Een aantal dingen over roestvrij staal

- Roestbestendigheid
- Vier soorten roestvrij staal
- Mechanische eigenschappen

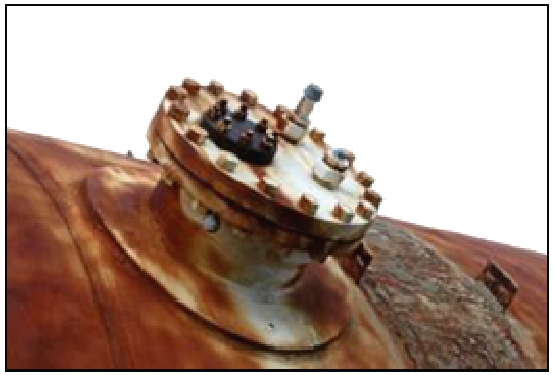
© Aperam

1 - Roestbestendigheid

- Algemene informatie over metaalcorrosie
- Bijzondere gevallen van roestvrij staal: de passieve laag

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Metaalcorrosie



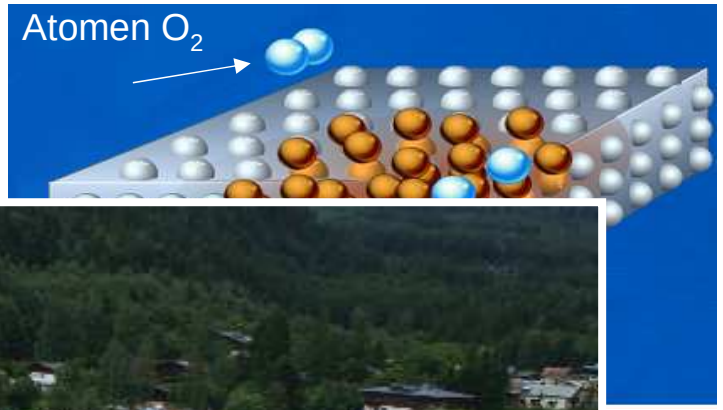
Metaalcorrosie is alomtegenwoordig !

Maar wat is er aan de hand ?

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Metaalcorrosie

- Corrosie is de vorming van een oxidelaag te wijten aan de aanwezigheid van luchtzuurstof. Het is een NATUURLIJKE chemische reactie!



- In
roo
met

Zilver

Messing

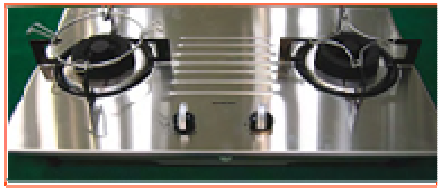
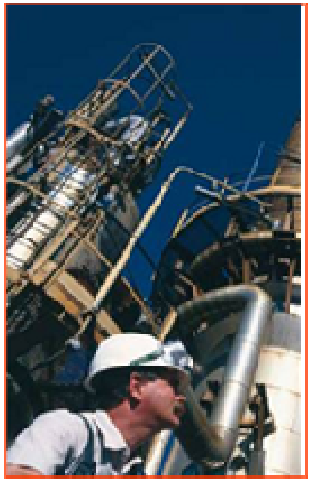
Roestbestendigheid van roestvrij staal

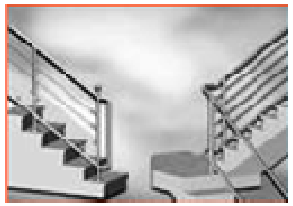
Metaalcorrosie

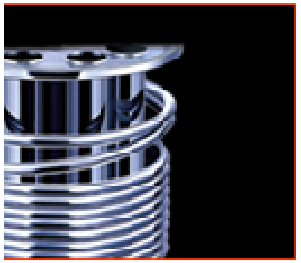
Roestbestendigheid van roestvrij staal

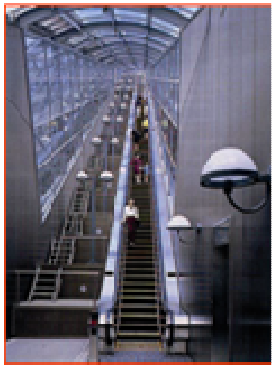
Metaalcorrosie

Waarom is roestvrij staal
roestbestendig?







Roestbestendigheid van roestvrij staal

Roestvrij staal

- Hoe maak je roestvrij staal?

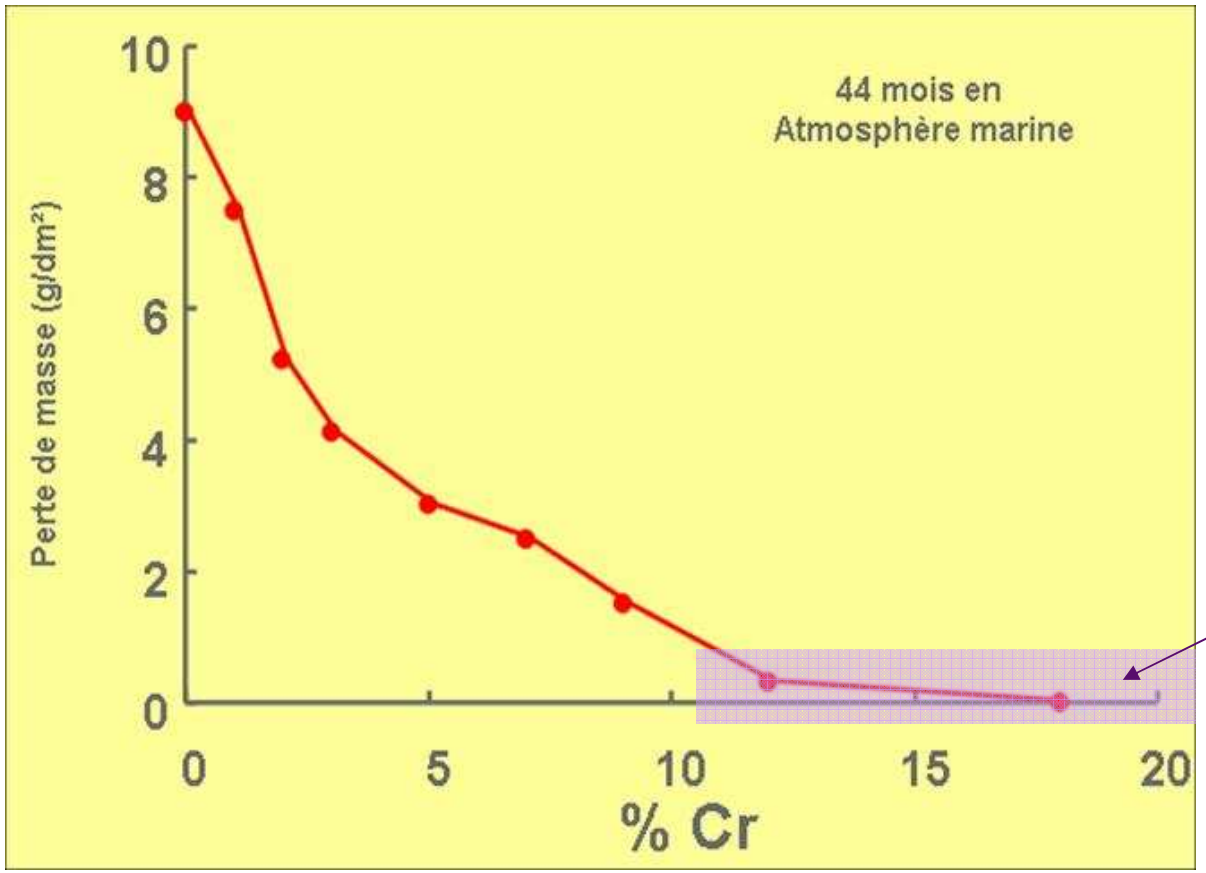
Hoofdzakelijk ijzer ...en chroom, minstens 10,5%

(volgens EN 10020)

Chroom is noodzakelijk en VOLSTAAT om roestvrij staal te verkrijgen !!!

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Roestvrij staal



99% van de markt van roestvrij staal

Het Chroomgehalte is bepalend voor de roestbestendigheid van roestvrij staal !

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Roestvrij staal

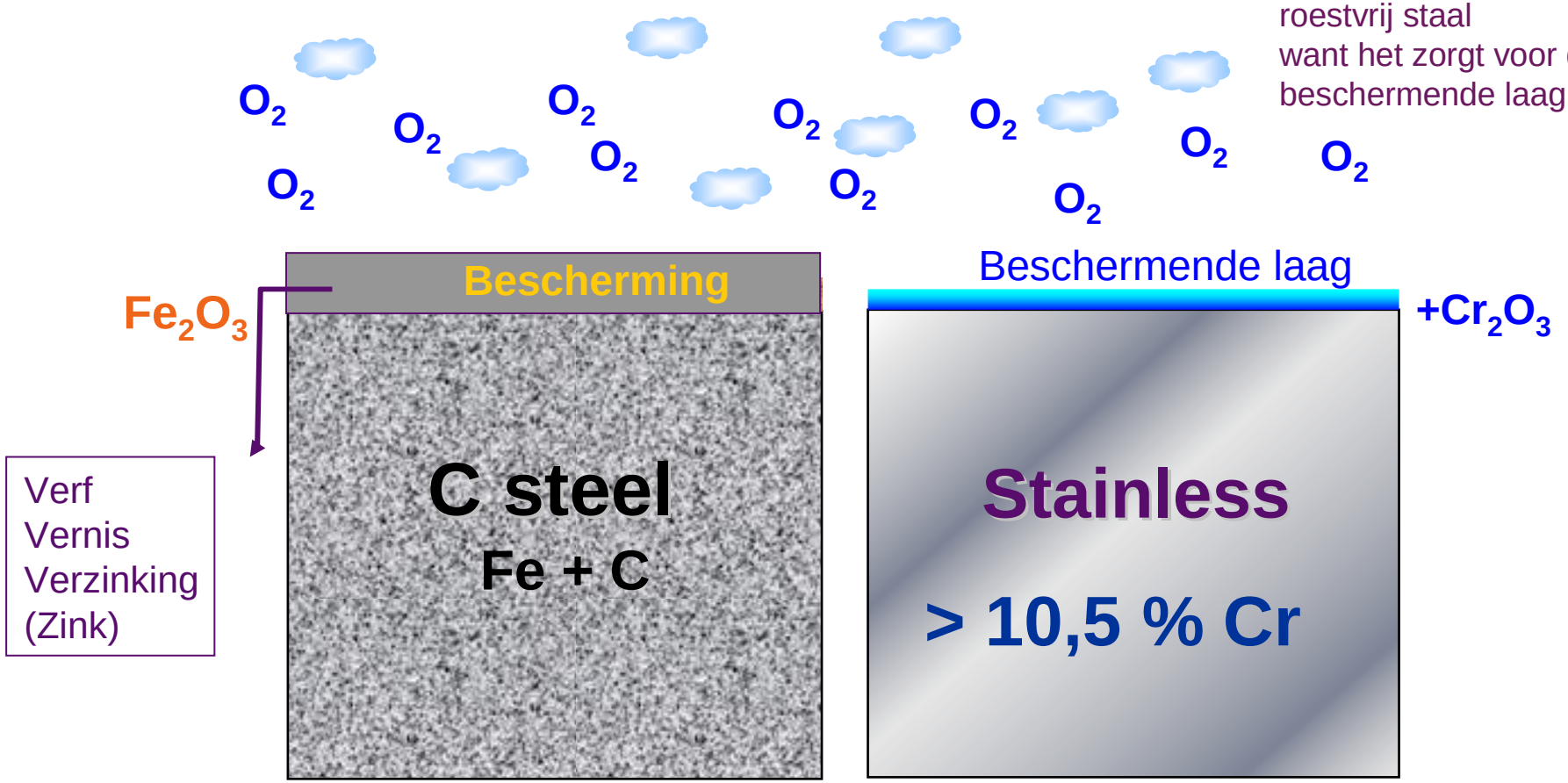
Uitsluitend chroom (18%) en niets anders!!

Roestbestendigheid van roestvrij staal

De beschermende laag, een passieve laag

- Hoe werkt het?

Chroom is de basis van roestvrij staal
want het zorgt voor de beschermende laag



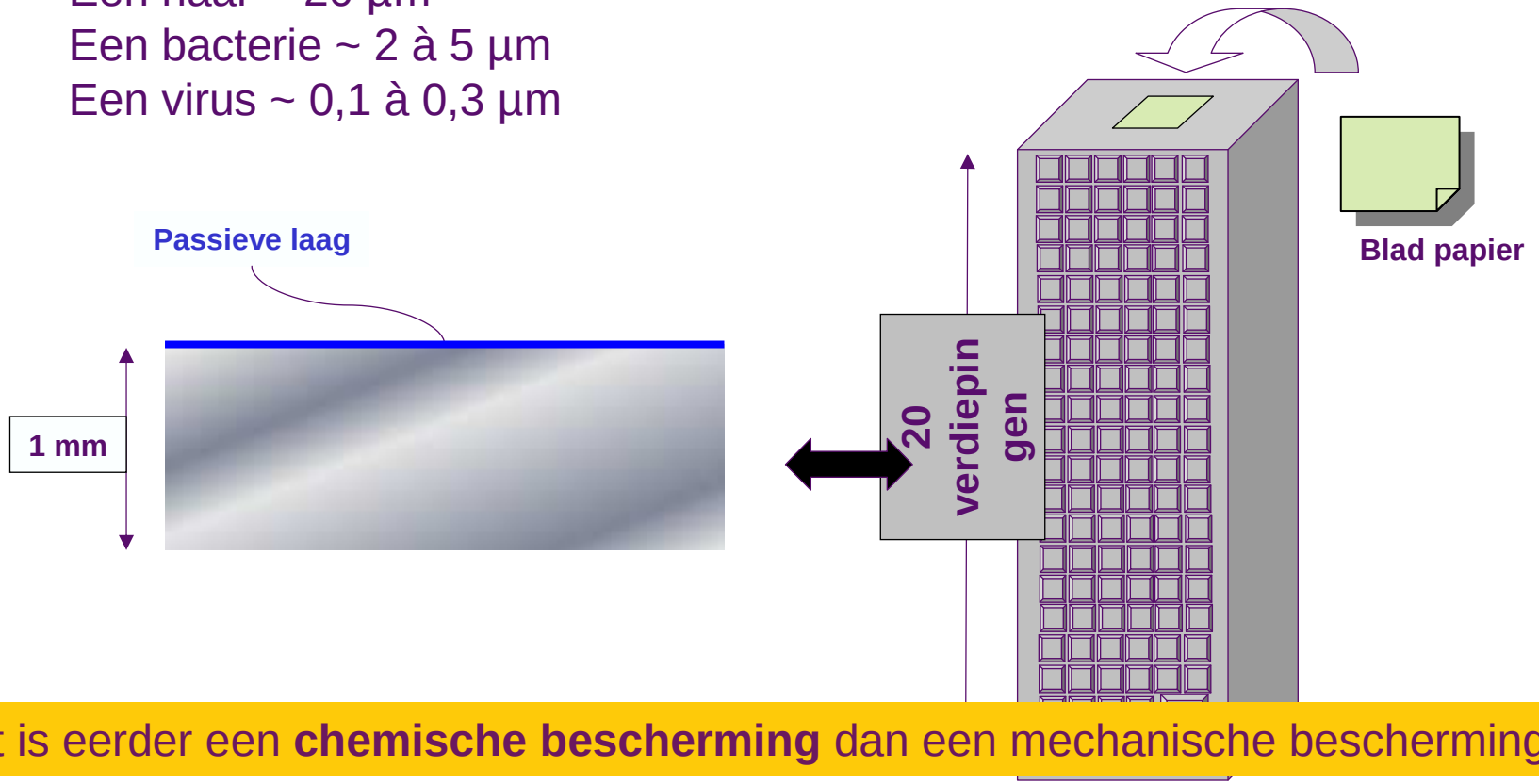
Roestvrij staal….roest ook, maar de oxidelaag beschermt !

Roestbestendigheid van roestvrij staal

De beschermende laag, een passieve laag

- Het is een flinterdunne laag (ongeveer 0.001 µm), d.w.z. …. Enkele atomen dik!

Een haar ~ 20 µm
Een bacterie ~ 2 à 5 µm
Een virus ~ 0,1 à 0,3 µm

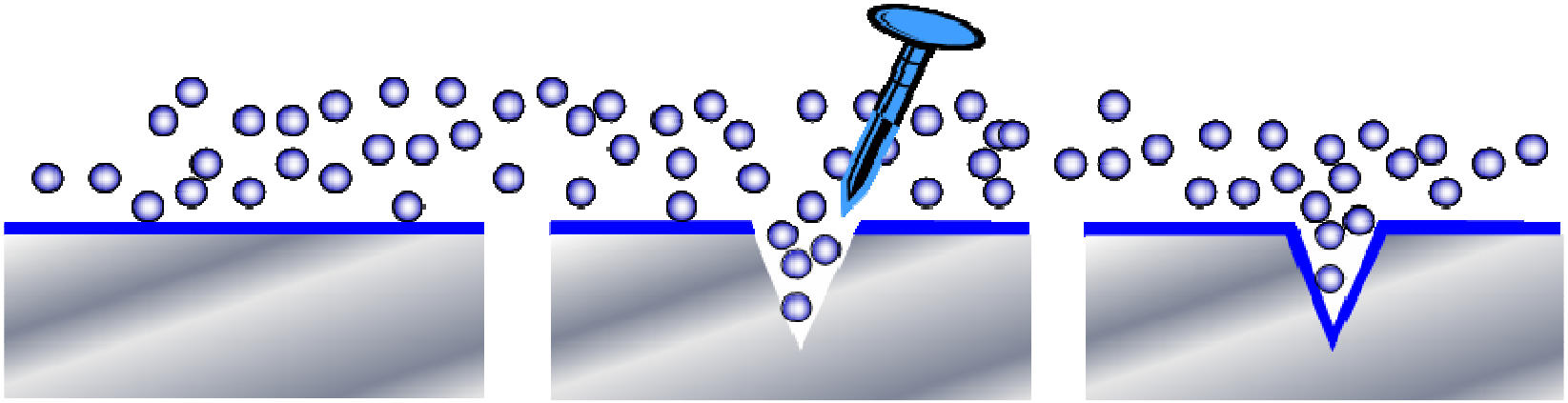


Het is eerder een **chemische bescherming** dan een mechanische bescherming

Roestbestendigheid van roestvrij staal

De beschermende laag, een passieve laag

- Deze beschermende laag **kan zich alleen regenereren** als het oppervlak mechanisch wordt aangevallen :



Deze **zelfherstelling** gebeurt in een oogwenk, maar de bescherming is pas opnieuw optimaal nadat het ettelijke uren aan lucht werd blootgesteld (+ vochtigheid).

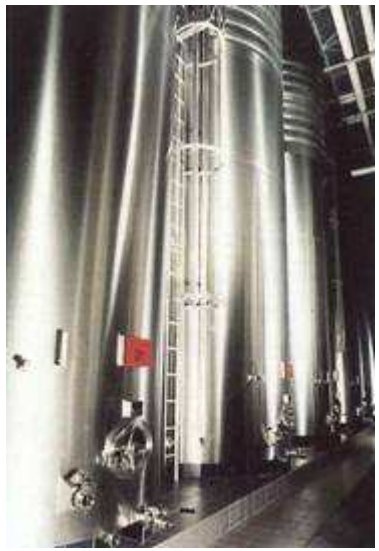
Versnelling: water of verdund $HN0_3$ (20%)

Kan gebruikt worden in toepassingen waar het onderhevig is aan schuring

Roestbestendigheid van roestvrij staal

De beschermende laag, een passieve laag

- Dankzij deze laag verandert roestvrij staal de smaak van voedingsmiddelen niet



Roestbestendigheid van roestvrij staal

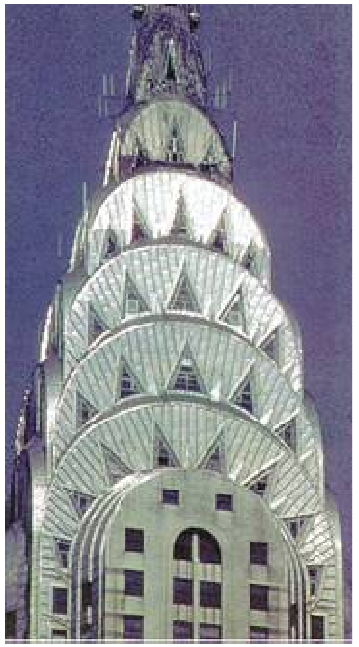
De beschermende laag, een passieve laag

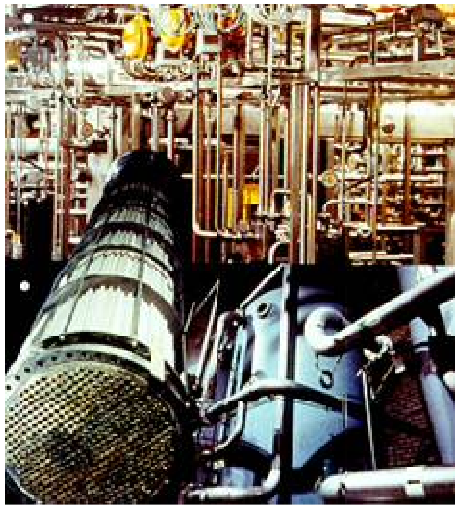
- Dankzij deze laag kan roestvrij staal makkelijk worden schoongemaakt, ontsmet, gesteriliseerd.

Roestbestendigheid van roestvrij staal

De beschermende laag, een passieve laag

- Dankzij deze laag heeft roestvrij staal erg lage onderhouds- en werkingskosten.



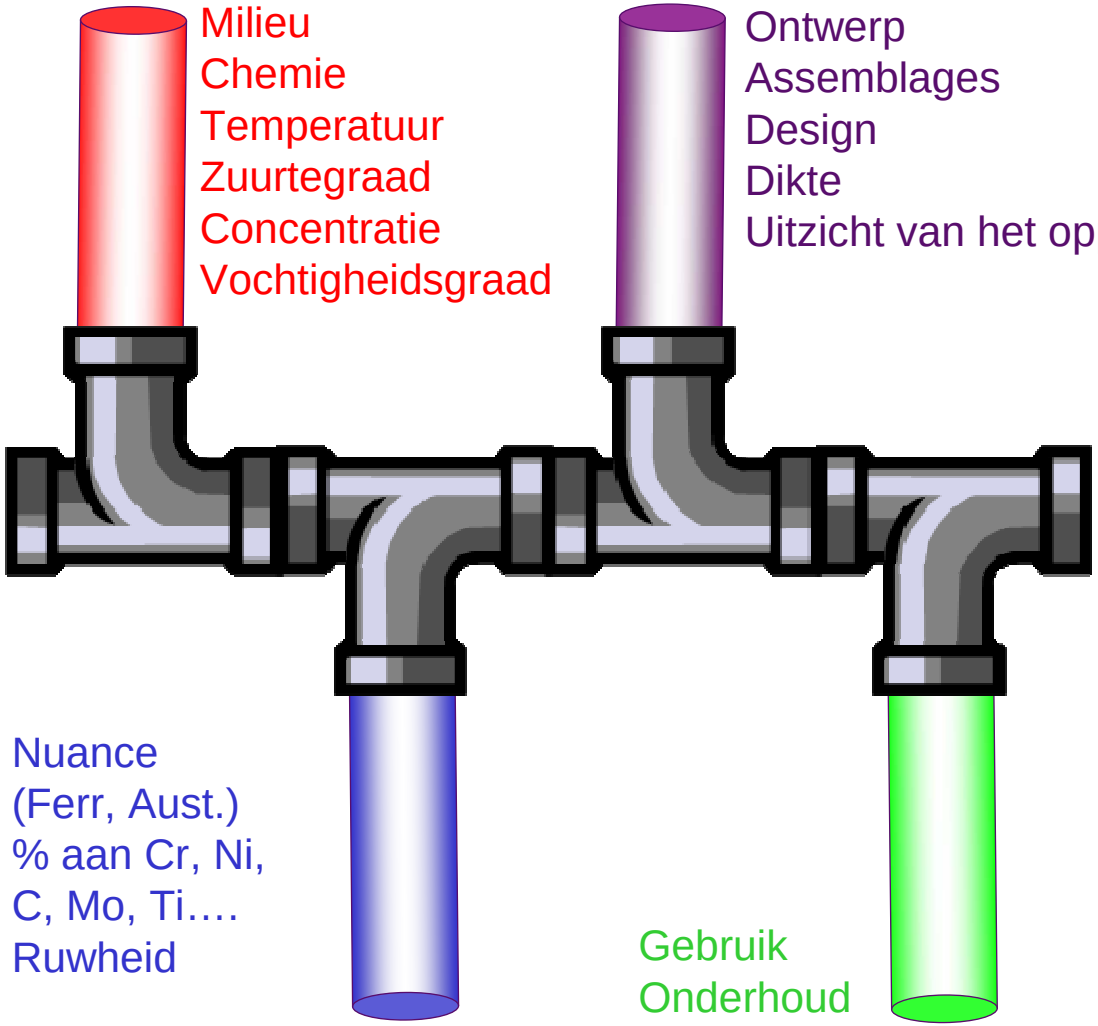


Roestbestendigheid van roestvrij staal

Risicofactoren van roestvrij staal, belangrijke parameters

Milieu
Chemie
Temperatuur
Zuurtegraad
Concentratie
Vochtigheidsgraad

Ontwerp
Assemblages
Design
Dikte
Uitzicht van het oppervlak



Nuance
(Ferr, Aust.)
% aan Cr, Ni,
C, Mo, Ti….
Ruwheid

Gebruik
Onderhoud
Beperkingen
Metaalcontacten
Kosmetische behoefte

Diverse corrosiefactoren

Verschillende soorten corrosie
(Puntvormig, caverneus, intergranulair, spanningscorrosie, galvanisch, ijzer)

Keuze van de meeste geschikte nuance

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Risicofactoren voor roestvrij staal

Fluor
Chloor
Broom
Iodium
Astaat

Légende:

- Non-métaux
- Métaux pauvres
- Gaz nobles
- Métaux alcalins
- Métalloïdes
- Lanthanides
- Métaux alcalino-terreux
- Halogènes
- Actinides
- Métaux de transition

Roestbestendigheid van roestvrij staal

Risicofactoren voor roestvrij staal

Chloor en CHLORIDES tref je overal aan

$NaCl$, KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$

2 – Vier soorten roestvrij staal

Kenmerken - Eigenschappen - Gebruik

© Aperam

Roestvrij staal

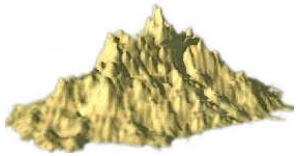
4 soorten roestvrij staal

Belangrijkste bestanddelen :

IJzer

Koolstof

Chroom



Nikkel

STAAL of GIETIJZER (C >2,1%)

MARTENSITISCH

FERRITISCH

AUSTENITISCH

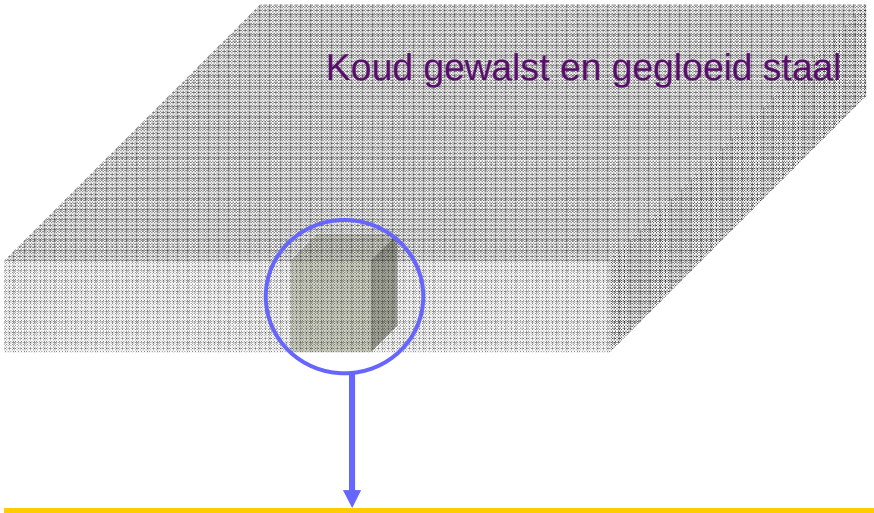
DUPLEX = AUSTENO-FERRITISCH

Roestvrij staal

4 soorten roestvrij staal

Waarom bestaan er 4 soorten met verschillende eigenschappen?

Omdat er een verband bestaat tussen deze onderverdeling in categorieën en de kristallisatiewijze (de manier waarop de atomen worden gestapeld)



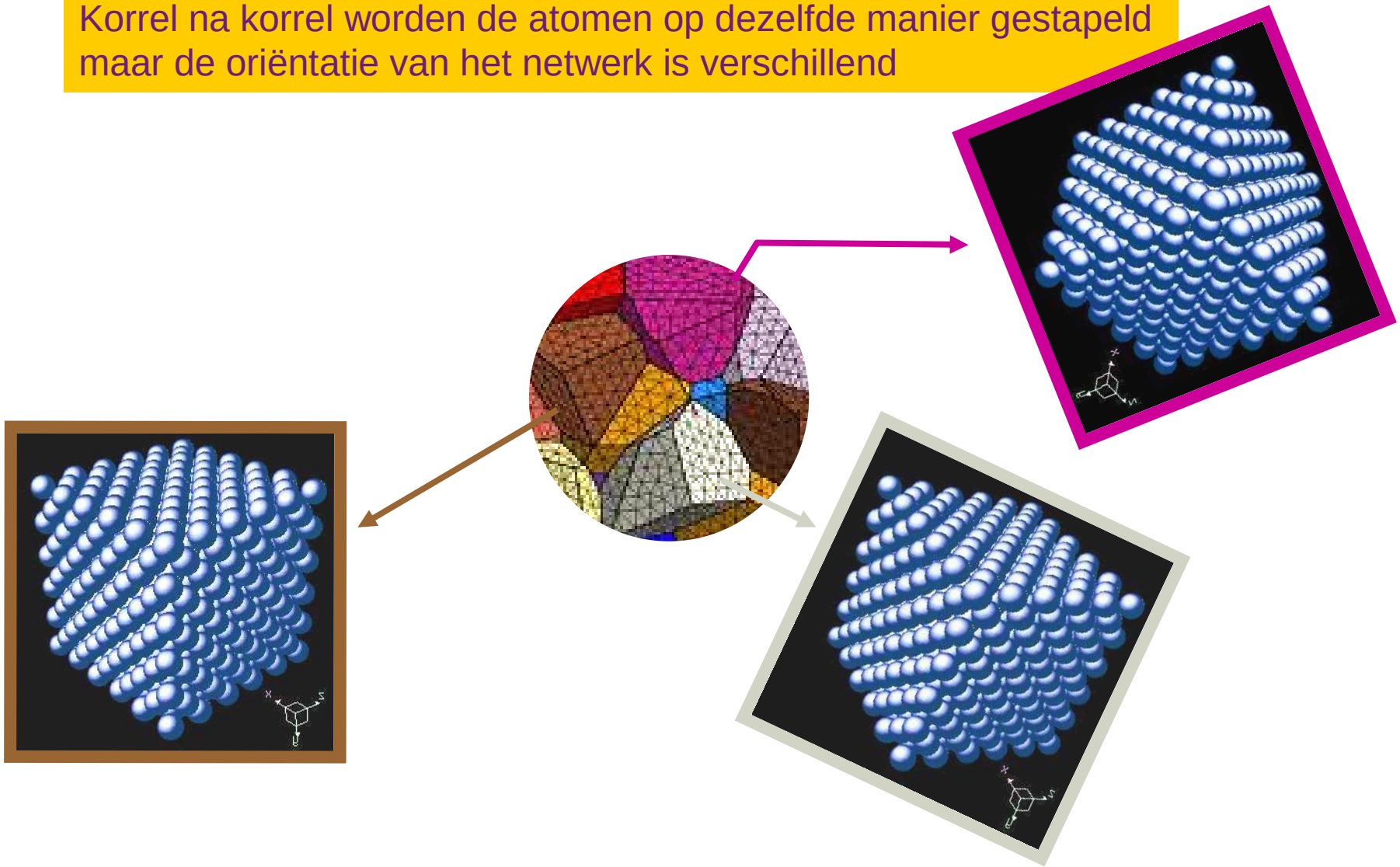
De microstructuur bestaat uit « korrels » die je zo kan weergeven

Tussen 10 en 50 µm

Roestvrij staal

4 soorten roestvrij staal

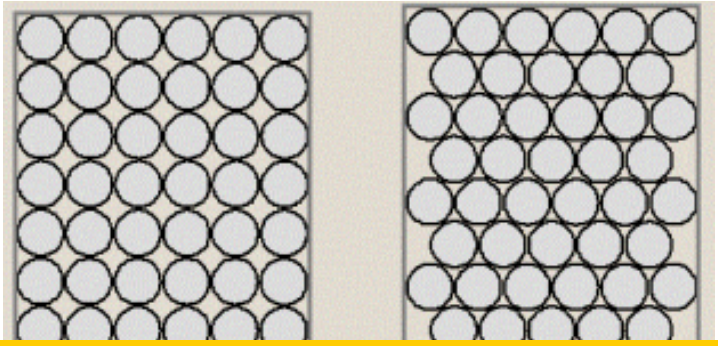
Korrel na korrel worden de atomen op dezelfde manier gestapeld maar de oriëntatie van het netwerk is verschillend



Roestvrij staal

4 soorten roestvrij staal

De atomen kunnen in 3 afmetingen op verschillende manieren worden gestapeld



Op deze twee beelden, twee afmetingen,
Ze zijn niet even compact (42 vs. 44)

Hetzelfde geldt voor roestvrij staal !

De manier waarop de atomen worden gestapeld maakt het verschil tussen deze 4 soorten roestvrij staal!

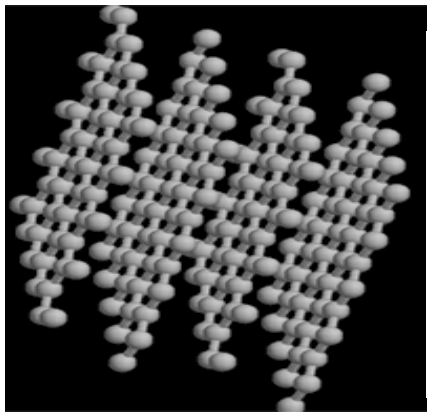
Roestvrij staal

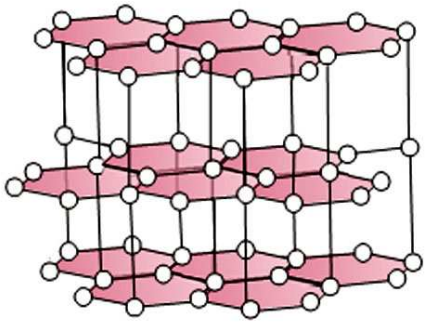
4 soorten roestvrij staal

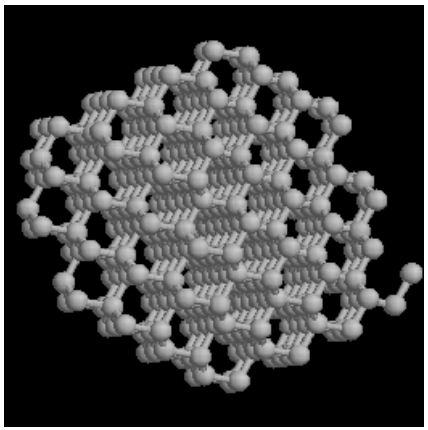
Kolen

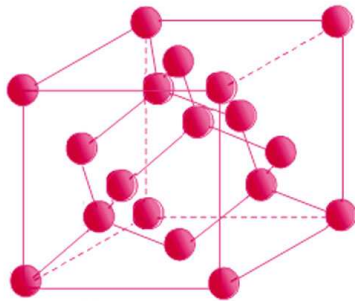
Diamant

Chemische samenstelling ~ 100% C





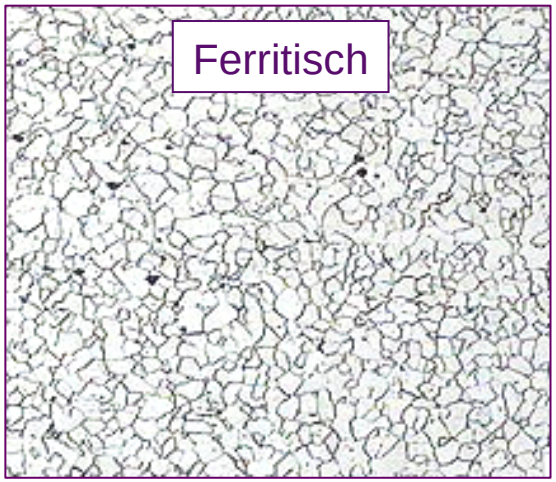


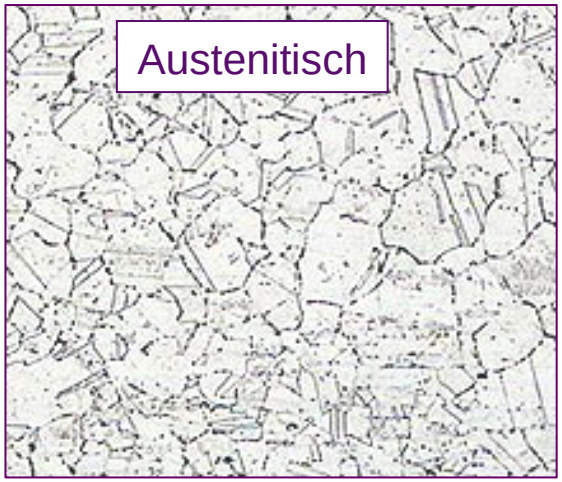


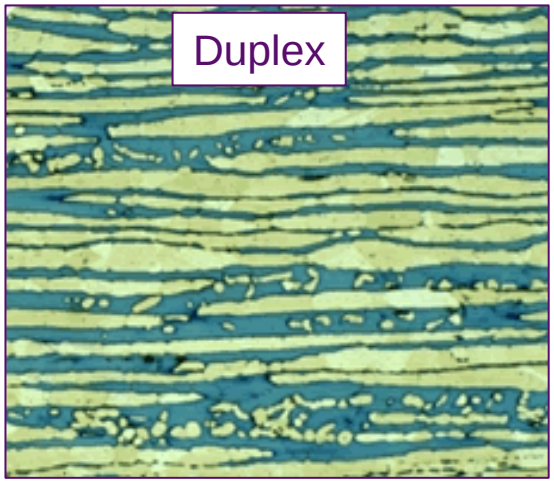
Roestvrij staal

4 soorten roestvrij staal

Onder de microscoop is de microstructuur ook anders



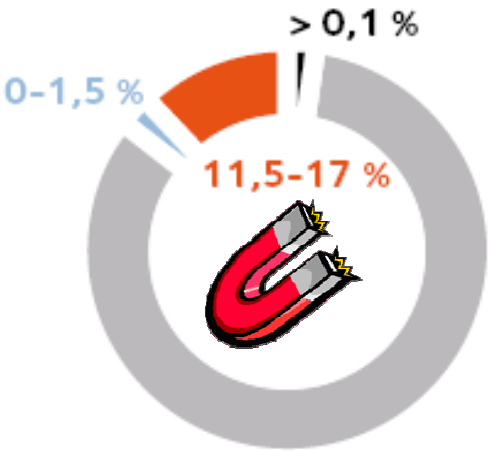




Roestvrij staal

MARTENSITISCH

4 soorten roestvrij staal



Kenmerken/ Eigenschappen

- Zwak Cr-gehalte, beperkte weerstand tegen corrosie
- Hoge mechanische kenmerken (C)
- Slijtbestendig
- Beperkte vervormingseigenschappen (A% ~ 5%*)
- Magnetisch

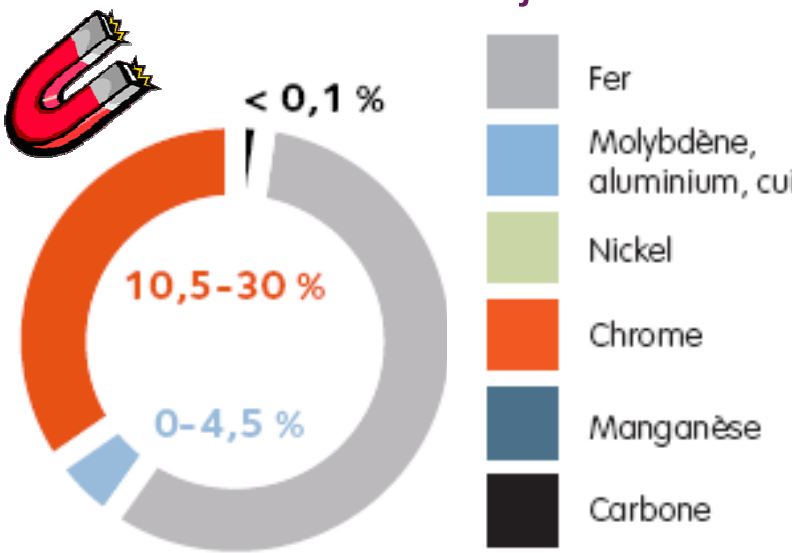
Toepassingen / Gebruik

- Lemmetten, ijsschaatsen, etc..
- Remschijven

Roestvrij staal

FERRITISCH

4 soorten roestvrij staal

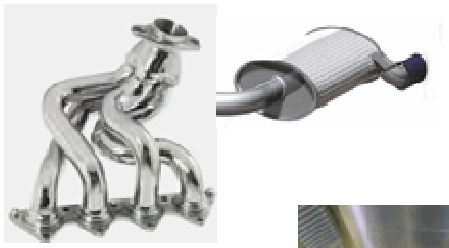
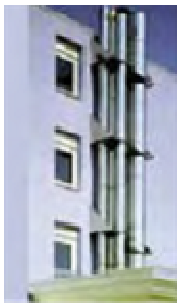


Kenmerken / Eigenschappen

- Hoog Cr-gehalte
- Sterke gelokaliseerde corrosieweerstand omwille van het Cr-gehalte
- Gemiddelde tot goede vervormingseigenschappen naargelang van vervormingswijze (A% 25 tot 30%)
- Goede weerstand tegen warm oxideren
- Weinig uitzetting door warmte
- Magnetisch

Toepassingen / Gebruik

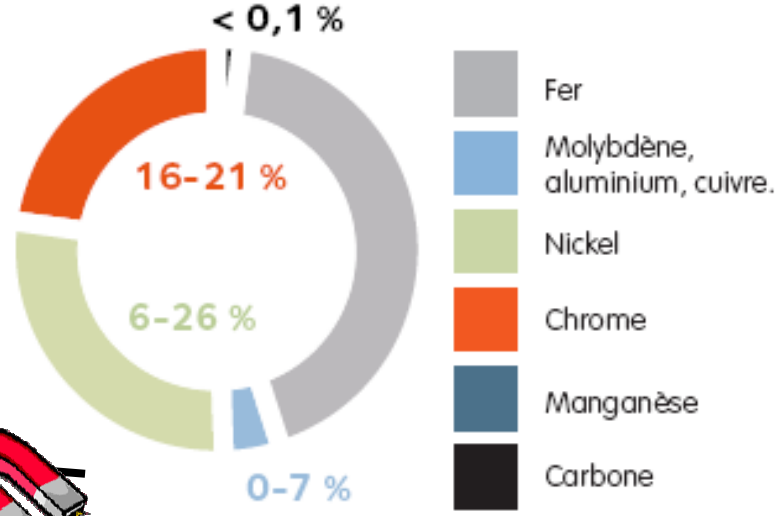
- Transportmateriaal
- Uitlaten
- Grootkeukens / Huishoudapparatuur
- Warmwaterballonnen – Warmtewisselaars
- Meubelen voor binnen en buiten (stad)
- Roltrappen / Liften
- Afvoerleidingen
- Woningstructuur
- Etc…

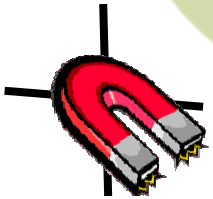



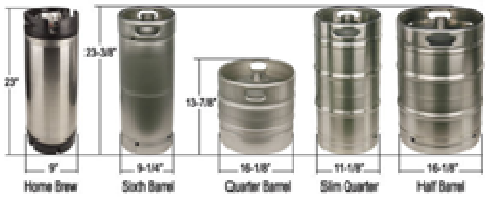
Roestvrij staal

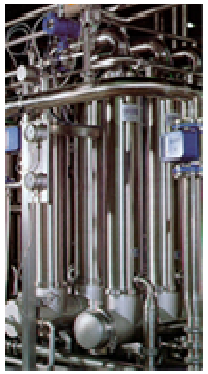
AUSTENITISCH

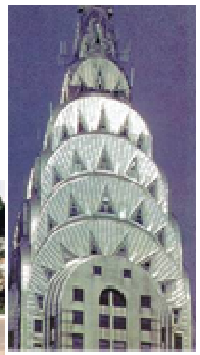
4 soorten roestvrij staal

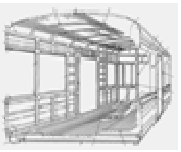










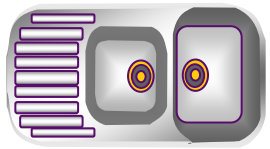


Kenmerken / Eigenschappen

- Bevat **Nikkel**
- Hoog **Cr**- gehalte
- Goede vervormingseigenschappen (A% ~ 55%)
- Goede weerstand tegen lokale en algemene corrosie
- Kan makkelijk worden gelast
- Verhard gedurende de vervorming
- Niet magnetisch

Toepassingen / Gebruik

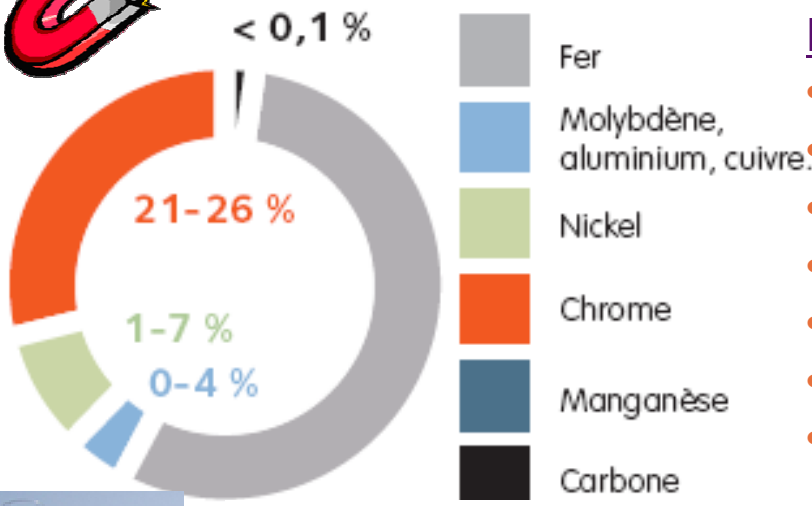
- Citernes voor weg en spoor
- Structuren voor spoorwegvoertuigen
- Dubbele vaatwasbakken
- Industriële vaten / Melkerij
- Biervaten
- Grootkeukens / Huishoudapparatuur
- Etc…



Roestvrij staal

4 soorten roestvrij staal

DUPLEX

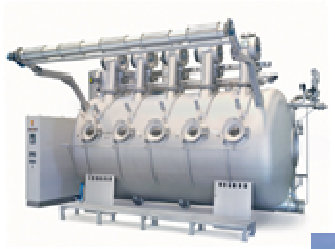


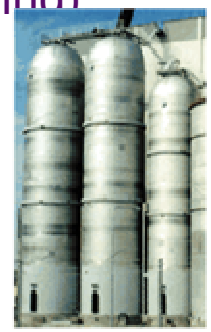
Kenmerken / Eigenschappen

- Erg hoog **Cr**- gehalte
- Bevat **Nikkel** en **Molybdeen**
- Uitstekende weerstand tegen corrosie
- Belangrijke mechanische eigenschappen
- Gemiddelde vervorming (A% ~ 30%)
- Zwakke mechanische weerstand tegen warmte
- Magnetisch

Toepassingen / Gebruik

- Vaten en silo's
- Uitrustingen voor ontzilting van zeewater
- Chemische industrie, olie- en gassector
- Textielindustrie (kleuring behandeling)
- Pulpindustrie
- Buizen en Off Shore installaties
- Zwembaden
- Etc..





3 – Mechanische eigenschappen

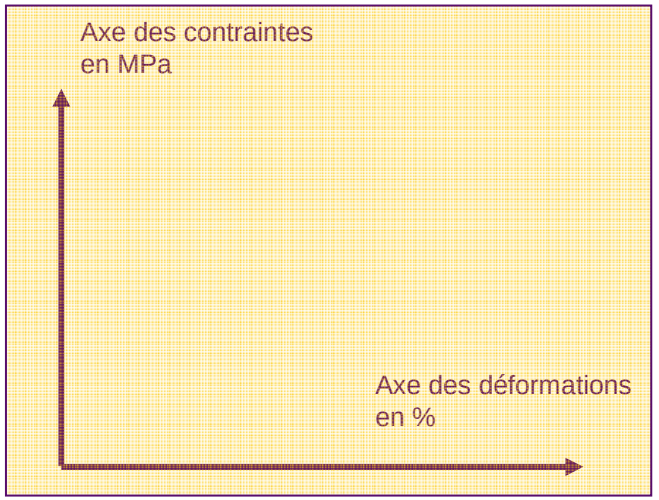
- Trek-rekdiagram : $R_{p0.2\%}$, Rm, A%, elasticiteitsmodulus
- Hardheid
- Slagvastheid

© Aperam

Trek-rekproef – Trek-rekdiagram (1/5)

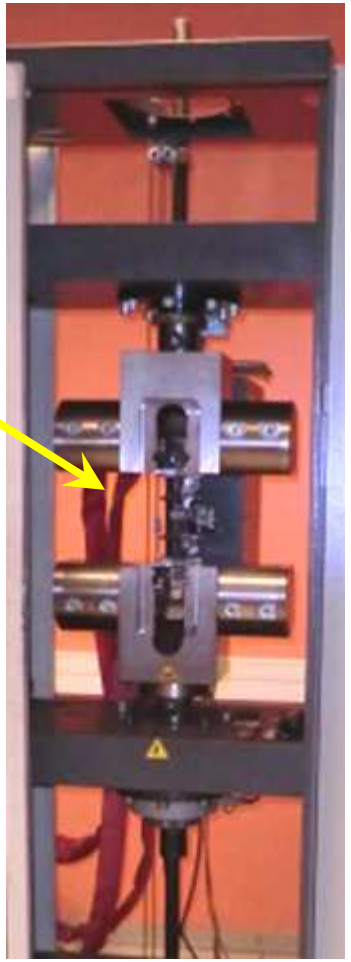
- Deze proef wordt gebruikt om de gewone mechanische eigenschappen te bepalen :
  - Rekgrens tot 0.2% verlenging
  - Breukspanning
  - Verlenging en gelijkmatige verlenging
  - *Hardingscoëfficiënt n en anisotropiecoëfficiënt r*
  - Elasticiteitsmodulus (Young)

- Ze bestaat erin
  - Een proefstuk uit te rekken tot het breekt
  - De spanning en de vervorming te registreren
  - De ingezamelde gegevens in een diagram weer te geven



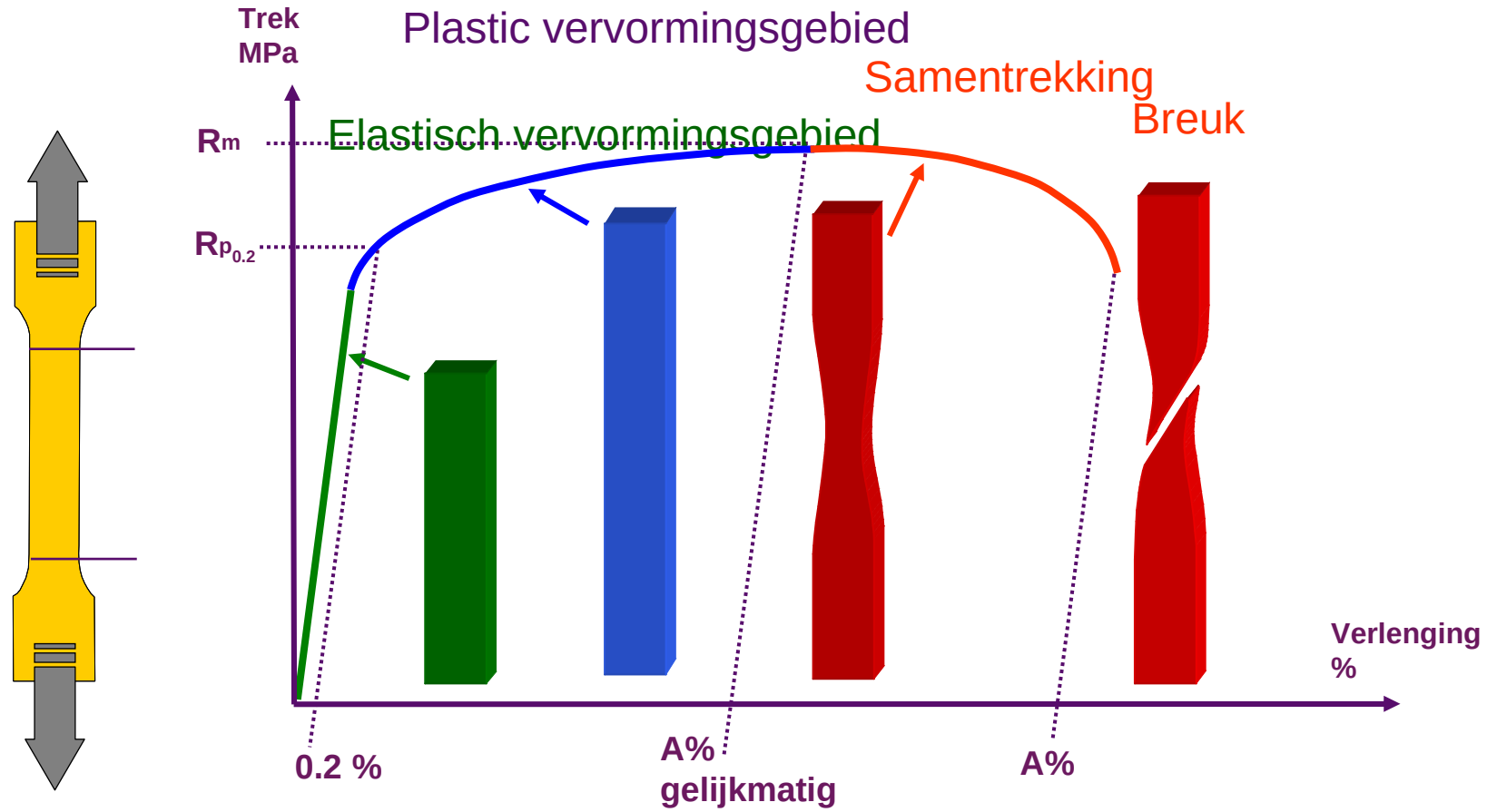
Trekproef – Trek-rekdiagram

Controlelabo (Isbergues)



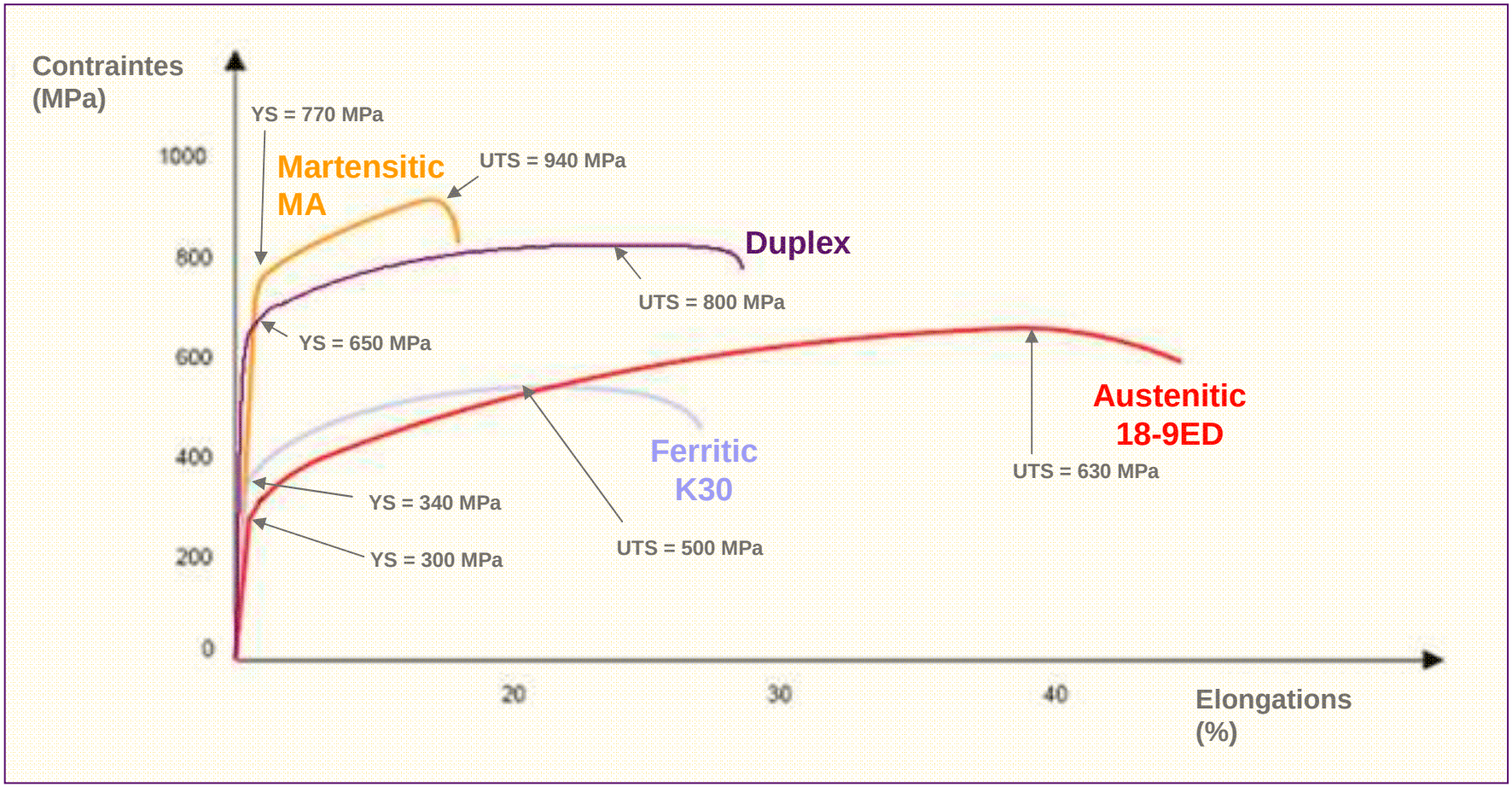
Trekproef – Trek-rekdiagram (2/5)

- Verloop van de test :



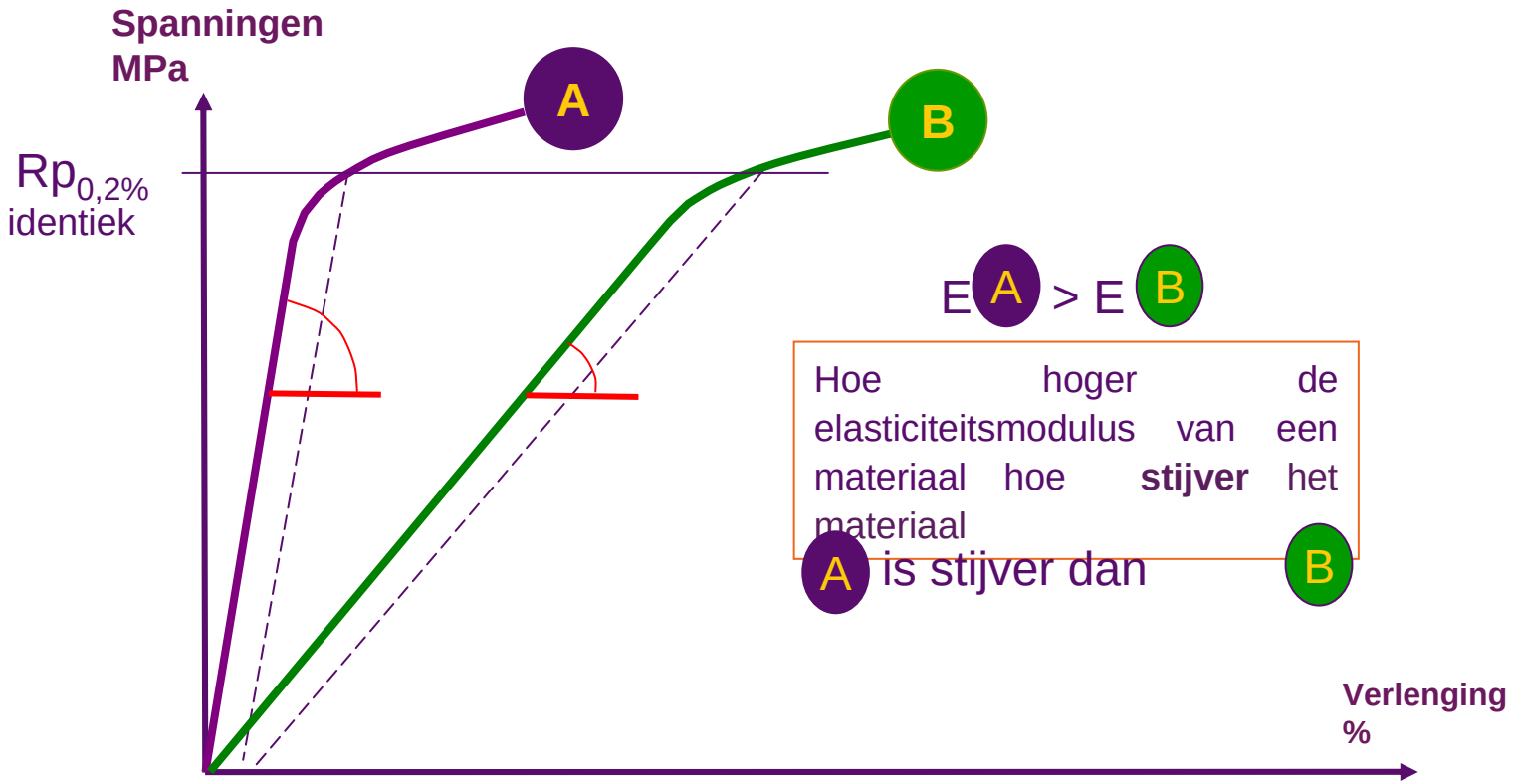
Trekproef – Trek-rekdiagram (3/5)

- Reëel gedrag van de verschillende soorten roestvrij staal:



Trek-rekdiagram (4/5)

- **De modulus van Young** (of elasticiteitsmodulus= E) beschrijft het ELASTISCH GEDRAG van een materiaal. Wordt uitgedrukt in GPa :



Trek-rekdiagram(5/5)

- Vergelijking met de elasticiteitsmodulus van enkele vaste materialen:

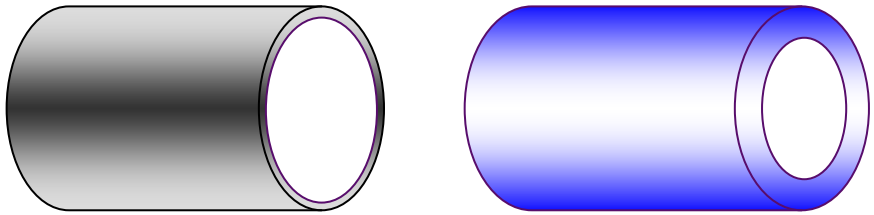
Matériau	E (Gpa)	Matériau	E (Gpa)
Acier Inoxydable	210	Verre	80
Aluminium	70	Béton	30
Cuivre	120	Bois	15
Plomb	18	Soie d'Araignée	60
Carbure de Tungsten	650	Saphir	420
Argent	83	Graphite	60
Etain	41	Diamant	1200
Alumine	370	Zircon	200

- Men moet absoluut de elasticiteitsmodulus kennen om een materiaal te kiezen in toepassingen waarbij geen sterke vervorming nog vormgeving te pas komt (spanning altijd onder de elasticiteitsgrens). Voorbeeld: veren, buizen voor fietsframe….

Elasticiteitsmodulus

Matériau	E (Gpa)
Acier Inoxydable	210
Aluminium	70

Om dezelfde STIJFHEID te bekomen zou de dikte van deze roestvrij stalen buizen door 3 kunnen worden gedeeld



Roestvrij staal Aluminium

Hardheid (1/6)

- Deze proef bestaat erin een indruklichaam in het onderzochte produkt te drukken onder een gekende last. De diepte van de penetratie of de afmetingen van de afdruk bepalen de hardheid van het materiaal.
- In het geval van roestvrij staal beschikt men over 3 meetmethodes met een verschillend afdruklichaam :
  - Een kogel (Rockwell B)
  - Een conische vorm (Rockwell C)
  - Een omgekeerde piramide (Vickers)

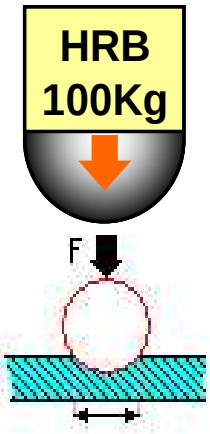
- Er is een correlatie tussen deze 3 toestellen die de hardheid meten en ook tussen de hardheid en de mechanische eigenschappen $R_{P0.2}$, R_m

Hardheid

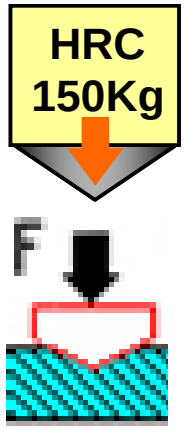
Toestellen om de hardheid te meten (Isbergues)

Hardheid (2/6)

- De meest courante test om hardheid te meten is Rockwell B (**HRB**). De stalen kogel wordt behandeld op een diameter van 1/16 duim en beladen met een gewicht van 100Kg. De **diepte** van de penetratie geeft de hardheid aan. Hoe harder het staal, hoe hoger de HRB waarde. De HRB-schaal is beperkt tot 100 HRB, daarboven, voor een grotere hardheid, gebruikt men Rockwell C,

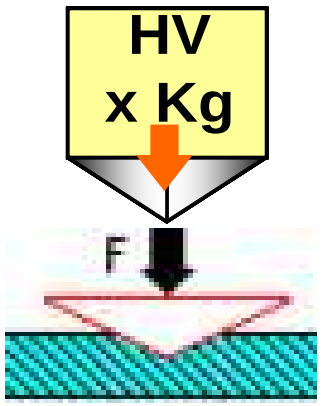


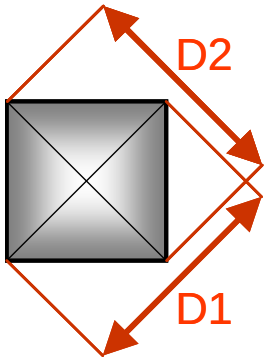
- De Rockwell C hardheid (**HRC**) : Deze meting verloopt zoals de vorige, maar de kogel wordt vervangen door een conische diamant en de lading bedraagt hier 150Kg. Deze proef wordt gebruikt om de hardheid van **gehard staal** of **duplex** te meten. Ook hier wordt de diepte van de afdruk gemeten.



Hardheid (3/6)

- Vickers hardheid (**HV**) : Sommige klanten geven hier soms de voorkeur aan en vragen deze meting. Men gebruikt een diamanten indruklichaam in de vorm van een omgekeerde piramide met vierkante basis. De lasten kunnen gaan van 5kg tot 100kg.
- De afdruk van het indruklichaam in het staal heeft ook een piramidale vorm. Nu wordt niet de diepte maar het gemiddelde tussen beide diagonalen gemeten. Hoe harder het staal, hoe hoger de HV waarde.





Hardheid (4/6)

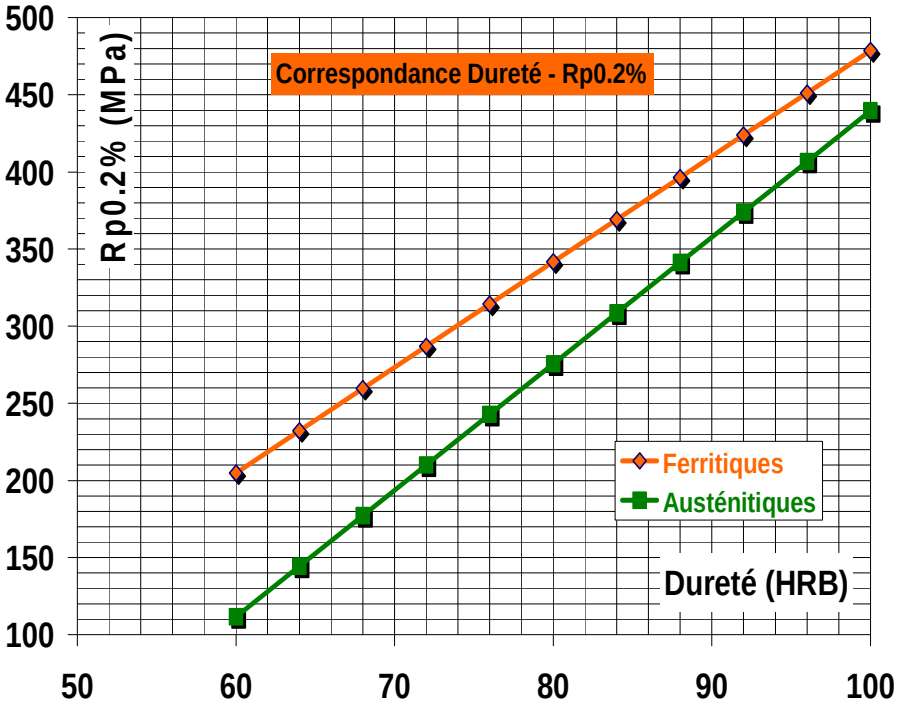
- Er is een verband tussen deze drie metingen:

HRB bille 1/16" - 100 kg	HRC Cone diamant 150Kg	Hv 30 pyramide diamant 30kg
74		137
76.4		143
76.7		150
80.8		156
82.9		163
85		171
86		175
86.8		178
87.8		182
89		18
90		192

HRB bille 1/16" - 100 kg	HRC Cone diamant 150Kg	Hv 30 pyramide diamant 30kg
90.7		196
91.9		202
92.3		207
93.8	13.8	212
94.8	15.2	218
95.5	16	222
96.4	17.5	228
97.3	18.8	234
98.2	20.5	241
99	21.7	247
100	22.8	253
101	24.2	261
102	25.4	269
103	26.6	276

Hardheid (5/6)

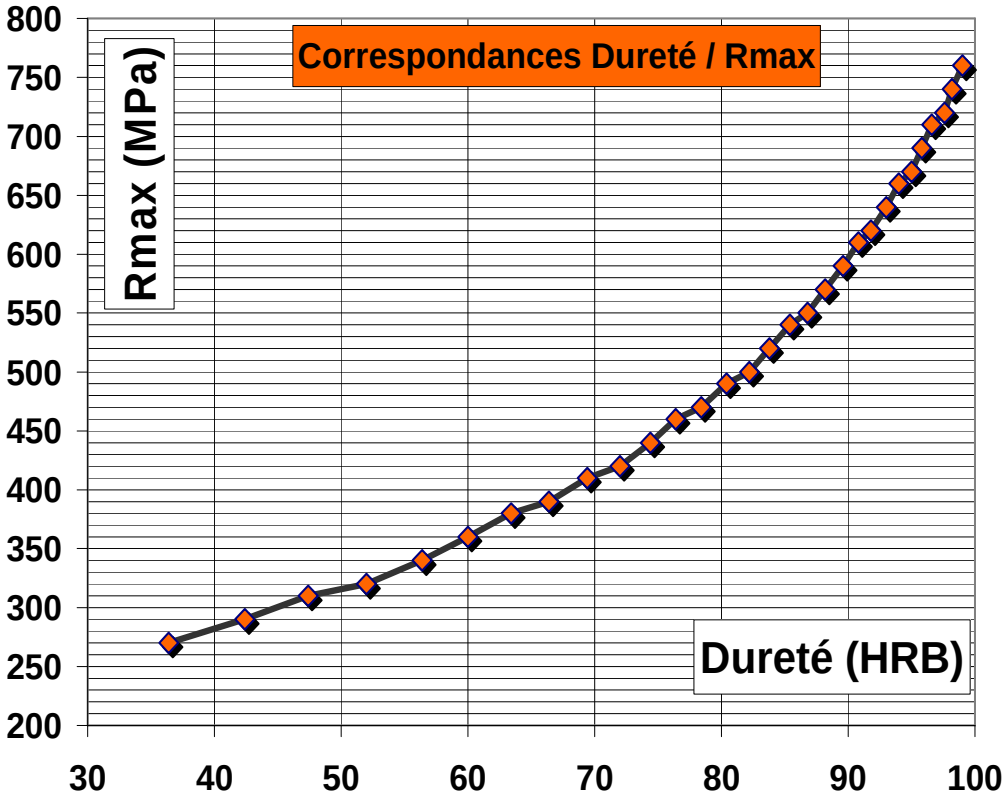
- Er is ook een verband tussen de hardheid en de mechanische eigenschappen. Wat de elasticiteitsgrens betreft, is de correlatie niet dezelfde voor ferritisch staal als voor austenitisch staal:



	Ferritiques		Austenitiques
HRB	Rp0.2% (MPa)	HRB	Rp0.2% (MPa)
60	205	60	110
64	230	64	145
68	260	68	180
72	290	72	210
76	315	76	245
80	340	80	280
84	370	84	310
88	400	88	340
92	425	92	375
96	450	96	410
100	480	100	440

Hardheid (6/6)

- Wat het verband met de breukspanning betreft, dit is niet lineair maar identiek, ongeacht het soort staal:



HRB	Rmax (MPa)	HRB	Rmax (MPa)
34	260	68	400
36	270	70	415
38	275	72	420
40	280	74	435
42	290	76	455
44	295	78	475
46	305	80	495
48	310	82	515
50	315	84	535
52	320	86	560
54	330	88	580
56	335	90	605
58	350	92	635
60	342	94	660
62	370	96	690
64	385	98	715
66	390	100	745

De slagvastheid(1/4)

- De **slagvastheid** geeft de breukweerstand van een materiaal aan na een schok. Dit is het tegenovergestelde van broosheid. Glas heeft bijvoorbeeld een erg zwakke slagvastheid (terwijl het toch als heel hard erkend wordt).

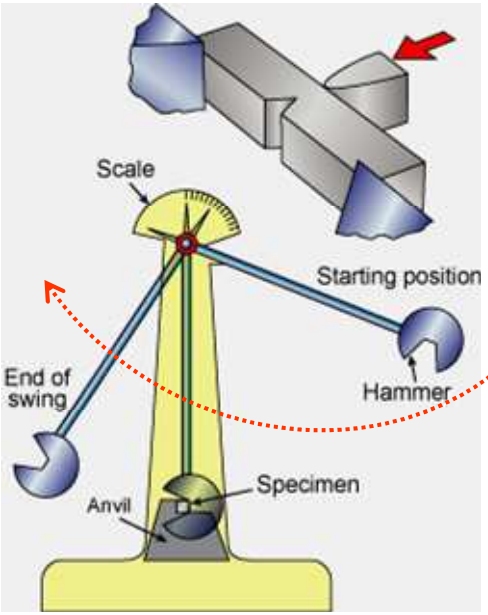
- De slagvastheid daalt
  - Bij kamertemperatuur, staal is brozer bij -20°C dan bij 50°C
  - Met de dikte van het stuk of de plaat

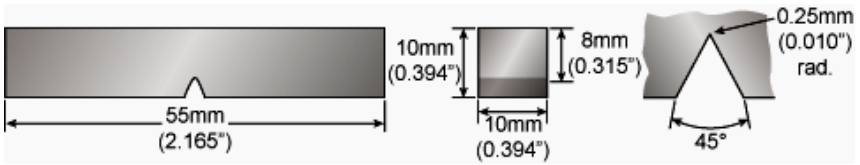
- De slagvastheid wordt bepaald met de test van Charpy, met behulp van een slagpendel.

De slagvastheid (2/4)

- De slagvastheidstest bestaat uit
  - Het meten van de energie die moet worden verbruikt om in één slag een genormaliseerde getailleerde proefstaaf te breken. Bij verschillende temperaturen.
  - De slagvastheid is de energie, uitgedrukt in Joules/cm², die noodzakelijk is om de breuk van de getailleerde proefstaaf te veroorzaken,
  - Ze wordt gewoonlijk gemeten met een toestel dat « de slagpendel van Charpy » wordt genoemd:

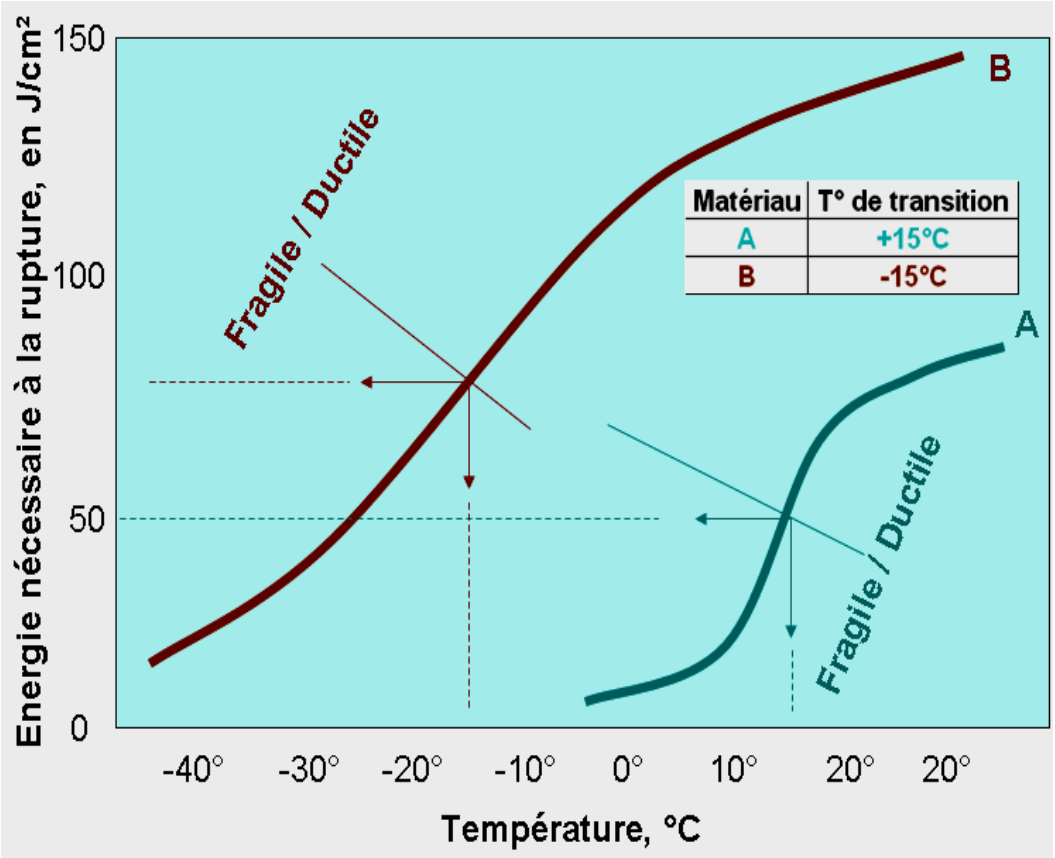
$$\text{Slagvastheid (K)} = \frac{\text{geabsorbeerde energie voor de breuk (joules)}}{\text{doorsnede onder de inkerving (cm}^2\text{)}}$$





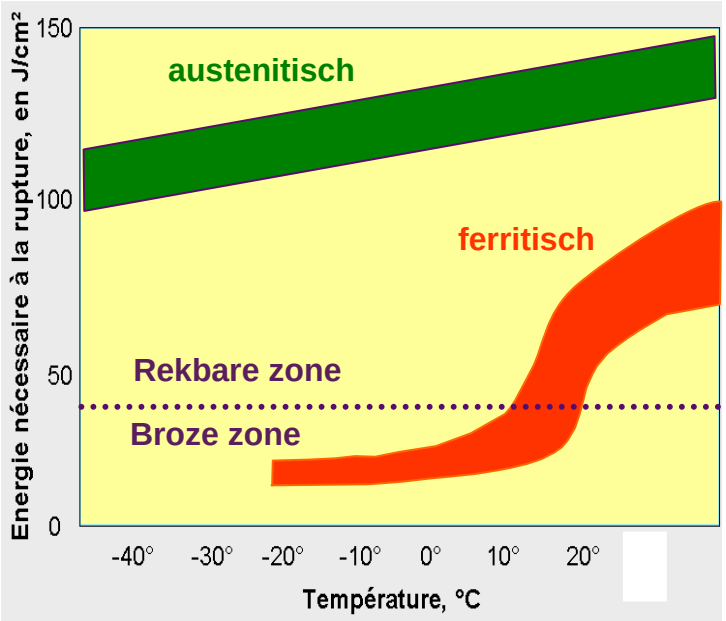
Slagvastheid (3/4)

- Vertrekkende van de waarden die bij verschillende temperaturen zijn verkregen kan men een curve trekken « rekbaar / broos » en er de overgangstemperatuur van afleiden (van een domein naar een ander).



Slagvastheid (4/4)

- Slagvastheid van roestvrij staal
  - Austenitisch staal is niet broos en heeft geen duidelijke overgangstemperatuur. Men merkt alleen een lichte daling van de slagvastheid bij dalende temperatuur.
  - Ferritisch staal heeft een duidelijk afgebakende overgangszone van rekbaar naar broos. De overgangstemperatuur ligt in de buurt van de omgevingstemperatuur ⇔ het meeste ferritisch staal is broos onder de 10°C



Voor cryogene toepassingen:
bij voorkeur austenitisch roestvrij staal gebruiken