

Verspanen 1a

Inhoudsopgave

VSP01	Boren en verzinken
VSP02	Zagen
VSP03	Draaigereedschappen en parameters
VSP04	Praktijk van het draaien
VSP21	De draaimachine
VSP05	Frezen
VSP06	Praktijk van het frezen
VSP22	De freesmachine

Zagen

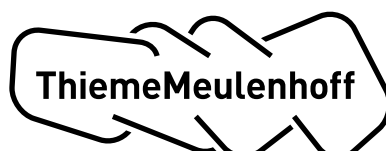


TOUCHTECH

Auteur
G. Siemens

Eindredactie
H. Hebels

VSP02



Introductie

Stalen buizen delen

London Eye was bij de opening het grootste reuzenrad ter wereld. Het is in 1998 gebouwd in opdracht van British Airways ter gelegenheid van de millenniumwisseling in 2000 en wordt daarom ook wel Millennium Wheel genoemd.

Het rad is 135 meter hoog, weegt 1.700 ton en heeft 32 gesloten capsules. Onderdelen van de attractie zijn in verschillende delen van Europa gefabriceerd. Het ontwerp en de fabricage van de stalen velg en de poten (310 ton zwaar) zijn uitgevoerd door het Nederlandse Mercon-Hollandia.

De stalen velg bestaat uit verschillende buisprofielen, die op een bepaalde lengte en in een bepaalde hoek zijn gezaagd.



Figuur 1 London Eye

Oriënterende vragen

- Kun je met dezelfde zaag verschillende materialen zagen?
- Met welke zaagmachine kun je grote hoeveelheden profielen zagen?

Theorie

Kernvragen

- Hoe komt een zaagsnede tot stand?
- Wat is de invloed van de geometrie van de zaag op de kwaliteit van de zaagsnede?
- Hoe kies je de juiste zaagmachine?
- Hoe bepaal je de juiste zaagsnelheid?

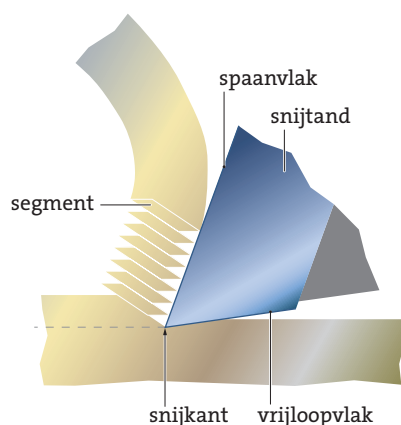
Zaagproces

Je kunt zagen met een handzaag of met een zaagmachine. Bij het zagen wordt door verspanen een gleuf gevormd. Het overtollige materiaal wordt verwijderd door de zaag. Bij elke zaagbeweging wordt een smalle strook metaal verwijderd. Zo ontstaat de uiteindelijke zaagsnede. Hoeveel metaal er bij elke beweging verwijderd wordt, hangt af van:

- de *tandgeometrie* en tandsteek;
- de tandzetting;
- de zaagdruk en zaagsnelheid.

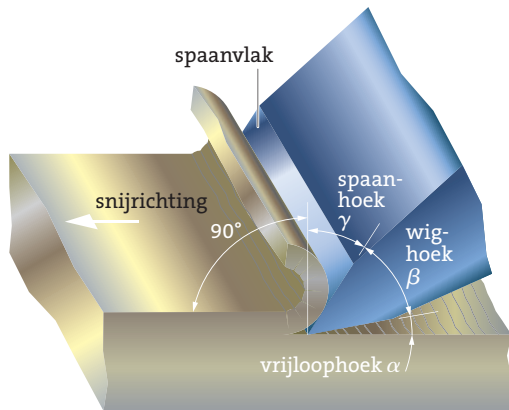
Tandgeometrie en tandsteek

De zaag heeft een aantal wigvormige tanden die in het materiaal snijden. De wig heeft twee vlakken: een spaanvlak en een vrijloopvlak. De lijn waarop de vlakken samenkomen is de snijkant. Tijdens het verspanen wordt het snijvlak zo hard tegen het materiaal gedruwd dat het gaat afschuiven. Zo'n afgeschoven vlak heet een segment. Een aantal van deze segmenten vormt een spaan.



Figuur 2 Het verspaningsproces bij zagen

Door het spaanvlak en het vrijloopvlak ontstaan de spaanhoek γ , de vrijloophoek α en de wighoek β .

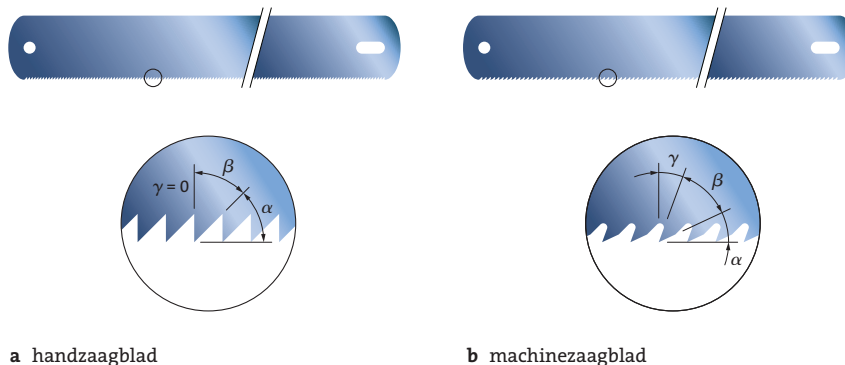


Figuur 3 Basisvorm van een snijtand bij het zagen

De spaan wordt op het spaanvlak omgebogen. De *spaanhoek* zorgt ervoor dat de spaan soepel over het spaanvlak schuift. Bij een grotere spaanhoek wordt de spaan minder ver omgebogen. Hierdoor zijn de verspaningskrachten kleiner.

De *vrijloophoek* zorgt ervoor dat er zo weinig mogelijk contact is tussen het werkstuk en de zaagtand. Hierdoor is de kans op wrijving (en daarmee warmteontwikkeling) zo klein mogelijk.

De wighoek is de hoek tussen het spaanvlak en het vrijloopvlak. De *wighoek* bepaalt de sterkte van de zaagtand. Bij een grote wighoek zal de zaag minder snel stomp worden.



a handzaagblad

b machinezaagblad

Figuur 4 Spaanhoek en vrijloophoek bij zaagbladen

Bij handzagen is de spaanhoek $\gamma = 0^\circ$. Om toch een voldoende grote **spaanholte** te krijgen is de vrijloophoek α zeer groot.

De grootte van de spaanhoek (γ) van machinezaagbladen hangt af van het te zagen materiaal. Bij het zagen van zacht materiaal gebruik je een grote spaanhoek. Hierdoor ontstaat een grote spaanholte waarin de langere spaan kan worden afgevoerd. Voor hardere, brosse materialen gebruik je een zaag met een kleinere spaanhoek. De kleinere spaanholte kan de veelal korte spanen gemakkelijk afvoeren.

Het aantal tanden op een zaag geef je aan per inch of per duim (= 25,4 mm). De afstand tussen de tandpunten noem je de **tandsteek** (t).

Praktijkvoorbeeld: Tandsteek**Gegeven**

Op de verpakking van een zaag staat: 18 tpd (tanden per duim).

Gevraagd

Hoe groot is de tandsteek in mm?

Oplossing

$$t = \frac{25,4}{18} = 1,44 \text{ mm}$$

De benodigde tandsteek hangt af van het soort materiaal en de dikte van het te zagen materiaal.

Tabel 1 Aanbevelingen voor handzaagbladen

materiaalsoort	aantal tanden per 1" bij materiaaldikte:		
	> 5 mm	2 ... 5 mm	< 2 mm
aluminium	18	18 ... 24	24 ... 32
brons	18	24 ... 32	32
hard rubber	18	18	24
koper	18	18 ... 24	24 ... 32
messing	18	24 ... 32	32
harde kunststof	18	18 ... 24	24 ... 32
gietijzer	18	18 ... 24	24 ... 32
onlegeerd staal	18	24	32
laaglegeerd staal	18	24	32
hooglegeerd staal	24	24	32
corrosievast staal	18	24	32

Bij het zagen van zacht materiaal ontstaan grote spanen. Hierbij moet de spaanholte groot genoeg zijn om de spaan te kunnen bergen. Een grote tandholte ontstaat als het aantal tanden per inch klein is. De tandsteek is dan groot.

Vanwege het terugveren moet bij het zagen van zachte materialen de vrijloophoek van de tand groter zijn dan bij harde materialen.

Tandzetting

Om klemmen van het zaagblad in de zaagsnede te voorkomen, is het nodig de tanden te zetten. De **tandzetting** is de zijdelingse buiging van de tanden. De zetting zorgt ervoor dat het zaagblad vrij door het materiaal kan lopen. De zetting hangt af van het materiaal dat je zaagt (zie figuur 5):

- **Standaardzetting**
De standaardzetting bestaat uit een rechte tand, een rechts gezette tand en een links gezette tand.
Deze zetting wordt vooral toegepast bij standaardzagen.
- **Groepszetting**
De groepszetting bestaat uit een rechte tand en daarop volgend meerdere rechts en links gezette tanden. De groep van gezette tanden kan bestaan uit vijf, zeven en elf tanden.

- **Combizetting**

Bij de combizetting krijgen de tanden binnen één groep verschillende zetbreedtes. Deze zetting wordt veel toegepast voor het zagen van moeilijk verspaanbare materialen.

- **Wisselzetting**

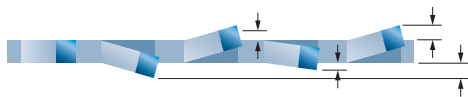
Dit is een combinatie van verschillende zettingen. De zetting na een rechte tand heeft niet automatisch dezelfde richting als de zetting na de vorige rechte tand. Door deze onregelmatigheid worden de snijkrachten verkleind en het geluid gedempt.



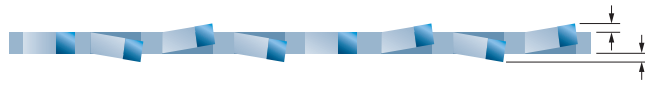
a standaardzetting



b groepszetting



c combizetting



d wisselzetting

Figuur 5 Tandzetting

Zaagdruk en zaagsnelheid

Bij zagen zijn de juiste zaagdruk en zaagsnelheid erg belangrijk.

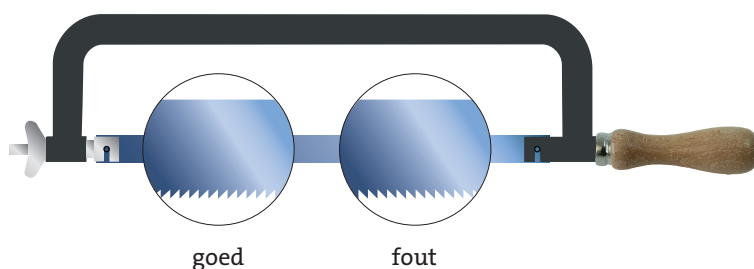
De **zaagdruk** is de kracht die op het zaagblad wordt uitgeoefend tijdens het zagen. De totale kracht wordt verdeeld over het aantal tanden dat in het materiaal dringt. De zaagdruk bepaalt de **aanzet**.

Deze hangt ook af van de hardheid van het materiaal en van de dikte of de vorm ervan. Je moet de zaagdruk zelf instellen op de machine. De spaanvorming geeft je informatie over de zaagdruk. Bij een te lage zaagdruk ontstaan korrelige spanen. Bij een te hoge zaagdruk ontstaan dikke blauwe spanen.

De **zaagsnelheid** hangt af van het materiaal dat je zaagt. Bij het zagen van hard materiaal neem je een lagere zaagsnelheid (snijnsnelheid) dan bij zachte materialen. De zaagsnelheid vind je in tabellen.

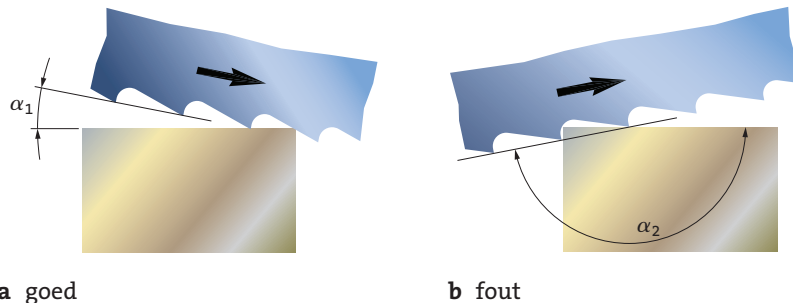
Handzagen en machinaal zagen

Voor het zagen van enkelstuks en kleine werkstukken gebruik je een handbeugelzaag. Je monteert het zaagblad met de zaagtanden van je af gericht in de zaagbeugel.



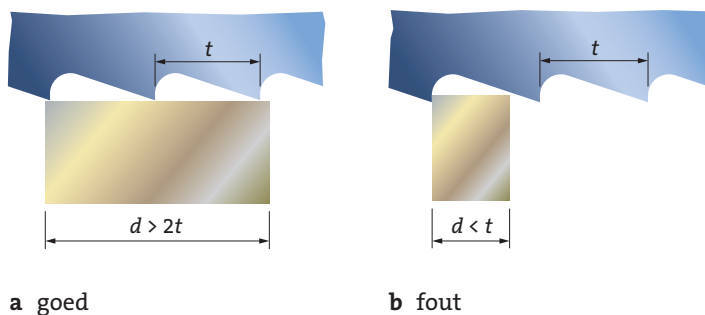
Figuur 6 Handzaagbeugel

Bij het zagen oefen je tijdens de heengaande beweging druk uit op de zaagbeugel. De heengaande beweging is de snijdende slag. Hierbij verspanen de zaagtanden. Richt de aangrijping van de zaag schuin naar beneden, anders is er sprake van het *happen van de zaag*. Bij de teruggaande beweging oefen je geen druk uit op de zaagbeugel.



Figuur 7 Aangrijping van de zaag

Je moet de tandsteek van de zaag afstemmen op de dikte van het materiaal. Zorg dat er minimaal drie tanden in aangrijping zijn tijdens het zagen.



Figuur 8 Minimaal drie tanden in aangrijping

Om de **standtijd** van het zaagblad te verhogen, houd je je aan de volgende regels:

- Span het zaagblad strak en loodrecht in.
- Zorg dat de zaagsnelheid niet hoger is dan zestig slagen per minuut.
- Gebruik geen nieuw zaagblad in een oude zaagsnede.

Dikke staven en grote series producten zaag je niet met een handzaag, maar machinaal. Bijvoorbeeld met een:

- beugelzaagmachine;
- cirkelzaagmachine;
- bandzaagmachine.

Beugelzaagmachines

Een beugelzaagmachine kun je zien als een elektrisch aangedreven handzaag. De heen- en teruggaande zaagbeweging komt tot stand door een kruk-drijfstaangmechanisme. Beugelzaagmachines hebben een zaagbereik tot ongeveer 250 mm en vierkant 250 × 250 mm.



Figuur 9 Eenvoudige beugelzaagmachine

Een beugelzaagmachine verspaant tijdens de teruggaande (trekkende) zaagbeweging. Dat heeft te maken met de stijfheid van de beugel en de spanconstructie van de zaag. Bij de heengaande beweging (de loze slag) wordt de zaagbeugel iets opgetild. Dit is nodig om beschadiging van de tanden te voorkomen.

Bij een moderne, hydraulisch aangedreven beugelzaagmachine kun je de juiste zaagdruk en zaagsnelheid snel en eenvoudig instellen.



Figuur 10 Hydraulische beugelzaagmachine

Cirkelzaagmachines

Op een cirkelzaagmachine verspaan je roterend. Het zaagblad is een ronde schijf met aan de omtrek een vertanding. Hierdoor vindt voortdurend verspaning plaats, wat de productietijd korter maakt dan bij zagen op een beugelzaagmachine.

Je kunt cirkelzaagmachines op basis van de aanzetbeweging verdelen in drie groepen:

- boogvormige aanzetbeweging;
- verticale aanzetbeweging;
- horizontale aanzetbeweging.

Boogvormige aanzetbeweging

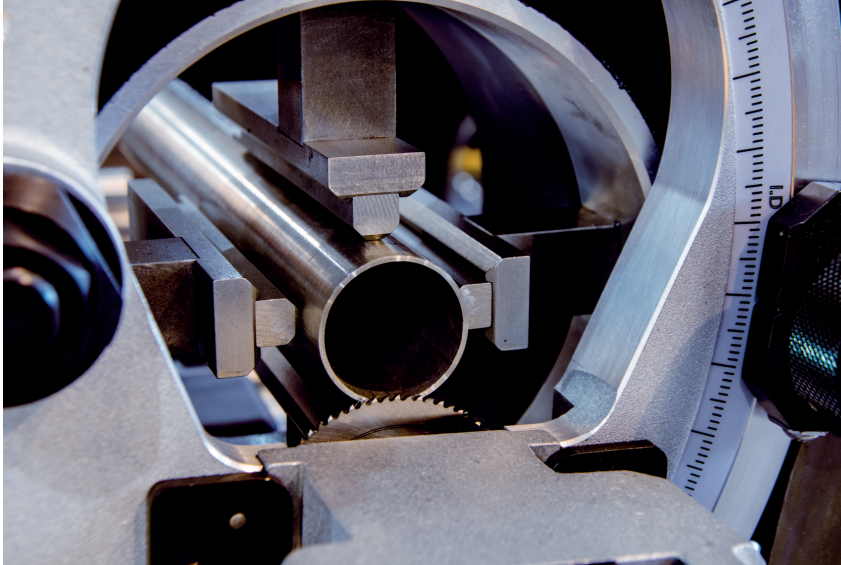


Figuur 11 Cirkelzaagmachine met toevoer- en aanslagbaan

Bij cirkelzaagmachines met boogvormige aanzet scharniert de zaageenheid om een vast punt. Je geeft de aanzetbeweging door de hefboom van de zaageenheid naar beneden te bewegen. Op de hefboom zit een knop, waarmee je de zaag bedient.

Cirkelzaagmachines met boogvormige aanzet gebruik je voor licht zaagwerk tot een middellijn van 110 mm voor buis en 55 mm voor massief materiaal.

Je klemt het materiaal in een machineklem. Deze kan handmatig of pneumatisch worden bediend. Je kunt de zaageenheid verdraaien ten opzichte van de machineklem. Hierdoor kun je het materiaal zagen onder een instelbare hoek. Om veilig te kunnen werken zit om de zaag een beschermkap. Een stangenmechanisme opent de beschermkap tijdens het zagen, maar niet helemaal, vanwege de veiligheid. Voor seriewerk kun je toevoerbanen voor het materiaal monteren. Hierop kun je met een lengteaanslag de te zagen lengte instellen.



Figuur 12 Orbitaal zagen

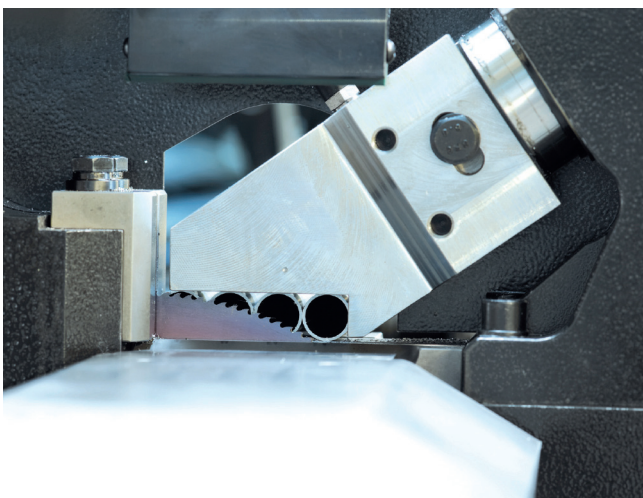
Een speciale manier om buizen te zagen is **orbitaal** zagen. Hierbij beweegt de zaag zich rond de buis. Een voordeel van deze zaagmethode is dat er meerdere klempunten op de buitenzijde van de buis zitten, waardoor geen vervorming van de buis ontstaat.

De diameter die je met deze methode kunt zagen, is van 5 mm tot 120 mm met een wanddikte van 0,5 mm tot 5 mm. Orbitaal zagen wordt veel toegepast voor leidingen die orbitaal gelast worden.

Omdat de zaag een cirkelvormige beweging om de buis maakt, ontstaat er een zuiver haakse zaagsnede. Dit is dan weer belangrijk voor het maken van een goede (orbitale) lasverbinding.

Verticale aanzetbeweging

Bij cirkelzaagmachines met verticale aanzet beweegt de zaag van onder naar boven. Het materiaal wordt handmatig of pneumatisch op een zaagtafel gespannen. Als een grote klemkracht nodig, gebeurt het klemmen hydraulisch.



Figuur 13 Zagen met verticale aanzet

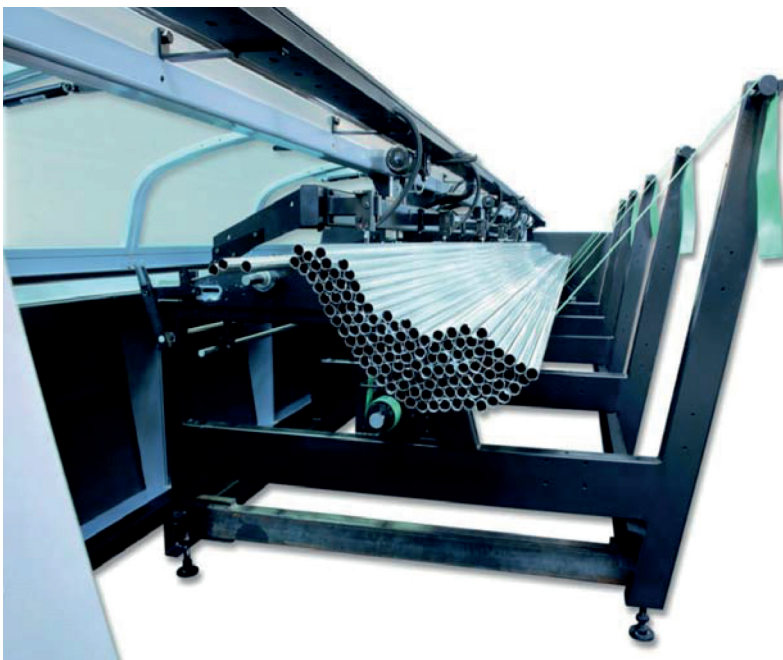
Horizontale aanzetbeweging

Bij cirkelzaagmachines voor het zagen van grote doorsneden is de aanzetbeweging vaak horizontaal.



Figuur 14 Cirkelzaag met horizontale aanzetbeweging

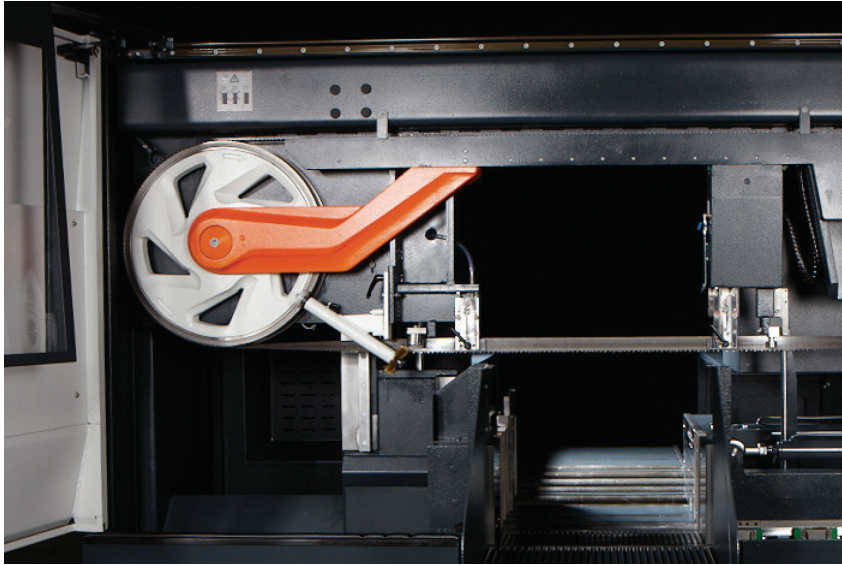
Voor grote series producten worden zaagautomaten gebruikt. Zaagautomaten kunnen een zaag hebben met een verticale of een horizontale aanzetbeweging. Ze zijn uitgerust met een laad- en lossysteem en een geautomatiseerde doorvoerunit.



Figuur 15 Zaagautomaat

Bandzaagmachines

Bij een bandzaagmachine span je een eindeloze zaagband om twee schijven.



Figuur 16 Zaagband om aandrijfschijf

Een van de schijven wordt aangedreven. Hiermee kun je de snijsnelheid traploos instellen. De snijsnelheid hangt af van de kwaliteit en de afmetingen van het materiaal. Doordat de zaagbanden dun zijn, is het te verspanen volume klein. Hierdoor kun je sneller verspanen en is het benodigde vermogen kleiner dan bij cirkelzaagmachines en beugelzaagmachines.

Je kunt bandzaagmachines onderverdelen in horizontale en verticale bandzaagmachines.

Horizontale bandzaagmachines

De aanzetbeweging van horizontale bandzaagmachines is meestal boogvormig.



Figuur 17 Horizontale bandzaagmachine met boogvormige aanzet

Bij bandzaagmachines voor het zagen van grote afmetingen beweegt de zaag niet boogvormig, maar recht naar beneden.



Figuur 18 Horizontale bandzaagmachine

Horizontale bandzaagmachines worden steeds vaker gebruikt. Zowel voor enkele zaagsneden als voor seriewerk, en voor ferro- en non-ferrometalen. Horizontale bandzaagmachines kunnen materialen zagen met een diameter tussen 260 mm en 2060 mm. Met een speciale klemrichting kun je meerdere staven tegelijkertijd zagen.

Verticale bandzaagmachines

Een verticale bandzaagmachine noem je ook wel een lintzaag. Bij verticale bandzaagmachines druk je het werkstuk over de tafel tegen de zaag aan.



Figuur 19 Verticale bandzaagmachine

Het zaagblad van deze machines is niet alleen dun, maar ook smal. De aandrijving komt overeen met die van een horizontale zaagmachine. De snijsnelheid is een stuk hoger dan die van een horizontale bandzaagmachine. Dit komt doordat je de zaag niet hoeft te draaien. Omdat de zaag dun en smal is, kun je op een verticale bandzaagmachine licht gebogen vormen en afrondingen zagen met zowel een inwendige als uitwendige straal. De grootte van de straal is afhankelijk van de breedte van het zaagblad.



Figuur 20 Zagen van contouren

Machinezaagbladen

Elke zaagmachine heeft zijn eigen specifieke zaagbladen of zaagbanden

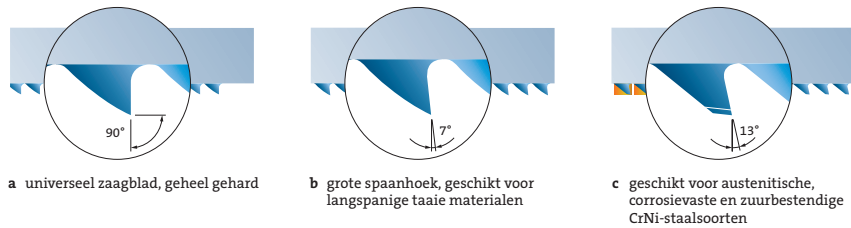
Beugelzaagblad

Als het zaagblad van een beugelzaagmachine bot is, wordt het hele zaagblad vervangen. Machinezaagbladen zijn gemaakt van snelstaal of **bimetaal**. Ze hebben aan beide uiteinden een gat waarmee je ze in de beugel kunt bevestigen.



Figuur 21 Zaagbladen voor een beugelzaagmachine

Machinezaagbladen zijn te koop in lengten van 300 mm tot 1160 mm. Het aantal tanden per inch varieert van twee tot zeventien. De tandgeometrie is afhankelijk van het te zagen materiaal. De meeste zaagbladen zijn uitgevoerd met spaanhoeken van 0°, 3° of 7°. Bij zaagbladen voor CrNi-staalsoorten is aan het vrijloopvlak een *facet* geslepen, waardoor het zagen sneller verloopt.



Figuur 22 Verschillende tandvormen

Hydraulische beugelzaagmachines zijn geschikt voor snijsnelheden tot 40 m/min. De te zagen producten kunnen een middellijn tot ± 800 mm of een doorsnede tot $\pm 1000 \times 300$ mm hebben.

Tabel 2 Zaagrichtlijnen voor verschillende materialen

materiaal	snijsnelheid (m/min)	zaagdruk	type zaagblad (zie figuur 22)	koelen
onlegeerd staal $R_m \leq 600 \text{ N/mm}^2$	30 – 35	middel	a, (b)	ja
onlegeerd staal $R_m \geq 600 \text{ N/mm}^2$	25 – 30	middel	a, (b)	ja
gegloeid gereedschapsstaal	15 – 20	middel	a	ja
ongegloeid gereedschapsstaal	10 – 15	middel	a	ja
RVS 304 RVS 316	15 – 20	hoog	(a), b, c	ja (eventueel snijolie)
CrNi-staal	15 – 20	hoog	a	ja
hastalloy-inconell	5 – 10	hoog	c	ja
zilverstaal	15	hoog	a	ja
snelstaal (EMo5Co5)	15 – 20	hoog	a	ja (veel koelen)
automatenstaal (9S20)	35 – 40	laag/middel	a, (b)	ja
inzetstaal (C15)	35 – 40	laag/middel	a, (b)	ja
inzetstaal (C22, C35)	35	laag/middel	a, (b)	ja
inzetstaal (C45, C60)	30	laag/middel	a, (b)	ja
inzetstaal (EC80)	30	laag/middel	a, (b)	ja
kogellagerstaal (100Cr6)	20	middel/hoog	a, (b)	ja
machinestaal $R_m < 650 \text{ N/mm}^2$	25 – 30	middel	a, (b)	ja
machinestaal $R_m > 650 \text{ N/mm}^2$	20 – 25	middel	a, (b)	ja
gelegeerd staal, gegloeid	25 – 35	middel	a	ja
gietijzer (GG)	20 – 25	laag/middel	a	nee
gietijzer (GGG)	15 – 20	middel/hoog	a	nee
CuZn-legeringen	40	laag	a	nee
aluminiumlegeringen	40	laag	a, (b)	ja (petroleum)
aluminium-brons-legeringen	10 – 15	hoog	a	nee
CuSn-legeringen	35 – 40	laag	a	nee

Praktijkvoorbeeld: Bepalen zaagblad

Gegeven

Je krijgt de opdracht om twintig asjes met een diameter van 30 mm uit een staf zilverstaal te zagen. Het zaagblad moet vervangen worden, omdat dit bot is.

Gevraagd

Welk type zaagblad ga je monteren?

Welke snijsnelheid en zaagdruk stel je in op de beugelzaagmachine?

Moet je ook koelen?

Oplossing

Je zoekt in tabel 2 zilverstaal op. Het zaagblad dat je moet monteren is een universeel zaagblad, geheel gehard. Je stelt de snijsnelheid in op 15 m/min en de zaagdruk op hoog. Je moet koelen tijdens het zagen.

Cirkelzaagblad uit één stuk

Zaagbladen uit één stuk hebben een middellijn tussen 250 mm en 600 mm. Ze worden gemaakt van **hardmetaal** en **HSS** (High Speed Steel).

Hardmetaal

Een hardmetalen cirkelzaagblad bestaat uit een stamblad van chroom-vanadiumstaal, waarop hardmetalen tanden zijn gesoldeerd. Deze zaagbladen kunnen een aantal keer opnieuw worden geslepen. Versleten tanden kunnen worden vervangen.

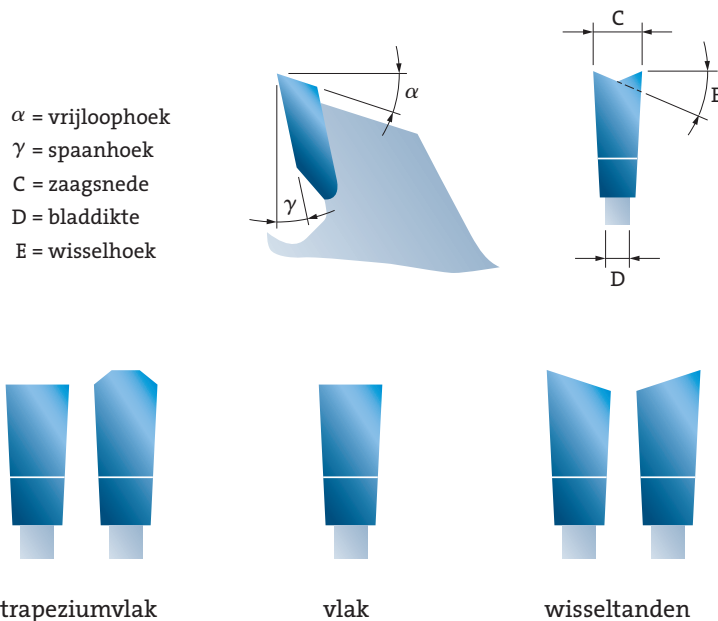


Figuur 23 Zaagblad met gesoldeerde hardmetalen tanden

Bij het zagen **stuikt** de gevormde spaan een beetje. Als de snijkant van de zaagtand over de gehele breedte recht is, gaat de spaan klemmen. Daardoor loopt de zaag onmiddellijk vast. Om dit te voorkomen zijn er om en om schuine vlakken aan de snijkanten geslepen. Hierdoor wordt de spaanbreedte kleiner.

Een aangeschuinde tand (voorsnijtand) wordt gevolgd door een vlakke tand (nasnijtand). Om de spanen te breken worden wisseltanden toegepast. De snijkant is hierbij over de

hele breedte onder een hoek geslepen. Ze worden om en om geplaatst, zodat de spaan breekt. Wisseltanden noem je daarom ook wel spaanbreektanden



Figuur 24 Tandgeometrie

Over de hele omtrek van de zaag zijn de verschillende tandvormen in een bepaald patroon geplaatst. De zaagtanden worden naar het midden toe weggeslepen, zodat het zaagblad zijdelings vrijloopt. Voor materialen met een kleefneiging (zoals aluminium), kies je de zijdelingse vrijloophoek groter.

HSS (High Speed Steel)

HSS-cirkelzaagbladen worden vooral gebruikt voor het afkorten van buizen, profielen en massieve ferromaterialen. Coatings van titaan-nitride (TiN), chroom-nitride (CrN) en titaan-aluminium-nitride (TiAlN) zorgen voor een betere verspaanbaarheid van verschillende te zagen materialen. Door de hoge slijtvastheid neemt de standtijd toe en zijn snijsnelheden van 180 tot 300 m/min haalbaar.

Cirkelzaagbladen hebben verschillende tandvormen en tandverdelingen. Hierbij worden spaanbreektanden gebruikt om braamvorming te voorkomen.

Segmentzaagbladen

Segmentzaagbladen zijn ontwikkeld om de reparatiekosten van zaagbladen te minimaliseren. Een segmentzaagblad bestaat uit een stamblad van chroom-vanadiumstaal, met daaromheen een rand van gehard snelstaal. Je kunt de zaag repareren door één van de segmenten te vervangen.



Figuur 25 Segmentzaagblad

De segmenten hebben voor- en nasnijtanden. Een voorsnijtand is iets hoger geplaatst dan een nasnijtand. De nasnijtand haalt dus alleen de hoeken van de zaagsnede weg. Om wrijving te voorkomen is achter de tand een deel weggeslepen. Door de groeven die hierdoor ontstaan, kan de koelvloeistof de tand optimaal koelen.

Bandzaag

Een bandzaag is een lang blad waarvan de uiteinden door stomp lassen met elkaar zijn verbonden. Net als cirkelzaagbladen worden bandzagen van verschillende materialen gemaakt. Bijvoorbeeld gereedschapsstaal, bimetaal of hardmetaal. Elk materiaal heeft specifieke eigenschappen en bijbehorende tandvormen.



Figuur 26 Bandzaag van bimetaal

Bij moderne bandzagen zijn de tandsegmenten voorzien van diamantgrit. Hierdoor ontstaat een slijpende werking, waardoor het zagen sneller gaat.



Figuur 27 Bandzaag met diamantgrit op verticale machine

Uitgangspunten bij zagen

Het type zaag en de snijsnelheid zijn afhankelijk van het soort materiaal en de te zagen vorm. Je kunt deze gegevens opzoeken in tabellen van de leveranciers van zaagbladen. De diameter van een cirkelzaagblad en de tandsteek bepalen het aantal tanden op de omtrek.

Tabel 3 Zaagdiameter, steek t en aantal tanden

diameter zaagblad (mm)	steek t (mm)												
	$t3$	$t4$	$t5$	$t6$	$t7$	$t8$	$t9$	$t10$	$t11$	$t12$	$t14$	$t16$	$t18$
	aantal tanden												
250	240	200	160	128	110	100		80		64			
275	280	220	180	144	120	110	96	84	78	72			
300	320	240	200	160	140	120	110	100	90	80			
315	320	250	200	160	140	120	110	100	90	80	72		
325	320	250	200	170	150	130	110	100		90			
350	350	280	220	180	160	140	120	110		90	80		
370		300	220	190	160	140	120	110	100	90	80	70	
400		320	250	200	180	160	140	128		100	90	80	70
425		350	260	220	180	160	140	130	120	110	100	80	70
450			280	240		180		140		120	100	90	80
500			310	260		200		160		130	110	100	90

Afhankelijk van de vorm van het te zagen materiaal kies je een steek.

Tabel 4 Vorm en materiaalafmetingen en te kiezen steek

materiaalvorm	materiaalafmetingen (mm)														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	steek t (mm)														
rond	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20
vierkant	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20
dikwandige buis	5	7	7	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11
dunwandige buis	4	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9	9
profielstaal								13	13	13	13	13	14	14	15
U-vorm			13	13	13	14	14	14	14	14	14	15	16	16	16

De *snij snelheid* die je moet instellen op een cirkelzaagmachine of bandzaagmachine, hangt af van de materiaalsoort en de vorm van het materiaal.

Tabel 5 Snijsnelheid voor HSS-cirkelzaagbladen en bandzagen in m/min

vorm	construc- tiestaal	speciaal staal	RVS	gietstaal	gietijzer	koper	messing	brons	aluminium
rond	30 – 60	20 – 40	5 – 30	15 – 30	10 – 40	200 – 400	350 – 600	25 – 125	80 – 1800
vierkant	30 – 60	20 – 40	5 – 30	15 – 30	10 – 50	200 – 400	350 – 600	25 – 125	80 – 1800
dikwandige buis	40 – 80	20 – 50	5 – 40			350 – 650	400 – 900		250 – 1800
dunwandige buis	50 – 120	25 – 80	10 – 50						
profielstaal	48 – 80	20 – 50	10 – 40						
U-vorm	30 – 60	20 – 50	10 – 10						80 – 1800

Als je op de cirkelzaagmachine een toerental wilt invoeren, moet je de snijsnelheid omrekenen met de formule:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d}$$

Waarin:

n = toerental in omw/min

v = snijsnelheid in m/min

d = diameter cirkelzaag in m

Praktijkvoorbeeld: Snijsnelheid

Gegeven

Je wilt een UNP120-profiel van constructiestaal zagen met een bandzaagmachine.

Gevraagd

Welke snijsnelheid stel je in?

Oplossing

Je zoekt in de tabel van de snijsnelheid (tabel 5) de U-vorm en de staalsoort op. Het gemiddelde ligt tussen 30 en 60, dus 45 m/min.

Praktijkvoorbeeld: Bepalen cirkelzaag en toerental

Gegeven

Je wilt een as van speciaalstaal met een diameter van 40 mm zagen op een cirkelzaagmachine.

De maximale zaagdiameter is 300 mm.

Gevraagd

Welke HSS-cirkelzaag kies je?

Welk toerental stel je in?

Oplossing

De in te stellen snijsnelheid is:

$$v = \frac{20+40}{2} = 30 \text{ m/min}$$

Voor het zagen van een as van 40 mm kies je een cirkelzaag met een steek $t = 10$.

Een cirkelzaag met een diameter van 300 mm is te leveren met $t = 10$.

Het in te stellen toerental is:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{30}{\pi \cdot 0,3} = 32 \text{ omw/min}$$

Samenvatting

Zagen is een verspanende bewerking. Je kunt zagen met een handzaag of met een zaagmachine.

Hoeveel metaal je bij elke beweging verspaant, hangt af van:

- de tandgeometrie en tandsteek;
- de tandzetting;
- de zaagdruk en zaagsnelheid.

Een zaagtand heeft een wigvorm met drie hoeken:

- spaanhoek γ ;
- wighoek β ;
- vrijloophoek α .

Samen vormen deze hoeken een hoek van 90° .

Het aantal tanden op een zaag geef je aan per inch of per duim (= 25,4 mm). De afstand tussen de tandpunten noem je de tandsteek (t). Bij een zaag met 18 tpd (tanden per duim) is de tandsteek:

$$t = \frac{25,4}{18} = 1,41 \text{ mm}$$

De tanden worden gezet om klemmen van het zaagblad in de zaagsnede te voorkomen. Door de tandzetting ontstaat er vrijloop van het zaagblad in de zaagsnede.

De zaagdruk of aanzetbeweging is de kracht op het zaagblad tijdens het zagen. De zaagsnelheid hangt af van het materiaal en is af te lezen in tabellen. Bij het zagen van hard materiaal kies je een lagere zaagsnelheid (snijnsnelheid) dan bij zacht materiaal.

Voor het zagen van een klein werkstuk of enkele werkstukken kun je een handbeugelzaag gebruiken. Dikke staven en grotere series zaag je op zaagmachines.

Er zijn verschillende soorten zaagmachines:

- beugelzaagmachines;
- cirkelzaagmachines;
- bandzaagmachines.

Bij een beugelzaagmachine komt de zaagbeweging tot stand door een krukdrijfstaangmechanisme.

Een cirkelzaagmachine zaagt roterend. De verspaning is continu (doorlopend), waardoor de productietijd korter is dan bij de beugelzaagmachine.

Bij zagen op een bandzaagmachine ontstaat een smalle zaagsnede. Hierdoor is het verspaande volume klein en is er minder vermogen nodig. Bandzaagmachines hebben een horizontale of een verticale aanzetbeweging.

Verschillende tandvormen en tandzetting zorgen ervoor dat:

- de zaag niet vastloopt in de snede;
- de spaan gebroken wordt;
- de verspaningskracht kleiner wordt.

Cirkelzaagbladen en bandzagen worden gemaakt van hardmetaal of snelstaal (HSS). Door speciale coatings worden de snijeigenschappen van de bladen aangepast aan het te zagen materiaal.

De zaagdruk en de snijsnelheid lees je af in tabellen van de leverancier.

Als je op de cirkelzaagmachine een toerental wilt invoeren, moet je de snijsnelheid omrekenen met de formule:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d}$$

Waarin:

n = toerental in omw/min

v = snijsnelheid in m/min

d = diameter cirkelzaag in m

Video

Bekijk de video over de spaanvorming bij zagen:

<http://qr.linktm.nl/qr1001585>

Bekijk de video over een cirkelzaag die meer dan 4000 zaagsnedes per uur maakt:

<http://qr.linktm.nl/qr1001586>

Bekijk de video over orbitaal zagen:

<http://qr.linktm.nl/qr1001587>

Bekijk de video over bandzagen:

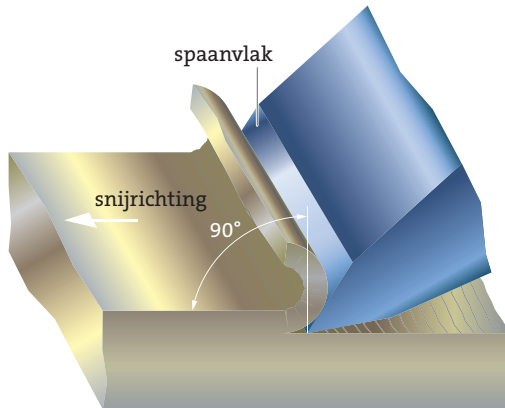
<http://qr.linktm.nl/qr1001588>

Begrippen

Aanzet	Verplaatsing van de zaag per tijdseenheid.
Bimetaal	Twee verschillende metalen die zeer vast met elkaar verbonden zijn.
Happen van de zaag	Verstoring van de zaagbeweging door te grote spaandikte.
Hardmetaal	Metaal dat is opgebouwd uit op elkaar geperste zeer harde deeltjes.
HSS	High Speed Steel of snelstaal, hooggelegeerd wolfram-chroomvanadiumstaal.
Orbitaal	Beweging in een cirkelvormige baan.
Standtijd	Zuivere productietijd van een zaag voordat dat deze bot wordt.
Spaanholtte	Ruimte tussen spaanvlak en vrijloopvlak waardoor de spaan afgevoerd wordt.
Stuik	Door een drukkracht optredende vervorming.
Tandsteek	Afstand tussen de tandpunten.
Tandzetting	Zijdelingse buiging van de tanden.
Zaagdruk	Kracht die op het zaagblad wordt uitgeoefend tijdens het zagen.

Theorieopdrachten

- 1 In de figuur zie je de basisvorm van een snijtand.
Geef in de tekening de spaanhoek, de vrijloophoek en de wighoek aan.



Figuur 28 Basisvorm van een snijtand bij zagen

- 2 Als je zaagt met een zaag met een grote spaanhoek, worden de verspaningskrachten kleiner.
Hoe komt dat?
- a De wighoek wordt groter en dus minder scherp.
 - b De wighoek wordt kleiner en dus scherper.
 - c De vrijloophoek wordt groter, er is dus minder wrijving.
 - d De vrijloophoek wordt kleiner, waardoor de spaan minder afschuift.
- 3 Welke hoek bepaalt de sterkte van een zaagtand?
- a de spaanhoek (γ)
 - b de wighoek (β)
 - c de vrijloophoek (α)
- 4 Wat is het voordeel van zagen met een cirkelzaagmachine, ten opzichte van zagen met een beugelzaagmachine?
-
-
- 5 Je kunt cirkelzaagbladen in twee groepen verdelen.
Welke groepen zijn dat?
-
-

Opdrachten uit de praktijk

- 1 Waarom gebruik je voor het zagen van zacht materiaal een zaag met een grote spaanhoek?

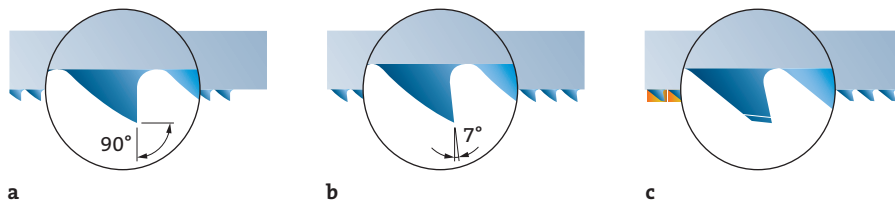
- 2 Tijdens het machinaal zagen ontstaan dikke blauwe spanen.
Wat is er aan de hand?
 - a De zaagsnelheid is te hoog.
 - b De zaagsnelheid is te laag.
 - c De zaagdruk is te hoog.
 - d De zaagdruk is te laag.
- 3 Je bent halverwege een zaagsnede en de zaag blijkt bot. Je monteert een nieuw zaagblad maar dat loopt vast.
Wat is er aan de hand?

- 4 Je haalt een nieuwe zaag uit het magazijn. Op de verpakking staat 25 tpd.
Hoe groot is de tandsteek van deze zaag?

- 5 Je gaat een as van RVS316 met een diameter van 40 mm zagen op een beugelzaagmachine. Eerst verwissel je de zaag.
Welk type zaagblad ga je monteren en welke snijsnelheid en zaagdruk stel je in?

- 6 Een beugelzaagmachine is ingesteld op het zagen van ongelegeerd staal met $R_m \geq 600 \text{ N/mm}^2$. Je wilt met deze zaagmachine een serie producten van messing zagen.
Wat moet je veranderen aan de instellingen van de beugelzaagmachine?

- 7 Je moet een as van messing zagen met een diameter van 60 mm op een cirkelzaagmachine.
Welke HSS-cirkelzaag kies je en welk toerental stel je in?
- 8 Welke snijsnelheid stel je in op een bandzaagmachine als je een dikwandige RVS-buis wilt zagen?
- 9 Welke steek kies je voor het bandzagen van een serie producten van UNP120?
- a 5 mm
 - b 7 mm
 - c 13 mm
 - d 15 mm
- 10 Welk zaagblad gebruik je voor het zagen van langspanige, taaie materialen?



Figuur 29 Verschillende tandvormen

- a zaagblad a
- b zaagblad b
- c zaagblad c

Evaluatie en reflectie

Checklist

Hierna zie je een checklist met de onderwerpen die aan de orde zijn geweest. Geef aan welke onderwerpen je goed beheerst en welke je nog beter moet bestuderen.

Je kunt:

- ☐ het principe van zagen beschrijven.
- ☐ de hoeken van een zaagtand noemen.
- ☐ de verschillende tandzettingen beschrijven.
- ☐ uitleggen welke invloed de zaagdruk en de zaagsnelheid hebben bij machinaal zagen.
- ☐ verschillende soorten zaagmachines noemen.
- ☐ verschillende soorten cirkelzaagbladen en hun toepassingen noemen.
- ☐ de snijsnelheid en zaagdruk van zaagbladen bepalen met tabellen.
- ☐ verschillende soorten cirkelzaagmachines noemen.
- ☐ uitleggen hoe de tandgeometrie van een cirkelzaagblad is opgebouwd.
- ☐ de kenmerken noemen van verschillende soorten bandzaagmachines.
- ☐ het toerental berekenen van een cirkelzaagblad.

Zelftoets

Test jezelf, maak de zelftoets.

- 1 Hoe noem je het afgeschoven vlak dat tijdens het zagen ontstaat en een spaan vormt?
 - a een zaagvlak
 - b een spaanvlak
 - c een tandvlak
 - d een segment

- 2 Welke twee vlakken vormen de snijkant van een zaagtand?
 - a spaanvlak en wigvlak
 - b spaanvlak en vrijloopvlak
 - c spaanvlak en snijvlak
 - d vrijloopvlak en wigvlak

- 3 Wanneer gebruik je een zaag met een kleine spaanhoek?
 - a bij zachte materialen met korte korrelige spaan
 - b bij taaie materialen met een lange korrelige spaan
 - c bij harde, brosse materialen met een korte korrelige spaan
 - d bij brosse materialen met een lange spaan

- 4 Op een HSS-zaag staat 12 tpd.
Hoe groot is de tandsteek?
- a 0,47 mm
 - b 2,12 mm
 - c 12 mm
 - d 25,4 mm
- 5 Hoe zijn de tanden van een zaag gezet bij een standaardzetting?
- a Een rechte, een rechts gezette en een links gezette tand.
 - b Een rechte en daarop volgend meerdere rechts/links gezette tanden.
 - c De tanden hebben binnen een groep verschillende zetbreedtes.
 - d De tanden hebben een combinatie van verschillende zettingen.
- 6 Welke spanen ontstaan er bij zagen met een te lage zaagdruk?
- a blauwe lintspanen
 - b korrelige spanen
 - c lange spanen
 - d vervormde spanen
- 7 Waarom wordt het zaagblad van een beugelzaagmachine opgetild tijdens de duwende beweging?
- a Dan maakt het zaagblad niet zoveel lawaai.
 - b Het werkstuk blijft daardoor in de klem zitten.
 - c Om te voorkomen dat de tanden afbreken.
 - d Om het kruk-drijfstangmechanisme minder zwaar te belasten.
- 8 Welke zaagmachine gebruik je als je grote series producten moet zagen met zo min mogelijk lawaai?
- a een cirkelzaagmachine met toevoer- en afvoerbaan
 - b een cirkelzaagmachine met verticale aanzet
 - c een cirkelzaagmachine met horizontale aanzet
 - d een cirkelzaagautomaat
- 9 Van welk staal wordt het stamblad van een hardmetalen cirkelzaag gemaakt?
- a chroomstaal
 - b gereedschapsstaal
 - c titaan-nitridestaal
 - d chroom-vanadiumstaal
- 10 Je zaagt een UNP80 met een cirkelzaagmachine waarop een zaag van 400 mm is gemonteerd. Op de werkopdracht staat een snijsnelheid van 45 m/min.
Welk toerental stel je in?
- a 0,036 omw/min
 - b 36 omw/min
 - c 56 omw/min
 - d 56000 omw/min

De draaimachine



TOUCHTECH

Auteur
K. Kort

Eindredactie
J. Gerrits

VSP21



Introductie

Aan de slag als conventionele draaier

Sietse is vandaag begonnen met een stage bij een verspanend bedrijf in Groningen. Vanmorgen heeft hij een rondleiding gehad door het bedrijf. In het bedrijf heeft hij draaimachines, freesmachines, boormachines en zaagmachines gezien. Er zijn ook een paar draaimachines en freesmachines die door een computer worden gestuurd. De hydraulische cilinders die worden gemaakt, worden op schepen gebruikt. In de namiddag mocht hij achter een draaimachine werken. Op school heeft hij ook een paar keer gedraaid, maar deze machine is veel groter. Hij heeft vandaag het eerste product gedraaid van de serie die hij moet doen. Om 16.30 uur gaat hij trots en moe naar huis. Vandaag was top!



Figuur 1

Oriënterende vragen

- Waarvoor denk je dat je een draaimachine gebruikt?
- Wat voor soort werkstukken kun je maken met een draaimachine?

Theorie

Kernvragen

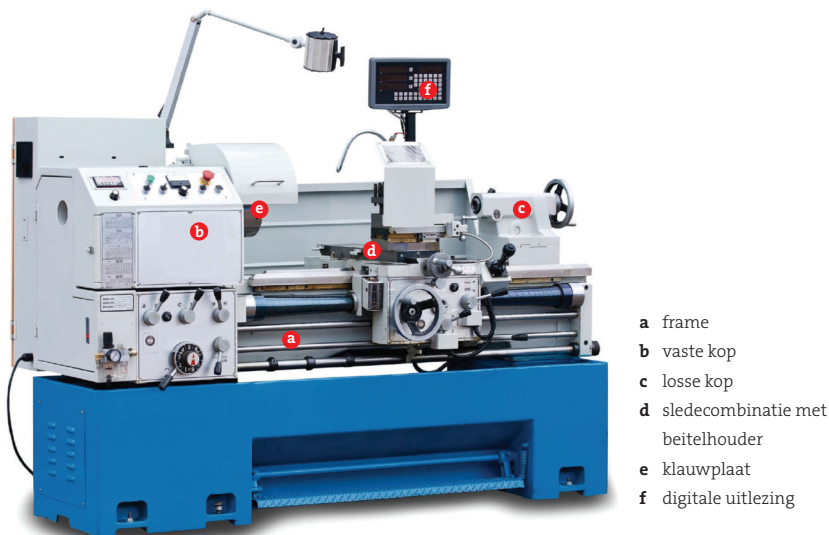
- Hoe verloopt de verspaning bij draaien?
- Welke functies hebben de verschillende onderdelen van een draaibank?
- Hoe span je werkstukken van verschillende vorm en afmeting veilig op in een draaibank?
- Welke invloed hebben de beitelhoeken op het verspaningsproces?
- Op welke manieren kun je een werkstuk op een draaimachine spannen?

De draaimachine

Draaien is een verspanende bewerkingsmethode waarmee je cilindrische werkstukken kunt maken. Het werkstuk draait rond terwijl een beitel materiaal van het werkstuk verwijdt. Het uitgangsmateriaal is meestal rond, maar kan ook vierkant, rechthoekig of zeskantig zijn. Voor het draaien gebruik je een draaibank of **draaimachine**.

Opbouw draaimachine

Bedrijven gebruiken tegenwoordig vooral computergestuurde ofwel CNC-gestuurde draaimachines. Je leert alle aspecten van het draaiproces echter meestal op een conventionele (handbediende) draaibank. Het is belangrijk dat je de functies van de verschillende onderdelen van deze machine kent. Daardoor weet je hoe je de machine moet gebruiken en hoe je er veilig mee kunt omgaan.



Figuur 2 Draaimachine

De hoofdonderdelen van een draaimachine zijn:

- frame;
- vaste kop;
- losse kop;
- sledecombinatie met beitelhouder;
- klauwplaat;
- digitale uitlezing.

Frame

Het **frame** is de basis van de draaimachine. Het frame geeft de machine stabiliteit en dempt trillingen die tijdens het draaien kunnen ontstaan. In het frame zijn de elektromotor en eventueel de installatie voor koelvloeistof gemonteerd. Op het frame zitten de geleidingen voor de sledecombinatie en de losse kop.

Vaste kop

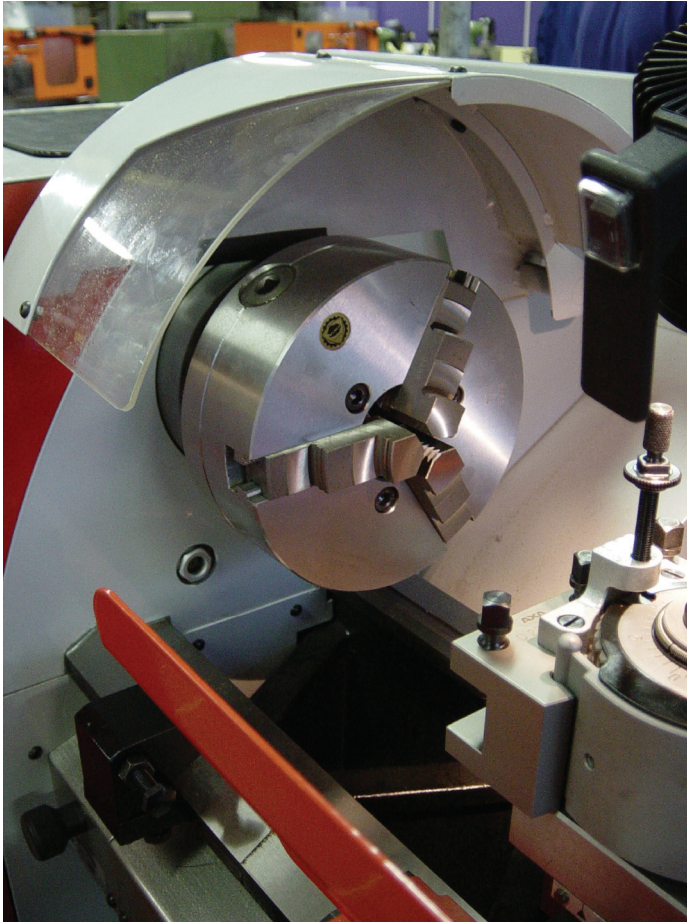
Links op het frame zit de **vaste kop**. In de vaste kop zijn de *hoofdspil* en het aandrijfmechanisme gemonteerd. De hoofdspil (of hoofdas) van de draaimachine drijft het werkstuk aan.



Figuur 3 Vaste kop van de draaimachine

Op de vaste kop zitten de hendels en knoppen van het schakelmechanisme. Daarmee kun je het toerental en de aanzet instellen. Door het toerental van de hoofdspil aan te passen, stel je de snijsnelheid van het draaiproces in. De aanzet bepaalt samen met de snediediepte de hoeveelheid te verspanen materiaal.

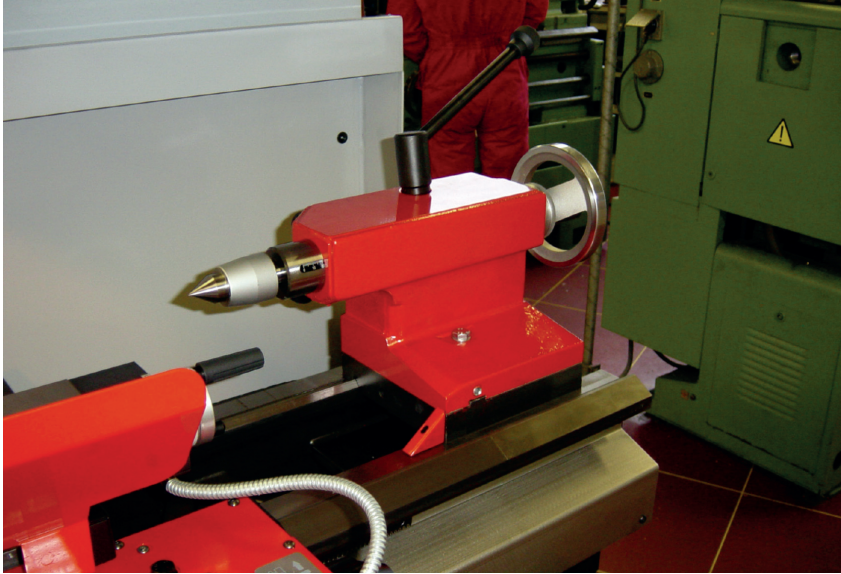
Op de spilneus van de hoofdspil wordt een **spaninrichting** (meestal een klauwplaat) voor het werkstuk bevestigd. De hoofdspil is hol. Daardoor kun je met de draaimachine ook producten van stafmateriaal bewerken.



Figuur 4 Hoofdspil met spaninrichting

Losse kop

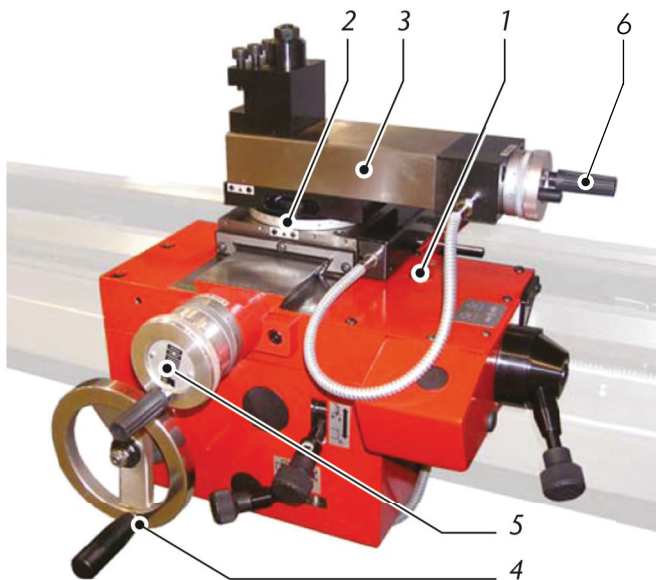
De **losse kop** is tegenover de vaste kop op het frame gemonteerd. In de losse kop zit een as: de **pinole**. De pinole heeft een inwendige conus waarin je verschillende gereedschappen kunt spannen, bijvoorbeeld een boorkop, een ruimer met conische schacht of een meedraaiend center.



Figuur 5 Losse kop

Sledecombinatie met beitelhoeder

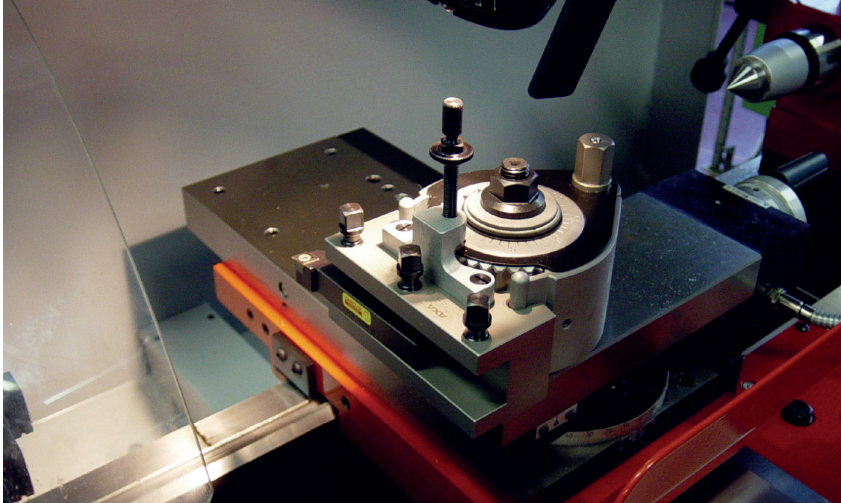
Tussen de vaste kop en de losse kop zit de **sledecombinatie**. De sledgecombinatie zorgt voor de verplaatsing van de beitel, die het materiaal verspaant. De sledgecombinatie bestaat uit een *langsslede* (1), een *dwarsslede* (2) en een *beitelslede* (3). De sleden kunnen onafhankelijk van elkaar bewegen. Daardoor kun je de beitel in de langs- en dwarsrichting verplaatsen.



Figuur 6 Sledgecombinatie

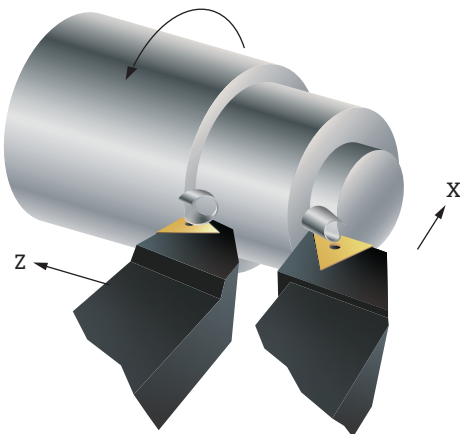
De **langsslede** verplaatst de beitel evenwijdig aan de hoofdspil (dit noem je de Z-richting). Je kunt de langsslede met de hand verplaatsen door het handwiel (4) te verdraaien. Je kunt de langsslede ook automatisch laten verplaatsen. Op de langsslede zit de dwarsslede. De **dwarsslede** verplaatst de beitel in de X-richting, dus loodrecht op

de Z-richting. Deze slede kun je ook met de hand (5) of automatisch verplaatsen. Op de dwarsslede zit de **beitelslede**. Deze slede verplaats je met de hand (6). Met de beitelslede verplaats je de beitel evenwijdig aan de hoofdspil (dus in de Z-richting). Je kunt de beitelslede ook onder een hoek plaatsen, om een schuine kant aan een product te draaien, of om een conisch werkstuk te draaien. Op de beitelslede zit de beitelhouder. In de **beitelhouder** bevestig je de beitel.



Figuur 7 Beitel in beitelhouder

Als je de beitel in de Z-richting verplaatst, wordt een deel van het werkstuk dunner. Dit noem je **langsdraaien**. Als je de beitel in de X-richting verplaatst, wordt een deel van het werkstuk korter. Dit noem je **dwarsdraaien**.



Figuur 8 Langsdraaien (Z-richting) en dwarsdraaien (X-richting)

Veiligheidsvoorzieningen op de conventionele draaimachine

Om veilig te kunnen werken heeft een draaimachine een aantal veiligheidsvoorzieningen.

Nulspanningsbeveiliging

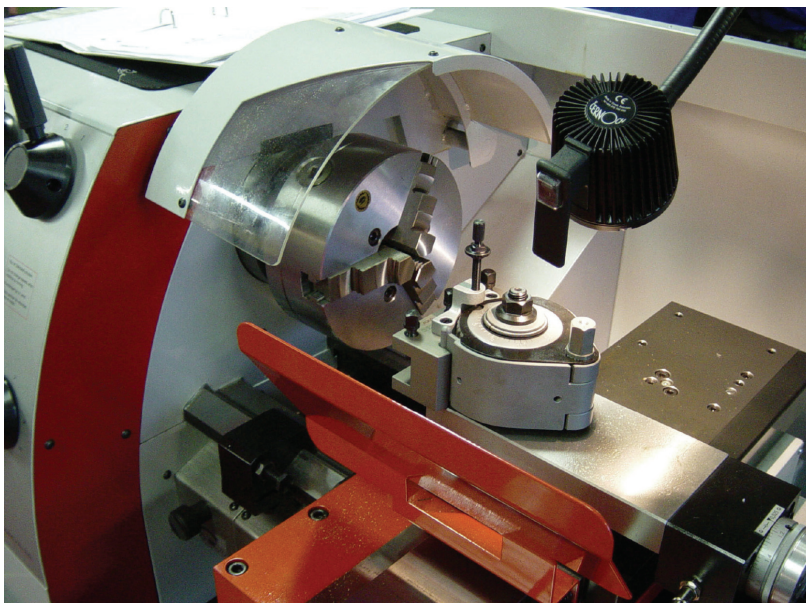
Als tijdens het draaien de spanning tijdelijk wegvalt, moet je de **nulspanningsbeveiliging** van de machine opnieuw inschakelen. Daarmee voorkom je dat de machine direct gaat draaien als de spanning opnieuw wordt ingeschakeld.

Noodstop

Met de **noodstop** kun je de machine volledig stilzetten. De noodstop moet tijdens het productieproces binnen handbereik zitten.

Beschermkap voor de klauwplaat

Je kunt de **beschermkap voor de klauwplaat** niet over de klauwplaat heen trekken als de klauwplaatsleutel nog in de klauwplaat zit. De draaibank kan nu niet worden ingeschakeld.



Figuur 9 Beschermkap voor de klauwplaat

Beschermkap voor aanzet- en schroefas

Bij draaimachines worden de assen afgeschermd door een beschermkap. Deze kap voorkomt dat kledingstukken, sieraden of je haren worden gegrepen door de assen.

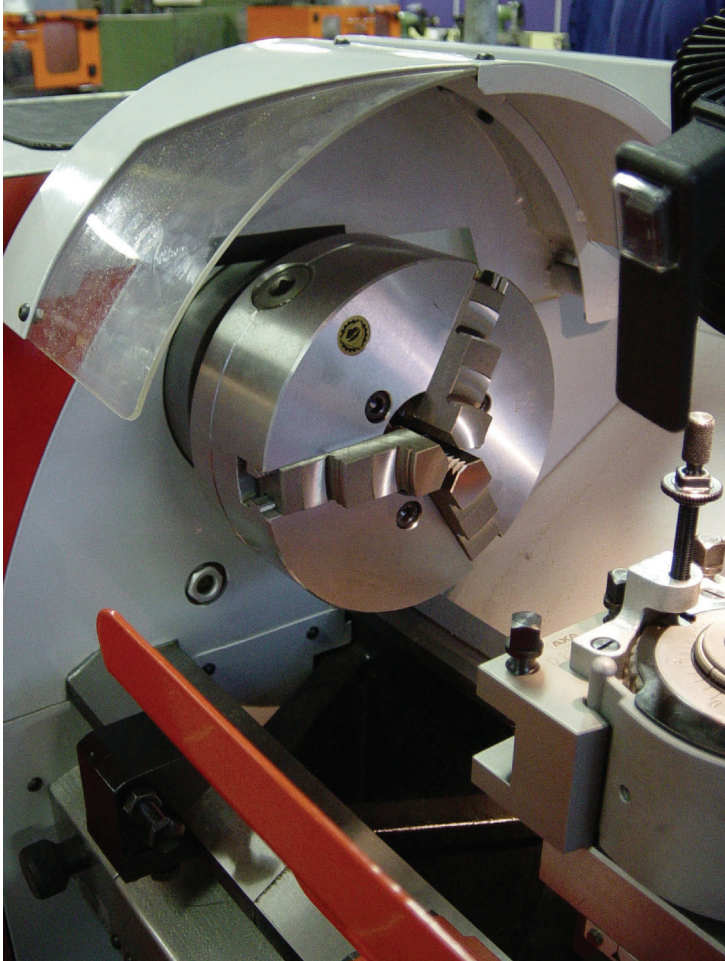
Spangereedschap

Op de spilneus van de hoofdspil wordt het spangereedschap bevestigd. In het spangereedschap klem je het werkstuk. Als je een cilindrisch 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.

Zelfcentrerende drieklauw

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



Figuur 10 Zelfcentrerende drieklauw

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 plaatst 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.



Figuur 11 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. De klauwen zitten in de buis of ring. Je klemt het werkstuk door de klauwen naar buiten te draaien. Hierdoor kun je het werkstuk aan de buitenkant over de hele lengte afdraaien.



Figuur 12 Ringvormig product opgespannen in drieklauw

Spannen op uitwendige klauwen

Je kunt de inwendige klauwen van een drieklauw vervangen door uitwendige klauwen. Producten met grote diameters kun je **spannen op uitwendige klauwen**.



Figuur 13 In- en uitwendig spannen in een drieklauwplaat

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, enzovoort.

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. 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 zelfcenterende drieklauw 0,1 mm.



a basisbekken

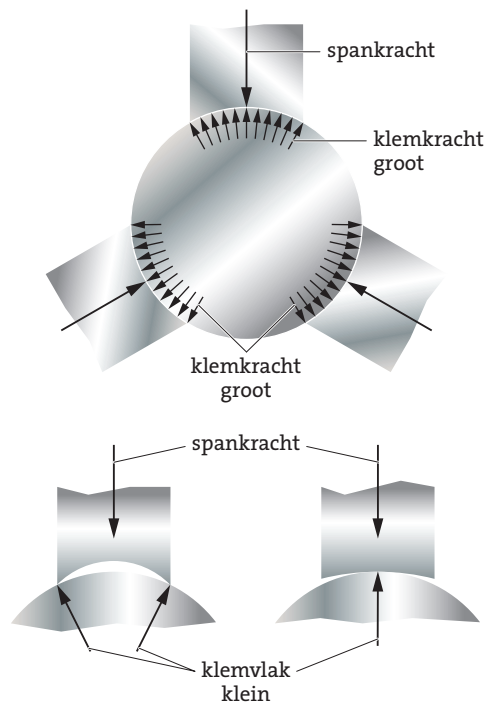


b zachte opzetbekken

Figuur 14 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.

Je draait de zachte klauwen uit door een hulpas tussen de achterzijde van de klauwen te klemmen. Met een binnenbeitel draai je de voorzijde van de klauwen uit op de diameter van het product $-0,02$ mm. Vervolgens verwijder je de hulpas en klem je het product.



Figuur 15 Zachte bekken waarvan de diameter groter of kleiner is dan het product

Praktijkvoorbeeld: Verplaatsing van de dwarslede bij afdraaien van as

Gegeven

Je wilt een as draaien. Het gedeelte dat in de zachte klauwen wordt geklemd, heeft een diameter van 26,00 mm.

Gevraagd

Op welke diameter moeten de klauwen worden uitgedraaid?

Oplossing

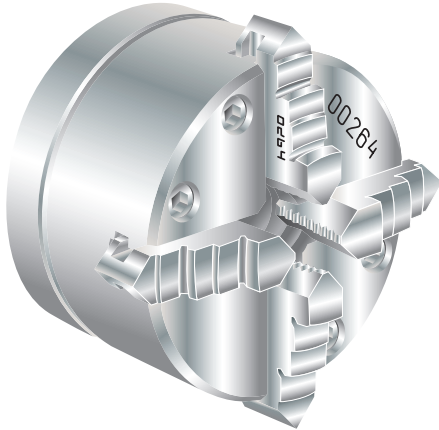
Op de diameter van $26,00 - 0,02 = 25,98$ mm.

Vierklauw

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

Zelfcentrerende vierklaus

De **zelfcentrerende vierklaus** gebruik je om vierkante werkstukken inwendig en uitwendig te spannen. De werking komt overeen met die van de zelfcentrerende drieklaus.



Figuur 16 Zelfcentrerende vierklaus

Onafhankelijke vierklaus

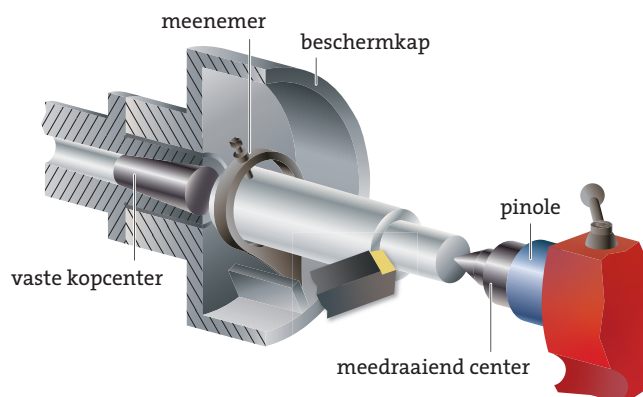
Je kunt de klauwen van een **onafhankelijke vierklaus** afzonderlijk naar binnen of naar buiten draaien. Hierdoor kun je rechthoekig materiaal **centrisch opspannen** of **excentrisch opspannen**. Bij het opspannen moet je het werkstuk uitklokken, zodat het precies centrisch of excentrisch is geplaatst.



Figuur 17 Onafhankelijke vierklaus

Spannen tussen centers

Lange werkstukken span je bij voorkeur tussen de centers.

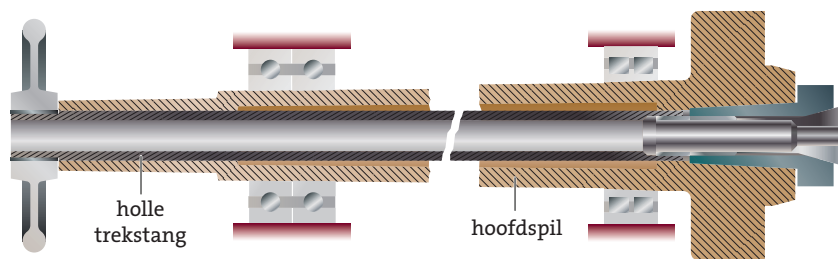


Figuur 18 Spannen tussen de centers

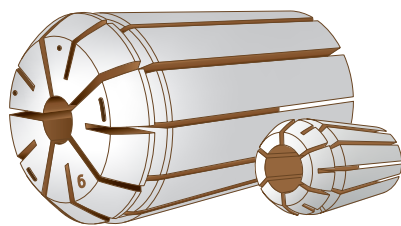
Op de kopse kanten van het product boor je een centergat. Je monteert een *meeneemplaat* (beschermplaat) en vast kopcenter op de hoofdspil. In de losse kop plaats je een meedraaiend center. Op het product schroef je een meenemer die door de meeneemplaat wordt meegenomen. Daarna plaats je het product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

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. Er is een spantang voor elke productdiameter.



Figuur 19 Spantang



Figuur 20 Spantangen voor verschillende afmetingen

Spannen van beitels

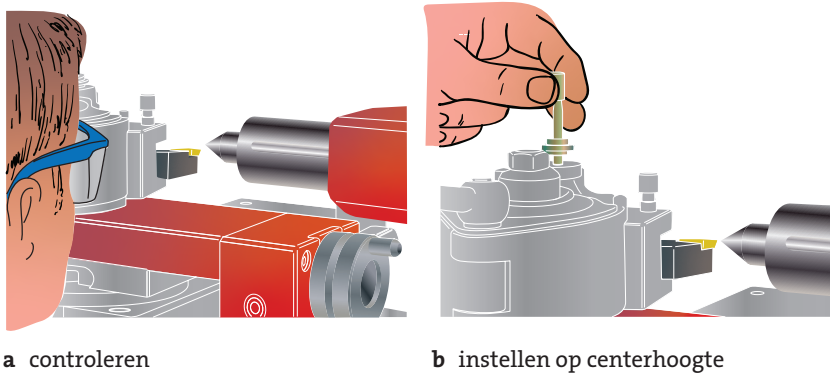
Om trillingen te voorkomen moet je een beitel zo kort mogelijk opspannen. Het punt waar de verspaning plaatsvindt, moet daarom zo dicht mogelijk bij de beitelhouder liggen.

Beitelhouder

De beitelhouder neemt de verspaningskrachten van de beitel op. Er zijn verschillende soorten beitelhouders. De beitelhouder met *snelwisselhouder* wordt het meest gebruikt. Het voordeel daarvan is dat je meerdere houders kunt gebruiken, voorzien van verschillende beitels.

Instellen van de beitel

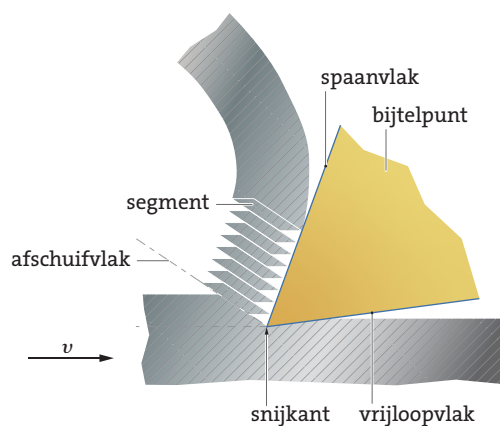
Bij het draaien moet de beitel op centerhoogte staan. Dat betekent dat de hoogte van de beitelpunt gelijk moet zijn aan de hoogte van de hartlijn van de hoofdspil en het center in de losse kop (zie figuur 21). Een snelwisselhouder kun je op centerhoogte stellen met de stelschroef. Als deze op hoogte staat, kun je de stelschroef borgen. Ook kun je verschillende snelwisselhouders met beitels vooraf op hoogte afstellen. Hierdoor kun je tijdens het draaien snel beitels wisselen.



Figuur 21 Beitel op centerhoogte

Het draaiproces

Tijdens het verspanen wordt de snijkant van de beitel met grote kracht tegen het materiaal gedrukt. Daardoor zal het materiaal gaan afschuiven. Een afgeschoven vlak noem je een **segment**. Meerdere van deze segmenten samen vormen een **spaan**.



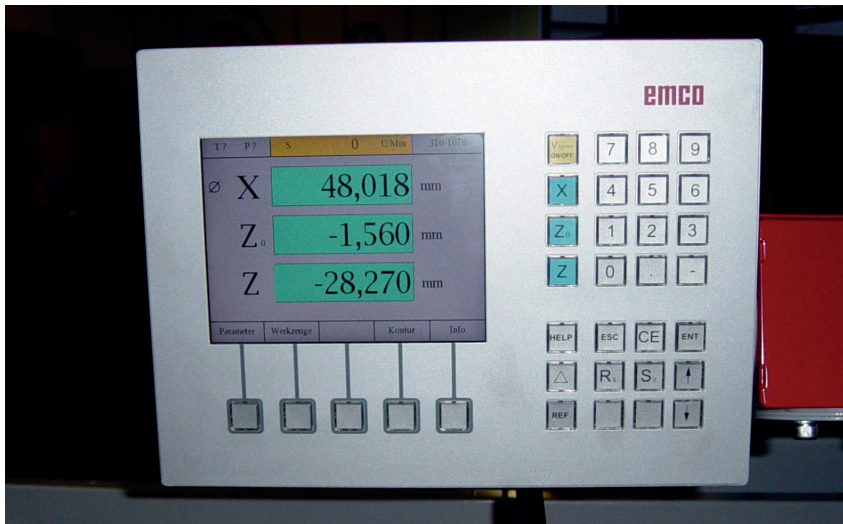
Figuur 22 Spaanvorming

Digitale uitlezing

Tegenwoordig heeft bijna elke conventionele draaibank een **digitale uitlezing**. Daarop kun je de verplaatsing van de sleden in X- en Z-richting aflezen. De Z-waarde geeft de verplaatsing van de langslede aan. De X-waarde geeft de verplaatsing van de dwarslede aan.

Soms kun je ook de verplaatsing van de beitelslede aflezen op de digitale uitlezing. De uitlezing geeft dan de verplaatsing van de langsslede (Z) en de beitelslede (Z_0) aan.

Soms wordt de som van beide verplaatsingen aangegeven (ΣZ).



Figuur 23 Digitale uitlezing met Z_0

Bij de verplaatsing in de X -richting (dwarsslede) zijn er twee mogelijkheden. Als je de digitale uitlezing instelt op 'diameter', dan geeft de uitlezing de diameter van het afgedraaide werkstuk aan. Als je de digitale uitlezing instelt op 'radius', dan geeft de uitlezing de snedediepte aan.

Praktijkvoorbeeld: Verplaatsing van de dwarsslede bij afdraaien van as

Gegeven

Je wilt een as draaien van 20 naar 16 mm.

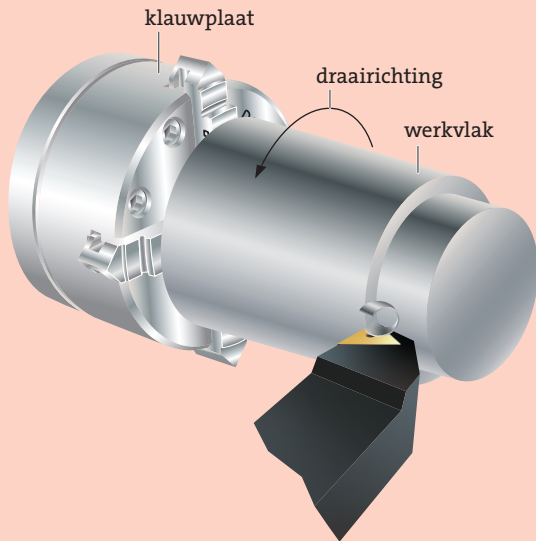
Gevraagd

Hoe ver moet je de dwarsslede verplaatsen?

Oplossing

Bij radiusinstelling verplaats je de dwarsslede 2 mm in de X -richting. Dit komt overeen met een snedediepte van 2 mm. De uiteindelijke diameter wordt 16 mm.

Bij diameterinstelling geeft de digitale aflezing een verandering van de diameter aan. Je draait de diameter volgens de uitlezing van 20 naar 16 mm (zie figuur 24). In werkelijkheid verplaats je de beitel (en dus ook de dwarsslede) 2 mm. Dit komt overeen met een snedediepte van 2 mm.



Figuur 24 Langsdraaien van diameter 20 mm naar 16 mm

Samenvatting

Het resultaat van het draaien is een cilindrisch werkstuk, waarbij het uitgangsmateriaal meestal rond is. Hierbij wordt een draaimachine gebruikt. Enkele belangrijke onderdelen van de draaimachine zijn:

- frame;
- vaste kop;
- losse kop;
- sledecombinatie met beitelhouder;
- klauwplaat;
- digitale uitlezing.

Bij draaien moet je het werkstuk opspannen. Het spangereedschap wordt bevestigd aan de hoofdspil. Afhankelijk van je werkstuk moet je een keuze maken voor een spangereedschap. De keuze van het spangereedschap hangt af van:

- de positioneernauwkeurigheid 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.

Om ongelukken te voorkomen heeft de draaimachine een aantal veiligheidsvoorzieningen:

- nulspanningsbeveiliging;
- noodstopbeschermer voor klauwplaat;
- beschermkap voor aanzet- en schroefas.

Video

Bekijk de video over de draaimachine:

<http://qr.linktm.nl/qr1002484>

Bekijk de video over een onafhankelijke vierkluuw:

<http://qr.linktm.nl/qr1002485>

Bekijk de video over de onderdelen van de draaimachine:

<http://qr.linktm.nl/qr1002486>

Begrippen

Beitelhouder	Kleminrichting waarin je de beitel klemt.
Beitelslede	Met de beitelslede kun je de beitel verplaatsen. De beitelslede is op de dwarsslede bevestigd.
Beschermkap voor de klauwplaat	Een beschermkap kun je over de klauwplaat schuiven. De beschermkap kun je niet over de klauwplaat trekken als de klauwplaatsleutel nog in de klauwplaat zit.
Centrisch opspannen	Het werkstuk wordt precies in het midden van het spangereedschap opgespannen. De hartlijn van het werkstuk en die van het spangereedschap vallen samen.
Digitale uitlezing	Op de digitale aflezing kun je de verplaatsing van de sleden in X- en Z-richting aflezen.
Draaimachine	Machine waarop materiaal wordt verspaand. Het resultaat is een rond product.
Dwarsslede	Met de dwarsslede kun je de beitel loodrecht verplaatsen op de Z-richting (in de X-richting).
Excentrisch opspannen	Het werkstuk wordt naast het midden van het spangereedschap opgespannen. De hartlijn van het werkstuk en die van het spangereedschap vallen niet samen.
Frame	Het frame is de basis van de draaimachine. Het geeft de machine stabiliteit en dempt trillingen.
Langsslede	Met de langsslede verplaats je de beitel evenwijdig aan de hoofdspil (in de Z-richting).
Losse kop	De losse kop zit tegenover de vaste kop op het bed geklemd. In de losse kop zit de pinole.
Meedraaiend center	Het meedraaiend center is een stalen punt die meedraait en het werkstuk ondersteunt.
Noodstop	De noodstop is een rode knop waarmee je de machine volledig kunt stilzetten.
Nulspanningsbeveiliging	De nulspanningsbeveiliging is een schakelaar waarmee wordt voorkomen dat de machine direct gaat draaien als de spanning opnieuw wordt ingeschakeld.

Onafhankelijke vierklaus	Met een onafhankelijke vierklaus kun je rechthoekig materiaal centrisc of excentrisc opspannen, omdat de klauwen van een onafhankelijke vierklaus afzonderlijk naar binnen of naar buiten draaien.
Pinole	De pinole is een as in de losse kop. Deze heeft een inwendige conus waarin je verschillende gereedschappen kunt spannen.
Segment	Een segment is een afgeschoven vlak bij het verspaningsproces.
Sledecombinatie	De sledecombinatie bestaat uit een langsslede, een dwarsslede en een beitelslede, en zorgt voor de verplaatsing van de beitel.
Spaan	Meerdere segmenten samen.
Spaninrichting	Onderdeel dat het werkstuk in de draaimachine klemt, bijvoorbeeld een drieklaus.
Spannen op uitwendige klauwen	Met uitwendige klauwen kun je producten met grote diameters uitwendig opspannen. Je kunt de inwendige klauwen van een drieklaus vervangen door uitwendige klauwen.
Spantang	Een spaninrichting waar je grotere series van kleine cilindrische producten op kunt draaien.
Vaste kop	De vaste kop zit links op het frame. Hierin zijn de hoofdspil en het aandrijfmechanisme gemonteerd.
Zachte klauwen	Zachte klauwen gebruik je om spanbeschadigingen te voorkomen. Je kunt ze ook gebruiken als bij het draaien een hoge centreernauwkeurigheid wordt gevraagd.
Zelfcentrerende drieklaus	In de zelfcentrerende drieklaus wordt een werkstuk opgespannen. De drieklaus is zelfcentrerend, doordat de drie klauwen gelijktijdig naar binnen of naar buiten bewegen.
Zelfcentrerende vierklaus	De zelfcentrerende vierklaus gebruik je om vierkante werkstukken inwendig en uitwendig te spannen. De werking komt overeen met die van de zelfcentrerende drieklaus.

Theorieopdrachten

- 1 Kies de juiste woorden.

Bij het draaien geldt dat het product **draait** / **stilstaat** en de beitel **draait** / **stilstaat**. Het uitgangsmateriaal is meestal **vierkant** / **rond** / **zeskantig**. De spaanvorming vindt plaats door **afschuiven** / **schillen**. Het verwijderde metaal heet een **segment** / **spaan** / **schil**.

- 2 Waaraan wordt de drieklauw bevestigd?

- a aan de hoofdspil
- b aan de langsslede
- c aan de losse kop
- d aan de vaste kop

- 3 Bij de digitale aflezing geeft Z_0 de verplaatsing aan van:

- a de beitelslede.
- b de dwarsslede.
- c de langsslede.
- d de pinole van de losse kop.

- 4 Geef aan of de beweringen waar of niet waar zijn.

Bewering	Waar	Niet waar
Bij draaien is centreren ook het positioneren van het product.		
Het materiaal van het product heeft invloed op de keuze van het spanmiddel.		
Om beschadiging van het product te voorkomen, mag je de spankracht van het spanmiddel kleiner maken.		

- 5 Noem vier gereedschappen die je in de pinole van de losse kop kunt bevestigen.
-

Opdrachten uit de praktijk

- 1 De diameter van een as wordt gedraaid van 40 mm naar 35 mm. De digitale aflezing is ingesteld op diameterweergave.
 - a Hoe groot is de verandering van de *X*-waarde van de digitale aflezing?

 - b Hoe groot is de snedediepte bij draaien?

 - c Hoe groot is de verplaatsing van de dwarsslede?

- 2 De digitale uitlezing staat op radiusaflezing ingesteld.
Als je de diameter van het werkstuk met behulp van de digitale uitlezing 1 mm kleiner wilt maken, hoeveel millimeter moet je de dwarsslede dan verplaatsen?
 - a 0,5 mm
 - b 1 mm
 - c 2 mm
- 3 Je wilt een as nauwkeurig afdraaien op 20,00. Je gebruikt hiervoor de zachte bekken.
Op welke diameter draai je de zachte bekken uit?

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

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

- 6 In de linkerkolom zie je een aantal omschrijvingen van producten. In de rechterkolom staan in willekeurige volgorde enkele spanmiddelen.
Zet het juiste spanmiddel achter de productomschrijving. Kies uit: *drieklauw* – *drieklauw met bril* – *drieklauw met zachte bekken* – *onafhankelijke vierklauw* – *spantang* – *stelplaat*.

Op te spannen product	Spanmiddel
Een product waarbij de tolerantie een centreernauwkeurigheid vraagt van 0,01 mm	
Lange werkstukken die langsgedraaid moeten worden	
Een product van rechthoekig uitgangsmateriaal	
Grote series kleine cilindrische producten	
Buisvormige of ringvormige producten	
Een gietwerkstuk met onregelmatige vorm	

- 7 Je wilt een product draaien in een opspanning met zachte klauwen. Plaats de bewerkingsstappen 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 driepunts schroefmaat uitvoeren.

De juiste volgorde is: _____

- 8 In de linkerkolom van de tabel staat een aantal ongevalssituaties. In de rechterkolom staan veiligheidsvoorzieningen. Combineer de juiste veiligheidsvoorzieningen met de ongevalssituaties.

Ongevalssituatie	Veiligheidsvoorziening
1 Gescalpeerde hoofdhuid	a Lange haren bedekken.
2 Gegrepen door machine	b Alleen metingen uitvoeren bij stilstaande machine.
3 Wegvliegende onderdelen	c Sluitende kleding dragen.
4 Verbrijzelde tenen	d Veiligheidsschoenen dragen.
5 Ernstig oogletsel	e Spanen afvoeren met spanenhaak.
6 Klap van de klauwplaat	f Altijd de sleutel uit de drieklauw verwijderen.
7 Verwondingen aan je hand	g Een veiligheidsbril dragen.

Evaluatie en reflectie

Checklist

Hierna zie je een checklist met de onderwerpen die aan de orde zijn geweest. Geef aan welke onderwerpen je goed beheerst en welke je nog beter moet bestuderen.

Je kunt:

- ☐ de belangrijkste onderdelen van een draaimachine opnoemen en benoemen wat hun functie is.
- ☐ aangeven welk onderdeel van de draaibank de X-, Y- of Z-beweging uitvoert.
- ☐ het verschil noemen tussen radius- en diameterinstelling van de digitale uitlezing.
- ☐ aangeven van welke factoren de beitelkeuze afhankelijk is.
- ☐ aangeven welke beitel je kunt gebruiken voor de verschillende deelbewerkingen.
- ☐ aangeven wat de invloed is van de verschillende hoeken op het draaiproces.
- ☐ aangeven waarom je voor een spangereedschap kiest.
- ☐ de verschillende soorten spangereedschappen beschrijven.
- ☐ een aantal veiligheidsmaatregelen bij draaien noemen.

Zelftoets

Test jezelf, maak de zelftoets.

- 1 Waar bevindt de hoofdspil van de draaimachine zich?
 - a in de klauwplaat
 - b in de losse kop
 - c in de vaste kop
 - d in het frame

- 2 Hoe stel je de grootte van de aanzet in?
 - a met hendels op de dwarsslede
 - b met hendels op de losse kop
 - c met hendels op de slotkast
 - d met hendels op de vaste kop

- 3 Hoe kun je de aanzet inschakelen?
 - a met een hendel op de dwarsslede
 - b met een hendel op de slotkast
 - c met hendels op de losse kop
 - d met hendels op de vaste kop

- 4 Welk onderdeel van een draaimachine is één geheel met het frame?
 - a de beitelslede
 - b de koelvloeistofinstallatie
 - c de losse kop
 - d de vaste kop

- 5 In welk onderdeel van een draaimachine kun je een boorkop plaatsen?
- a** in de beitelslede
 - b** in de hoofdspil
 - c** in de langsslede
 - d** in de losse kop
- 6 Welke assen komen voor op de draaimachine? (Er zijn meer goede antwoorden mogelijk.)
- a** X-as
 - b** Y-as
 - c** Z-as
 - d** Z_0 -as
- 7 Welk spanmiddel gebruik je voor seriewerk waarbij met hoge toerentallen wordt gedraaid?
- a** Een drieklauw, omdat die met grote kracht zelfcentrerend spant.
 - b** Een onafhankelijke vierklauw, omdat je er vlug mee spant en onbalans kunt compenseren.
 - c** Een spantang, omdat die zelfcentrerend spant en er door de compacte bouwwijze weinig kans op trillen door onbalans is.
 - d** Een stelplaat, omdat je het materiaal stevig kunt klemmen en onbalans kunt compenseren.
- 8 Om welke twee redenen span je werkstukken op in zachte klauwen?
- a** snel spannen – grote centreernauwkeurigheid
 - b** voorkomen van beschadiging – grote centreernauwkeurigheid
 - c** voorkomen van beschadiging – snel spannen
 - d** voorkomen van beschadiging – veilig spannen
- 9 Waarom heeft een drieklauw met zachte klauwen een hogere centreernauwkeurigheid dan een drieklauw met geharde klauwen?
- a** De klauwen zijn uitgedraaid.
 - b** De klemkracht mag groter zijn zonder dat het productmateriaal beschadigd raakt.
 - c** De klemkracht mag kleiner zijn, omdat de vorm van de contactvlakken gelijk is.
 - d** Het zachtere materiaal past zich aan bij het productmateriaal.
- 10 Welke veiligheidsvoorziening voorkomt dat de machine weer gaat draaien als er een stroomstoring is geweest?
- a** de noodstop
 - b** de nulspanningsbeveiliging
 - c** de schakelaar voor de hoofdspindel
 - d** de veiligheidsskap