

Productietechnologie — Samenvatting

Ruben Ryckaert

20 december 2025

Inhoudsopgave

1 Inleiding	3
1.0.1 Keuzes bij productie	3
1.1 Passing	4
1.2 Tolerantie	4
1.3 Oppervlaktekwaliteit	5
2 Materialen	6
2.0.1 Vervorming	7
3 Verspanen:Algemeen	7
3.1 bijtelbewerkingen	8
3.1.1 Secundaire afschuifvlak(shear zone)	9
3.2 Beweging, snelheden en voedingen, temperaturen, slijtage	10
3.2.1 Krachten	11
3.3 Factoren bij bijtelbewerking	12
3.4 Snijmaterialen	14
3.4.1 Classificatie van snijmaterialen	15
3.5 Optimale snijsnelheid	16
4 Verspanen: Draaien	17
4.1 Het Draaiproces	18
4.2 Krachten bij Draaien	18
5 Verspanen: Boren	20
6 Verspanen: Frezen	20
7 Verspanen:Hybridetechnieken	20
8 Verspanen:Slijpen	20
9 Fysische en Chemische afnemende bewerkingen	20
10 Scheiden	20

11 Automatiseren & machinekeuze	20
12 Productie werkvoorbereiding	20
13 Productiegericht ontwerpen	20

1 Inleiding

Wat is ProductieTechnologie?

ProductieTechnologie gaat over het produceren van goederen. Hier komt veel bij te pas: niet alleen verschillende technieken en machines, maar ook kosten, snelheid en kwaliteit spelen een rol.

Deze samenvatting geeft een overzicht van de belangrijkste begrippen en technieken.

Hieronder verschillende productietechnieken,

- Gieten
 - Zandgieten
 - Spuitgieten
- Frezen
- Lassen
 - CO2-lassen
 - MIG/MAG, TIG, ...
- Vonkerosie
- Waterstraalsnijden
- Chemisch bewerken
- 3D-printen
- Draaien
- Snijden
- Ponsen
- Stralen

1.0.1 Keuzes bij productie

Bij produceren moet je afhankelijk van al deze technieken keuzes maken over welke technieken het beste is. Hoeveel producten moet ik produceren en wat kost dat? Het is allemaal afhankelijk van de eisen die aan het product worden gesteld.

- Kosten
- snelheid
- kwaliteit

Energiedrager	Bewerking
vaste stof:	
kogeltjes van glas of metaal	kogelstralen
korrels van metaal	staalstralen
abrasief materiaal	abrasief stralen
vloeistof (water)	waterstralen
vaste stoffen in vloeistof	abrasief waterstralen
vaste stoffen in gas	abrasief luchtstralen
ionen	ionenstralen of ionenbundel
elektronen	elektronenstralen
fotonen	laserstralen
geïoniseerde gassen	plasmastralen

Figuur 6.19 Overzicht van bewerkingen met stralen,
gebruikmakend van verschillende energiedragers

Figuur 1.1: Overzicht van bewerkingen met stralen, gebruikmakend van verschillende energiedragers

- milieu
- veiligheid
- functionaliteit
- materiaal
- tolerantie
- oppervlaktekwaliteit
- aantal
- onderhoud

al deze factoren zijn belangrijk bij het kiezen van een productietechniek.

1.1 Passing

Passing is een maat voor hoe goed twee oppervlakken op elkaar aansluiten.

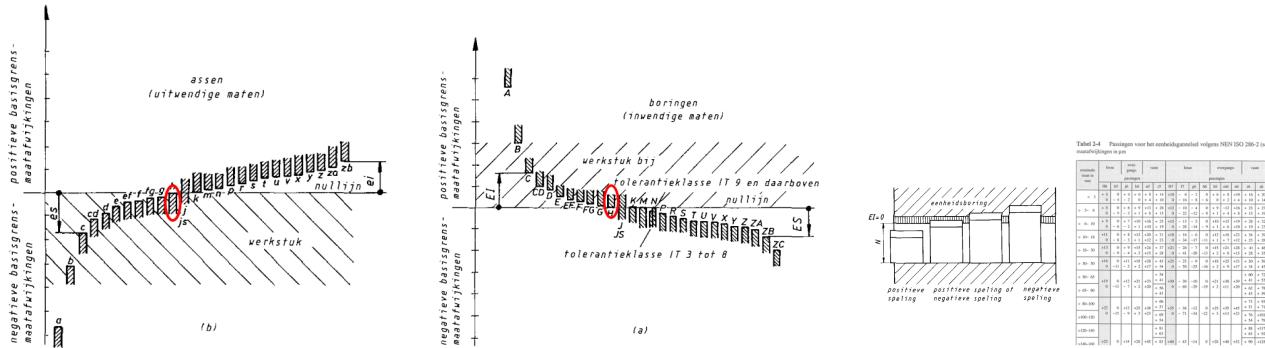
- Losse Passing: Er is nog speling tussen de twee oppervlakken.
- Nauw Passing: De twee oppervlakken sluiten goed op elkaar aan, er is bijna geen speling meer.
- PersPassing: De twee oppervlakken worden in elkaar gedrukt.

1.2 Tolerantie

Toleranties worden geklassificeerd via diagrammen

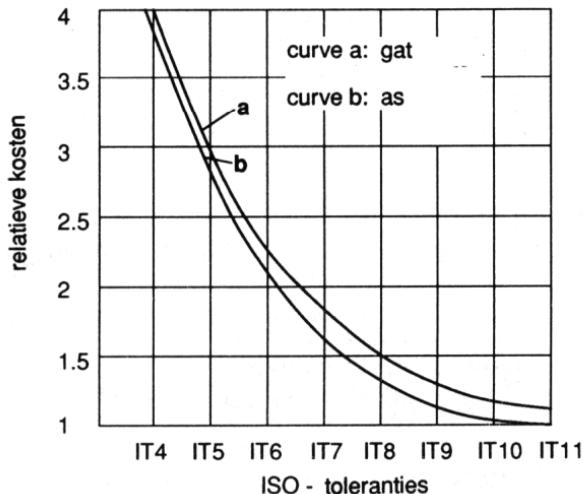
- inwendige
- uitwendige
- passing

Je moet kiezen welke tolerantie nodig is voor een product. Precieze toleranties zijn duurder om



Figuur 1.2: Tolerantie diagrammen voor inwendige, uitwendige en passing

te produceren.



Figuur 1.3: Kosten vs Tolerantie

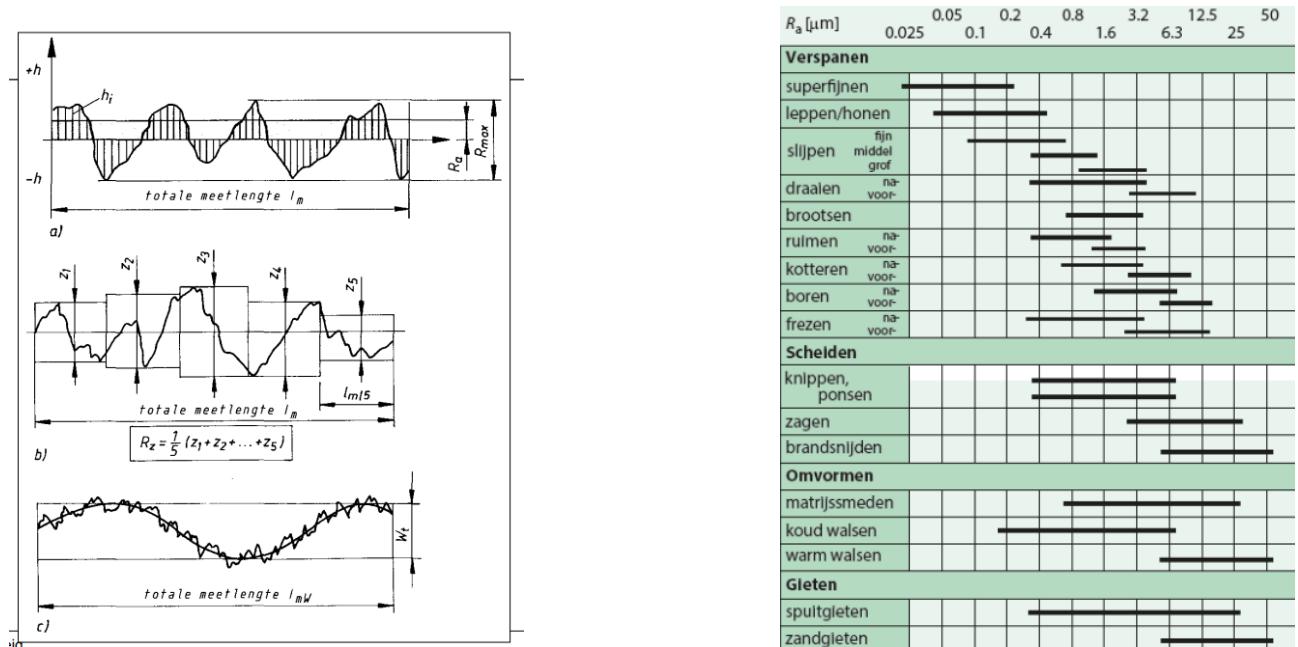
1.3 Oppervlaktekwaliteit

Oppervlaktekwaliteit moet ook gekozen worden bij het produceren van een product.

- Een ruw oppervlak is goedkoper om te produceren.
 - Een glad oppervlak is duurder om te produceren.
 - Soms is een glad oppervlak nodig voor de functionaliteit van het product.
 - Textuur kan ook functioneel zijn (antislip, esthetisch, ...). bv: een handvat, keyboard, tafels, pennen, ...

Oppervlaktekwaliteit wordt uitgedrukt in ruwheid. Ra, Rz, Rmax

verschillende productietechnieken hebben verschillende oppervlaktekwaliteiten.



Figuur 1.4: Voorbeelden van oppervlaktekwaliteiten

2 Materialen

Dit hoofdstuk gaat over de effecten van verschillende materialen op productietechnieken en over het effect van de gekozen productietechniek op het materiaal.



Figuur 2.1: Effect van thermische processen op materialen

Er zijn verschillende soorten materialen die je kunt kiezen. Allemaal hebben ze verschillende materiaaleigenschappen.

- Metalen
- Kunststoffen
- Keramiek
- Composieten

2.0.1 Vervorming

Je hebt elastische en plastische vervormingen in een materiaal die gebeuren tijden het bewerken van een materiaal.

- Elastische vervorming: Het materiaal keert terug naar zijn originele vorm nadat de kracht is weggenomen.
- Plastische vervorming: Het materiaal blijft vervormd nadat de kracht is weggenomen.

Elastische vervorming gegeven door Hooke's law:

Hooke's law: $\sigma = E \cdot \varepsilon$

waarbij σ de spanning is, E de elasticiteitsmodulus en ε de rek.

3 Verspanen: Algemeen

Dit hoofdstuk is de basis van verspannen en is relevant voor alle verspaningstechnieken.

Verspannen is het verwijderen van materiaal van een werkstuk. Dit kan door boren, frezen, draaien of slijpen, ... Je begint met een ruw werkstuk en verwijdert materiaal totdat je de gewenste vorm en afmetingen hebt.

Voordelen

- Hoge precisie
- Goede tolerantie
- Goede oppervlaktekwaliteit
- Flexibiliteit in ontwerp

Nadelen

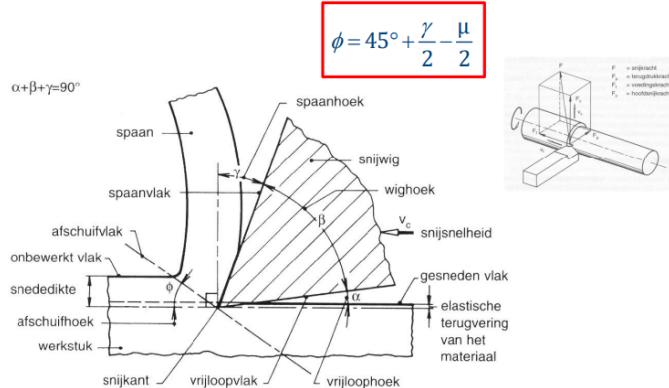
- Materiaalverlies
- Hogere kosten bij grote aantallen
- Langere productietijd
- energieintensies
- Vervuilend (spanen, koelvloeistof)

Bij verspannen kunnen verschillende tools gebruikt worden. Deze tools hebben verschillende snijvlakken en geometrieën die geschikt zijn voor verschillende materialen en bewerkingen.

- bijtel
- frees
- boor
- slijpschijf

3.1 bijtelbewerkingen

Bij bijtelbewerkingen wordt materiaal verwijderd door een scherpe bijtel over het werkstuk te bewegen.

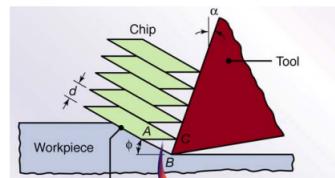


Figuur 3.1: Verwijdering van materiaal door een bijtel → creëert spanen

Bij het verspannen met een bijtel ontstaan er spanen. Spanen zijn kleine stukjes materiaal die worden verwijderd van het werkstuk. De grootte van de spanen wordt bepaald door de snedediepte, de voeding, de spaanhoeck en de wrijvingscoëfficiënt.... Zometeen meer in detail hierover

Spanen is een plastische vervorming van de spanen maar het oppervlak van het werkstuk ondergaat ook een elastische vervorming. Dit kan leiden tot oppervlaktfouten zoals ruwheid, hardheid, ...

- μ = wrijvingscoëfficient
- h = snededikte
- b = snede breedte (loodrecht op figuur)
- Grootte afschuifvlak A = $b \cdot h / \sin(\Phi)$
- Benodigde afschuifkracht (als deel van snijkrachten) $\rightarrow F = A \cdot \tau_{\max}$
- Formule toont belangrijke invloed spaanhoeck en wrijving op snijkrachten!



$$\phi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \frac{\mu}{2}$$

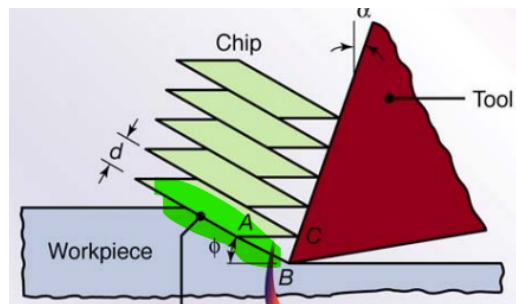
Figuur 3.2

Afschuifhoek: $\phi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \frac{\mu}{2}$

waarbij γ de spaanhoeck is en μ de wrijvingshoek tussen spaan en snijvlak.

De afschuifhoek bepaalt de richting waarin de spaan wordt afgesneden. Een grotere afschuifhoek leidt tot een betere spaanvorming en minder kracht

afschuifvlak (shear zone) A: $A = \frac{b * h}{\sin(\phi)}$
waarbij b de breedte, h de hoogte en ϕ de afschuifhoek.



Figuur 3.3

afschuifkracht: $F = A * \tau$

waarbij A het afschuifvlak is en τ de schuifspanning van het materiaal.

Grotere spaanhoek \rightarrow kleiner afschuifvlak \rightarrow minder kracht nodig om spaan te vormen.

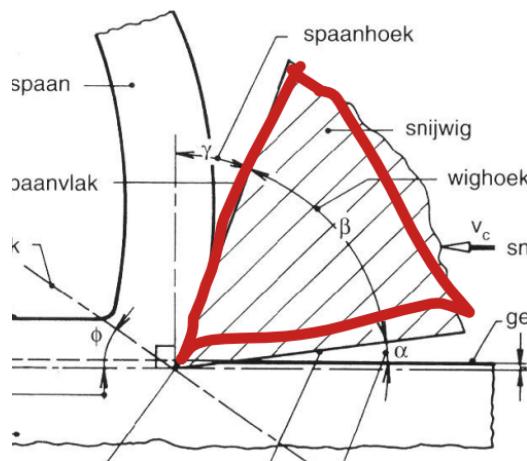
3.1.1 Secundaire afschuifvlak(shear zone)

Spanen gaan verwijderd worden en daarbij treedt wrijving op tussen spaan en bijtel; dit is het secundaire afschuifvlak. Als je negatieve spaanhoeken γ meet, dan is er veel meer wrijving tussen de spaan en de bijtel.

- Spaanhoek $\gamma \rightarrow$ groter \rightarrow minder kracht nodig. Tussen -10° en 30°
- Wighoek $\beta \rightarrow$ zo groot mogelijk maken.

Wighoeken bepalen de sterkte van de bijtel en de warmteafvoer. Grote wighoeken brengen de warmte sneller weg en dus kun je grotere voedingsnelheden gebruiken.

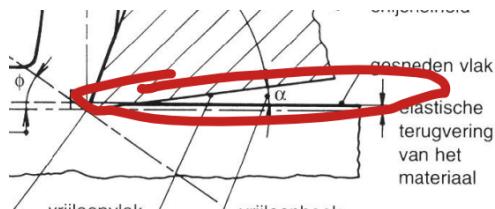
Wighoek moet zo groot mogelijk zijn



Figuur 3.4: Wighoek

- Vrijloophoek $\alpha \rightarrow$ groter \rightarrow minder wrijving tussen werkstuk en bijtel. Tussen 6° en 10°

Vrijloophoek moet er zijn zodat je bijtel niet begint te wrijven over het oppervlakte van je materiaal. Zelfs rond 0° kan al zorgen voor veel wrijving.



Figuur 3.5: Vrijloophoek

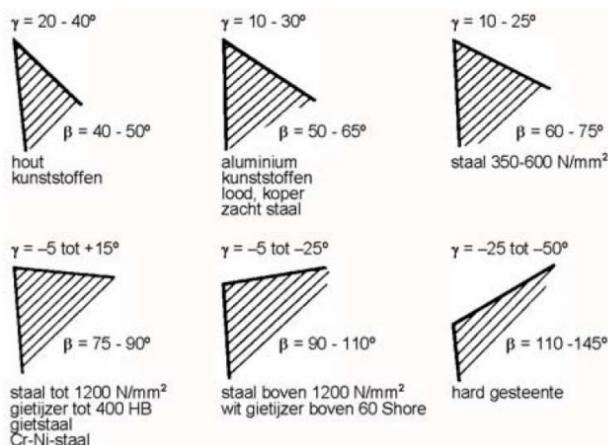
- Snedediepte → groter → meer kracht nodig
- Voeding → groter → meer kracht nodig

Deze verschillende hoeken hebben effect op elkaar. Dit is dus een optimalisatieprobleem. Je moet afwegen wat de beste hoeken zijn voor jouw materiaal en bewerking.

De spaanhoek is enorm belangrijk. Een grote spaanhoek snijdt makkelijk materialen zoals aluminium, koper, kunststof. Voor hardere materialen zoals staal is een kleinere spaanhoek nodig omdat het materiaal anders te hard is om te snijden en je moet veel te veel kracht zetten. Negatieve spaanhoeken worden gebruikt voor zeer harde materialen.

Extra info

Deze bewerkingen zijn allemaal met ductiele materialen. Brosse materialen gaan snel afbrokkelen en hebben dus niet veel elastische vervorming. Je kunt druk uitoefenen op brosse materialen tijdens bewerking; het materiaal gaat zich dan meer ductiel gedragen. Hoe oefen je druk uit op materialen? Door een grote spaanhoek te gebruiken, die veel spanning creëert.



Figuur 3.6: Verschillende spaanhoeken voor verschillende materialen

3.2 Beweging, snelheden en voedingen, temperaturen, slijtage

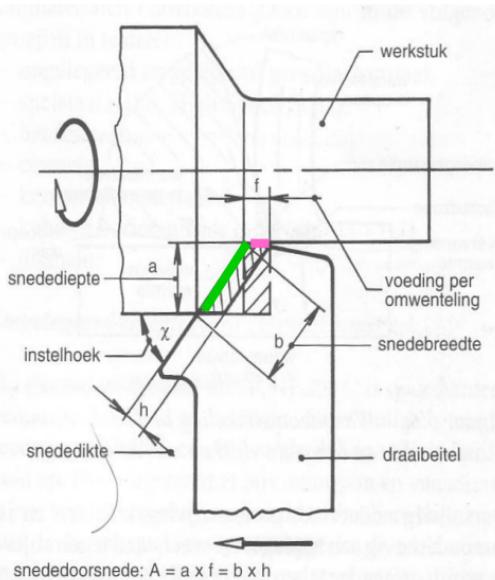
Er zijn verschillende factoren die de kracht op je werkstuk bepalen

- Snijsnelheid (v)
- Voeding (f)
- Snedediepte (a)
- Snedebreedte (b)

- Snededikte (h)

Snijsnelheid: $v = \pi \cdot d \cdot n$

waarbij d de diameter is en n het toerental in omwentelingen per minuut.



Figuur 3.7: Sneedoorsnede bij bijtelbewerking

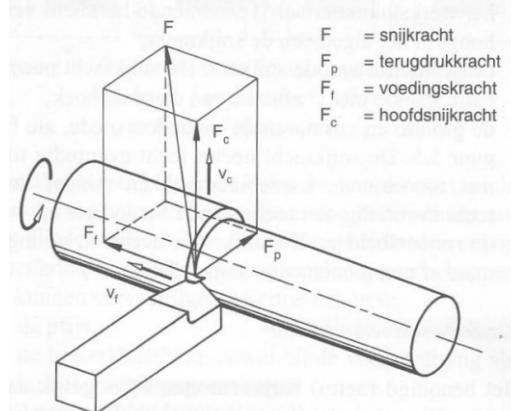
Sneedoorsnede: $A_d = a \cdot b$

waarbij a de snedediepte is en b de sneebreedte.

3.2.1 Krachten

Tijdens het bewerken van materialen met een bijtel komen er verschillende krachten op het werkstuk en de bijtel te staan.

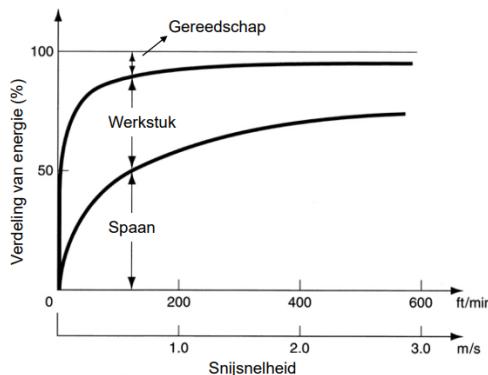
- Snijkracht (F_c): Kracht die nodig is om de spaan te vormen.
- Voedingskracht (F_f): Kracht die in de voedingsrichting werkt.
- Terugdrukkracht (F_p): Kracht die nodig is om de bijtel in het werkstuk te duwen.



Figuur 3.8

Wat neem voeding op?

- Warmteontwikkeling
- Werkstuk
- Gereedschap
- Spaanvorming Afhankelijk van de snijsnelheid v_c en de voeding f . Is er een andere verdeling van de energie.



Figuur 3.9: Voeding of snijsnelheid in functie van energieverdeling

3.3 Factoren bij bittelbewerking

• Opbouwlaag (build-up edge/BUE)

Een dunne, hard geworden laag metaal die zich bij lage snijsnelheden aan het snijgereedschap opbouwt aan de punt van de bittel. Zie video toledo. Deze stukken trekken mee aan het oppervlak van het werkstuk en nemen dus meer af dan nodig is. Je krijgt dan een stappige oppervlakte.

Verbeteren / voorkomen:

- Verhoog de snijsnelheid: bij hogere snelheden herstelt het materiaal sneller, waardoor BUE minder snel vormt.
- Gebruik koeling of smering: verminderd hechten en verlaagt gereedschapstemperatuur.
- Kies geschikte gereedschapsmaterialen en coatings (bv. TiN/AlTiN) en houd de snijkant scherp.
- Pas voeding en snedediepte aan of gebruik onderbroken snedes (pecking) om opbouw te vermijden.
- Controleer en vervang gereedschap regelmatig; verwijder opbouwranden veilig indien nodig.

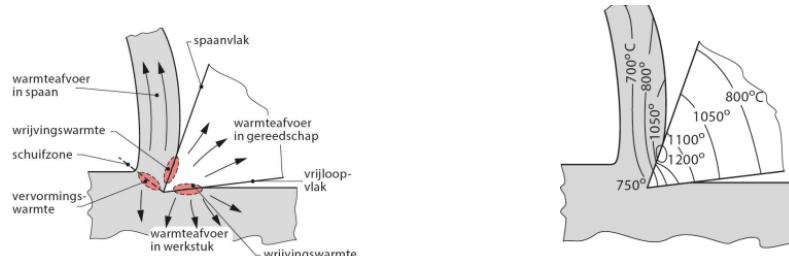
• Warmte

Deze processen genereren veel warmte. Dit kan het materiaal aan de oppervlakte vervormen, leiden tot veranderde hardheid en ruwheid en verhoogde slijtage. Er zijn verschillende manieren om de warmte te verminderen:

- Koelen met koelvloeistof -> hoge nauwkeurigheid en lage ruwheid.

- Smeren met olie -> hogere snijsnelheid mogelijk, hogere voeding.
- Spaanafvoer optimaliseren -> vermijd ophoping van spanen die warmte vasthouden.
- Werkstuk emulseren in water, koelvloeistof of olie.

Warmte wordt op het werkstuk op drie plaatsen gecreeerd: 1. Afschuifvlak (shear zone): 2. Secundaire afschuifvlak (tussen spaan en bijtel): 3. Vrijloopvlak (tussen werkstuk en bijtel):



Figuur 3.10

• Spaanvorming

Spanen kunnen het werkstuk beschadigen als ze niet goed worden afgevoerd. Dit kan leiden tot krassen en ruwheid.

- Continue spaanvorming
- Lamelsspaan
- brokspaan

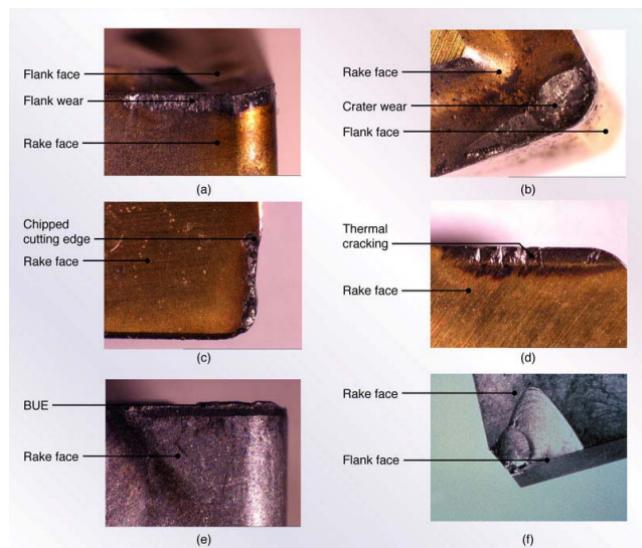
• Slijtage

Tijdens het bewerken van materialen slijt het gereedschap. Dit kan leiden tot een slechtere oppervlaktekwaliteit, hogere krachten, hogere temperaturen, enz. Slijtage kan veroorzaakt worden door:

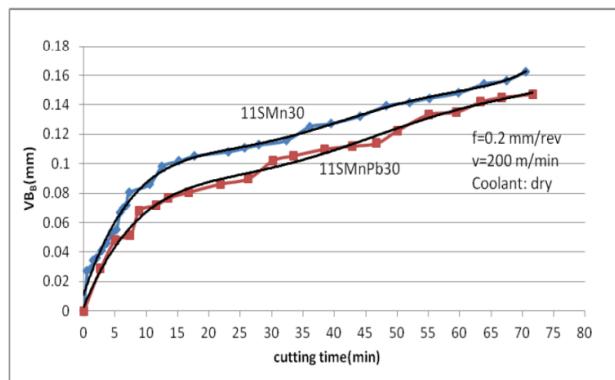
- Vrijloopslijtage: door wrijving tussen gereedschap en werkstuk.
- Thermische slijtage: door hoge temperaturen die het gereedschap verzwakken
- Kerfslijtage: door herhaalde spanningsconcentraties bij het vrijloopvlak.
- Breuk: Afbreken van een stuk
- Werkstukssljtgae: Vrijloopvlak slijtage verhoogd met verbruik van de bijtel.
- Neusslijtage: slijtage aan de punt van de bijtel door hoge krachten en temperaturen.

Je kunt slijtage verminderen door:

- Gebruik van coatings op gereedschap (bv. TiN, AlTiN) om wrijving en hitte te verminderen.
- Optimaliseren van snijsnelheid, voeding en snedediepte om overmatige hitte en krachten te vermijden.
- Toepassen van koeling en smering om hitte af te voeren en wrijving te verminderen.
- Tool met lood PB gebruiken – lood geeft minder slijtage omdat het smerende eigenschappen heeft -> minder wrijving.



Figuur 3.11

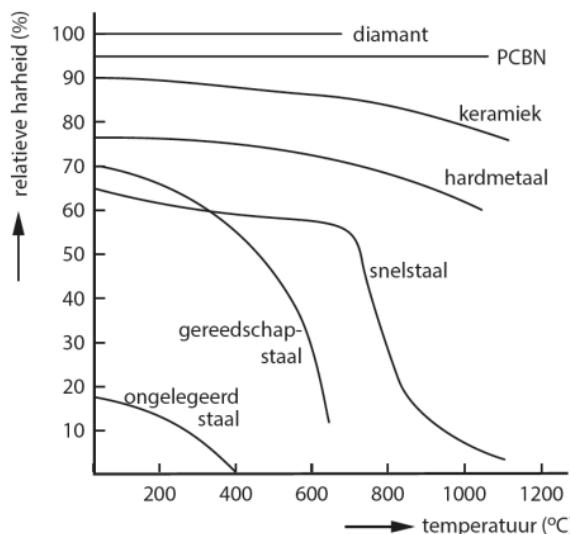


Figuur 3.12

3.4 Snijmaterialen

Met welk materiaal ga je je bijtel maken? Je beitel moet ductiel zijn en taai zijn. Het perfecte gereedschap is goedkoop, ductiel en taai.

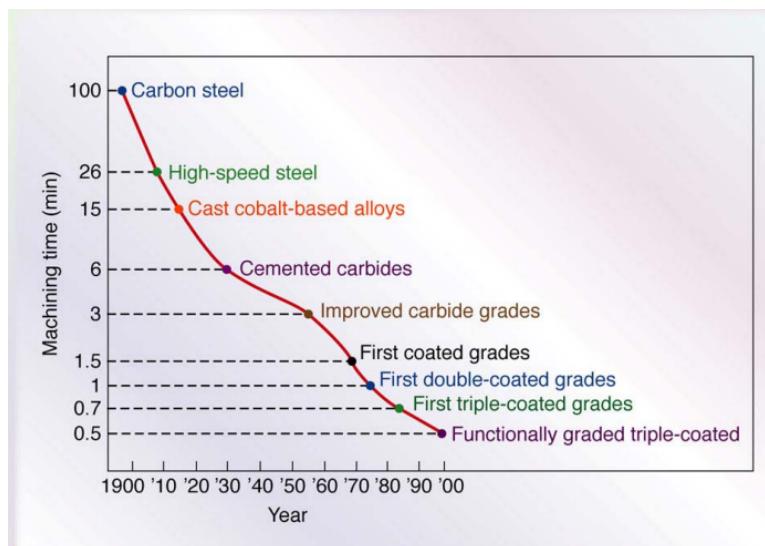
1. **Snelstaal (HSS)** (v_c 6–12 m/min). gehard staal; geschikt voor algemene toepassingen bij lage tot matige snijsnelheden. Goedkoop om te maken.
2. **Hardmetaal (wolframcarbide, WC + Co)** hittebestendig; geschikt voor hogere snijsnelheden en hardere materialen dan HSS.
3. **Gecoate hardmetaal (v_c 60–600 m/min)** Dunne coatings (bv. TiN, AlTiN) verbeteren slijtvastheid en hittebestendigheid; de bovenste laag moet slijtage weerstaan terwijl binnenste lagen warmte afvoeren. **Productie:** PVD (Physical Vapor Deposition) of CVD (Chemical Vapor Deposition).
4. **Keramiek in metaalmatrix (hoge v_c)** Zeer hard en hittebestendig; geschikt voor hoge snijsnelheden bij harde materialen. Keramische deeltjes zijn ingebet in een metaalmatrix (nitriden, oxiden of carbiden). Vermijd onderbroken sneden omdat keramiek broek is; houd de snijdedoorsnede klein.
5. **Diamant** — zeer hard; beperkt toepasbaar bij bewerking van staal omdat diamant bij hoge



Figuur 3.13: Relatieve hardheid in functie van temperatuur voor verschillende snijmaterialen

temperaturen en in aanwezigheid van ijzer kan reageren en degraderen.

Snelstaal is goedkoop, maar het wordt duurder naarmate je betere materialen gebruikt. Je moet dus bepalen hoe goed je gereedschap moet zijn voor jouw toepassing.



Figuur 3.14: Overzicht van snijmaterialen en hun toepassingsgebieden

Al deze snijmaterialen zijn gecreeerd door de jaren heen. Er wordt nog steeds onderzoek gedaan aan betere, goedkopere en duurzamere materialen.

3.4.1 Classificatie van snijmaterialen

belangrijk voor tijdens het examen. Hij kan een klasse gegeven zoals in de figuur en jij moet weten waar dat voor staat!

- Aanduiding (ISO-norm 513) - bv. HC-K15

HC gecoat hardmetaal
HW onbekleed hardmetaal op wolframbasis
HT cermets
CA keramiek op aluminium basis
CM keramiek op siliciumnitride basis
CC gecoat keramiek
CN keramiek op siliciumnitride basis
BN polykristallijn kubisch boriumnitride (PCBN)
DP polykristallijn diamant (PKD)

2 cijfers: toepassingsbereik/mechanische belastbaarheid

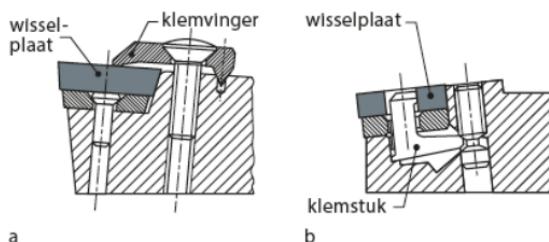
- klein getal → bros, hard, hittebestendig → finisseren, hoge snisnelheid
- Groot getal → taai → grote snijkrachten en dynamische belastingen

P	staal (afgezien van de apart genoemde groepen staalsoorten)
M	corrosievast staal, austenitisch staal
K	rietijzer, ferrometalen, legeringen op Ni-, Ti- en Co-basis, geharde materialen
N	non-ferrometalen, niet-metallische materialen, keramiek, kunststoffen en composieten
S	hittebestendige legeringen op basis van Ni en Co, titanium en Ti-legeringen
H	geharde materialen, RVS-series 300 en 400, gesinterde carbiden

Figuur 3.15: Classificatie van snijmaterialen

3.5 Optimale snisnelheid

Bij alle machines worden inserts gebruikt voor bittels. Als bittels kapot gaan door slijtage, kan je die vervangen. Je moet dus de optimale snisnelheid kiezen zodat je zo lang mogelijk met een insert kan werken



Figuur 3.16: Klemming van Inserts in een houder

Bij grotere snisnelheden is er meer slijtage.

Je kunt de levensduur van een gereedschap voorspellen met de formule van Taylor:

formule van Taylor: $v_c T^n = C$

waarbij C een constante is en n een materiaalconstante, T de gereedschapslevenstuur in minuten en v_c de snisnelheid in m/min.

Je kunt deze formule gebruiken om de optimale snisnelheid te bepalen.

Hier zijn C en n materiaalconstanten. Deze formule laat zien hoe veranderingen in snisnelheid de levensduur beïnvloeden.

Voorbeeld:

Gegeven: $n = 0.125$. Verhoog de snisnelheid met 50%: $v_2 = 1.5 v_1$.

Volgens Taylor: $v_1 T_1^n = C$ en $v_2 T_2^n = C$. Daarom

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^n$$

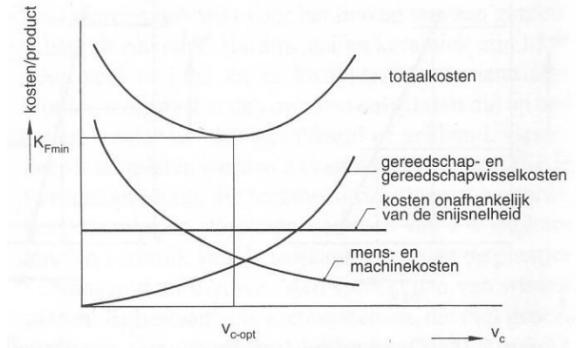
en dus

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{-1/n} = (1.5)^{-1/0.125} = (1.5)^{-8} \approx 0.039.$$

Dus als je de snijsnelheid met 50% verhoogt, wordt de gereedschaplevensduur ongeveer 0.039 keer zo groot — oftewel ongeveer 25 keer korter.

De vraag is wat de optimale snijsnelheid is?

- Optimale snijsnelheid



- Vuistregels (draaien T=10 à 20 [minuten] – frozen T=60 [minuten])
- Noot: optimaliseren naar productietijd

Figuur 3.17

4 Verspanen: Draaien

Draaien is een veelgebruikte verspaningstechniek waarbij een roterend werkstuk wordt bewerkt met een bijtel om materiaal te verwijderen en de gewenste vorm te creëren.

Je kunt hier verschillende bewerkingen mee uitvoeren:

1. **Langsdraaien:** Het verwijderen van materiaal langs de lengteas van het werkstuk om de diameter te verkleinen.
2. **Vlakdraaien:** Het creëren van een vlak oppervlak aan het uiteinde van het werkstuk.
3. **Insteekdraaien:** Het snijden van een groef of het afkappen van een deel van het werkstuk.
4. **Schroefdraad Snijden:** Het creëren van schroefdraad op het oppervlak van het werkstuk.

Extra's:

Kopsteken: Het werkstuk wordt in de lengte doorgesneden.

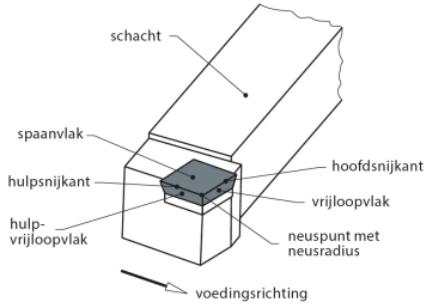
Profiel draaien: Een specifiek profiel van het werkstuk maken die dan gedraaid kan worden. Dit is specifiek en dus duur, maar als je veel van dit stuk moet maken kan dit het waard zijn.

In de industrie: Vandaag de dag wordt er veel gebruikgemaakt van computergestuurde machines. CNC-draaien is een geautomatiseerd proces waarbij computergestuurde machines

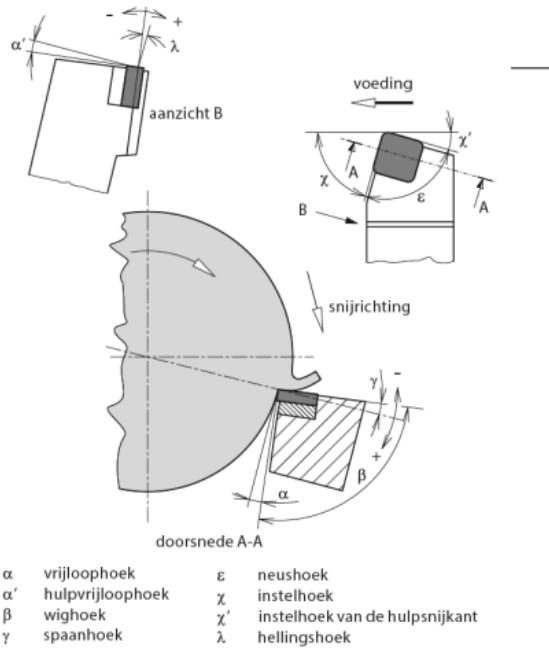
precies draaien volgens digitale ontwerpen. Veel conventionele machines en profieldraaien zijn vervangen door CNC-draaien.

4.1 Het Draaiproces

- Geometrie van de draaibeitel



Figuur 5.30 Snijkanten en delen van het draaigereedschap

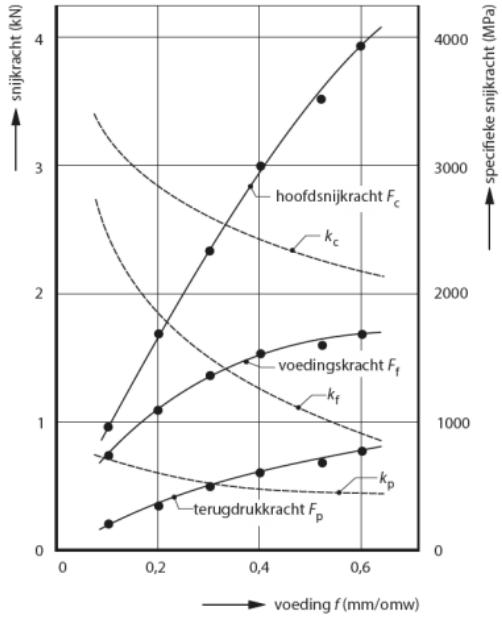


Figuur 4.1: Draaiproces

Hellingshoek Een hellingshoek is de extra hoek die gecreëerd wordt door het dat je ronde dingen aan het verspanen bent. Je vrijloophoek α wordt kleiner hierdoor. Je moet dus hiervoor compenseren door een grotere vrijloophoek te gebruiken.

4.2 Krachten bij Draaien

Zoals vermeld in het algemeen Verspannen heb je drie krachten op je werkstuk



Figuur 4.2: Krachten bij Draaien

De hoofdsnijkracht wordt berekent met de formule van Kienzle:

$$\text{Kienzle vergelijking Hoofdsnijkracht: } F_c = k_c \cdot A \cdot f^{(1-e)}$$

waarbij k_c de snijkrachtcoëfficiënt is, A het snijoppervlak, f de voeding en e de snijkracht exponent.

1. De Hoofdsnijkracht (F_c)
2. De Voedingskracht (F_f)
3. De Terugdrukkracht (F_p)

Afhankelijk van de voeding gaan die krachten anders verdeeld zijn.

5 Verspanen: Boren

6 Verspanen: Frezen

7 Verspanen:Hybridetechnieken

8 Verspanen:Slijpen

9 Fysische en Chemische afnemende bewerkingen

10 Scheiden

11 Automatiseren & machinekeuze

12 Productie werkvoorbereiding

13 Productiegericht ontwerpen

Formularium

Hooke's law $\sigma = E \cdot \varepsilon$ — waarbij σ de spanning is, E de elasticiteitsmodulus en ε de rek. (p. 7)

Afschuifhoek $\phi = 45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \frac{\mu}{2}$ — waarbij γ de spaanhoek is en μ de wrijvingshoek tussen spaan en snijvlak. (p. 8)

afschuifvlak (shear zone) A $A = \frac{b * h}{\sin(\phi)}$ — waarbij b de breedte, h de hoogte en ϕ de afschuifhoek. (p. 9)

afschuifkracht $F = A * \tau$ — waarbij A het afschuifvlak is en τ de schuifspanning van het materiaal. (p. 9)

Snijsnelheid $v = \pi \cdot d \cdot n$ — waarbij d de diameter is en n het toerental in omwentelingen per minuut. (p. 11)

Snededoorsnede $A_d = a \cdot b$ — waarbij a de snedodiepte is en b de snedebreedte. (p. 11)

formule van Taylor $v_c T^n = C$ — waarbij C een constante is en n een materiaalconstante, T de gereedschaplevensduur in minuten en v_c de snijsnelheid in m/min. (p. 16)

Kienzle vergelijking Hoofdsnijkracht $F_c = k_c \cdot A \cdot f^{(1-e)}$ — waarbij k_c de snijkrachtcōeffi- ciënt is, A het snijoppervvlak, f de voeding en e de snijkracht exponent. (p. 19)