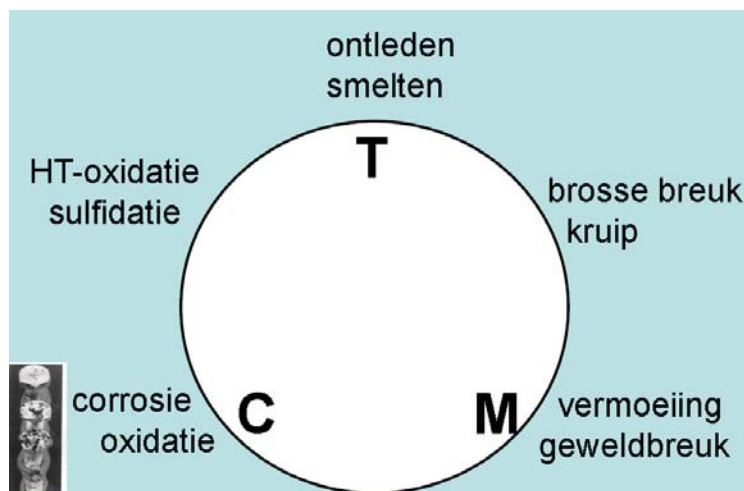
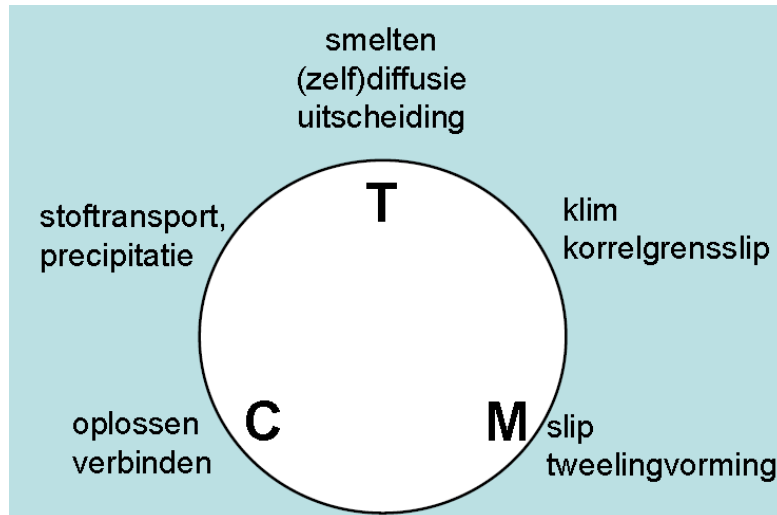
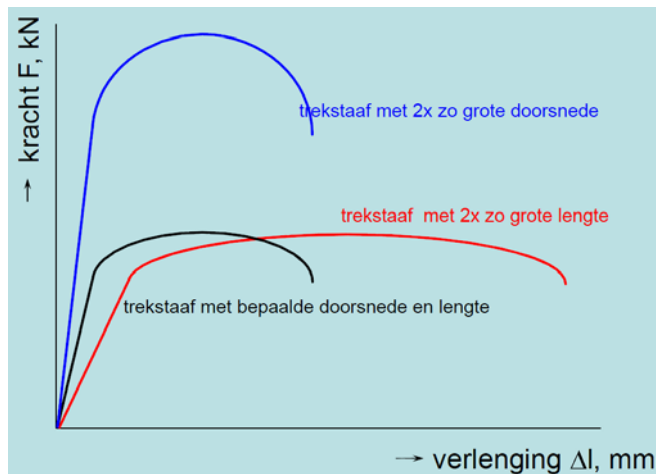


Samenvatting Materiaalkunde 1

Tijdens fabricage en gebruik wordt een materiaal Mechanisch (M), Thermisch (T) en/of chemisch (C) belast.



Hoofdstuk 6



Rekgrens: als het materiaal 0,2% plastisch is gedefomeerd. (trekproef)

Zie slide 14 voor verschillende materialen/vormen trekrekromme.

Bij legeren blijft E constant, maar σ verandert.

Poisson's ratio, dwarscontractiecoëfficiënt.

$$\nu = -\frac{\epsilon_L}{\epsilon}$$

$\nu > 0,5$ dichtheid neemt toe

$\nu < 0,5$ dichtheid neemt af door vorming holtes

Hardheid

meting ipv trekproef, je meet de indrukking.

Hardheid = weerstand tegen blijvende vervorming.

Hogere treksterkte en rekgrens \rightarrow hogere hardheid

verschillende vormen, Brinell, Vickers, Rockwell B/C

Formule voor veiligheidsfactor S!

Hoofdstuk 8

Falen, terwijl belasting onder de rekgrens blijft:

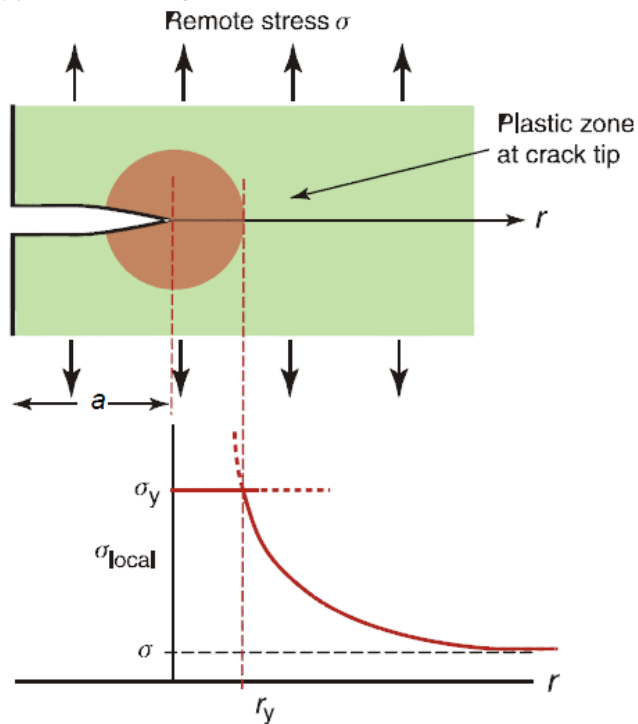
- vermoeiing

- Hoge of lage temperatuur
- Corrosie
- Stootbelasting
- Kruip
- Spanningsconcentratie \rightarrow bij oneffenheden
- Knik

Denk aan restspanningen door fabricageproces. (door ongelijkmatig afkoelen na gieten bijvoorbeeld)

Zeer scherpe ellips = scheur \rightarrow werken met spannings*intensiteit* en niet spanningsconcentratie.

Scheuren kost energie, omdat er bindingen moeten worden verbroken. Namelijk twee keer de oppervlakte energie.



Om de scheurtip is er plastische deformatie, dit gebeurt bij taaiere materialen en kunststoffen. Bij keramische materialen ontstaan er microscheuren. Composieten vertonen delaminatie, fiber pull-out.
 $G_c = dU/da$. = energy release rate. Hoeveel energie komt vrij als scheur langer wordt.

Oorzaken brose breuk:

- Lage temperatuur
–rekgrens omhoog
- Hoge deformatsiesnelheid
–Minder kans te deformeren
- Structuur (kvg, krg, hdp)
–Krg, hdp: overgangstemperatuur, kvg niet
- Samenstelling: Fe %C

Charpy-V test.

invloed vervormingssnelheid. Hamer slaat tegen een erfslagstaafje aan. Hoogte van de hamer in eindstand geeft aan hoeveel energie er nog over is.

Als temperatuur toeneemt, wordt breuk ook taaier.

$$R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$$

$R = -1$, wisselbelasting; $R=0$, sprongbelasting

Vermoeiingsscheurgroei

$$\Delta K = \Delta \sigma Y \sqrt{\pi a}$$

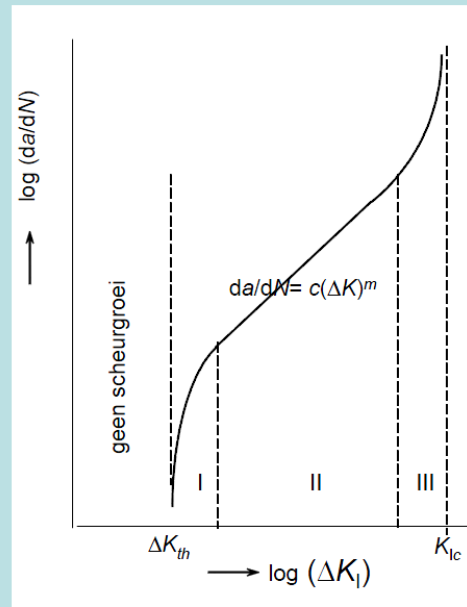
$\Delta K < K_{th}$: geen scheurgroei

I: aanvang scheurgroei

II: stabiele scheurgroei:

$$\frac{da}{dN} = c(\Delta K)^m$$

III: versnelde scheurgroei en breuk ($K_{max} \rightarrow K_{Ic}$)



4.3

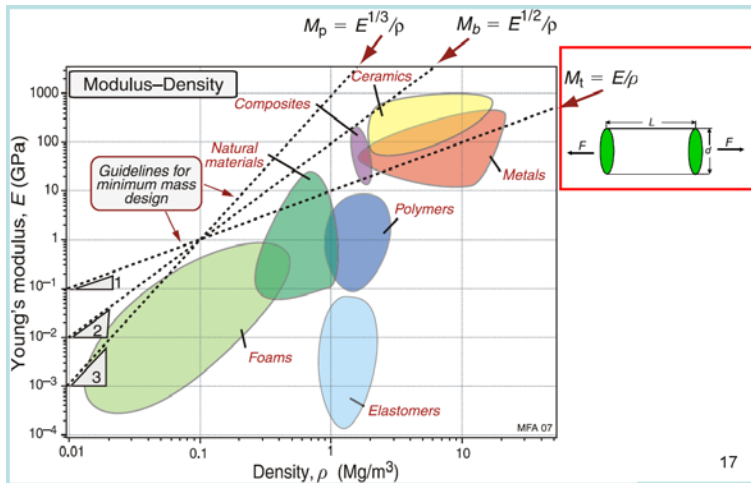
Kruip

Plastische deformatie van een constructie/materiaal onder langdurige constante belasting. Zie aantekeningen.

De effecten hiervan test je op hoge T en dan in een grafiek extrapoleren naar lage T.

Hoofdstuk 22





Prestatie index M is anders bij buiging en torsie.
 Buiging van Staaf Mb, buiging van plaat Mp, trek van staaf Mt.

Vlakke plaat

trekbelasting
 $massa \sim \rho / E$

drukbelasting: knik
 $massa \sim \rho / \sqrt[3]{E}$

Kolom

drukbelasting: knik
 $massa \sim \rho / \sqrt{E}$

Al heeft zeer gunstige eigenschappen bij knik als faalmechanisme.

- Ontwerpen op
- Stijfheid: E zo hoog mogelijk.
- Sterkte : Rp0.2 kijken naar de rekgrens: grens elastisch/plastisch
- Stijfheid + kosten: $M = E/c \cdot \rho$??
- Sterkte + kosten: $M = \sigma_y/c \cdot \rho$

Hoofdstuk 2

Kristallijne opbouw van materialen.

Dezelfde kristallen, maar anders georiënteerd. Hoe kleiner de kristallen hoe groter de sterkte.

Bohr:

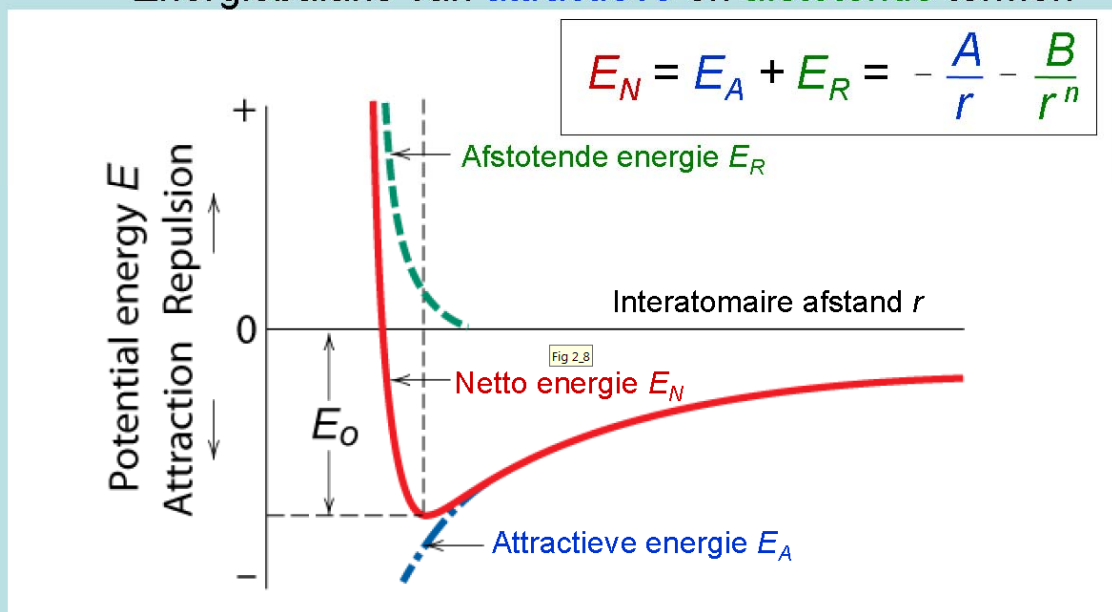
Valentie-elektronen:

- ver weg van de kern, dus weinig energie nodig om ze te verwijderen = ionisatie
- bepalen de chemische eigenschappen
- bepalen het soort binding en daarmee mechanische eigenschappen
- bepalen de afmetingen van het atoom en daarmee van afgeleide moleculen
- beïnvloeden elektrische geleiding-beïnvloeden optische eigenschappen

Ionogene binding

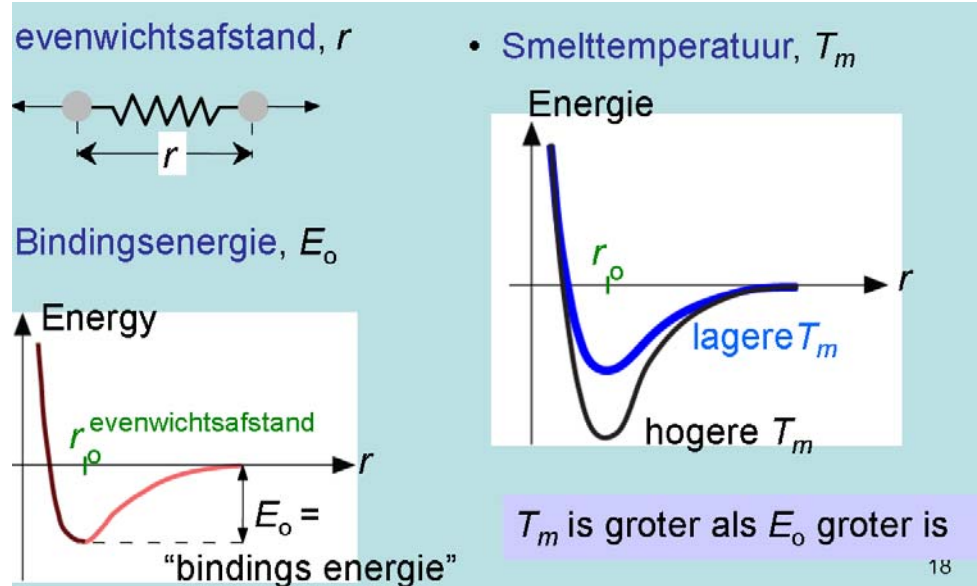
eigenschappen

- Energie – minimum energie: meest stabiel
 - Energiebalans van **attractieve** en **afstotende** termen



Covalente binding: elektronen delen.

Metaalbinding: losse elektronen.



Secondaire bindingen: vdwkrachten, fluctuerende dipolen, elektronen bewegen, permanente dipolen.

Waterstofbruggen zorgen voor extra volume bij ijsvorming.

Hoge $T_m \rightarrow$ kost veel energie om bindingen los te maken, hoge stijfheid, hoge uitzettingscoëfficiënt.

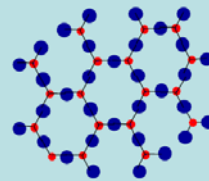
Hoofdstuk 3

Kristalrooster

Dichte, geordende structuren hebben de laagste energie.

Kristallijne materialen...

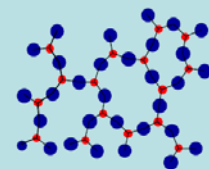
- atomen ordenen in regelmatige 3D structuren
- typisch voor: -metalen
-veel keramieken
-sommige kunststoffen



kristallijn SiO_2

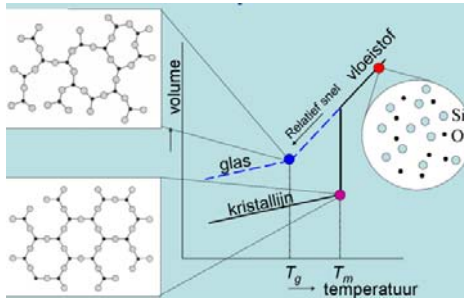
Niet-kristallijne materialen...

- atomen hebben een onregelmatige stapeling
- bij: -complex structuren
-hoge afkoelsnelheid



Niet-kristallijn SiO_2

"Amorf" = Niet-kristallijn



Volume neemt af, de atomen komen dichterbij elkaar.

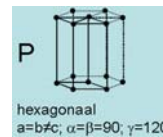
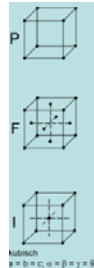
Glas = structuur van vloeistof, maar gedrag van een vaste stof (dus beschouwen als vaste stof)

De manier van ordenen heeft gevolgen voor de wijze waarop /in ze plastisch deformeren.

Kristalrooster = structuureenheid + tralie (hoe zijn structuureenheden in ruimte geschikt).

Tralies:

- Kubisch
- Kubisch ruimtelijk gecentreerd
- Kubisch vlakken gecentreerd
- Hexagonaal dichtgepakt



Richting, vector in kubus. $[110]$

Vlakken, vlak van punten in kubus. $\{110\}$

Richting staat loodrecht op het vlak met dezelfde indices

Vlakken:

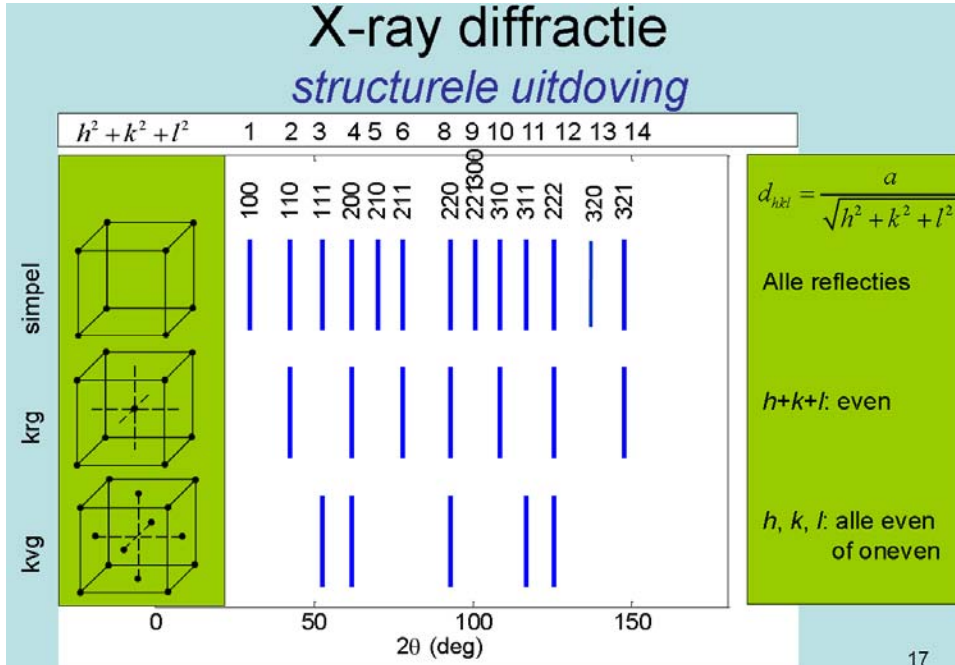
Bekijk snijpunten met assen.

Neem van die snijpunten de reciproce waarde. (1/waarde) die waarde is de indices voor je vlak.

Verzameling van richtingen $\langle 110 \rangle$ bevat alle combinaties van 1 1 0 óók negatief vb -1 0 1

Verzameling van vlakken $\{110\}$

Formule voor afstand tussen twee vlakken op formuleblad. Met a = ribbelengte



$$\lambda = 2d \sin \theta$$

(222) 2^e orde van (111)

0 = even!

Kvg en hdp is familie, zie slide 20.

ZIE VRAAG SLIDE 27 (of aantekeningen college 6, sowieso even doen)

Krg: atomen op lichaamsdiagonaal raken elkaar.

Kvg: atomen op zijvlakdiagonaal raken elkaar.

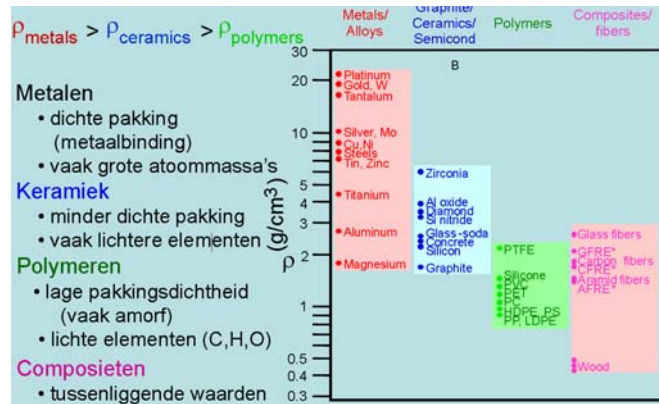
Keramik heeft een open structuur door afwisseling grote en kleine atomen.

Polymer heeft lichte elementen C,H,O

Kristallijn heeft betere eigenschappen dan polykristallijn.

Anisotroop = richtingsafhankelijk

Polymorf = verschillende structuren voor hetzelfde materiaal



Eenkristallijn: richtingsafhankelijk

Polykristallijn: isotroop of anisotroop.

Hoofdstuk 4

Dichtheid in praktijk is lager dan de theoretische dichtheid door kristalfouten.

Ontstaan van korrels en korrelgrenzen:

→ bij kiemen begint de stolling → meerdere kristallen ontstaan → polykristallijn.

Korrelgrenzen: gebieden met hogere energie, want bij stollen gaan alle vervuilingen op de korrelgrenzen zitten.

Gedeeltelijke wanorde. Bij lagere dichtheid is er hoge mobiliteit, sterkere diffusie en hoge chemische reactiviteit.

Grote afkoelsnelheid → kleine kristallen
Kleine afkoelsnelheid → kolomvormige kristallen.

Fouten bepalen de sterkte:

-0D: vacature, interstitieel, substitutioneel

-1D: dislocatie

-2D: korrelgrens, stapelfout, tweelinggrens

-3D: porie, tweede fase, insluitels, verontreiniging

Puntfouten

- Vacature
- Interstitieel atoom; eigen (komt niet vaak voor) / niet-eigen
- Substitutioneel

Op formuleblad: concentraties vacatures: $n_v = n_0 e^{-Q/kT}$

Legeringselementen.

Veel B aan A toevoegen: nieuwe fasen en andere structuur.

Puntfooten in legeringen

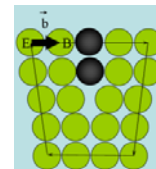
toevoegen legeringselement B aan A

Voorwaarden voor substitutionele vaste oplossing

- **W. Hume – Rothery rule**
 - 1. Δr (atoomstraal) < 15%
 - 2. Dicht bij elkaar in periodiek systeem
 - i.e., vergelijkbare electronegativiteit
 - 3. Zelfde kristal structuur (zuivere metalen)
 - 4. Valentie
 - Al het andere hetzelfde: een metaal met een hogere valentie lost makkelijker op in een metaal dan een met een lagere valentie.

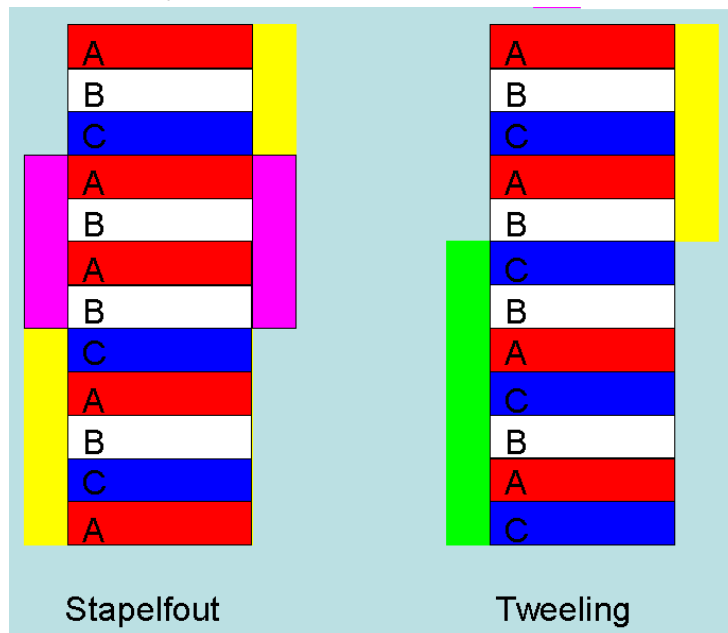
Lijnfouten:

- Randdislocatie
Extra halfvlak zorgt voor grote trek en drukspanningen. Er komt meer energie in het materiaal. (burgersvector van eind naar beginpunt als je cirkel loopt')
- Schroefdislocatie
Verschuiving van lagen tov elkaar
- Gemengde dislocatie
schroef b//L
rond b \perp L



Vlakfouten

komen voor bij KVG en HDP



Stapelfout

Korrelgrens

Tweelingfout:

Tweelingvlak = spiegelvlak. De eenheidscellen worden op het vlak gespiegeld.
incoherent heeft een rafelige grens.

in lage T vervormen (tweelinggrenzen verschuiven
verwarmen? → terug in oorspronkelijke stand 'geheugenmetaal')

Microstructuren zichtbaar maken

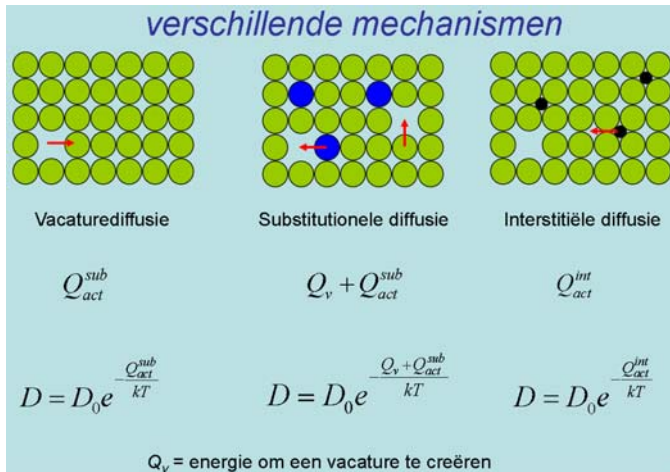
Etsen maakt verschillende orientaties kristallen zichtbaar. Korrelgrenzen zijn gevoeliger voor etsen.
Lichtmicroscopie (matige resolutie), elektronen, voelen.

Hoofdstuk 5

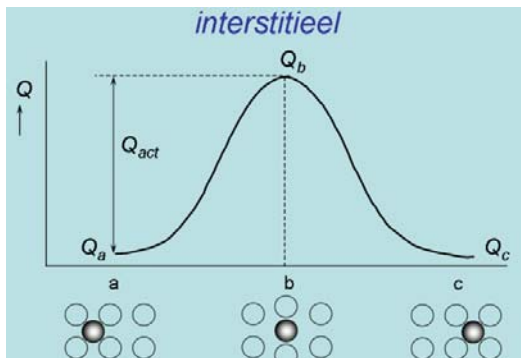
Door vacatures is diffusie (atomen bewegen door een materiaal) mogelijk. Vaak bij hoge T
Carboneren : inbrengen van C-atomen. Dit doe je als de rand van je materiaal hard en slijtvast moet
zijn en de binnenkant mag zacht en taai zijn.

Diffusiesnelheid hangt af van de *vacatureconcentratie* en de *sprongfrequentie*.

Eerste wet van Fick: $J = -D \frac{dC}{dx}$



Vacature en interstitiële diffusie: Atoom moet energie leveren om te springen.
 Vacature kan altijd springen, op kamertemperatuur erg traag.



Substitutionele diffusie: verschil tussen het feit of er een vacature is naast het substitutionele atoom.

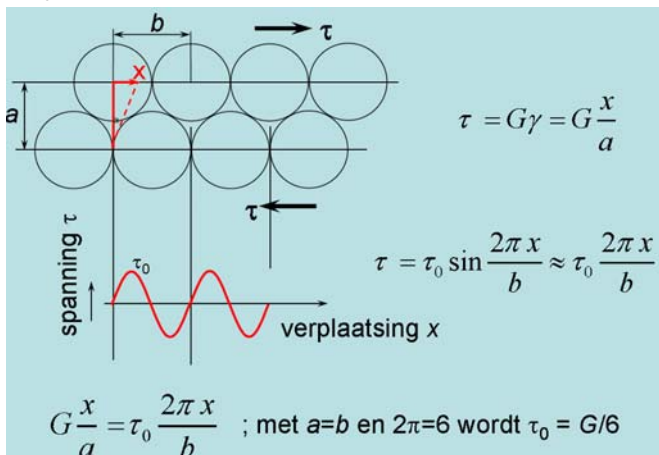
Tweede wet van Fick : $dc/dt = D d^2c/dt^2$

Interstitiële diffusie veel sneller dan substitutionele diffusie.

In KRG (veel ruimte) gaat diffusie ook sneller dan in KVG (afstand tussen atomen is klein)

Op tentamen ook D berekenen en zie blz 116.

Hoofdstuk 7 Theoretische sterkte:



Theoretische sterkte kan wel een factor 200-2000 afwijken! (vraag 5.9 en 5.15)

Hoe vervormen kristallijne materialen? Afschuiving!

- Blokafschuiving

- locale afschuiving, kost minder energie dan blok want je hoeft minder verbindingen tegelijk te verbreken.

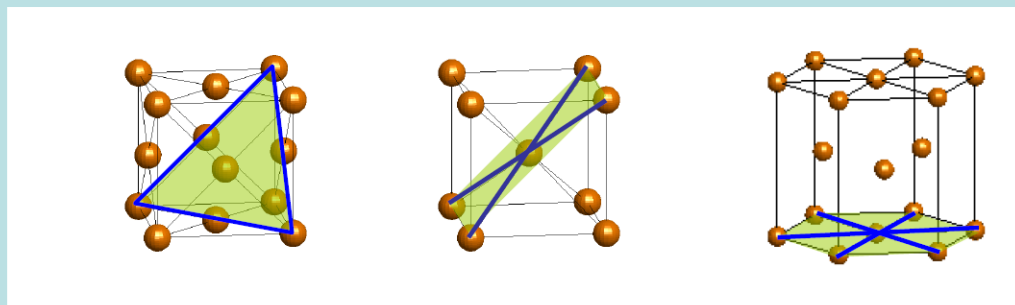
Glijvlak hangt af van het type kristalrooster:

Glijvlak: dichtstgepakte vlak (grootste afstand vlakken)

Glijrichting: dichtstgepakte richting (kleinste verplaatsingsafstand atomen) Dan met minste energie.

HDP is dus slecht vervormbaar, want weinig afschuifmogelijkheden.

Glijsystemen



Rooster	kvg	krg	hdp
Glijvlak	{111}	{110} {112} {123}	(0001)
Glijrichting	<110>	<111>	<11-20>
Aantal	12	12/48	3

Deformatie

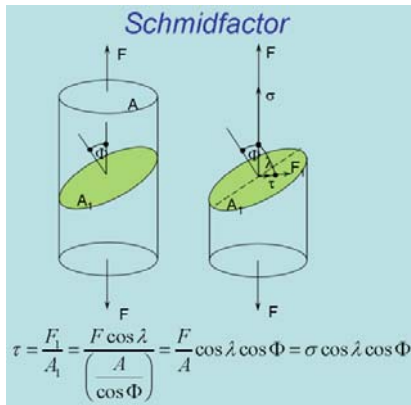
eenkristal: tenminste 1 actief glijstelsysteem nodig

polykristal: tenminste 5 *actieve* glijstelsystemen nodig *per kristal* om elke vormverandering mogelijk te maken. (anders is er geen voldoende ruimte voor vervorming van 1 kristal)

Polykristal is hiermee sterker (σ_y is groter)

Als T groter wordt, worden er meer glijstelsystemen actief.

Je kan uitrekenen welk glijstelsysteem actief wordt. (schmidfactor gebruiken)



Bij $\varphi = 45$ graden is het maximaal.
 Zie aantekeningen/ slide 18 voor berekeningen!

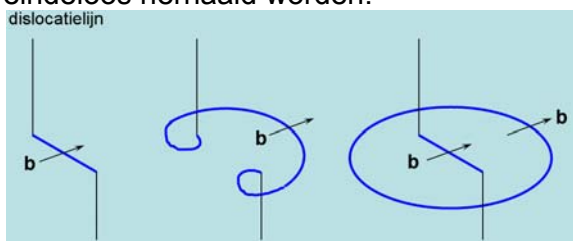
In polykristallijn materiaal kan voorkeursorientatie ontstaan door deformatie → anisotrope materiaaleigenschappen.
 Kleinere korrelgrootte, sterker materiaal. (hall-petch relatie)

Beweging dislocaties = plastische deformatie.

Dislocaties nemen in aantal toe; dislocatie dichtheid*
 2 dislocaties kunnen elkaar tegenkomen: mobiele/immobiele 'forest' dislocaties
 Korrelgrenzen: belemmeren dislocatiebeweging (Hall-Petch relatie)
 Dislocatiegeneratie: Frank-Read bron

Dislocatie dichtheid:
 - dislocatielijn/volume-eenheid OF
 - aantal lijnen/oppervlakte-eenheid

Frank-Read: uiteindelijke vorm dislocatie, de energie is nu hoger en dit kan eendeloos herhaald worden.

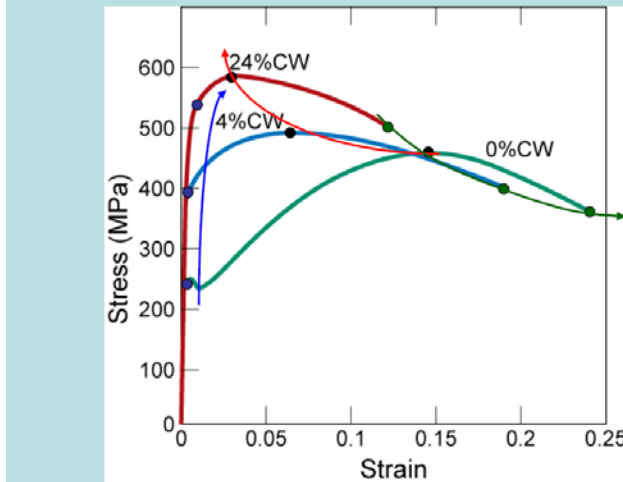


Taaigheid = rek bij breuk.

Rekgrens (σ_y) neem toe.

Treksterkte (σ_m) neemt toe.

Taaigheid (%EL or %AR) neemt af.



Tot 500 graden Celsius neemt de rekgrens van staal toe, omdat de C-atomen dan heel snel kunnen bewegen.

Dislocatie gehinderd door dislocatie loodrecht op glijvlak → hogere sterkte

Legeringsatoom verstoort afschuifvlak → verhoogt glijweerstand dislocaties → hogere rekgrens

Vloeiverschijnselen:

C- en N-atomen gaan naar de op trekbelaste delen van een dislocatie.

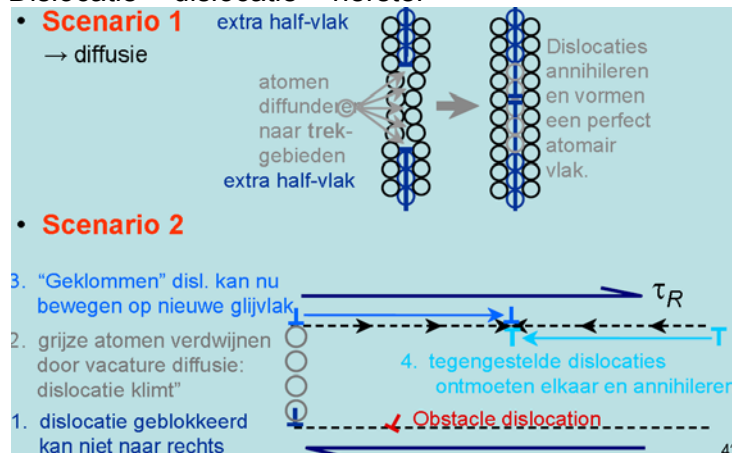
Warmtebehandeling na plastische deformatie:

$T > 0.3T_m$ annihilatie

Vacaturediffusie maakt "klim" van dislocatie mogelijk

- Eventueel gevolgd door afschuiving
- Herverdeling van dislocaties

Dislocatie + dislocatie = herstel



Korrelgrenzen: dislocaties lopen niet in elkaar over, watn orientatie is aan beide kanten anders

Kleine hoekkorrelgrens: dislocaties kunnen wel in elkaar over, orientatie is bijna hetzelfde.

Rekristallisatie:

$T > 0,35-0,5T_m$

Hoge dislocatiedichtheid \square hoge inwendige elastische energie

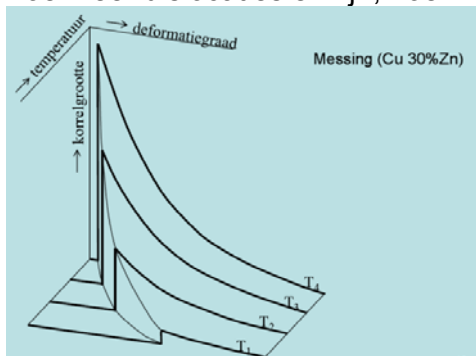
•Vorming nieuwe dislocatiearme structuur:

–Kiemvorming (t, T)

–Groeiproces (t, T)

•Diffusie speelt belangrijke rol

Hoe meer dislocaties er zijn, hoe makkelijker (bij lagere T) het te rekristalliseren is.



Korrelgroei

$T > 0,5T_m$

Korrelgroei treedt op omdat het materiaal streeft naar zo laag mogelijke energietoestand. Op korrelgrenzen is de energietoestand hoger. Deze feiten leiden tot grotere korrels.

Warm omdat:

Hogere sterkte / rekgrans \equiv belemmeren beweging dislocaties

Vergroten van de sterkte

- Kouddeformatie**
 - Vervormde kristallen
trekken, walsen
- Korrelverfijning**
 - Kleinere kristallen
- Oplosharden**
 - Vreemde atomen in Al
Al + Mg, Mn, Si

kouddeformatie

-Forging
A₀ blank → die → force → A_d

-Rolling
A₀ → roll → A_d

-Drawing
A₀ → die → tensile force → A_d

-Extrusion
force → ram → container → billet → die holder extrusion → A_d

$$\%CW = \frac{A_0 - A_d}{A_0} \times 100$$

Oplossingsharden: (oa substitusioneel legeren!)

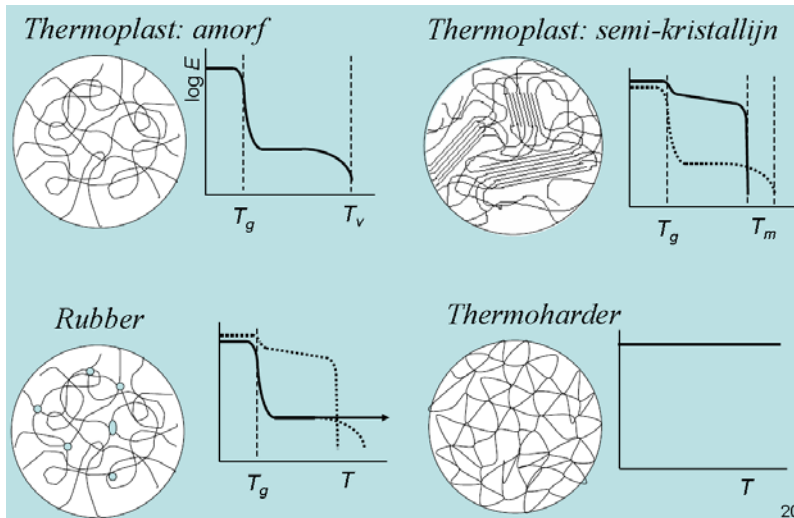
Kleinere atomen hebben voorkeur voor dislocatie (drukgebied)

→ Gevolg: dislocatie minder mobiel: sterkte wordt groter

Grotere atomen hebben voorkeur voor dislocatie (trekgebied)

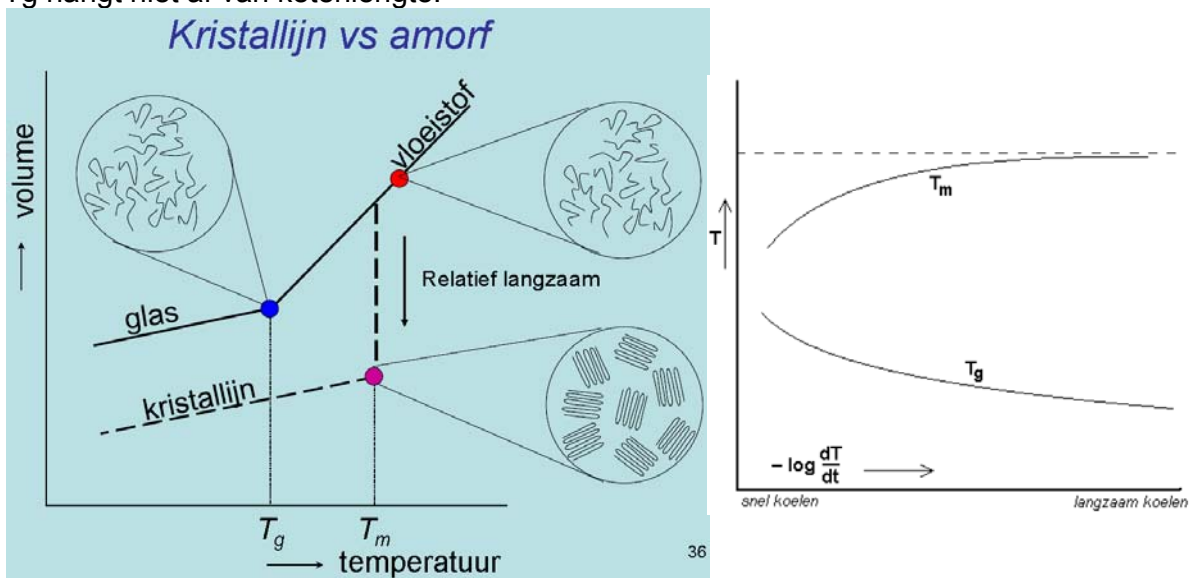
→ Gevolg: dislocatie minder mobiel: sterkte wordt groter

Hoofdstuk 14



Zakken van E; ketens raken uit elkaar.
Entropie.

T_g hangt niet af van ketenlengte.



Kristallijn materiaal gemakkelijk voor afschuiving.
 wss niet zo belangrijk allemaal dus:
 ZIE OPGAVEN HOOFDSTUK 14.
 semi-kristallijn deformeert plastisch
 netwerk bros.

Bij kunststoffen is de insnoering erg sterk en wordt alleen maar groter.

Hoofdstuk 12

Keramiek

- + Sterk
- Stijf
- Hoog smeltpunt (goed bestand tegen hoge T)
- Goedkope grondstof
- Lage dichtheid
- Corrosieweerstand
- Hoge slijtageweerstand
- Halfgeleider Si
- Transparant
- Hoge E

- Bros, geen plastische deformatie
- Slecht vervormbaar
- T-gevoeligheid, slechte thermoschokbestendigheid
- inwendige fouten door moeilijke fabricage

Keramiek : metalen & niet-metalen, kristallijn en amorf.
Bestaat uit minstens 2 atomen, klein én groot.

Kristallijn:

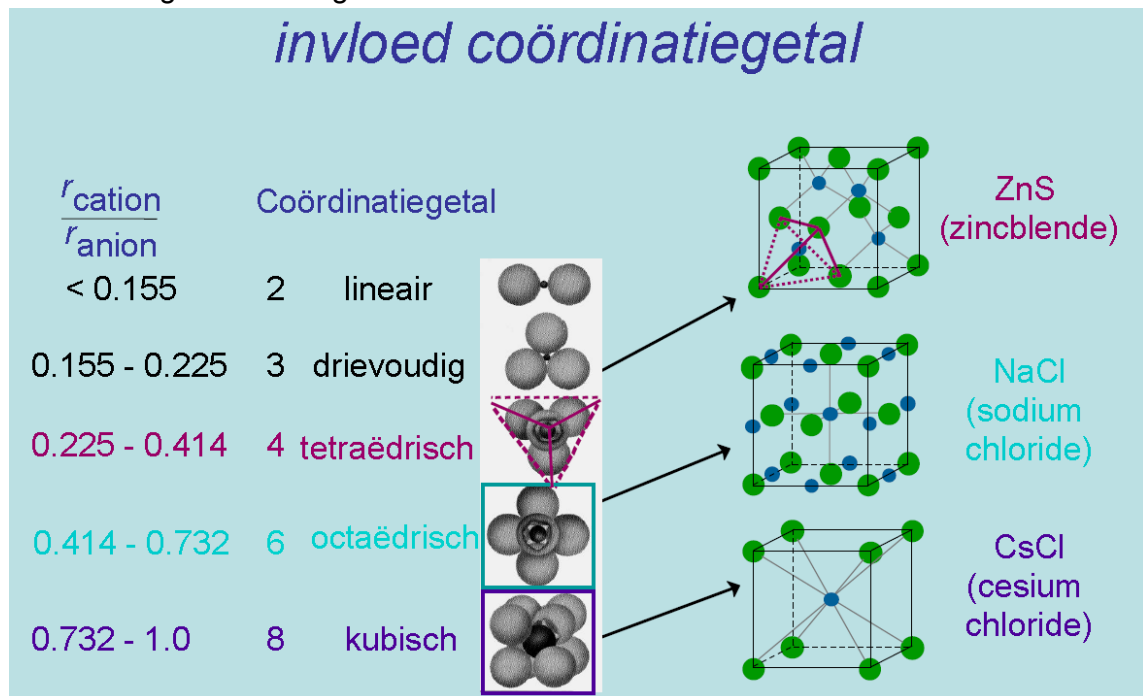
Ionogene binding:

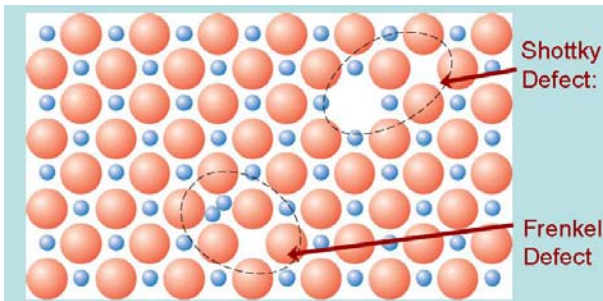
Kristal moet elektrisch neutraal zijn.

→ optimale ordening ionen in de ruimte afhankelijk van ionstralen.

→ holtes in kristal mogelijk onbezet

Coördinatiegetal: aantal grote atomen om kleine.





- **Frenkel defect**
-een kationvacature en een kation op een interstitiële roosterplaats
- **Shottky defect**
-een set kation (-) en anion (+) vacatures

Shottky/frenkel bepaalt elektrische eigenschappen van materiaal.

Keramiek moet wel neutraal blijven, Stel er komt een interstitieel atoom met meer lading, dan ontstaat er dus ergens een vacature om de lading neutraal te houden.

Ionogeen: afschuiving alleen onder een 45 graden hoek door +/- ladingen van atomen

Covalent: geen afschuiving mogelijk door binding tussen atomen.

Amorfe materialen:

geen glijvlakken/systemen dus glas bij hoge T verwerken.

Mechanische eigenschappen:

K_{ic} = kritische spanningsintensiteitsfactor

Weibullmodulusberekeningen (statistisch karakter) op tentamen!

Meten elasticiteitsmodulus

belast op buiging

Bepaal E volgens:

lineair-elastisch gedrag

$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{4bd^3}$$

$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{12\pi R^4}$$

Hoofdstuk 16

Composieten.

Combi van keramiek/metaal/kunststoffen

- verwerken van keramiek is lastig

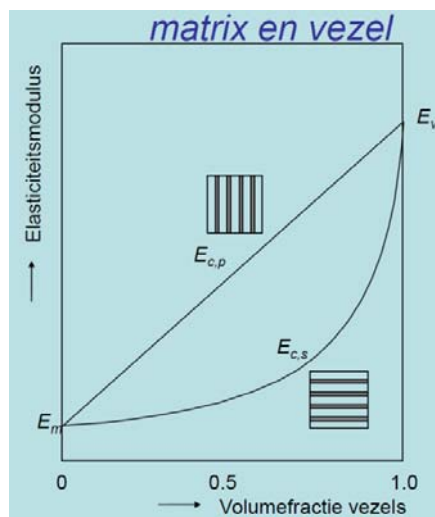
+ sterkte en stijfheid per eenheid gewicht

Specifieke stijfheid of sterkte = stijfheid of sterkte / dichtheid

Verschil vezelorientatie voor stijfheid. Netto stijfheid: combi matrix met vezel.

Verhouding matrix/vezel 50/50

Grafiek voor specifieke S&S is alleen voor de vezel, dus zonder het gewicht van de matrix!



Wat is E in formule?