid. Je moet je daarom bij het opspannen aan de volgende regels houden:

- Gebruik een machine waarvan de machinetafel groter is dan het product. Producten die buiten de machinetafel uitsteken leveren gevaarlijke situaties op.
- Gebruik een opspaninrichting die het gewicht van het product ruimschoots aankan.
- Instabiele producten geven altijd instabiele opspanningen. Zorg in deze situatie voor kleine verspaningskrachten.
- Gebruik goed werkende opspanmiddelen, die goed zijn onderhouden. Als producten door een te kleine opspankracht losraken, ontstaat er een gevaarlijke situatie.

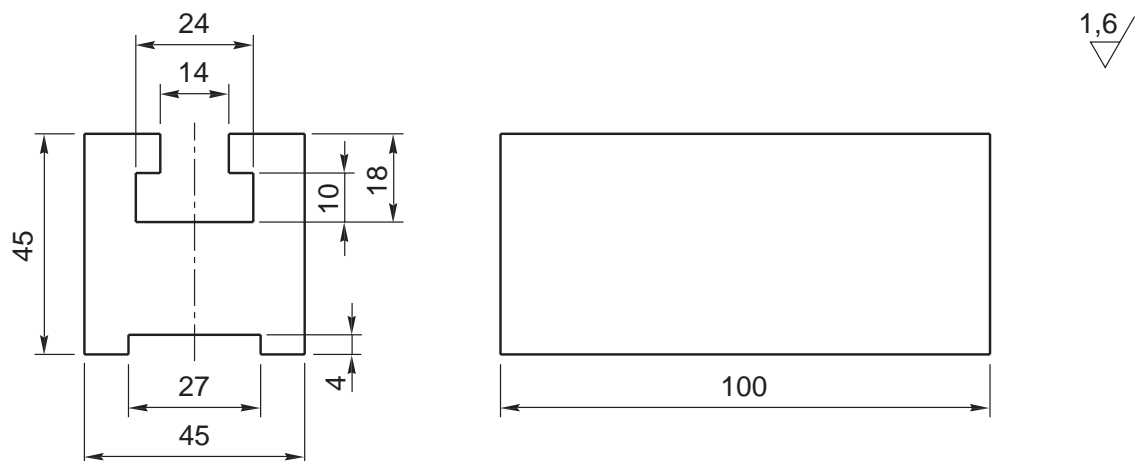
3.10 Werkplan

Voordat je begint met het frezen van een werkstuk, moet je een werkplan maken. In een werkplan schrijf je op hoe je de verschillende deelbewerkingen uitvoert. Ook geef je duidelijk aan in welke volgorde je dit gaat doen.

In het werkplan leg je het volgende vast:

- de bewerkingsvolgorde;
- het uitgangsmateriaal;
- de gereedschappen;
- de meetgereedschappen;
- het snedenplan;
- het toerental en de aanzetsnelheid van elke deelbewerking.

In tabel 3.2 zie je een voorbeeld van een werkplan van een spanblok. Zie figuur 3.31



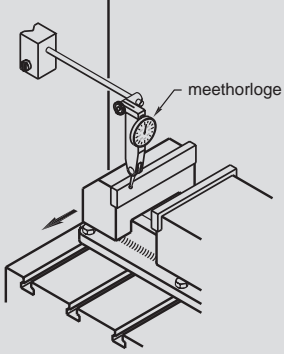
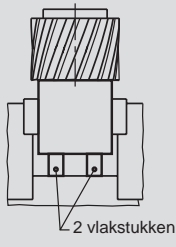
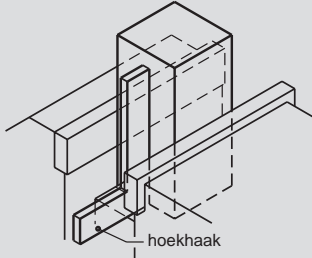
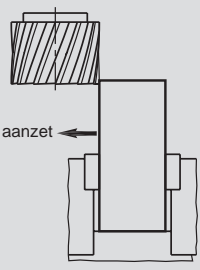
Figuur 3.31 Werktekening van een spanblok

TABEL 3.2 WERKPLAN VAN SPANBLOK

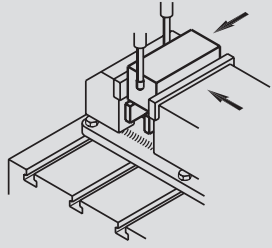
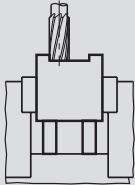
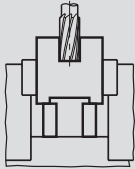
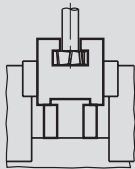
Werkstukbenaming: stelblok

Materiaal: 9SPb2

Gereedschapsmateriaal: HSS

situatie	bewerkingsaanpak	gereedschap
<p>1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - machineklem op de vaste bek uitklokken, omdat deze zuiver evenwijdig aan de langsbeweging van de freestafel moet zijn 	<ul style="list-style-type: none"> - machineklem - meethorloge
<p>2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - frees spannen - materiaal spannen - bovenkant van materiaal toucheren met frees - snedediepte instellen (2,5 mm) - toerental 160 min^{-1} - aanzet 180 mm/min - 4 zijvlakken frezen (3 omspannen) - maat 45 controleren - materiaal uitspannen 	<ul style="list-style-type: none"> - mantelkopfrees - machineklem - 2 vlakstukken - schuifmaat
<p>3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - materiaal verticaal spannen en haaks stellen 	<ul style="list-style-type: none"> - machineklem - hoekhaak
<p>4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - bovenkant van materiaal toucheren met frees - bovenkant schoonfrezen - materiaal omspannen en haaks stellen - frezen op lengte 100 - maat 100 controleren - materiaal en frees uitspannen 	<ul style="list-style-type: none"> - mantelkopfrees - hoekhaak - schuifmaat

TABEL 3.2 WERKPLAN VAN SPANBLOK

Werkstukbenaming: stelblok Materiaal: 9SPb2 Gereedschapsmateriaal: HSS		
situatie	bewerkingsaanpak	gereedschap
5 	<ul style="list-style-type: none"> - materiaal spannen - positie van materiaal bepalen 	<ul style="list-style-type: none"> - machineklem - 2 vlakstukken - kantentaster
6 	<ul style="list-style-type: none"> - frees spannen - bovenkant van materiaal toucheren met frees - snedediepte stellen (4 mm) - toerental 600 min^{-1} - aanzet 120 mm/min - gleuf 27 breed frezen - maat 27 controleren 	<ul style="list-style-type: none"> - vingerfrees (14 mm) - schuifmaat
7 	<ul style="list-style-type: none"> - materiaal omspannen - bovenkant van materiaal toucheren met frees - snedediepte instellen (4 mm) - gleuf 14 breed frezen (4 4 mm snedediepte) - maten 14 en 16 controleren 	<ul style="list-style-type: none"> - machineklem - 2 vlakstukken - vingerfrees (14 mm) - schuifmaat
8 	<ul style="list-style-type: none"> - frees verwisselen - freesdiepte instellen (18 mm) - toerental 260 min^{-1} - aanzet 100 mm/min - T-gleuf frezen - afmetingen van T-gleuf controleren - werkstuk en frees uitspannen - bramen verwijderen - machine afruimen 	<ul style="list-style-type: none"> - T-groeffrees - schuifmaat

3.11 Kernpunten

Voor het frezen van een werkstuk bepaal je welke deelbewerkingen je moet uitvoeren. Deelbewerkingen zijn:

- vlakfrezen;
- gleuffrezen;
- hoekfrezen;
- profielfrezen;
- uitsparing frezen.

Met de 3-2-1-regel is de positie van een werkstuk volledig vastgelegd:

- 3 aanslagen in het XY-vlak;
- 2 aanslagen in het YZ-vlak;
- 1 aanslag in het XZ-vlak.

Je kunt een kantentaster gebruiken om de afstand van het werkstuk naar het hart van de hoofdspil te bepalen.

De keuze voor een spangereedschap is gebaseerd op:

- de positioneernauwkeurigheid;
- het aantal werkstukken;
- de grootte en vorm van de werkstukken;
- het materiaal van de werkstukken.

Je kunt een werkstuk indirect en direct opspannen. Bij indirect spannen gebruik je een machineklem of een magneetklem. Bij direct spannen klem je het werkstuk met kikkerplaten op de spantafel.

Spanfouten zijn de oorzaak van fouten in producten, zoals:

- afwijkende vormtoleranties, zoals rechtheid en vlakheid;
- afwijkende toleranties tussen twee vlakken, zoals haaksheid en evenwijdigheid;
- te grote oppervlakteruwheid;
- beschadiging van een vlak.

In een werkplan beschrijf je de verschillende deelbewerkingen die je gaat uitvoeren en in welke volgorde je dit gaat doen. Je legt daarin de volgende zaken vast:

- de bewerkingsvolgorde;
- het uitgangsmateriaal;
- de gereedschappen;
- de meetgereedschappen;
- het snedenplan;
- het toerental en de aanzetsnelheid van elke deelbewerking.

Verantwoording

Wij danken de volgende bedrijven, instanties en personen voor het beschikbaar stellen van illustraties:

Achim Prill / 123RF Stockfoto figuur 3.7; figuur 3.19; figuur 3.25

Alamy Images figuur 3.21

Dmitry Kalinovsky / 123RF Stockfoto figuur 3.25

Hoffmann Quality Tools BV, Hengelo figuur 3.4

KIM Komeetstaal, Doetinchem figuur 3.21

SAV Spann-Automations-Normteiletechnik GmbH, Nürnberg,
Duitsland figuur 14.24

Stepan Popov / 123RF Stockfoto figuur 3.17

VDH Machines & Gereedschappen BV, Utrecht figuur 3.19

Opgaven

Gebruik bij deze vragen de volgende bijlage:

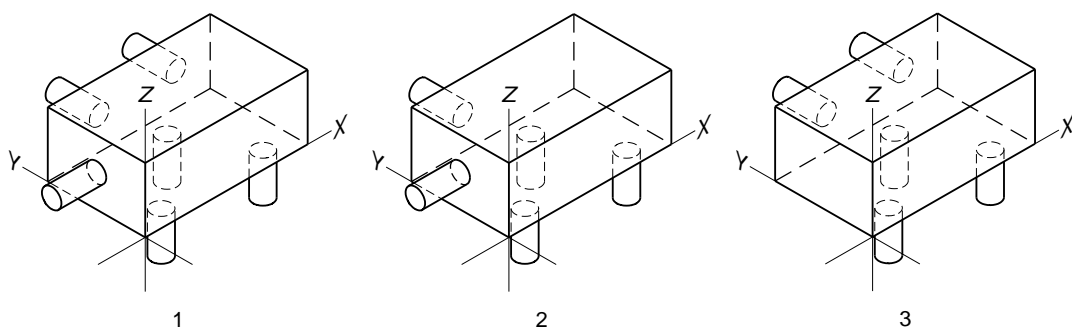
- Voorbeelden van aanduiding en betekenis van vorm- en plaattoleranties.

Positioneren van het werkstuk

Bestudeer de volgende paragrafen uit de theorie:

- 1 Inleiding
- 2 Positioneren van het werkstuk

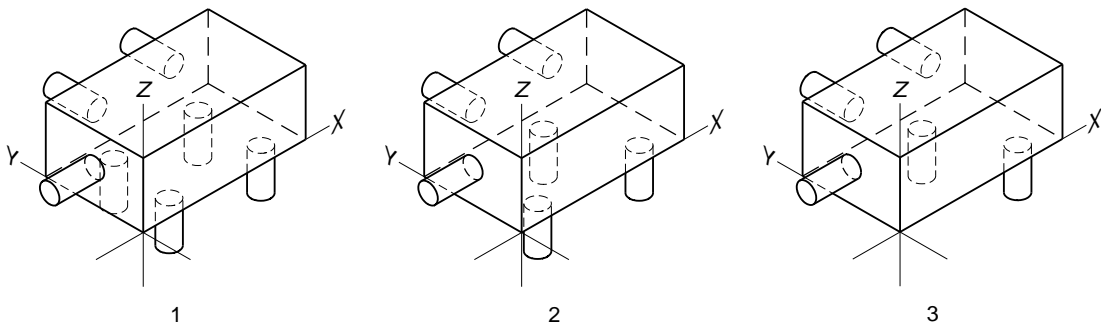
- 1 Vooral bij serie- en massafabricage moet je alle werkstukken op precies dezelfde plaats stellen. Hoe noem je het ondubbelzinnig op dezelfde plaats stellen van het werkstuk?
 - a klemmen
 - b positioneren
 - c spannen



Figuur 1

- 2 In welke situatie van figuur 1 is sprake van ondubbelzinnig positioneren tegen zo weinig mogelijk punten?
 - a Situatie 1
 - b Situatie 2
 - c Situatie 3

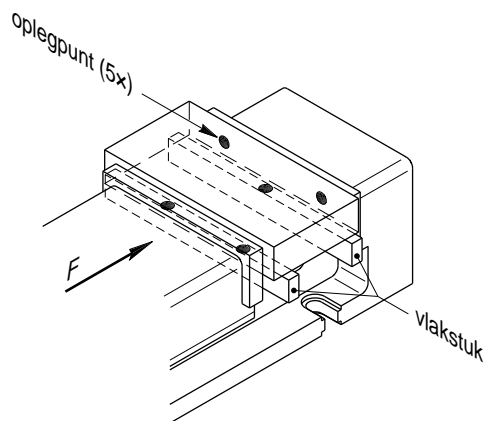
- 3 Wat moet je doen om te voorkomen dat een werkstuk verdraait of verschuift?
- klemmen
 - positioneren
 - spannen
- 4 Wat is juist?
- klemmen = positioneren + spannen
 - positioneren = klemmen + spannen
 - spannen = positioneren + klemmen



Figuur 2

- 5 Geef aan in welke situaties van figuur 2 elke manier van positioneren wordt afgebeeld.

	1	2	3
– onderbepaald positioneren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– ondubbelzinnig positioneren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– overbepaald positioneren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Figuur 3

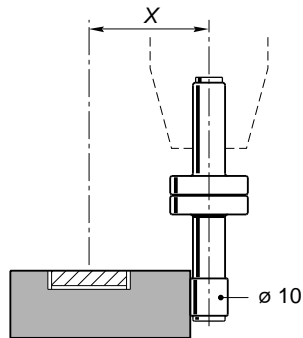
- 6 Bij het spannen in een machineklem zie je in figuur 3 dat een oplegpunt is weggelaten. Waardoor wordt dit punt overgenomen?
- Door wrijvingskrachten tussen de spanbekken en het werkstuk, als gevolg van voldoende klemkracht.
 - Door wrijvingskrachten tussen de vlakstukken en het werkstuk, als gevolg van voldoende klemkracht.

Positioneren van de freeskop

Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie:

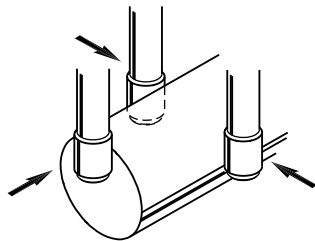
- 3 Positioneren van de freeskop met kantentaster

Beantwoord de vragen/opdrachten 7 t/m 9.

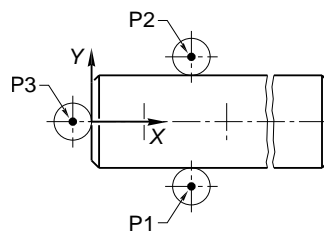


Figuur 4

- 7 Stel, in figuur 4 is de breedte van de sleuf 22 mm, de afstand tussen de sleuf en de kantentaster 16 mm en de diameter van de kantentaster 10 mm. Hoe groot is dan de verplaatsing X voor je gaat frezen?
- $X = 0,5 \times 22 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 37 \text{ mm}$
 - $X = 0,5 \times 20 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + 0,5 \times 10 \text{ mm} = 31 \text{ mm}$
 - $X = 0,5 \times 22 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + 0,5 \times 10 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$



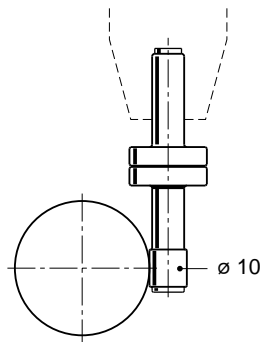
Figuur 5



Figuur 6

Voordat je gaat frezen moet je de hartlijn van de freesspil in het midden van de asmiddellijn positioneren. Als je een kantentaster gebruikt (zoals in de figuren 5 en 6), kun je op de teller de posities zien die door de elektronische meetlinialen gemeten zijn.

- 8 Stel dat voor P1 wordt aangegeven: 136,235 mm en voor P2: 166,225 mm. De tastmiddellijn is 10 mm. Bij welke waarde staat de freesspil dan in het midden?
- $166,225 \text{ mm} - 136,235 \text{ mm} = 29,990 \text{ mm}$
 - $136,235 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 141,235 \text{ mm}$
 - $0,5 \times (166,225 \text{ mm} + 136,235 \text{ mm}) = 151,230 \text{ mm}$
 - $166,225 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 161,225 \text{ mm}$



Figuur 7

- 9 In figuur 7 zie je de positiebepaling met een kantentaster. Het meetresultaat voor de asmiddellijn is 35,98 mm. Hoe ver moet je het werkstuk verplaatsen om de spiegleuf op de juiste plaats te frezen?
-

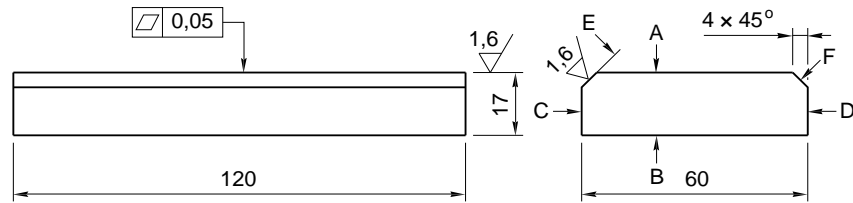
Vlakfrezen

Bestudeer de volgende (sub)paragrafen uit de theorie:

- 4 Vlakfrezen
- 4.1 Vlak-, evenwijdig en haaks frezen

Beantwoord de vragen/opdrachten 10 t/m 21.

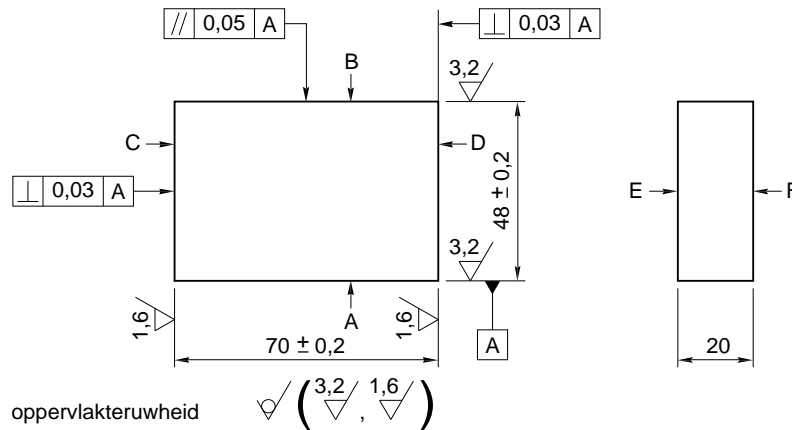
Om de vragen/opdrachten te beantwoorden moet je kennis hebben van vorm- en plaatstoleranties.



oppervlakteruwheid	$\sqrt{1,6}$
materiaal	11MnPb28
uitgangsafmetingen	60 x 20
afkortlengte	120

Figuur 8

- 10 Bestudeer figuur 8 goed. Waarover geeft de tekening informatie?
- Over maatvoering, plaatsnauwkeurigheid, oppervlakteruwheid en vormnauwkeurigheid.
 - Over maatvoering, oppervlakteruwheid en vormnauwkeurigheid.
 - Over maatvoering, plaatsnauwkeurigheid en oppervlakteruwheid.
- 11 Het symbool $\sqrt{1,6}$ betekent:
- geen materiaal verwijderen, $R_a \geq 1,6 \mu\text{m}$
 - materiaalverwijderende bewerking, $R_a \geq 1,6 \mu\text{m}$
 - geen materiaal verwijderen, $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$
 - materiaalverwijderende bewerking, $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$
- 12 Het symbool $\square 0,05$ is een *vormtolerantie/plaatstolerantie*, en betekent:
- rechtheid; het aangegeven vlak moet liggen tussen twee evenwijdige lijnen met een afstand van 0,05 mm.
 - vlakheid; het aangegeven vlak moet liggen tussen twee evenwijdige vlakken met een afstand van 0,05 mm.
- 13 De te gebruiken freesmachine is een *verticale/horizontale* freesmachine.
- 14 Het te gebruiken spanmiddel: *machineklem/spanplaten/vlakspanners*.



Figuur 9

15 Bestudeer figuur 9. Oppervlakterutheid:

- $\sqrt{\quad}$ geldt voor de vlakken _____ en _____
- $\frac{3,2}{\nabla}$ geldt voor de vlakken _____ en _____
- $\frac{1,6}{\nabla}$ geldt voor de vlakken _____ en _____

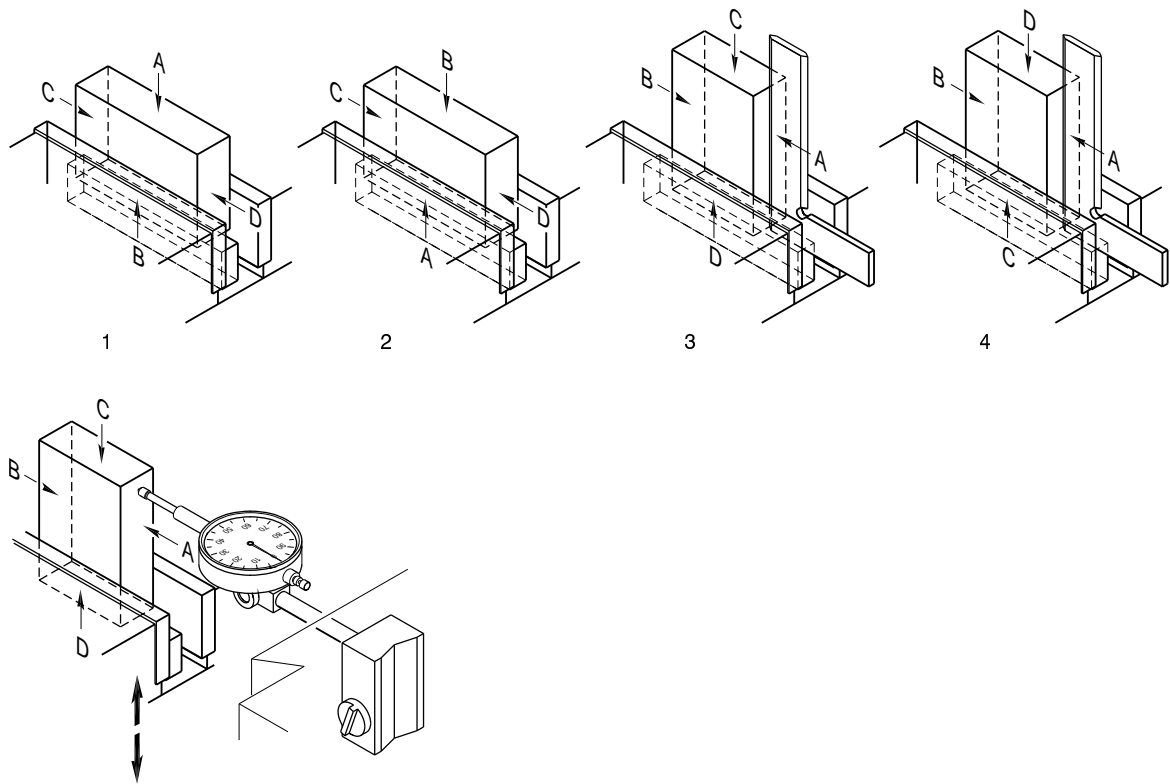
16 Het symbool $\boxed{\parallel 0,05 A}$ is een *vormtolerantie/plaatstolerantie*, en betekent:

- a rechteid; de aangewezen lijn moet liggen tussen twee evenwijdige lijnen op een afstand van 0,05 mm
- b evenwijdigheid; het aangewezen vlak moet liggen tussen twee evenwijdige vlakken op een afstand van 0,4 mm die evenwijdig zijn aan het referentievlak A
- c evenwijdigheid; het aangewezen vlak moet liggen tussen twee evenwijdige vlakken op een afstand van 0,05 mm die evenwijdig zijn aan het referentievlak A

17 Het symbool $\boxed{\perp 0,03 A}$ is een *vormtolerantie/plaatstolerantie* en betekent:

18 De te gebruiken freesmachine is een *verticale/horizontale* freesmachine.

19 Snijgereedschap: *vingerfrees (20 mm)/mantelkopfrees (30 mm)*

20 Spanmiddel: *machineklem/spanplaten/vlakspanners*

Figuur 10

- 21 In figuur 10 zie je de volgorde voor het spannen en frezen. Telkens wordt het bovenste vlak gefreesd. Hieronder staan (in een willekeurige volgorde) de omschrijvingen van wat je in elk figuuronderdeel gaat frezen. Schrijf het nummer van het juiste figuuronderdeel achter elke omschrijving.

omschrijvingen

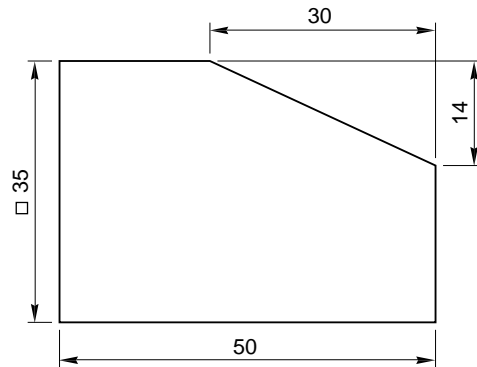
cijfer

- vlak C haaks op referentievlak A frezen _____
- vlak B evenwijdig aan referentievlak A frezen _____
- referentievlak A frezen _____
- vlak D haaks op referentievlak A frezen _____

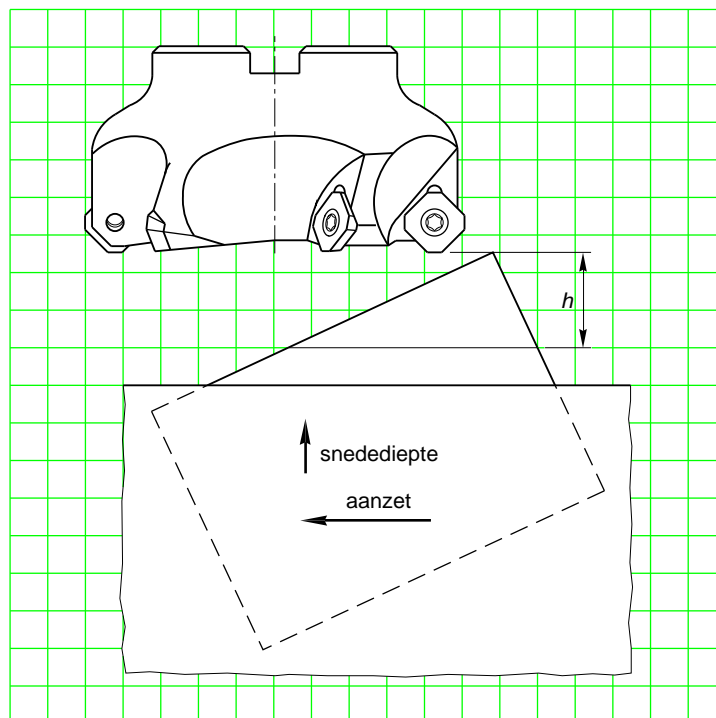
Bestudeer de volgende subparagraaf uit de theorie:

- 4.2 Schuine vlakken frezen

Beantwoord de vragen/opdrachten 22 en 23.



Figuur 11



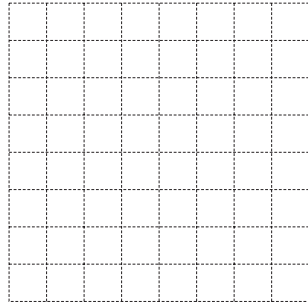
Figuur 12

- 22 Stel dat je aan het product van figuur 11 alleen nog het schuine vlak moet frezen. Je kunt het product alleen maar schuin in de klem spannen. Zie voor de opstelling figuur 12.

a Geef de naam van de afgebeelde frees en het snijmateriaal.

b Bereken de einddiepte h voor de frees op 0,1 mm nauwkeurig.

Teken ook de benodigde figuur met eventuele hulplijnen.



- c Bij het voorfrezen mag de snedediepte maximaal 3 mm zijn. Teken je snedenplan in figuur 12 op ware grootte.
Welke snedediepte houd je over voor het maatfrezen?

- 23 Noem drie methoden voor het frezen van schuine vlakken op een verticale freesmachine.

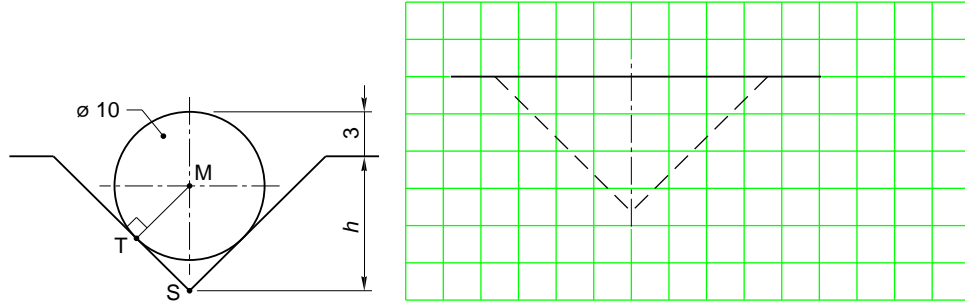
Gleuffrezen

Bestudeer de volgende (sub)paragrafen uit de theorie:

- 5 Gleuffrezen
- 5.1 Rechte gleuffrezen
- 5.2 V-gleuf

Beantwoord de vragen/opdrachten 24 t/m 29.

- 24 Voor welke toepassing is een schijffrees beter te gebruiken dan een vingerfrees, en waarom?
- a Voor ondiepe gleuven in kortspanig materiaal, omdat de spaanvorming goed is.
 - b Voor diepe gleuven in kortspanig materiaal, omdat de spanen klein zijn.
 - c Voor taai materiaal en een gleufdiepte die groter is dan de breedte, omdat de spaanafvoer goed is.
 - d Voor taai materiaal als de gleufdiepte groter is dan de breedte, omdat de spaanvorming goed is.

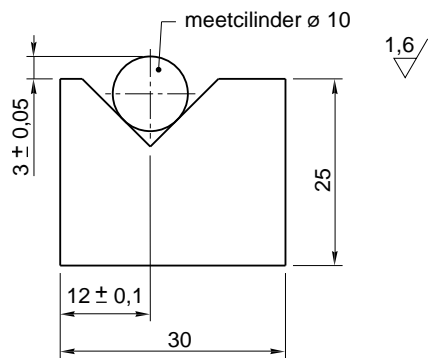


Figuur 13 (schaal 2 : 1)

25 Zie figuur 13.

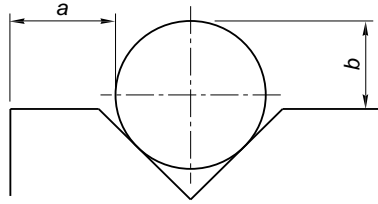
a Bereken de diepte h van de V-gleuf op 0,01 mm nauwkeurig.

b Teken in figuur 13 het snedenplan als je de eerste keer een diepte van 4 mm mag instellen en daarna maximaal 2 mm.



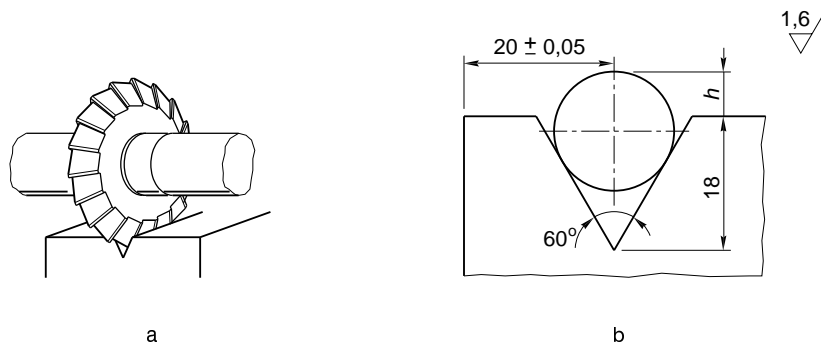
Figuur 14

- 26 Stel dat je de V-gleuf van figuur 14 gedeeltelijk gefreesd hebt. Procesmetingen geven je de volgende meetresultaten (zie figuur 15):
 $a = 7,03$ mm en $b = 5,95$ mm.



Figuur 15 (schaal 2 : 1)

Welke conclusies trek je uit de meetresultaten, en hoe werk je verder?



Figuur 16

- 27 Met de frees die je in figuur 16a ziet, moet je een V-gleuf frezen met een hoek van 60° . Welke naam heeft de frees?
- a V-gleuffrees
 - b moduulschijffrees
 - c prismafrees
 - d profielfrees
- 28 De diepte van de V-gleuf moet 18 mm zijn, zie figuur 16b. Deze dieptemaat willen we op een indirecte manier controleren door de maat h te meten. Hierbij gebruiken we een meetcilinder met een middellijn van 15 mm. Bereken de maat h .

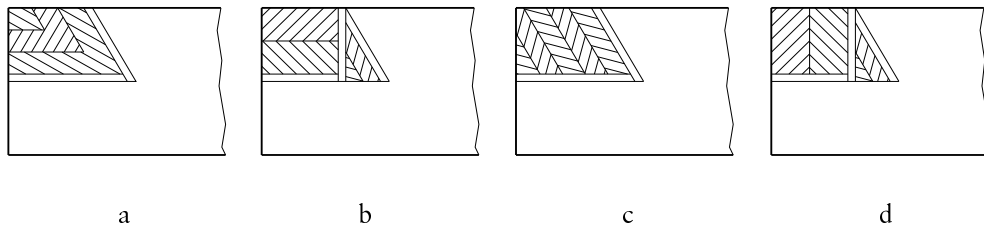
- 29 In figuur 16b zie je de maten waaraan de V-gleuf moet voldoen.
- a Hoe controleer je na enkele freespassages of de gleuf in de juiste positie van de kant zit?

- b Hoe corrigeer je eventueel?

Bestudeer de volgende subparagraaf uit de theorie:

- 5.3 T-gleuf - en zwaluwstaartgleuf frezen

Beantwoord vraag 30 en 31.

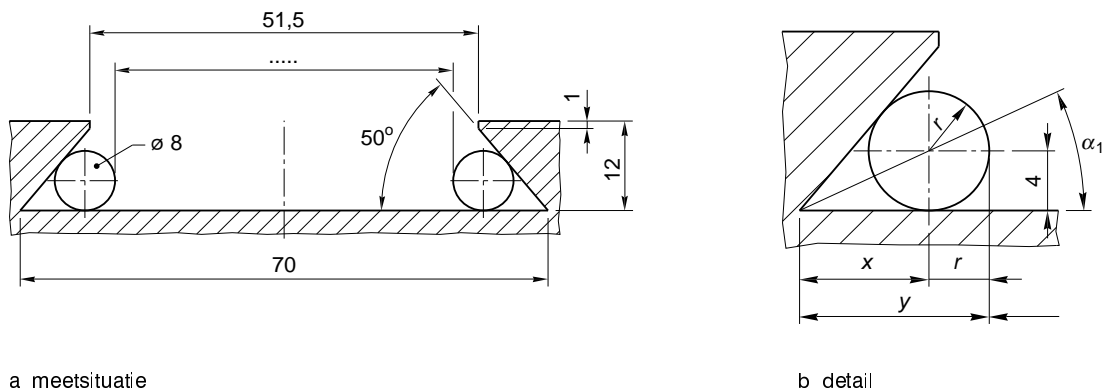


Figuur 17

- 30 In figuur 17 zie je het snedeplan van vier werkmethode voor een product. De sneden van het voorfrezen zijn gearceerd. Welke twee figuuronderdelen geven de goede werkmethode, en welk snijgereedschap heb je daarvoor nodig?

De goede werkmethode zijn weergegeven bij de letters ____ en ____

Het snijgereedschap is: _____



Figuur 18

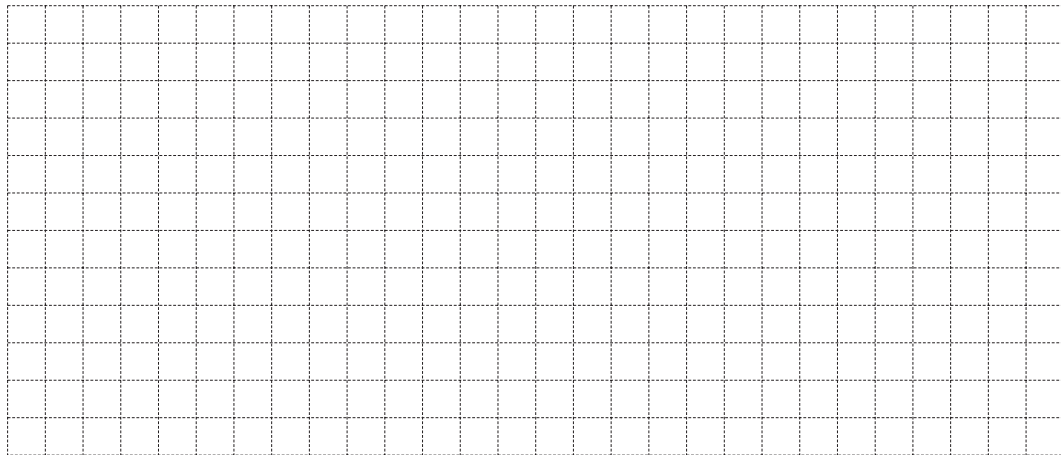
- 31 Voor de breedtemaat van een zwaluwstaartgleuf worden meetrollen gebruikt. De middellijn van de meetrollen is 8 mm. De basismaten van de zwaluwstaartgleuf staan in figuur 18.

a Bereken de maat $A \begin{matrix} +0,02 \\ 0 \end{matrix}$ tussen de meetrollen, waarmee je de breedte kunt controleren.

b Het andere onderdeel, de zwaluwstaart, moet in de zwaluwstaartgleuf passen.

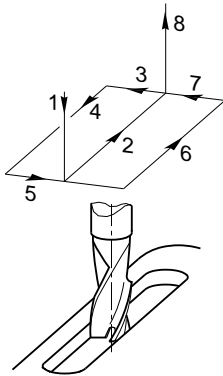
Bereken nu voor de zwaluwstaart de maat $B \begin{matrix} 0 \\ -0,02 \end{matrix}$ (de maat *om* de meetrollen).

Aanwijzing: Maak eerst een tekening van de twee in elkaar passende delen.

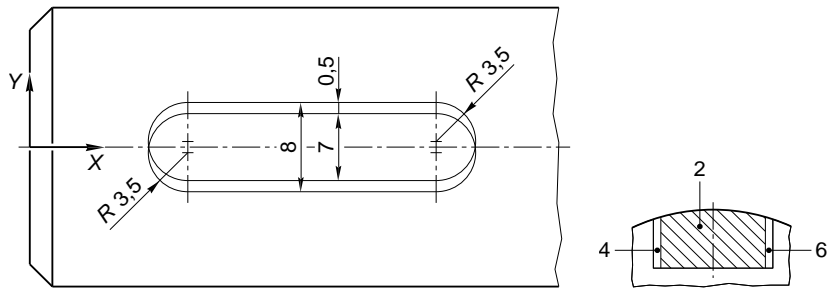


Bestudeer de volgende subparagraaf uit de theorie:
 – 5.4 Rechte gleuf tweezijdig begrensd

Beantwoord vraag 32.



Figuur 19



Figuur 20

- 32 In figuur 19 zie je in acht stappen het schema voor de freesbewegingen. Figuur 20 geeft informatie over de maatvoering en het snedenplan.

De nummers van de stukjes materiaal in figuur 20 staan in verband met de nummers van de bewegingen in figuur 19.

In willekeurige volgorde krijg je nu korte omschrijvingen van de acht stappen in figuur 19, met tussen haakjes erachter de verplaatsing in mm:

- meelopend nafrezen (23)
- snedebreedte instellen (0,5)
- voorfrezen (23)
- frees verticaal afvoeren
- meelopend maatfrezen (23)
- verticaal infrezen (4)
- snedebreedte instellen (1)
- zijwaarts vrij (0,5)

De stapnummers uit figuur 19 staan hieronder nogmaals. Noteer de juiste omschrijving achter elk stapnummer.

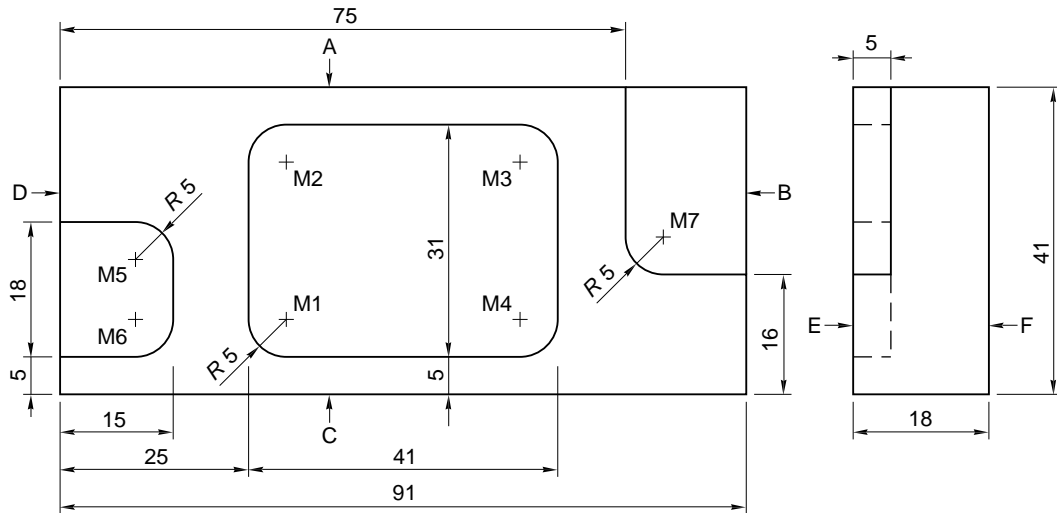
omschrijvingen	omschrijvingen
1 _____	5 _____
2 _____	6 _____
3 _____	7 _____
4 _____	8 _____

Uitsparing frezen

Bestudeer de volgende (sub)paragrafen uit de theorie:

- 6 Uitsparing frezen
- 6.1 Vierzijdig begrensde uitsparing frezen

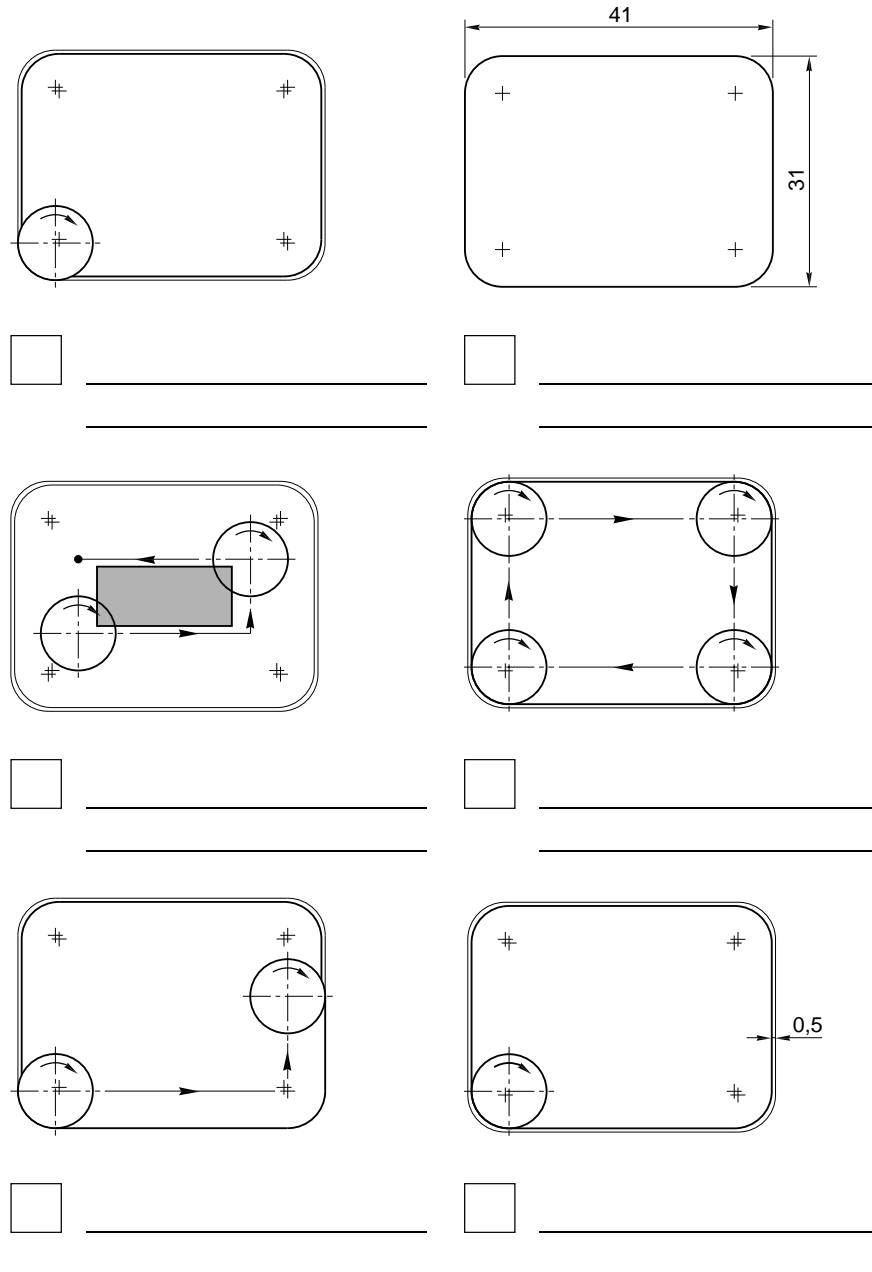
Beantwoord de vragen/opdrachten 33 t/m 36.



toleranties	$\pm 0,2$
oppervlakteruwheid	$\sqrt{1,6}$
materiaal	AlMgSi 1,0
uitgangsafmetingen	44 x 20
afkortlengte	95

Figuur 21

- 33 Van welke drie referentievlakken is de tekenaar van figuur 21 uitgegaan voor de maatvoering?
- a A, B en E
 - b B, C en E
 - c C, D en E
 - d C, D en F
- 34 Welke frees/frezen gebruik je, en met welke middellijn(en), bij het frezen van de vierzijdig begrensde uitsparing?



Figuur 22

- 35 In figuur 22 zijn zes momenten van de freesmethode te zien. Bij elk moment hoort een korte beschrijving. Je krijgt in willekeurige volgorde acht beschrijvingen, waarvan er twee onbruikbaar zijn.
- binnenste materiaal wegfrezen
 - zijden tegenlopend maatfrezes
 - voltooide uitsparing
 - zijden voorfrezes
 - in startpunt infrezes (5 mm)
 - zijden meelopend voorfrezes
 - zijden meelopend maatfrezes
 - in startpunt nafrezes

Zoek uit in welke volgorde de afgebeelde momenten voorkomen, en schrijf in de hokjes links daaronder nummers die deze volgorde aangeven. Noteer ook de juiste beschrijving uit bovenstaande lijst onder elk figuuronderdeel. Streep de foute beschrijvingen door.

- 36 Om de vierzijdig begrensde uitsparing op de juiste plaats te kunnen frezen, moet je eerst met een kantentaster de ligging van het werkstuk bepalen. Het snijpunt van C en D in figuur 21 is het nulpunt van een coördinatenstelsel. Het is aan te raden om de coördinaten van de afrondingsmiddelpunten vooraf te berekenen en op te schrijven.

Bepaal voor het voorfrezen en het maatfrezen van de vierzijdig begrensde uitsparing de coördinaten van de afrondingsmiddelpunten, zie figuur 22.

voorfrezen

maatfrezen

M1 x _____ y _____

M1 x _____ y _____

M2 x _____ y _____

M2 x _____ y _____

M3 x _____ y _____

M3 x _____ y _____

M4 x _____ y _____

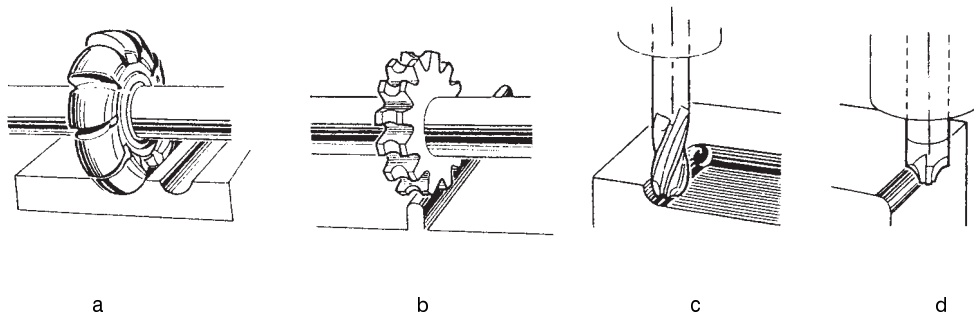
M4 x _____ y _____

Hoekfrezen en profielfrezen

Bestudeer de volgende (sub)paragrafen uit de theorie:

- 7 Hoekfrezen
- 8 Profielfrezen
- 8.1 Radiusfrezen

Beantwoord vraag 37.



Figuur 23

37 In figuur 23 zie je enkele profielfrezen. Kies telkens a, b, c en/of d.

vragen	a	b	c	d
1 Welke frees noem je radiusschachtfrees $\frac{1}{4}$ hol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Welke frees noem je radiusschachtfrees $\frac{1}{2}$ bol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Welke frees noem je radiusschijffrees $\frac{1}{2}$ hol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Welke frees noem je radiusschijffrees $\frac{1}{2}$ bol?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Welke frezen noem je concaaf (dus niet convex)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Welke frezen zijn productiever voor seriewerk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Welke frezen geven de beste oppervlakteruwheid?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Welke frezen kun je voor oliegroeven gebruiken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Welke frezen zijn het goedkoopst en ook het snelst te verwisselen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Spangereedschap

Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie:

- 9 Spangereedschappen bij frezen

Beantwoord de vragen/opdrachten 38 t/m 44.

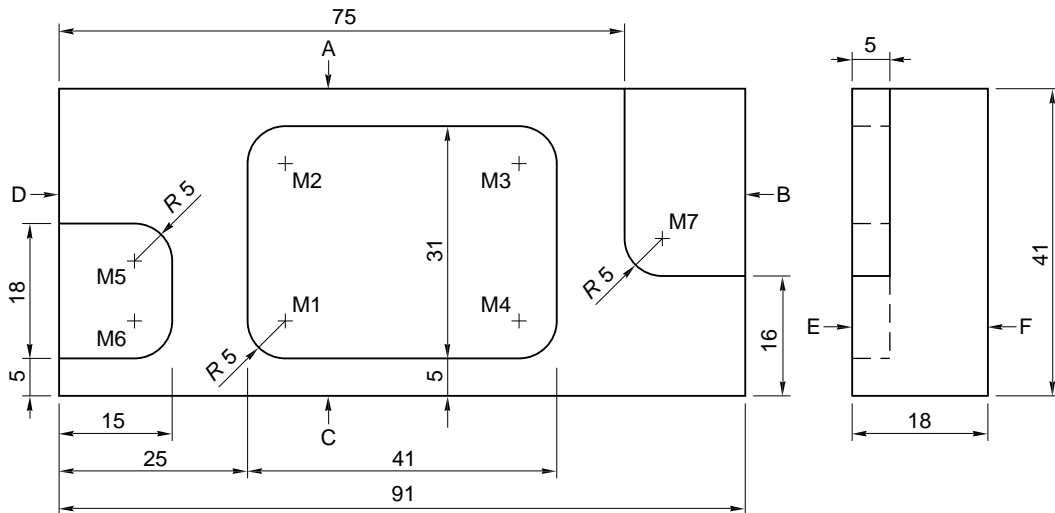
- 38 De keuze voor een spangereedschap hangt af van:
- a de gebruikte frees
 - b de aanzetsnelheid van het product
 - c het toerental van de frees
 - d het materiaal van het product
- 39 Noem een spanmethode waarbij het werkstuk direct is opgespannen.
-
- 40 Bij het gebruik van een universele machineklem is het werkstuk *direct/indirect* gespannen.
- 41 Als je een product moet klemmen waarvan de aanlegvlakken niet evenwijdig zijn, dan gebruik je een universele machineklem met een:
- a gladde bek.
 - b bek voorzien van een oplegvlak.
 - c bek met zijaanslag.
 - d ronde bek.
- 42 Als je een product klemt in een magneetklem, dan kun je
- a rondom bewerken, grillige vormen bewerken en aluminium klemmen.
 - b rondom bewerken, grillige vormen bewerken en snel in- en uitspannen.
 - c rondom bewerken, snel in- en uitspannen en aluminium klemmen.
 - d snel in- en uitspannen, grillige vormen bewerken en aluminium klemmen.

- 43 Je spant met behulp van kikkerplaten een werkstuk op de opspantafel van de freesmachine. Waar moet je dan op letten?
- a De spankracht oefen je recht boven de oplegpunten uit om vervorming van het werkstuk te voorkomen.
 - b De spanbouten plaats je zo ver mogelijk van de freesbaan, omdat de klem-kracht dan groter is.
 - c De spanbouten plaats je in het midden tussen de oplegpunten om een verende opspanning te krijgen.
 - d De spanbouten plaats je zo ver mogelijk van het te bewerken vlak voor een beter zicht en een betere koeling.
- 44 Noem drie fouten die bij frezen kunnen ontstaan als je een product niet goed opspant.

Werkvoorbereiding

<p>Bestudeer de volgende paragraaf uit de theorie: – 10 Werkplan</p>
--

Maak opdracht 45.



toleranties	$\pm 0,2$
oppervlakteruwheid	$1,6$
materiaal	AlMgSi 1,0
uitgangsafmetingen	44 x 20
afkortlengte	95

Figuur 24

- 45 Maak van het werkstuk volgens figuur 24 een werkplan. Gebruik hiervoor het formulier van figuur 25.

Afsluiting Praktijk van het frezen

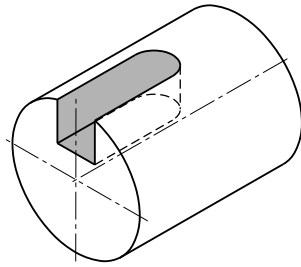
Controlelijst

Hieronder zie je checklist van onderwerpen die in dit hoofdstuk aan de orde geweest zijn. Geef aan welk van de onderdelen je goed beheerst en welke je misschien nog even beter moet bekijken.

Je kunt:

- de verschillende deelbewerkingen van frezen benoemen;
- de 3-2-1 regel uitleggen;
- beschrijven hoe een werkstuk door aanslagen ondubbelzinnig wordt gepositioneerd;
- beschrijven wat de functie is van de kantentaster;
- uitleggen hoe en wanneer je een kantentaster toepast;
- beschrijven hoe je een werkstuk vlak-, haaks- en evenwijdig freest;
- beschrijven hoe je een werkstuk rondom haaks freest;
- drie methodes van schuin frezen noemen en ze beschrijven;
- voor alle deelbewerkingen van gleuffrezen de te gebruiken frezen benoemen;
- uitleggen hoe je een tweezijdig-, een driezijdig- en een vierzijdig begrensde uitsparing freest;
- de frees, aanzet en snediediepte bij frezen van tweezijdig-, driezijdig- en vierzijdig begrensde uitsparingen bepalen;
- bij alle deelbewerkingen van radiusfrezen de te gebruiken frezen benoemen;
- het verschil noemen tussen een hoekrondingsfrees en een concaaffrees;
- het verschil noemen tussen een radiusfrees en een convexfrees;
- het verschil tussen indirect- en direct spannen uitleggen;
- aangeven in welke situatie je een verstelbare- en een universele klem gebruikt;
- het uitklokken van een machineklem beschrijven;
- de voordelen van een magneetspanplaat benoemen;
- het verschil uitleggen tussen spannen met kikkerplaten en vlakspanners;
- de veel voorkomende fouten bij spannen benoemen;
- de veiligheidsaspecten bij spannen benoemen;
- een werkplan voor het frezen van een product schrijven.

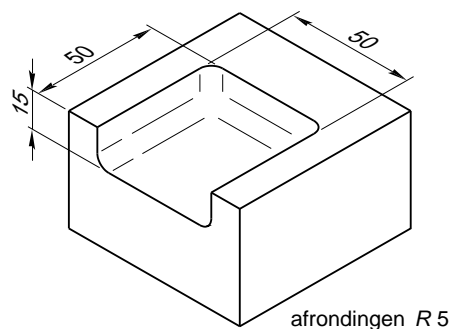
Zelftoets



Figuur 26

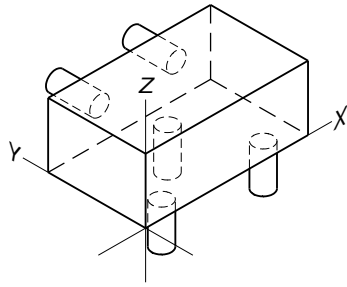
- 1 Welke variant van gleuffrezen zie je in figuur 26, en welk snijgereedschap heb je hiervoor nodig?

variant	snijgereedschap
a tweezijdig begrensde gleuf	schijffrees
b eenzijdig begrensde gleuf	vingerfrees of spiebaanfrees
c tweezijdig begrensde gleuf	spiebaanfrees
d eenzijdig begrensde gleuf	schijfspiefrees
e tweezijdig begrensde gleuf	vingerfrees of spiebaanfrees
f eenzijdig begrensde gleuf	schijffrees



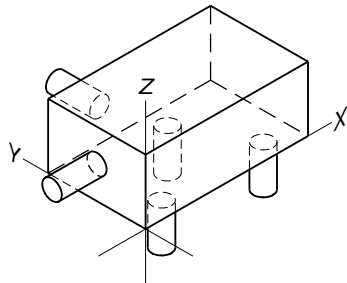
Figuur 27

- 2 Welke snijgereedschap heb je nodig voor het frezen van de uitsparing in figuur 27?
- radiusschijffrees $\frac{1}{4}$ hol
 - vingerfrees en radiusschachtfrees $\frac{1}{4}$ hol
 - spiebaanfrees en radiusschijffrees $\frac{1}{2}$ bol
 - vingerfrees en radiusschachtfrees $\frac{1}{2}$ bol
 - radiusschachtfrees $\frac{1}{2}$ bol
- 3 Wat is het doel van positioneren?
- het werkstuk ondersteunen
 - de plaats van het werkstuk ondubbelzinnig vastleggen
 - het werkstuk op z'n plaats houden



Figuur 28

- 4 Welke vrijheidsgraad is in figuur 28 niet geblokkeerd?
- translatie in de x-richting
 - rotatie om de y-as
 - translatie in de z-richting



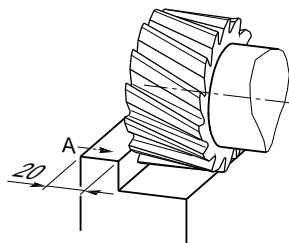
Figuur 29

- 5 Welke vrijheidsgraad is in figuur 29 niet geblokkeerd?
- rotatie om de x-as
 - rotatie om de y-as
 - rotatie om de z-as
- 6 Hieronder staan acht opmerkingen die gaan over voorfrezen of maatfrezen:
- Je gebruikt een frees met grote verspaningscapaciteit.
 - Je verspaant op de ruwheidseis van de tekening.
 - Je verspaant met overmaat.
 - Je verspaant met een grote spaandoorsnede.
 - Je gebruikt een nauwkeurig gefabriceerde frees.
 - Spannen doe je stabiel en met grote klemkracht.
 - De klemkracht mag niet vervormen.
 - Je verspaant volgens de maat van de tekening.

Welke opmerkingen gaan over voorfrezen?

- 8 – 4 – 5 – 1
- 1 – 3 – 4 – 6
- 3 – 6 – 1 – 8
- 4 – 2 – 8 – 6
- 1 – 4 – 3 – 8

- 7 Bij het spannen van werkstukken die je om en om gaat vlakfrezen met een meskopfrees, wordt het werkstuk ondersteund door twee vlakstukken die niet precies even hoog zijn. Waar ontstaat er een afwijking?
- in de vlakheid
 - in de rechttheid
 - in de evenwijdigheid
 - in de haaksheid
- 8 Waar ontstaat er een afwijking, als je gaat vlakfrezen met een meskopfrees waarbij de freeskop die niet nauwkeurig verticaal staat?
- in de vlakheid
 - in de rechttheid
 - in de evenwijdigheid
 - in de haaksheid



Figuur 30

- 9 In figuur 30 zie je het frezen van een rechte hoek. Op welke freesmachine gebeurt dit, en welke frees wordt er gebruikt?
- verticale freesmachine – vingerfrees
 - horizontale freesmachine – meskopfrees
 - horizontale freesmachine – vingerfrees
 - horizontale freesmachine – mantelkopfrees
 - horizontale freesmachine – mantelfrees
- 10 In een werkplan geef je aan hoe je een werkstuk maakt. Noem vijf aspecten die in een werkplan moeten staan.

1 _____

2 _____

3 _____


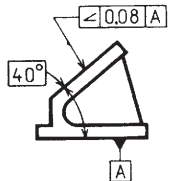
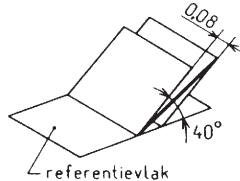

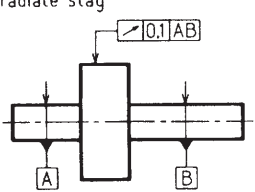
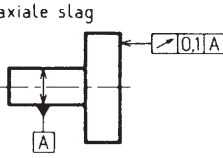
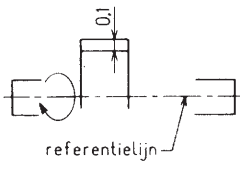
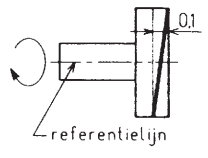

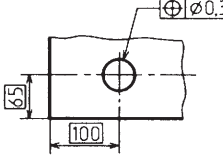
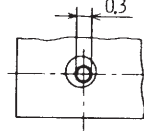

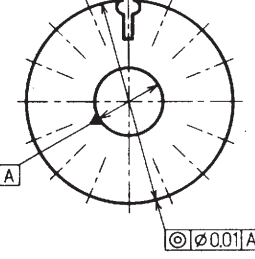
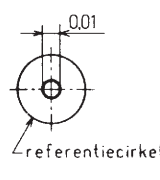

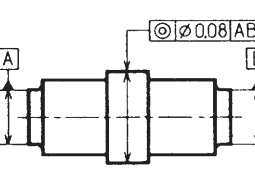
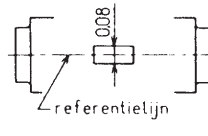

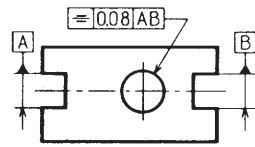
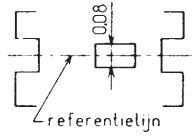
4 _____

5 _____

Bijlage

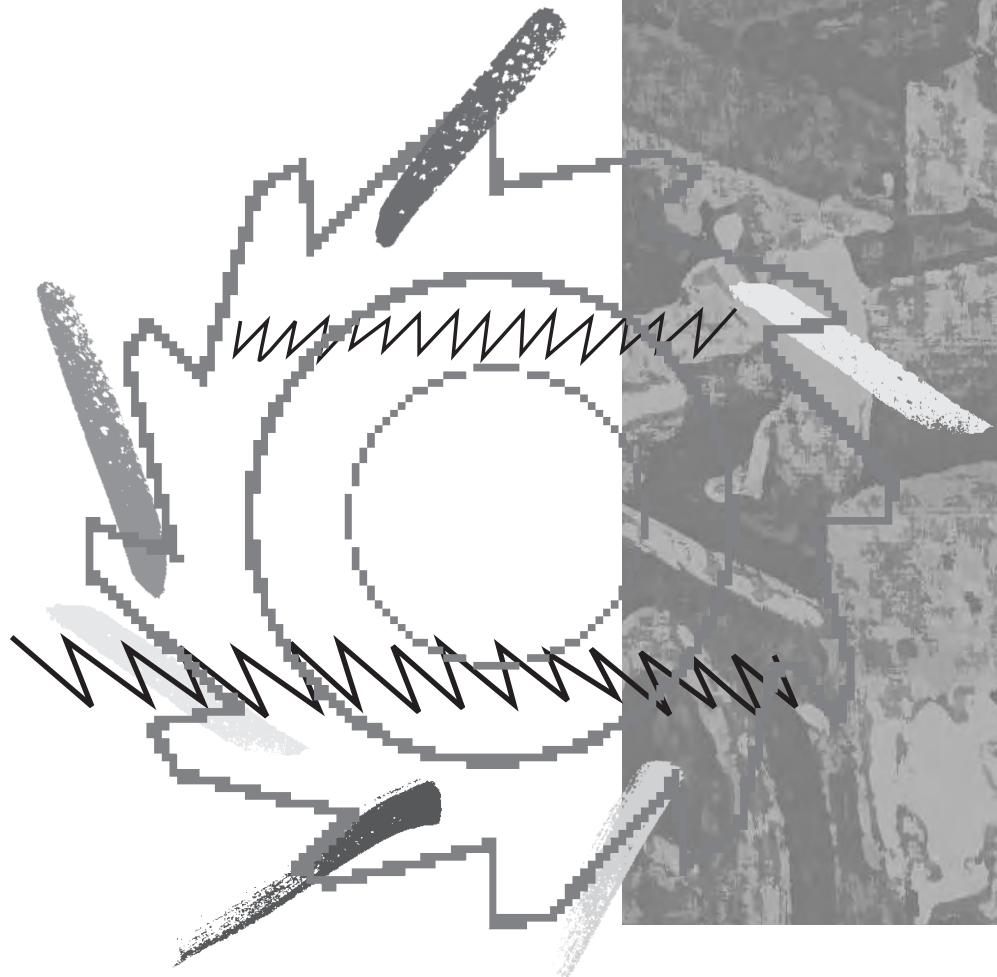
Voorbeelden van aanduiding en betekenis van vorm- en plaatstoleranties

aard van de vorm- of plaats-tolerantie	voorbeeld van aanduiding	betekenis	omschrijving
— rechtheid			De hartlijn van de cilinder waarvoor de rechtheidstolerantie is aangegeven, moet liggen in een cilindrische zone met een middellijn van 0,08.
○ rondheid			De omtrek van de schijf moet liggen tussen twee concentrische cirkels, waarvan de stralen 0,03 verschillen.
⤿ profielzuiverheid van een lijn			Het beschouwde profiel moet in iedere doorsnede, evenwijdig aan het vlak van tekening, liggen tussen twee omhullende lijnen van de cirkels met een middellijn van 0,04 en waarvan de middelpunten liggen op de geometrisch zuivere profiellijn.
▭ vlakheid			Het oppervlak waarvoor de vlakheidstolerantie is aangegeven, moet liggen tussen twee evenwijdige platte vlakken, waarvan de onderlinge afstand 0,05 bedraagt.
⊘ cilindriciteit			Het beschouwde oppervlak moet liggen tussen twee coaxiale cilinders waarvan de stralen 0,1 verschillen.
⤿ profielzuiverheid van een vlak			Het beschouwde vlak moet liggen tussen twee omhullende oppervlakken van de bollen met een middellijn van 0,02 en waarvan de middelpunten liggen op het geometrisch zuivere profielvlak.
// evenwijdigheid			De bovenste hartlijn moet liggen in een cilindrische zone die evenwijdig is met de onderste referentielijn „A” en een middellijn heeft van 0,03.
⊥ haaksheid			De hartlijn van de cilinder waarvoor de haaksheidstolerantie is aangegeven, moet liggen in een cilindrische zone die loodrecht op het referentievlak „A” staat en een middellijn heeft van 0,01.

aard van de vorm- of plaats-tolerantie	voorbeeld van aanduiding	betekenis	omschrijving
 <p>hoekzuiverheid</p>			<p>Het beschouwde hellende oppervlak moet liggen tussen twee evenwijdige vlakken die onder een hoek van 40° met het referentievlak „A” staan en waarvan de loodrechte afstand 0,08 bedraagt.</p>
 <p>slag</p>	<p>radiale slag</p>  <p>axiale slag</p> 	 	<p>Bij een volledige omwenteling om de referentie-as A-B mag de radiale slag van het cilindervlak waarop deze is aangegeven niet meer bedragen dan 0,1.</p> <p>Bij een volledige omwenteling om de referentie-as „A” mag de axiale slag van het vlak waarop deze is aangegeven, niet meer bedragen dan 0,1.</p>
 <p>plaatszuiverheid</p>			<p>Het middelpunt van het beschouwde gat moet liggen in een cirkel waarvan het middelpunt samenvalt met het snijpunt van de gegeven hartlijnen en waarvan de middellijn 0,3 bedraagt.</p>
 <p>concentriciteit</p>			<p>Het middelpunt van de cirkel waarop de concentriciteitstolerantie is aangegeven, moet liggen in een cirkel waarvan het middelpunt samenvalt met het middelpunt van de referentiecirkel „A” en waarvan de middellijn 0,01 bedraagt.</p>
 <p>coaxialiteit</p>			<p>De hartlijn van de cilinder waarop de coaxialiteitstolerantie is aangegeven, moet liggen in een cilindrische zone waarvan de hartlijn samenvalt met de referentie-as A-B en waarvan de middellijn 0,08 bedraagt.</p>
 <p>symmetrie</p>			<p>De werkelijke hartlijn van het gat moet liggen tussen twee ten opzichte van de referentielijn A-B equidistante lijnen waarvan de onderlinge afstand 0,08 bedraagt.</p>

Veiligheid verspanen

4



4.1 Algemeen

Vele jaren geleden was er de zogenoemde *Veiligheidswet* waarin zaken werden geregeld die te maken hadden met veiligheid, gezondheid en hygiëne op de werkplek. Nu geldt er een uitgebreidere wet, de *Arbowet*. De afkorting Arbo komt van ‘arbeidsomstandigheden’. In de Arbowet staan ook regels voor welzijn. Dat betekent dat het werk zodanig georganiseerd moet worden dat we ons er ook prettig bij voelen. In elk geval zo prettig mogelijk. Een ander verschil is dat de werkgever de plicht heeft om zich in te spannen de werkomstandigheden steeds te verbeteren.

Ten aanzien van de verantwoordelijkheid is het zo dat de werkgever de grootste aansprakelijkheid heeft maar ook de werknemer moet zijn verantwoordelijkheid nemen. We zijn persoonlijk aansprakelijk als je een overtreding maakt tegen de Arbowet. Dus eigenlijk zijn werkgever en werknemer samen verantwoordelijk. Daarom moeten ze samenwerken voor veiligheid, gezondheid en welzijn. Daarvoor hebben veel bedrijven veiligheidsvergaderingen in een speciale commissie.

We vertellen hierover omdat de Arbowet ook voor de school geldt en we willen helpen een goede veiligheidsmentaliteit te krijgen.

Tegenover de plichten van de werkgever/school staan de verplichtingen van de werknemer/student. Op school of in een bedrijf, handel steeds uit de volgende veiligheidsmentaliteit.

- 1 We doen ons werk zo, dat we anderen niet in gevaar brengen.
- 2 We gebruiken beschermingsmiddelen als ze verplicht of nodig zijn.
- 3 We gebruiken onze machine op de goede manier.
- 4 We werken mee aan de instructies die gegeven (moeten) worden.
- 5 We melden gevaarlijke situaties omdat hierdoor eventueel gevaar voor de gezondheid en veiligheid kan ontstaan.

Voorbeelden van dit laatste onderdeel zijn:

- een spanenkap die niet goed functioneert;
- een klauwplaat of machineklem die niet goed klemt;
- klauwen die beschadigd zijn;
- een beitelhoeder die defect is;
- een slijpsteen die beschadigd is.

De Arbeidsinspectie is de instantie die toezicht houdt op een goed uitvoeren van de Arbowet.

4.2 Risicofactoren en maatregelen

Bij verspanende bewerkingen zijn de belangrijkste risicofactoren:

- roterend werkstuk of gereedschap;
- wegvliegende spanen;
- koelwaterspatten waarin eventueel ook spaantjes zitten;
- wegvliegend werkstuk of gereedschap als gevolg van onjuist handelen;
- spanen en vuil tijdens schoonblazen met lucht;
- werkstuk of gereedschap dat van een machine of kast valt.

De beste manier om de risicofactoren aan te pakken is bestrijden aan de bron. Dit betekent de oorzaak wegnemen of de bron afschermen. Als om technische redenen de genoemde methoden onmogelijk zijn, moeten we de mensen afschermen. Hiervoor hebben we persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals:

- een goed gesloten overall;
- veiligheidsbrillen;
- oordopjes, enz.

Indien nodig beschermen we ‘gevaarlijk haar’ met een pet op ons hoofd.

Draag geen sieraden zoals een halsketting.

Doe een stropdas, halsdoek of sjaal in de werkplaats af.

Deze kunnen door draaiende dingen gegrepen worden met alle gevolgen van dien.

Regels die de algemene veiligheid op de werkplek bevorderen, zijn:

- de werkplek (ook de vloer) moet schoon zijn en vrij zijn van losliggend materiaal;
- de spanen moeten regelmatig worden opgeruimd en afgevoerd;
- gereedschappen moeten regelmatig worden schoongemaakt.

4.3 Veiligheid bij handgereedschap

Bij aftekenen, zagen, vijlen en schroefdraad snijden dragen we ook een veiligheidsbril.

Hamers moeten zijn voorzien van een goede steel die niet gescheurd is.

Als centerponsen en hakbeitels bramen hebben moeten we ze (laten) wegslijpen voor we ons eraan verwonden.

Als we willen gaan zagen, letten we erop dat de zaag een deugdelijk handvat heeft dat niet gescheurd of gebroken is. We moeten het werkstuk stevig vastklemmen om te voorkomen dat het losschiet. Zo voorkomen we verwondingen en zaagbreuk.

Zorg ervoor dat een vijl voorzien is van een deugdelijk en goed passend heft,

zodat losschieten uitgesloten is. Ook moeten we ervoor zorgen dat elke vijl zijn eigen heft houdt.

4.4 Veiligheid bij boren

Vorbereiding

Plaats het werkstuk op vlakstukken en draai de klem goed vast. Tik met een kunststof hamer het werkstuk aan op de vlakstukken en draai de klem daarna niet meer aan. Als de gaten groter zijn dan ongeveer 6 mm, moeten we de klem op de boortafel vastklemmen. Het is nodig om te voorkomen dat een ‘happende’ boor de klem meeneemt.

Het boren

Zorg dat het ten aanzien van je persoonlijke beschermingsmiddelen in orde is. Blijf tijdens het boren van de roterende delen en de spanen af. Lange spanen voorkomen we door de aanzetkracht regelmatig te onderbreken. We kunnen lange spanen weghalen als de machine stilstaat.

4.5 Veiligheid bij slijpen handgereedschap

Slijpen zonder bril op, doe je nooit!

Het beste is een ruimzichtbril die precies op je gezicht aansluit.

Voor het slijpen van handgereedschap gebruiken we meestal een slijpkop die is voorzien van een veiligheidsruit en zo mogelijk stofafzuiging. Een stalen kast over driekwart deel van de steenomtrek voorkomt dat de gebruiker getroffen kan worden door steenbrokken als de steen uiteen zou vliegen.

De afstand tussen de steen en de leunspaan mag maximaal 3 mm zijn. Dit om te voorkomen dat onze vingers of hand bekneld raken tussen steen en werkstuk.

Als we de machine aanzetten, gaan we naast de steen staan.

4.6 Veiligheid bij draaien en frezen

Wat in paragraaf 4.2 staat, geldt ook voor draaien en frezen. We weten dus al hoe we ons zelf moeten beschermen. Risicofactoren voor handen en armen zijn:

- spanen;
- draaiende werkstukken, draaiende gereedschappen en draaiende machinedelen;
- bramen aan werkstukken;
- snijgereedschap;

- vuil (infectie);
- koelvloeistof (inwerking op huid).

Houd je aan de volgende regels:

- 1 Overtuig je ervan dat de machine alleen wil draaien als de elektrisch beveiligde kap gesloten is.
- 2 Overtuig je ervan, voor je de machine aanzet, of het werkstuk en de beitel (frees) goed vaststaan en de klauwplaatsleutel uit de klauwplaat gehaald is.
- 3 Reik niet over en grijp niet naar draaiende delen.
- 4 Aflopende spanen bij draaien met een spanenhaak verwijderen en niet met je handen.
- 5 Verricht de noodzakelijke metingen alleen bij een stilstaande machine.
- 6 Zorg ervoor dat je je bij het in- en uitspannen van het werkstuk en meten, niet verwondt aan het snijgereedschap.
- 7 Draaiende delen mag je niet afremmen met je handen, laat de machine uitlopen.
- 8 Bij in werking zijnde machines loop je niet weg.

4.7 Veiligheid bij slijpen

We maken onderscheid tussen slijpen met handslijpmachines en vast opgestelde slijpmachines. In de leerstof van deze paragraaf hebben we het alleen over vast opgestelde slijpmachines.

Welke risico's zijn er bij het slijpen?

Slijpmachines draaien met hoge toerentallen. Als het toerental hoger is dan de slijpsteen aankan, zal deze uit elkaar vliegen. Het effect hiervan is te vergelijken met dat van een kleine granaat! Een beschadigde slijpsteen kan ook uit elkaar vliegen. Wegspringende deeltjes slijpsteen en metaal kunnen in je ogen terechtkomen. We kunnen ons aan een slijpsteen ook bezeren.

Welke maatregelen moeten worden genomen?

De genoemde risico's moeten natuurlijk zo klein mogelijk gemaakt worden. Daarom geven we voor vast opgestelde slijpmachines de volgende regels:

- De slijpstenen worden door deskundig personeel gemonteerd.
- Om de slijpsteen is een kap met werkopening. De zijkanten zijn ook afgeschermd.
- We gebruiken het aanwezige beschermruitje.
- We dragen een veiligheidsbril, ruimzichtbril of gelaatsscherm.
- Bij een slijpmachine met leunspaan moeten we de leunspaan bijstellen als de afstand tot de slijpsteen groter is dan 3 mm.

4.8 Milieuaspecten

schadelijke stoffen Bijna alle milieuproblemen ontstaan door een te grote concentratie van bepaalde schadelijke stoffen in lucht, water of bodem. Soms komen deze stoffen vrij na een vulkaanuitbarsting of een andere natuurramp. In alle andere gevallen is de mens de hoofdverantwoordelijke voor de uitstoot van deze stoffen.

Schadelijke stoffen komen op drie manieren vrij:

- 1 Van menselijk en dierlijk afval.
Er ontstaan bijvoorbeeld problemen als de sanitaire voorzieningen ontoereikend zijn.
- 2 Bij de productie en consumptie van energie.
Olie, gas, steenkool en uranium voeden onze energiecentrales maar zorgen ook voor de uitstoot van koolstof en zwavel, lekkende olietankers en radioactief afval.
- 3 Bij het maken van allerlei producten die ons leven veraangenamen. Ook in verschillende producten zelf komen schadelijke stoffen voor. Bijvoorbeeld kwik in thermometers en cadmium in batterijen en televisietoestellen.

Eural Op 1 januari 2002 is de Eural (Europese afvalstoffenlijst) in werking gesteld en in hetzelfde jaar in Nederland overgenomen in de Wet milieubeheer.

afvalstoffen In de Eural benoemt de Europese Commissie 800 afvalstoffen en bepaalt zij wanneer een afvalstof gevaarlijk is. De afvalstoffen in deze lijst worden alleen gevaarlijk beschouwd als ze gevaarlijke stoffen bevatten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van vastgelegde gevaareigenschappen, zoals: ontplofbaar, ontvlambaar, irriterend (huid en slijmvliezen), giftig, kankerverwekkend, enz.

gevaar-
eigenschappen

Voor afvalontdoeners, afvalverwerkers en overheid is het van belang te kunnen nagaan of ze te maken hebben met gevaarlijk of niet-gevaarlijk afval.

bedrijfsafval Afhankelijk van de herkomst worden ook de benamingen huishoudelijk afval en bedrijfsafval gebruikt.

verwijderen afvalstoffen Voor een doelmatig verwijderen van afvalstoffen geeft de Wet milieubeheer de volgende voorkeurvogorde:

voorkeur-
volgorde

- 1 Preventie van het ontstaan van afvalstoffen. Dus voorkomen dat er afvalstoffen ontstaan. Als het ontstaan niet te voorkomen is moet er in afzonderlijke stromen gescheiden worden.
- 2 Preventie van schadelijkheid van afvalstoffen.
- 3 Hergebruik voor hetzelfde doel.
- 4 Nuttige toepassing voor een ander doel.
- 5 Verbranding met terugwinning van energie.
- 6 Verbranding zonder terugwinning van energie.
- 7 Storten.

Op het gebied van verspanende metaalbewerking hebben we het vervolgens over enkele bewerkingen en bewerkingsvloeistoffen.

Draaien, frezen en boren

Al het metaalafval, zowel ferro als non-ferro, komt in principe in aanmerking voor hergebruik.

- scheiden Het is lonend het metaalafval in meerdere stromen te scheiden, zoals koper, aluminium, roestvast staal, enz.
- afvoer Grote hoeveelheden gesorteerde metaalkrullen kunnen worden verdicht en gepalletiseerd voor een betere afvoer.

Slijpen, schuren en polijsten

De afvalstof bevat deeltjes metaal en deeltjes slijpmiddel (aluminiumoxide of siliciumcarbide).

Bij polijsten en schuren ontstaat een fijn verdeeld mengsel met lucht dat ontplofbaar kan zijn. Bij slijpen is geen ontploffingsgevaar.

- afzuiging Een gerichte afzuiging en/of adembeschermingsfilter geven persoonlijke bescherming tegen inademen van verontreinigde lucht.

- afvoer Slijpschijven worden bewaard volgens aanwijzingen van de leverancier.
Gebruikte slijpschijven en schuurmiddelen moeten afgevoerd worden als bedrijfsafval.

Koelsmeermiddelen

De verschillende koelsmeermiddelen die op de markt zijn, worden ingedeeld in twee categorieën:

- wateroplosbare;
- niet-wateroplosbare (snijoliën).

- huidirritatie Omdat sommige mensen gevoelig zijn voor huidirritatie is het beter om herhaaldelijk huidcontact te vermijden.
Bij nevelvorming is als preventieve maatregel plaatselijke afzuiging en/of een adembeschermingsfilter toe te passen.
Morsvloeistof moet worden opgenomen met een inert absorptiemiddel.
Snijoliën geven de minste afvoerproblemen. Het afvalproduct wordt verzameld vanuit de olievergaarbakken van de machines en de spanenafvalbakken en het vaste materiaal wordt afgescheiden door filtering, centrifugeren of magnetische filtratie. De afvalolie wordt verpakt in goed afgesloten vaten en als afval afgevoerd.
- afvoer De wateroplosbare oliën zijn een groter afvoerprobleem omdat ze chemisch van de emulsie moeten worden gescheiden. Daarom kiezen de meeste Nederlandse bedrijven voor afvoer via een extern afvalverwerkingsbedrijf.

4.9 Chemiekaarten

Per bewerkingstechniek en gebruikt materiaal geven deze zogenoemde *chemiekaarten* de gevaren, gezondheidseffecten, preventieve maatregelen, hulpverlening en milieuaspecten.

Ze zijn voorzien van een handleiding en software om de inhoud aan te passen voor specifieke bedrijfssituaties voor instructie aan personeel. Als voorbeeld zien we in tabel 4.1 een chemiekaart voor het slijpen van koperlegeringen.

TABEL 4.1 SLIJPEN VAN KOPER (LEGERINGEN)

Algemene gegevens			
Toepassing:	slijpen, polijsten en schuren van koper (legeringen)		
Globale samenstelling:	slijp- en schuurmiddel is vaak aluminiumoxide (korund); polijstmiddelen zijn oliën en amorf siliciumoxide		
Gevaren:	irriterend voor de ogen, de ademhalingswegen en de huid; bij voortdurend huidcontact kans op dermatitis; bij intensieve inademing kans op metaaldampkoorts		
	Directe effecten	Preventieve maatregelen	Bedrijfshulpverlening
Brand/ Explosie:	bij polijsten en schuren: fijn verdeeld stof met lucht ontplofbaar; bij slijpen met vonken: fijn verdeeld stof NIET ontplofbaar	stofvorming beperken; polijsten en schuren: GEEN vuur; NIET slijpen met brandbare stoffen in de omgeving	blussen met droog zand, speciaal blusmiddel
Inademen:	hoesten; hoofdpijn; keelpijn	gerichte afzuiging; draag adembescherming filter type P2	frisse lucht, rust; arts waarschuwen
Huid:		draag handschoenen, type leren werkhandschoenen	15 minuten spoelen met stromend water, géén kleding uittrekken; arts waarschuwen
Ogen:	roodheid	slijpbril	arts waarschuwen
Inslikken:	buikpijn; diarree; misselijkheid	niet eten, drinken of roken tijdens het werk	mond laten spoelen; NIET laten drinken; arts waarschuwen
	Opslag	Opruiming	Milieu
	gescheiden van zuren, basen; slijpschijven bewaren volgens aanwijzingen leverancier	gemorste stof opscheppen; zorgvuldig verzamelen	WMb:
Opmerkingen			
de MAC-waarde van koperstof is 1 mg/m ³ ; gebruikte schuurmiddelen en slijpschijven afvoeren als bedrijfsafval; deze kaart geldt ook voor polijsten of schuren			
Bron: Praktijkgids voor de Metaal- en Elektrotechnische Industrie. Uitgeverij <i>Kerckebosch bv</i> Zeist.			

Opgaven

Over veiligheid bij verspanende handbewerkingen, boren en draaien leer(de) je bij de leerstof van deze bewerkingen.

In dit hoofdstuk leer je over veiligheid bij frezen en slijpen. Hierover is ook een zelftoets in dit hoofdstuk opgenomen.

Verder gaat dit hoofdstuk over milieuaspecten in een verspaningsbedrijf en op enkele andere gebieden. Je leert hierbij ook waar je bepaalde milieuwetten kunt vinden.

Deze voornamelijk digitale leerstof bestaat uit theorie, internetopdrachten, interactieve vragen en een toets. Je hebt dus een computer met internetaansluiting nodig.

Veiligheid bij frezen

Bestudeer eerst uit je kernboek:

– ## Veiligheid, de paragrafen ##.5 t/m ##.7

De opgaven 1 t/m 8 kun je maken door goed te lezen en goed na te denken.

- 1 Je wordt vlugger een veilige machinegebruiker als je aan een aantal *persoonlijke voorwaarden* voldoet, of probeert daaraan te voldoen. Welke voorwaarden vind je onmisbaar voor een veilig gebruik van machines?
 - 1 de wil om veilig te werken
 - 2 leidinggevende eigenschappen
 - 3 inzicht in de gevaren die ons bedreigen
 - 4 een evenwichtige houding als het gaat om het bedienen van een machine
 - 5 verantwoordelijkheid ten aanzien van je klasgenoten of collega's, dus niet spelen, stoeien, gooien en afleiden

- 2 Er volgen enkele eisen die je aan veiligheidsschoenen zou kunnen stellen als je met freesmachines werkt. Welke eisen vind je terecht?
 - 1 stalen neuzen
 - 2 zwarte kleur
 - 3 waterdicht
 - 4 slipvrije zolen
 - 5 hoge sluiting, tegen invallende spanen

- 3 Welke *roterende* delen van een freesmachine zijn gevarenbronnen?
- werkstuk – machineklem – frees
 - frees – freesspil – schakelhefbomen
 - frees – freesspil – spilneus van de hoofdas – handwielen
- 4 Er volgen punten over je ‘outfit’ bij de freesmachine waarvan er enkele onveilig zijn. Streep de veilige punten door. Een opsomming van onveilige punten die je niet mag accepteren blijft over.
- overall geopend dragen
 - overall met logo op de rug
 - overall met te lange mouwen
 - halsdoek of sjaal
 - halsketting
 - ring
 - polshorloge
 - grote ooring
 - loshangend lang haar
 - honkbalpet
 - sportschoenen
- 5 Hoe kunnen we het *freesproces* op een praktische en realistische manier beter beveiligen?
- voortdurend een veiligheidsbril dragen
 - afstandsbediening installeren
 - beschermkap met elektrische schakelaar zodanig installeren dat het freesproces alleen kan starten en doorgaan met een gesloten beschermkap
- 6 De maximale straf die je kunt krijgen als je je veiligheidsbril niet draagt is: levenslange duisternis zonder uitzicht op aftrek voor goed gedrag! *Bescherm je ogen dus steeds met een goed passende veiligheidsbril.*
Noem twee redenen waarom het juist is om bij de freesmachines ook een veiligheidsbril te dragen als je zelf niet verspaant.

1 _____

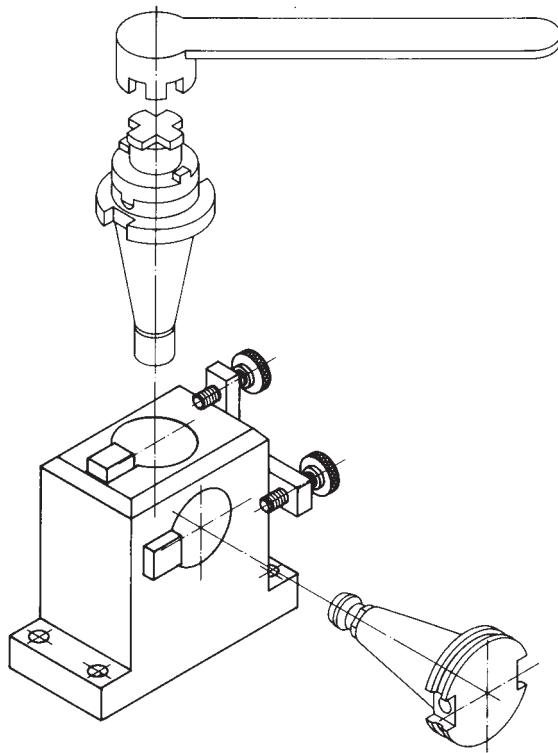
2 _____

- 7 Wat moet je doen met gebruikte olie en koelsmeervloeistof en wat is de reden?

- 8 Eerst volgen zo dadelijk acht antwoorden (a t/m h) en na de figuur vijf vragen (1 t/m 5) over veiligheidsmaatregelen bij het frezen. Zoek bij elke vraag het goede antwoord en noteer de letter van het antwoord achter de vraag. Er moeten dus drie antwoorden overblijven die je niet gebruikt.

antwoorden

- a bij stilstaande machine
- b om uitglijden en struikelen te voorkomen
- c met je handen
- d met gesloten beschermkap
- e een montageblok dat vast op een werkbank of tafel staat (zie figuur 8.1)
- f met een kwastje
- g om snijwonden te voorkomen
- h omdat het een opdracht van de chef is



Figuur 8.1

vragen	antwoord (letter)
1 Hoe verwijder je spanen van het werkstuk en de frees?	___
2 Waarom houd je je werkomgeving schoon en opgeruimd?	___
3 Waarom monteer en demonteer je snijgereedschap niet met blote handen?	___
4 Wanneer doe je metingen aan het werkstuk?	___
5 Welk hulpgereedschap gebruik je als je buiten de machine het snijgereedschap op de bevestiging verwisselt?	___

Veiligheid bij slijpen

Maak nu de vragen/opdrachten 9 t/m 12.

- 9 Welke oplossing wordt toegepast om een 'hard contact' tussen de boring van de slijpsteen en de as te voorkomen?
- a rondom ruimte laten zodat er geen contact is
 - b een binnenring van lood of kunststof tussen beide onderdelen plaatsen
 - c een as van aluminium toepassen
- 10 Je wilt een slijpsteen gebruiken die is voorzien van een veiligheidsruit. Moet je een veiligheidsbril dragen?
- a ja, anders is het onveilig handelen
 - b ja, anders is er onaanvaardbaar gezondheidsrisico
 - c nee, omdat er een aanvaardbaar risico is
- 11 Welke eis wordt gesteld aan de afstand tussen de steen en de leunspaan?
- a minimaal 1 mm
 - b maximaal 3 mm
 - c maximaal 6 mm
- 12 Stel, dat je gedurende enkele uren beitels gaat slijpen. Door welke oorzaken loop je gezondheidsrisico's en hoe kan je dit risico met een Persoonlijk beschermingsmiddel (Pbm) verkleinen?
-
-

Milieuaspecten verspanen

Bestudeer eerst de volgende paragrafen uit je kernboek:

- ##.8 Milieuaspecten
- ##.9 Chemiekaarten

Voor de volgende opdrachten heb je een computer met internetaansluiting nodig. De internetopdrachten, interactieve vragen en zelftoets vind je in de digitale les Milieuaspecten verspanen. De digitale les kun je vinden op:
www.transferw.nl/onlineleren

Veel plezier en succes!

Samenvatting

Veiligheid

- Personen:** Enkele persoonlijke voorwaarden kunnen je helpen om vlug een veilige machinegebruiker te worden, zie opdracht 1.
Jijzelf en je 'outfit' moeten 'ongrijpbaar' zijn, zie de opdrachten 2 en 4.
Roterende delen zijn gevarenbronnen waar je niet naar grijpt en waar je kleding en dergelijke niet tegenaan mogen komen, zie opdracht 3.
- Frezen:** Een elektrisch beveiligde kap moet het freesproces afschermen, zie vraag 5.
Een aantal maatregelen besproken in de opdrachten 6 en 8 geven aan hoe je met het freesproces moet omgaan.
- Slijpen:** Slijpstenen zijn omsloten door een kap, ook aan de zijkanten. Op deze manier is er bescherming tegen eventueel uit elkaar vliegen van de slijpsteen.
Bij een slijpmachine met een leunspaan mag de ruimte tussen slijpsteen en leunspaan niet groter zijn dan 3 mm.
Ook als er een veiligheidsruit aanwezig is, moet je een veiligheidsbril of ruimzichtbril dragen.
Je moet ervoor oppassen dat je je niet aan de slijpsteen bezeert.
- Milieuaspecten** Om milieuproblemen te voorkomen moeten er regels zijn voor de overheid, bedrijven en burgers. In de Wet milieubeheer wordt een voorkeurvogorde aangegeven voor het verwijderen van afvalstoffen.
In de Eural benoemt de Europese Commissie 200 afvalstoffen en geeft aan wanneer een afvalstof gevaarlijk is.
Bedrijven moeten hun afval laten afvoeren als bedrijfsafval en als gevaarlijk afval indien er gevaarlijke stoffen in voorkomen.
Oliehoudende metaalspanen moeten worden ontdaan van aanhangende olie. Methoden hiervoor zijn filtering, centrifugeren en magnetische filtratie. Afvalolie wordt in goed afgesloten vaten afgevoerd als gevaarlijk afval.
Er zijn zogenaemde chemiekaarten waarop per bewerkingstechniek worden aangegeven: de gevaren, de gezondheidseffecten, preventieve maatregelen, hulpverlening en milieuaspecten.

Zelftoets

- 1 Waarom zijn hooggesloten veiligheidsschoenen bij verspaningsmachines de juiste schoenen?
 - a omdat ze voorgeschreven zijn
 - b omdat ze goed steunen
 - c omdat ze ook beschermen tegen vallende spanen
 - d omdat ze beter beschermen tegen vallende metalen producten

- 2 Welk punt in het volgende rijtje hoort daar niet thuis?
 - a wijde mouwen
 - b veiligheidsbril
 - c onbeschermd lang haar
 - d geopende overall

- 3 Als je een procesmeting doet aan je werkstuk, wanneer doe je dat dan?
 - a bij draaiende machine
 - b als het werkstuk gereed is
 - c voordat je met frezen begint
 - d bij stilstaande machine

- 4 Wat is de beste reden om je veiligheidsbril ook te dragen als je zelf niet verspaant?
 - a om verlies van je bril te voorkomen
 - b om je te beschermen tegen spanen en spatten koelvloeistof van andere machinegebruikers
 - c om te voorkomen dat je leraar of chef je corrigeert
 - d omdat de veiligheidsregels niet voor alle vakmensen gelden

- 5 Waarom draag je handschoenen bij het verwisselen van de frees op een freespenbevestiging?
 - a om je niet te verwonden
 - b om roesten van de frezen tegen te gaan
 - c om je handen schoon te houden
 - d om de frees vaster te kunnen draaien

- 6 Welk hulpgereedschap is het nuttigst om buiten de machine frezen te verwisselen en veilig vast te zetten, zonder kans op verwonden?
 - a bankschroef
 - b universele klem
 - c ringsleutel
 - d gereedschapmontageblok

- 7 Bij breuk van een slijpsteen vliegen de delen met grote snelheid weg als er geen beschermkap omheen is.
Hoe heet de kracht onder invloed waarvan het wegvliegen gebeurt?
 - a zwaartekracht
 - b reactiekracht
 - c centripetale kracht
 - d centrifugaalkracht

- 8 Hieronder staan vier omschrijvingen over slijpen.
In welke omschrijving betreft het onveilig handelen?
- a een slijpsteen is beschadigd
 - b bij een slijpmachine ontbreekt de veiligheidsruit
 - c iemand slijpt zonder veiligheidsbril of ruimzichtbril
 - d slijpstof inademen
- 9 Hieronder staan vijf omschrijvingen over slijpen.
- 1 slijpen met een ruimzichtbril op
 - 2 slijpen van een werkstuk dat je met een doek vasthoudt
 - 3 slijpen als de ruimte tussen de slijpsteen en de leunspaan 2 mm is
 - 4 de ruimte tussen de slijpsteen en leunspaan bijstellen als de steen stil staat
 - 5 slijpen met weggedraaide veiligheidsruit maar wel een veiligheidsbril op
- In welke drie omschrijvingen gaat het over zo veilig mogelijk werken?
- a 1, 2 en 3
 - b 2, 3 en 5
 - c 1, 3 en 4
 - d 1, 2 en 3
- 10 Wie vind je het meest aansprakelijk als de werknemer een ongeval is overkomen doordat de ruimte tussen slijpsteen en leunspaan 15 mm is?
- a de Arbeidsinspectie
 - b de leverancier van de slijpmachine
 - c de werkgever
 - d de werknemer

Verklaar je antwoord.
