

# Metallurgische (las)eigenschappen van slijtvaste witte gietijzers

Annemiek van Kalken  
Ludwik Kowalski

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur gietijzers
- Lassen
- Conclusies

- **Introductie**
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



- **Introductie**
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



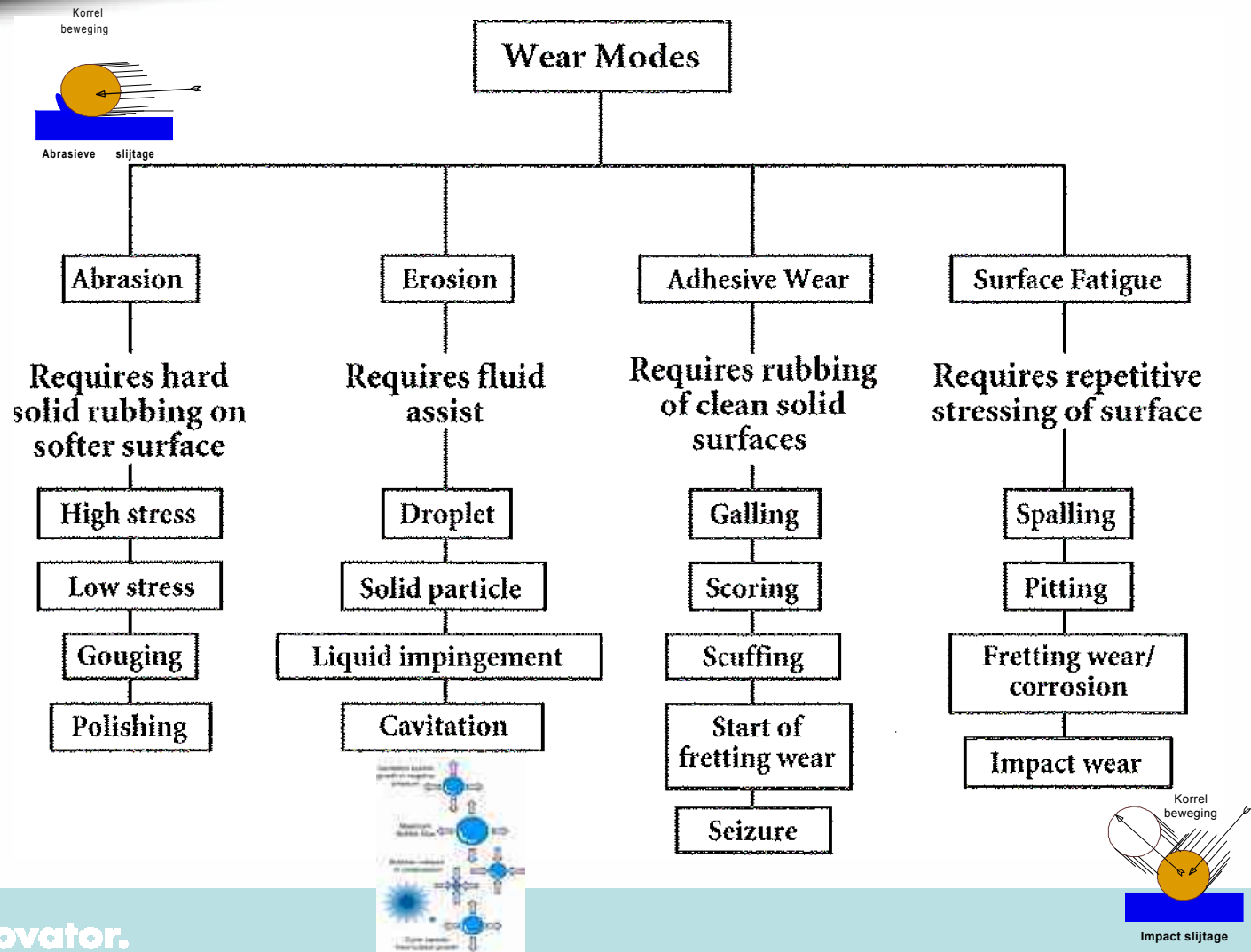
- Introductie
- **Slijtweerstand**
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies

## Slijtvastheid:

Weerstand tegen beschadiging van een oppervlak, ofwel

Weerstand tegen afname van materiaaldikte als gevolg van relatieve beweging tussen het oppervlak en een medium

- Introductie
- **Slijtweerstand**
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



Niet een specifieke materiaaleigenschap  
(zoals hardheid, treksterkte,..)

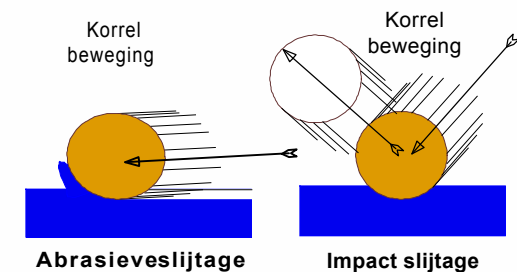
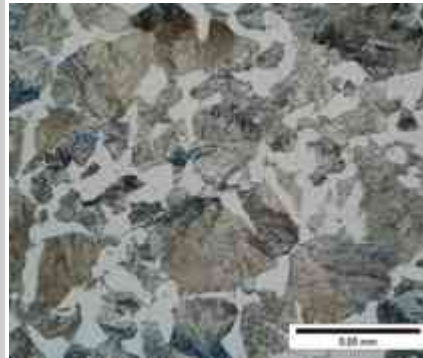
- **Afhankelijk van:**

- **Microstructuur**

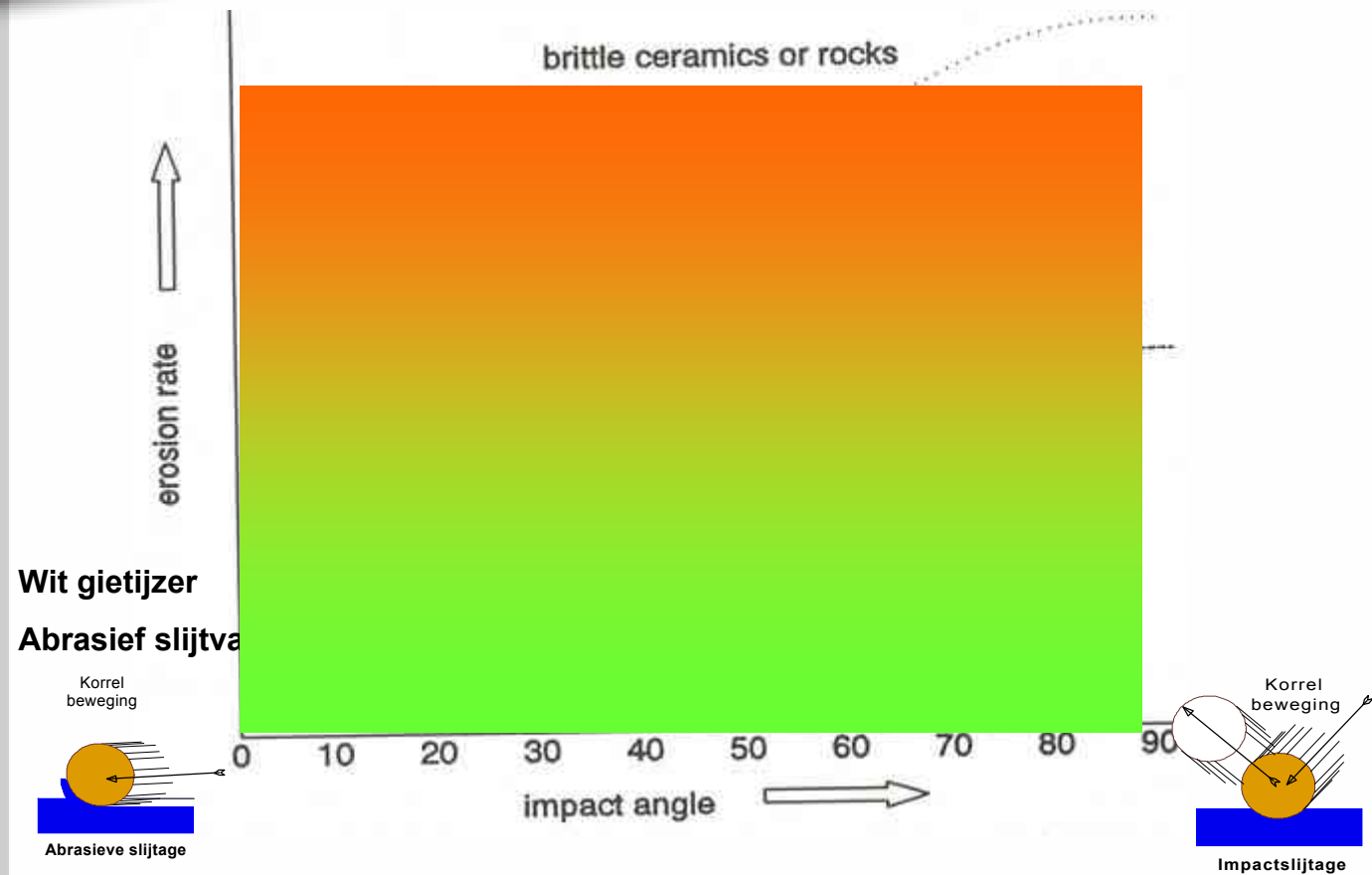
- **abrasieve omgeving.**

- Structuur medium
- Oppervlak product
- Snelheid + richting medium
- 

- Introductie
- **Slijtweerstand**
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



- Introductie
- **Slijtweerstand**
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



Slijtvastheid ? hardheid



- Introductie
- Slijtweerstand
- **Classificatie van gietijzer**
- Structuur
- Lassen
- Conclusies

- Vorm van de aanwezige koolstof:

- grafiet/carbides

- Aanwezigheid van legeringselementen en warmtebehandeling

Classificaties:

- Wit gietijzer

- Grafitisch gietijzer:

- Malleable gietijzer

- Grijs gietijzer

- Ductiel gietijzer

- Gecompecteerd grafitisch gietijzer

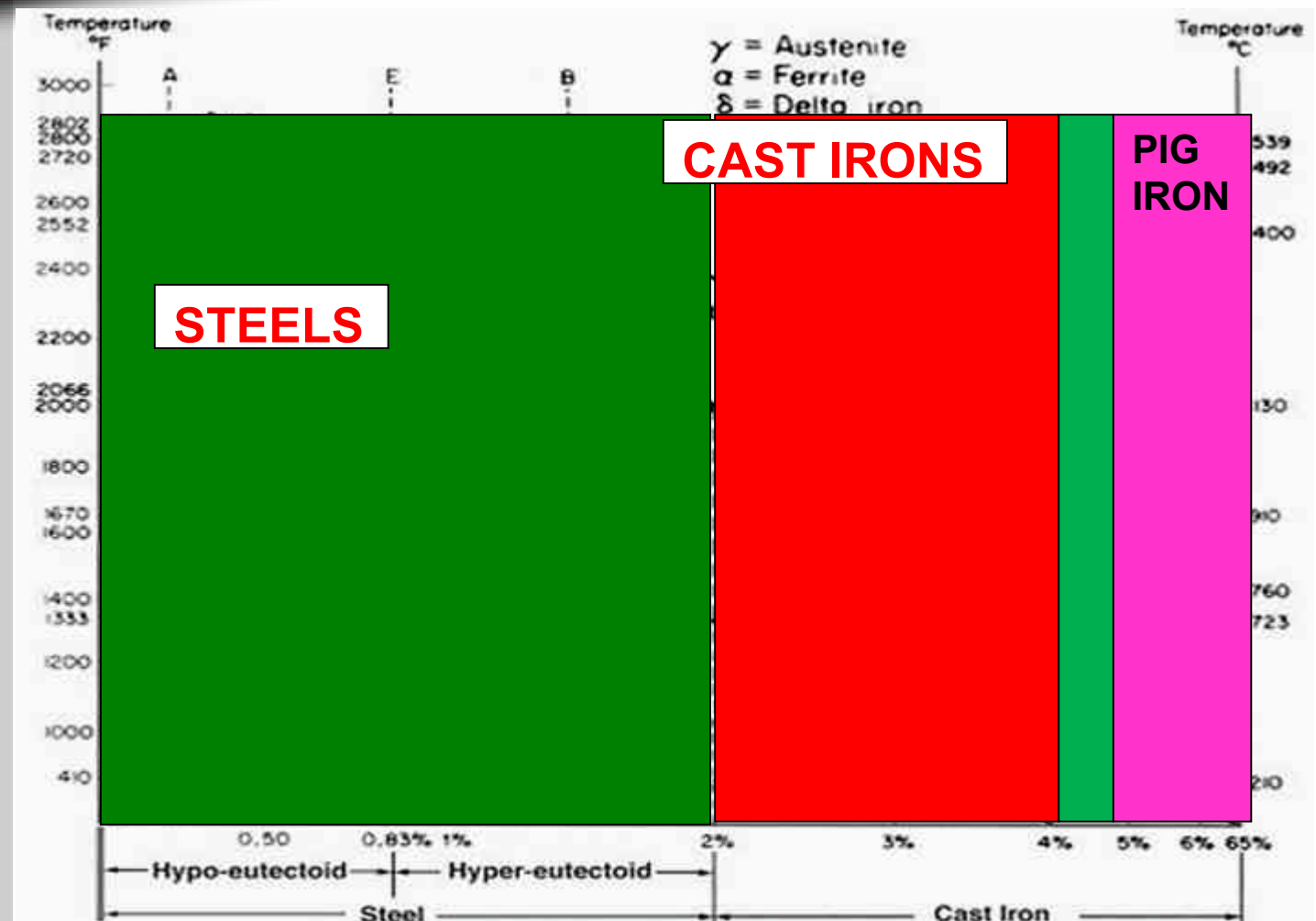
- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

- Basiselementen: Fe-C-Si (2% - 4,3 % C)
- Cr, Ni, Mo, - meest gebruikte legeringselementen

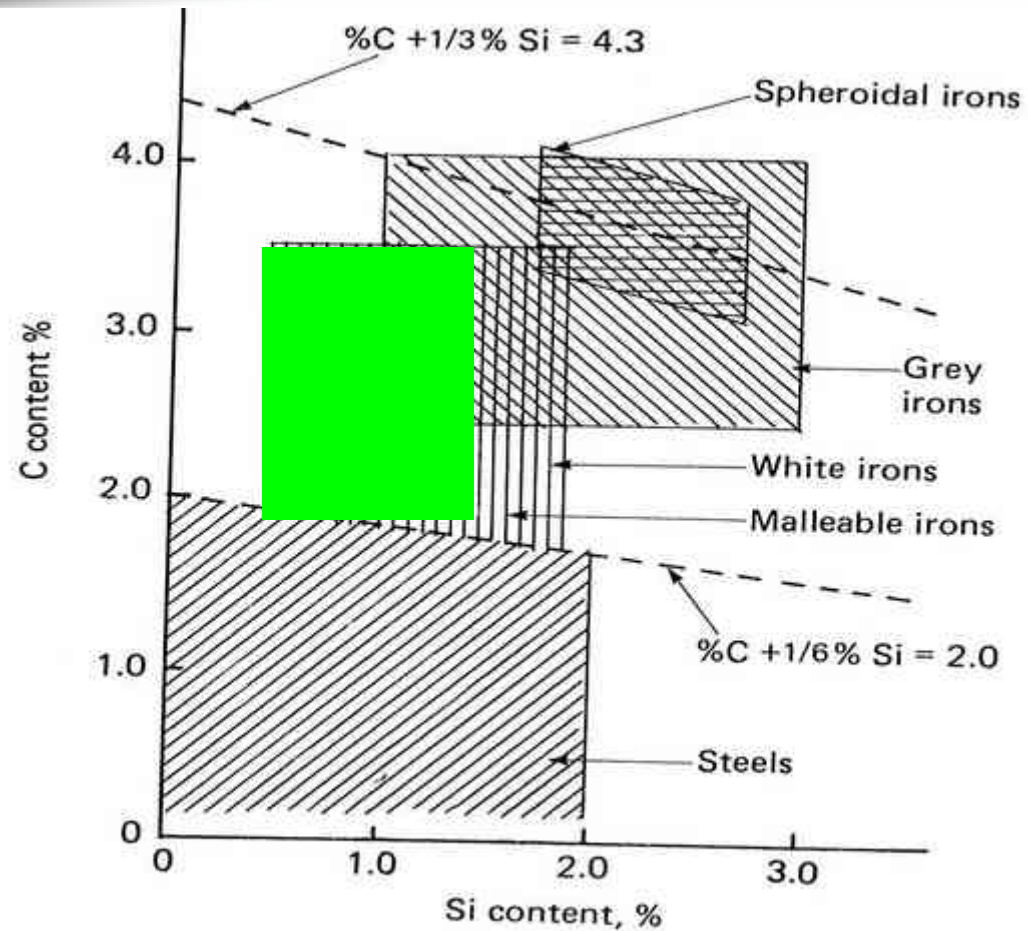
Bandbreedte van legeringselementen voor slijtvaste gietijzers\*

element	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	P	S
min.	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0
max.	4.0	1.5	2.5	30.0	4.0	5.0	2.0	0.1	0.1

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies



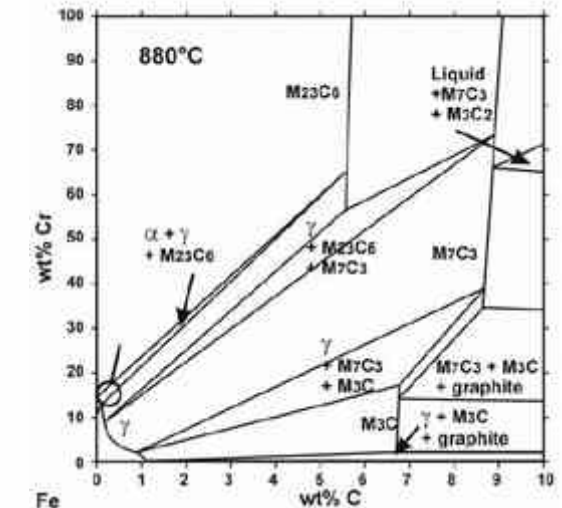
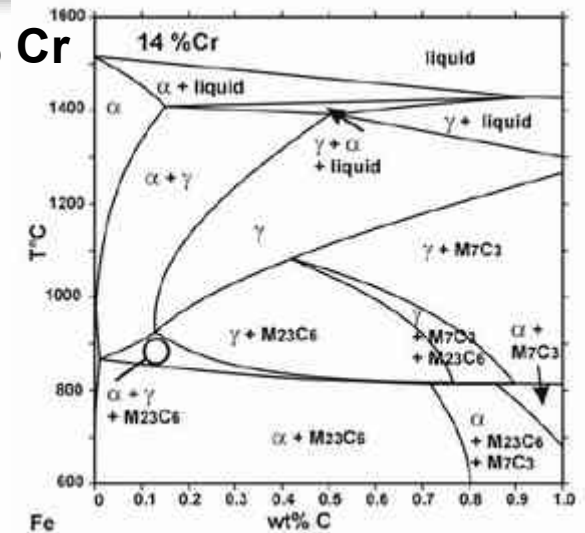
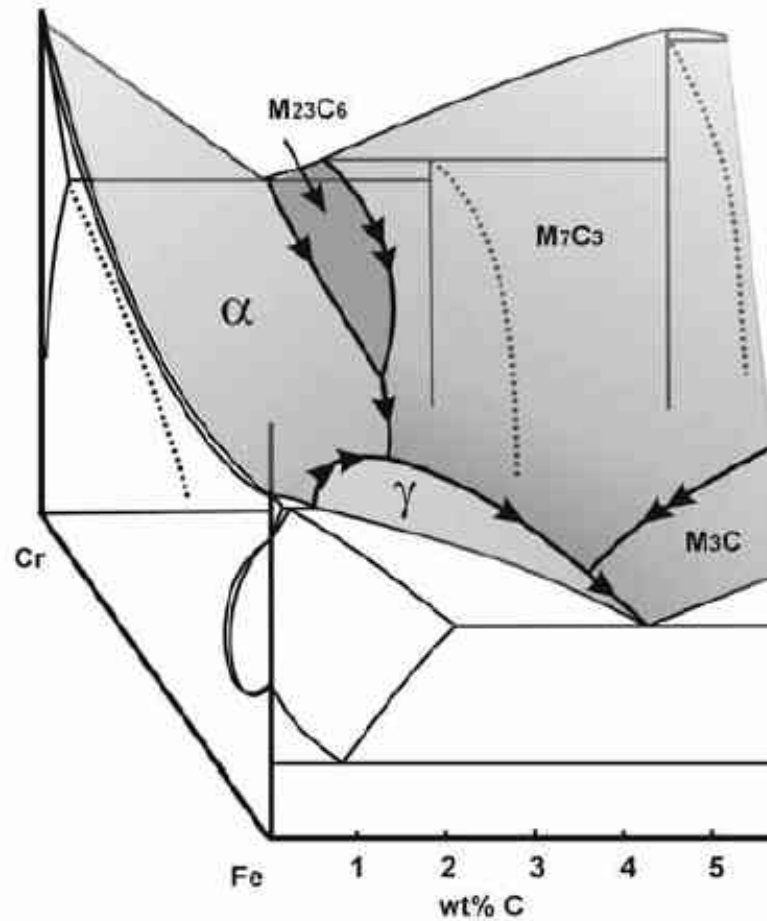
- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies



**Figure 1.2** C and Si composition ranges of various cast irons and steel

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

Isopleth – 14 % Cr



Isothermale sectie – 880°C

## Complex composieten Verschillende fase in microstructuur

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

---

### Gietijzer matrix:

**Austeniet**

**Ferriet**

**Perliet**

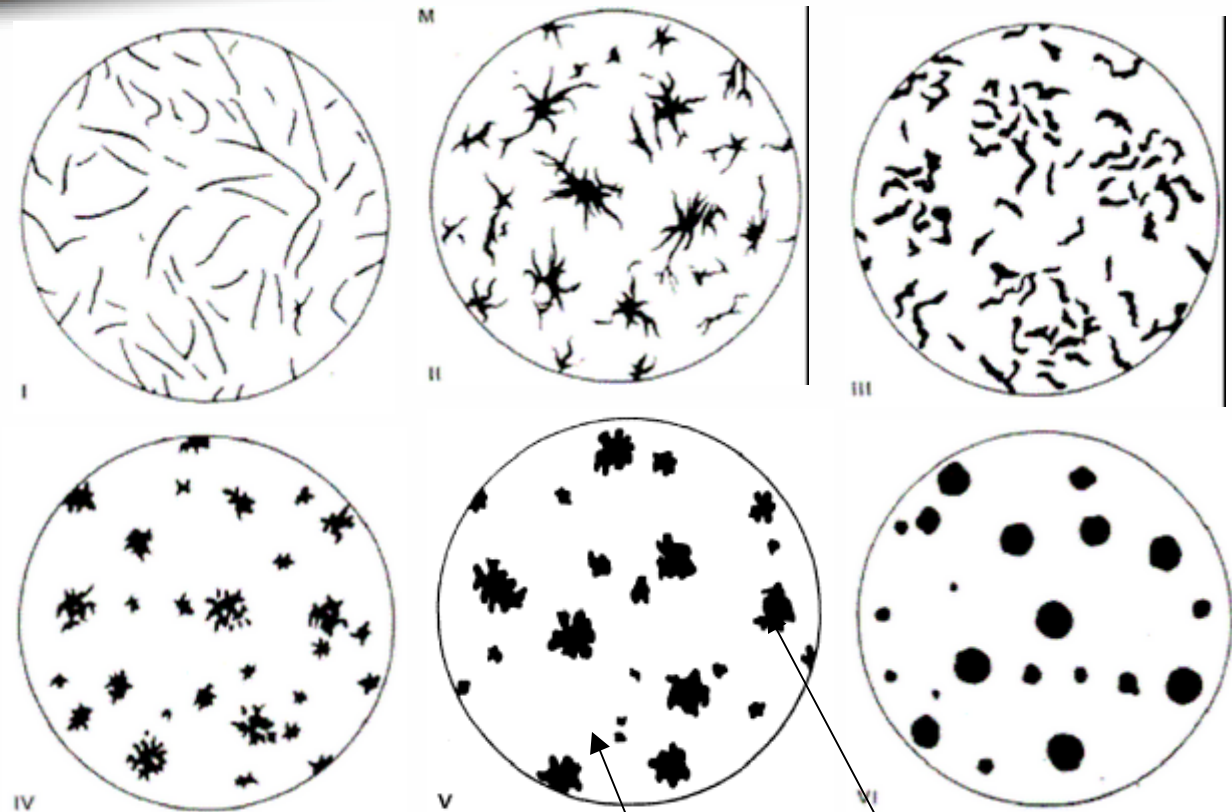
**Martensiet**

### Reinforcement:

**Grafiet**  
(verschillende  
vormen)

**Carbides**  
(complex, netwerk)

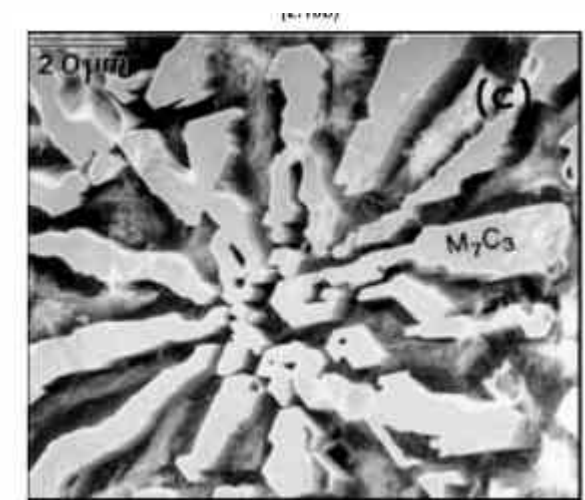
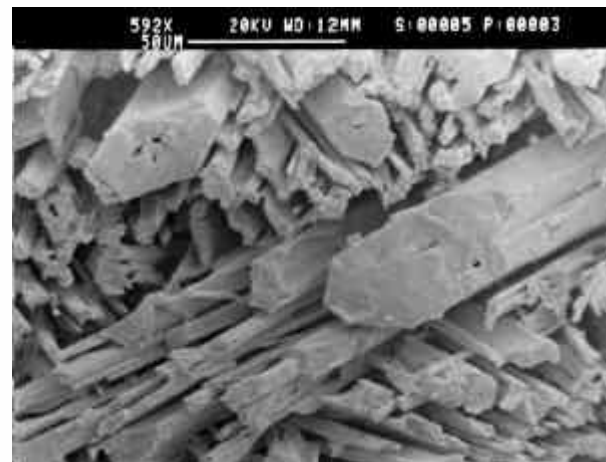
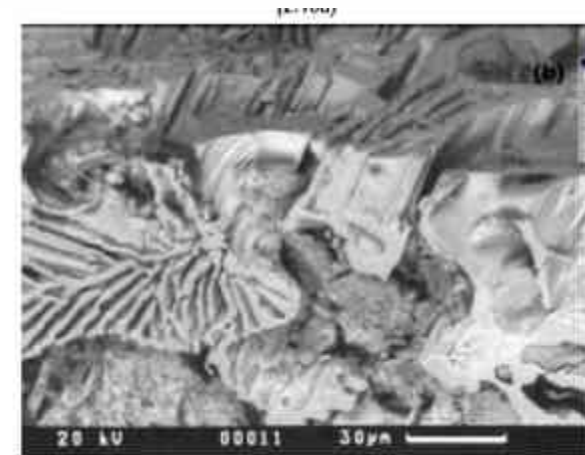
- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies



**Matrix**      **Reinforcement**

**Verschillende vormen van grafiet in grijs gietijzer  
– zachte reinforcements**

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies





- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

## Microstructuur wit gietijzer gevormd:

- Carbides tijdens stolling
- Matrix tijdens fase transformatie



- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

Vijf klassen abrasie-slijtvaste gietijzers, gebaseerd op legering en microstructuur:

1. Pearlitisch ( $\text{FeC}$ )
2. Ni-Hard (1+ 2) of Ni-Cr ( $\text{M}_3\text{C}$ )
3. Ni-Hard 4 ( $\text{M}_7\text{C}_3$ )
4. High-Cr ( $\text{M}_7\text{C}_3$ )
5. Specialty ( $\text{M}_x\text{C}_y$ )

## Samenvattend:

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- **Structuur**
- Lassen
- Conclusies

- **Harde en brosse matrix (bainiet of martensiet),**
- **Hard en bros complex netwerk van carbides.**
- **Hoge slijvastheid,**
- **Lage breuktaaiheid**

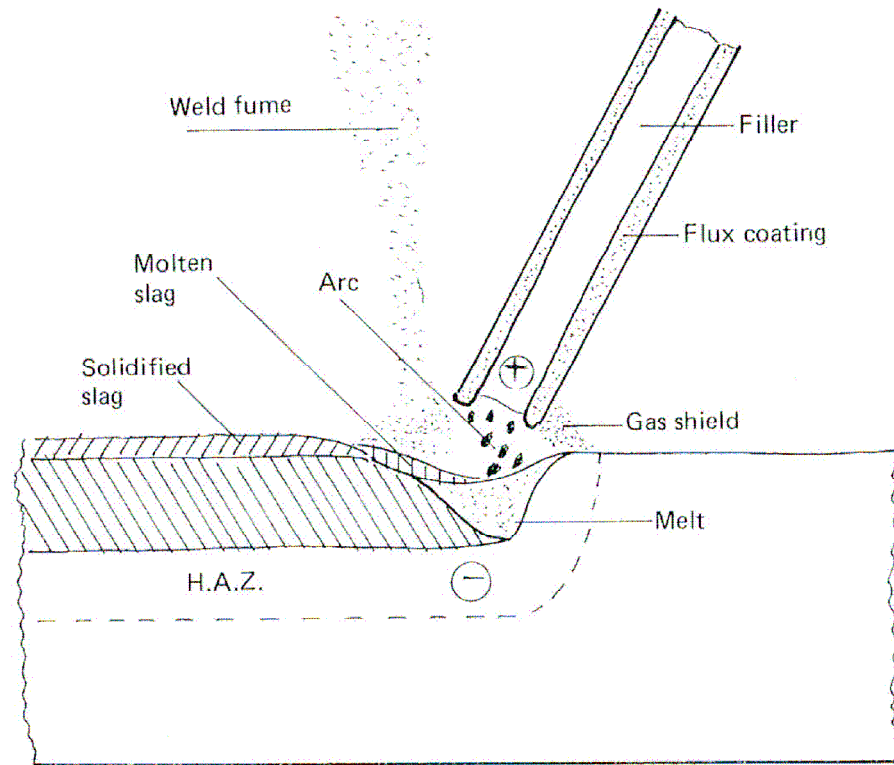
- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies



Scheur na  
warmtebehandeling:  
Reparatie?



- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies



Schematic illustration of the manual metal arc welding process

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies

Wat is lasbaarheid :

- **Scheurvrije lasnaad**
- **Vereiste mechanische eigenschappen**
- **Lassen met gelijke weerstand tegen gebruiksschade (corrosie, slijtvastheid).**

Lasbaarheid geen éénduidige parameter voor gegeven materiaal.

Afhankelijk van o.a.:

- Geometrie lasnaad,
- Lasproces
- Ingestelde parameters

# R&D Carbon equivalent – lasbaarheidsindex



- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies

## Steel Weldability Indices - Carbon Equivalent Type Expressions

- DnV

$$CE = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{10} + \frac{Ni+Cu}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$$

- D

$$CE = C + \frac{Si}{25} + \frac{Mn+Cu}{16} + \frac{Cr}{20} + \frac{Ni+Mo}{20} + \frac{V}{15}$$

- P<sub>CM</sub>

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn+Cu+Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + \frac{Ni}{60} + 5B \quad \leftarrow$$

- CEN

$$CEN = C + A(C) \left[ \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr+Mo+Nb+V}{5} + 5B \right]$$

- IIW

$$CE = C + \frac{Mn+Si^*}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \quad \leftarrow$$

- Winterton

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{40} + \frac{Cr}{10} + \frac{Ni}{20} - \frac{Mo}{50} - \frac{V}{10}$$

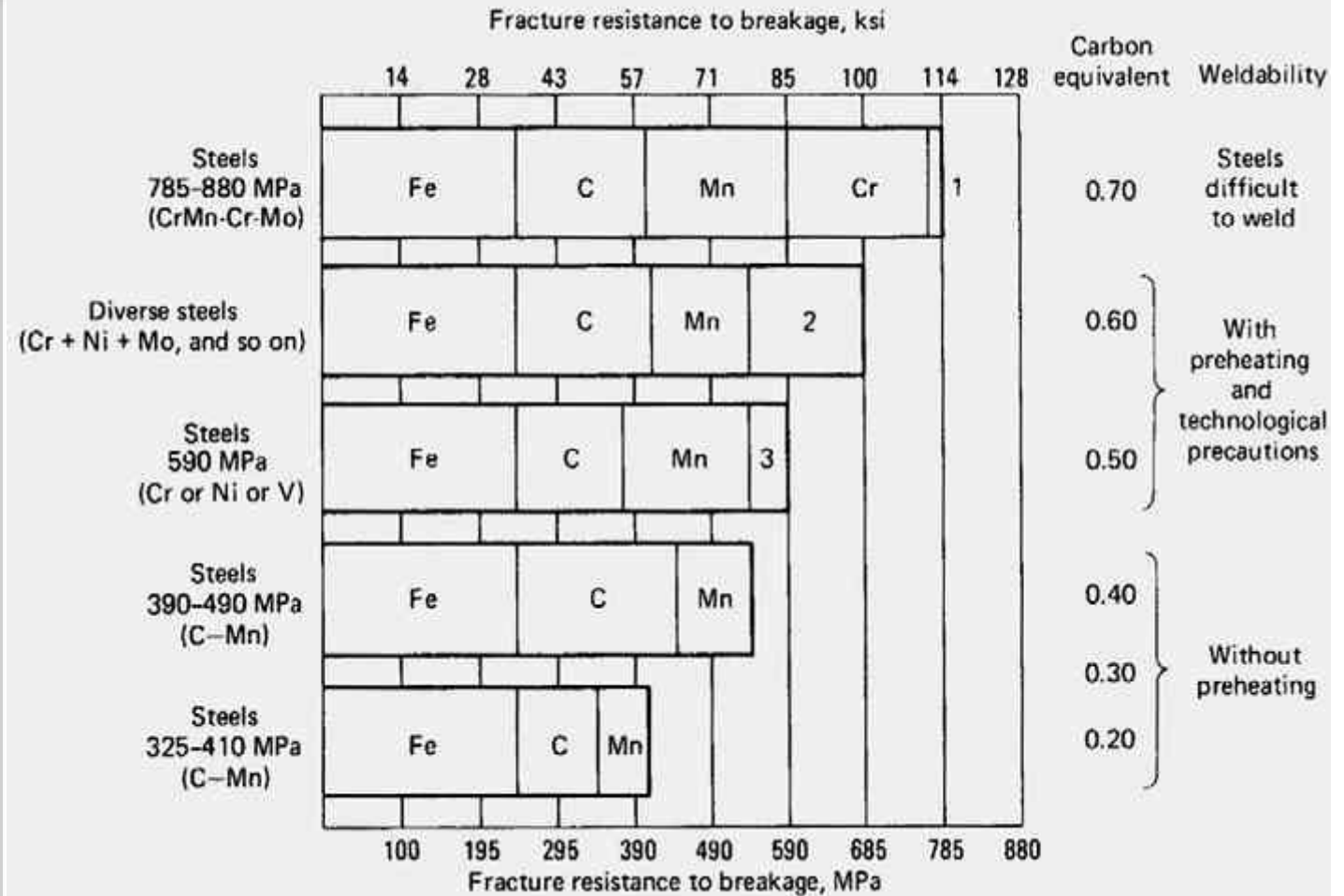
- Cottrell

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo}{5} + \frac{V}{3} + \frac{Nb}{4C} + \frac{0.0001}{S}$$

**Wit gietijzer:  
carbon  
equivalent  
CE= 3-10 !!!!!**



- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- Conclusies



The technology innovator.

Wit gietijzer: CE= 3-10 !!!!!



- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies

### Matrix en carbiden verschillen in:

- warmtegeleiding – thermische spanningen
- uitzettingscoëfficiënt – inwendige spanningen

### Carbides en matrix:

- Bros en hard
- Lage breuktaaiheid

Hoge afkoelsnelheid las (lagere afkoelsnelheid  
moedermateriaal) – rest spanningen

stolling met oververzadiging in las – rest spanningen

**Voorverwarmen vermindert inwendige spanningen  
door lagere afkoelsnelheid**

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies

**Table 8 Typical preheat levels for welding cast irons**

Cast iron type	Preheat temperature, °C			
	MMA	MIG	Gas fusion	Powder welding
Ferritic flake	300	300	600	300
Ferritic nodular	RT-150	RT-150	600	200
Ferritic whiteheart malleable	RT*	RT*	600	200
Ferritic blackheart malleable	RT-150	RT-150	600	200
Pearlitic flake	300-330	300-330	600	350
Pearlitic nodular	200-330	200-330	600	300
Pearlitic malleable	300-330	300-330	600	300
White irons	Success reported using quench welding technique with weld peening <sup>14</sup>			

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- **Lassen**
- Conclusies

- Voorverwarmen (= 750 °C)

- Reductie ? T

**Reparatielassen van een groot slijtvast wit gietijzeren product**



## Lassen van wit gietijzer is zeer moeilijk:

- Introductie
- Slijtweerstand
- Classificatie van gietijzer
- Structuur
- Lassen
- **Conclusies**

- Hoge stollings- en afkoelsnelheid
- Vorming van carbides
- Carbides zijn bros, netwerk
- Vorming van martensiet

R&D



**Bedankt voor  
Uw aandacht**

The technology innovator.