



Schadegevallen ten gevolge van thermisch verbinden en warmtebehandelingen

Annick Willems

OCAS NV

Oktober, 2008

OCAS

Onderzoekcentrum voor de Aanwending van Staal



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

R&D binnen ArcelorMittal

OCAS

- 125 onderzoekers en technici: gemiddelde leeftijd van 34 jaar
- 15 nationaliteiten
- 2 locaties: Zelzate en Zwijnaarde

Frankrijk

Gandrange
Imphy
Isbergues
Le Creusot
Maizières
Montataire

België

Gent (OCAS)
Luik

Luxembourg

Esch
Tsjechië
Ostrava

Spanje

Avilés
Spaans Baskenland

Brazilië

Timotéo

Canada

Hamilton

VS

East Chicago

ArcelorMittal R&D

- Meer dan 1.400 fulltime onderzoekers
- Wereldwijd netwerk van 15 laboratoria

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Onderzoeksthema's

- Nieuwe staallegeringen en metallische deklagen



Energietransport



Dikke plaat voor windmolentorens



Elektrische stalen



Waterstofeconomie

- Functionele staaloppervlakken



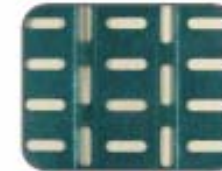
Zelfreinigende oppervlakken



Innovatieve designs



Verhoogde corrosieweerstand



Optimale maakbaarheid

- Staaloplossingen



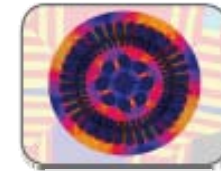
Structureel ontwerp



Lassen



Rapid prototyping uit metaalplaat



FEM simulaties

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Enkele voorbeelden van recent onderzoek



Nieuwe stalen gasfles
40% gewichtsbesparing



Kipper voor graangewassen
8 ton/jr minder CO₂ emissie



Rapid prototyping in staalplaat
Van CAD file tot prototype in 1 dag



Innovatieve wasmachine
Kostreductie, nieuwe look,
geluidsdempend

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Schadegevallen

Schadeonderzoek van/op:

1. Een fiets.
2. Kabelperen.
3. Een wielvelg.

1. Schadeonderzoek op een fiets.



Probleembeschrijving

Werkongeval met een fiets. Een werknemer viel doordat het stuur van de fiets was afgebroken.

Doel van het onderzoek

De reden achterhalen waarom de fiets faalde.

Uitgevoerde onderzoeken:

- **Visuele controle.**
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- Optische microscopie.

Visuele controle

- Reconstructie van de fiets.
- Breuk had plaats ter hoogte van de binnenbalhoofdbuis.



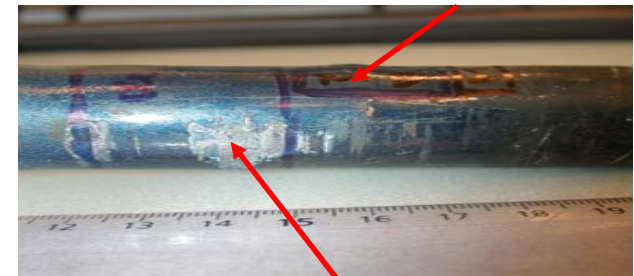
© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Visuele controle

- De binnenbalhoofdbuis was gebroken ter hoogte van de onderste lager.
- De gebroken buis was licht gebogen.
- De verflaag was beschadigd.
- Verdikkingen in de buis waren zichtbaar.

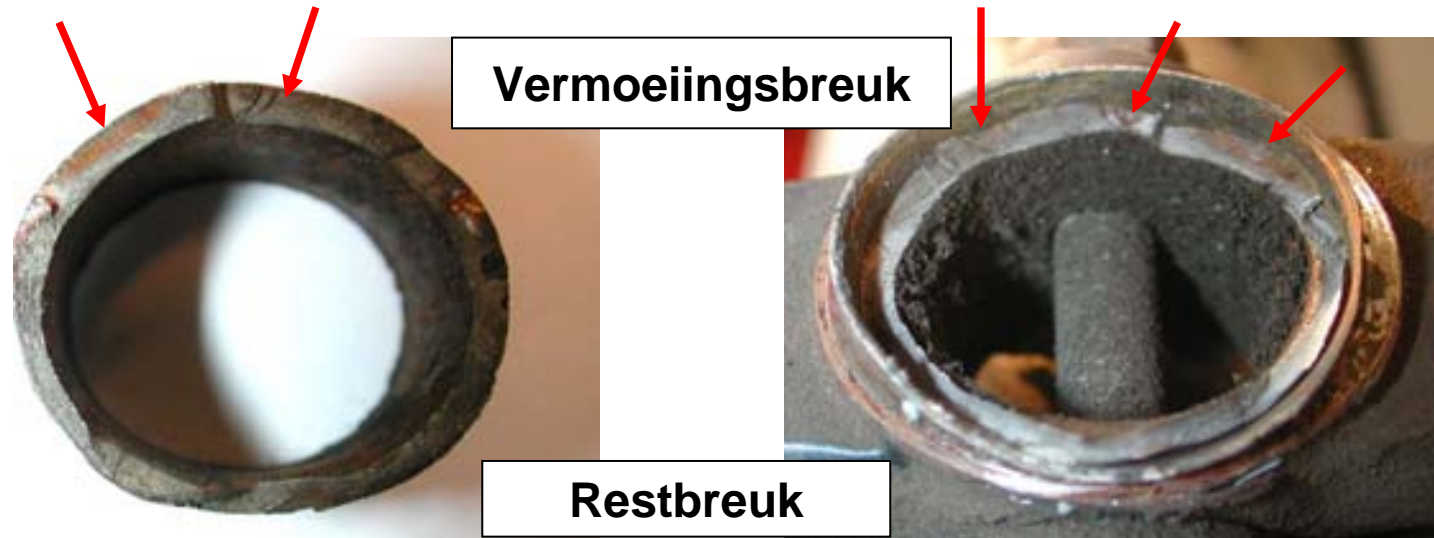


Zijde fietser



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Visuele controle

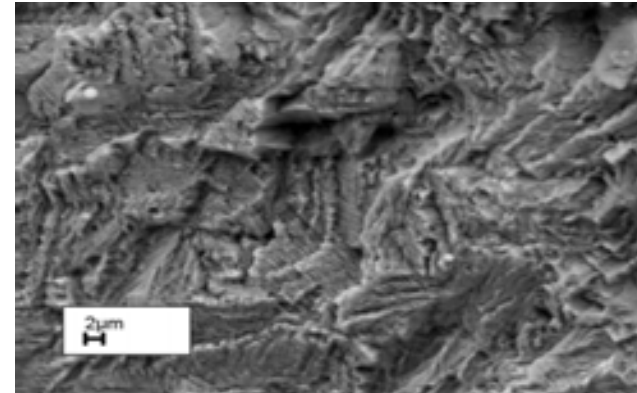
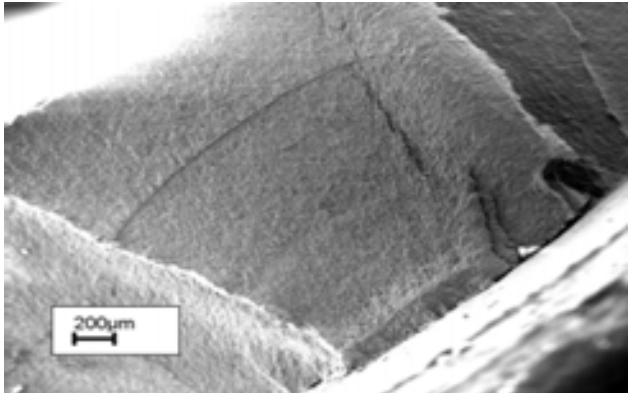


- Verschillende initiatiepunten van waar vermoeiing plaats vond.
- Roestvorming op het breukoppervlak.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Visuele controle.
- **Scanning Electronenmicroscopie (SEM).**
- Optische microscopie.

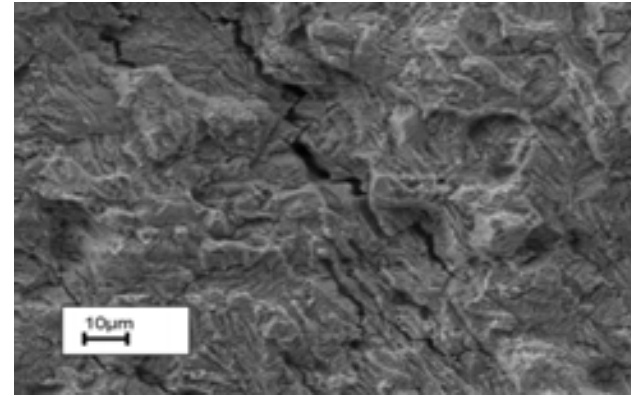
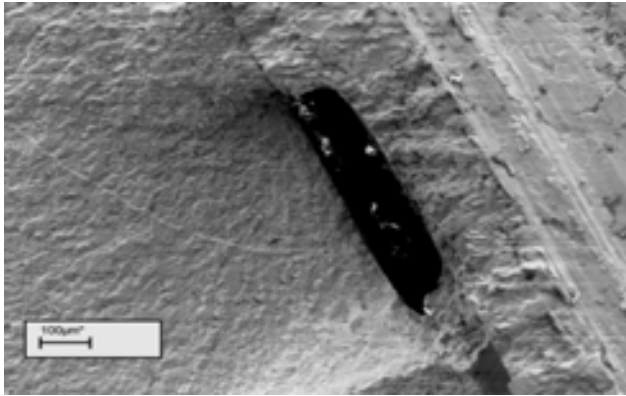
Scanning electronmicroscopie: breukoppervlak



Vermoeiing:

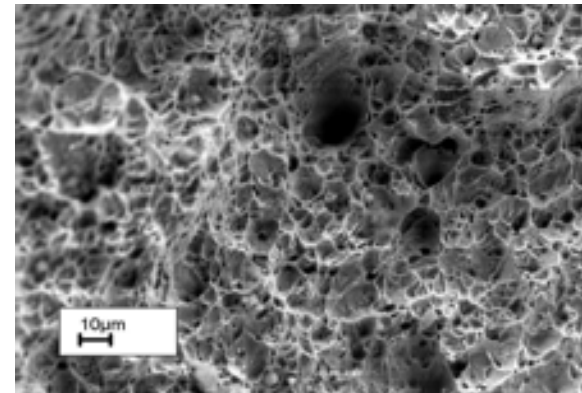
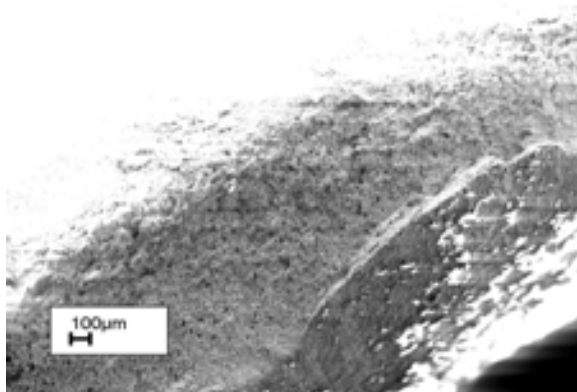
- Rustlijnen.
- Striations (één striation ontstaat bij elke cyclus van belasting).

Scanning electronmicroscopie: breukoppervlak



- Porositeiten in het soldeermateriaal.
- Plaatsen zonder hechting.
- Scheuren.

Scanning electronmicroscopie: breukoppervlak



Restbreuk: ductiele breuk.

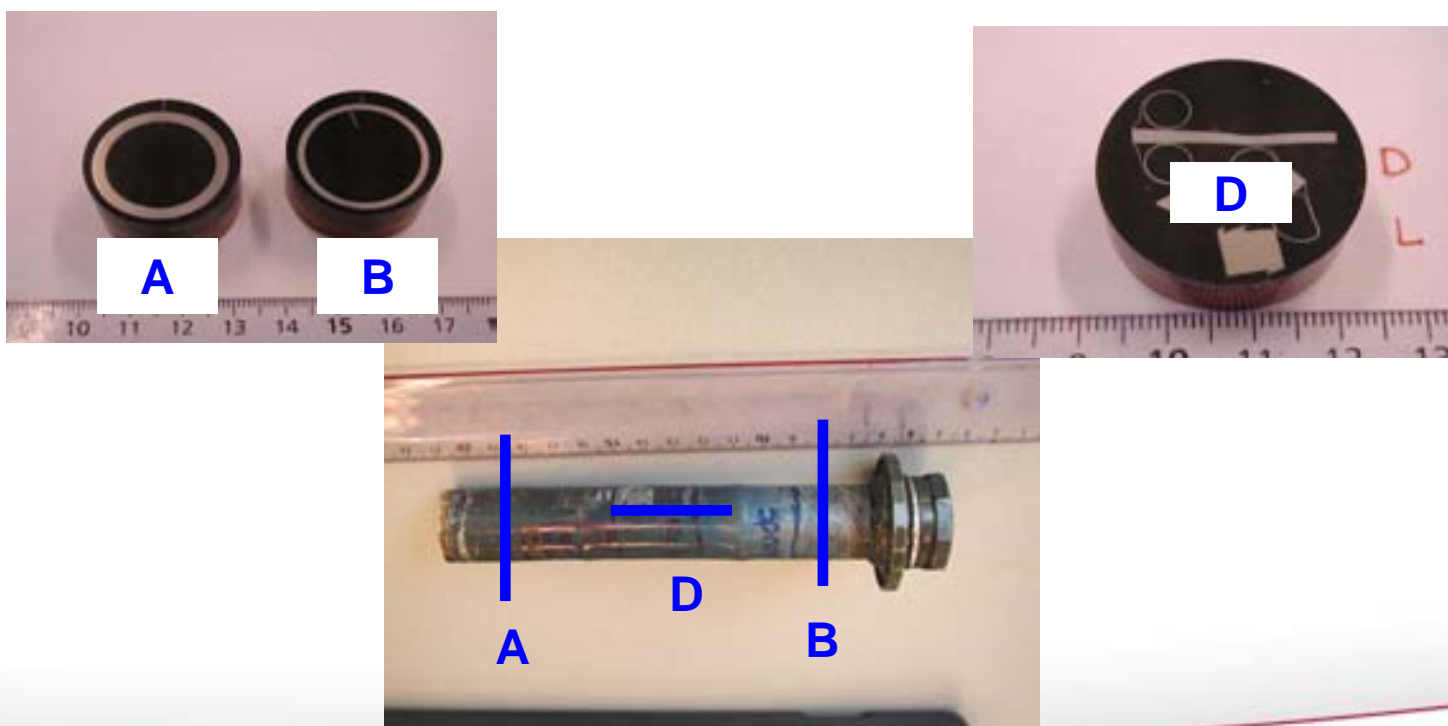
Uitgevoerde onderzoeken:

- Visuele controle.
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- **Optische microscopie.**

Optische microscopie

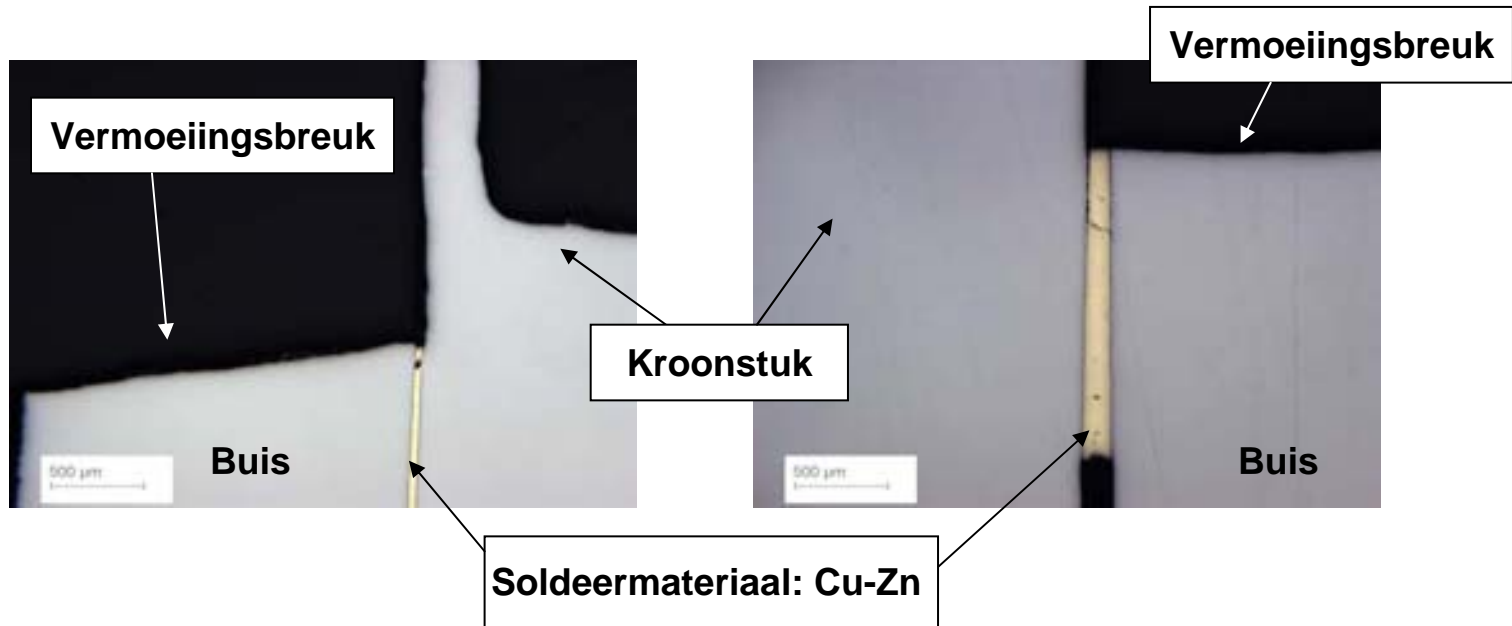
Doorsnedes van binnenbalhoofdbuis.

Verschillen in dikte buis: dikst ter hoogte van het kroonstuk.



Optische microscopie

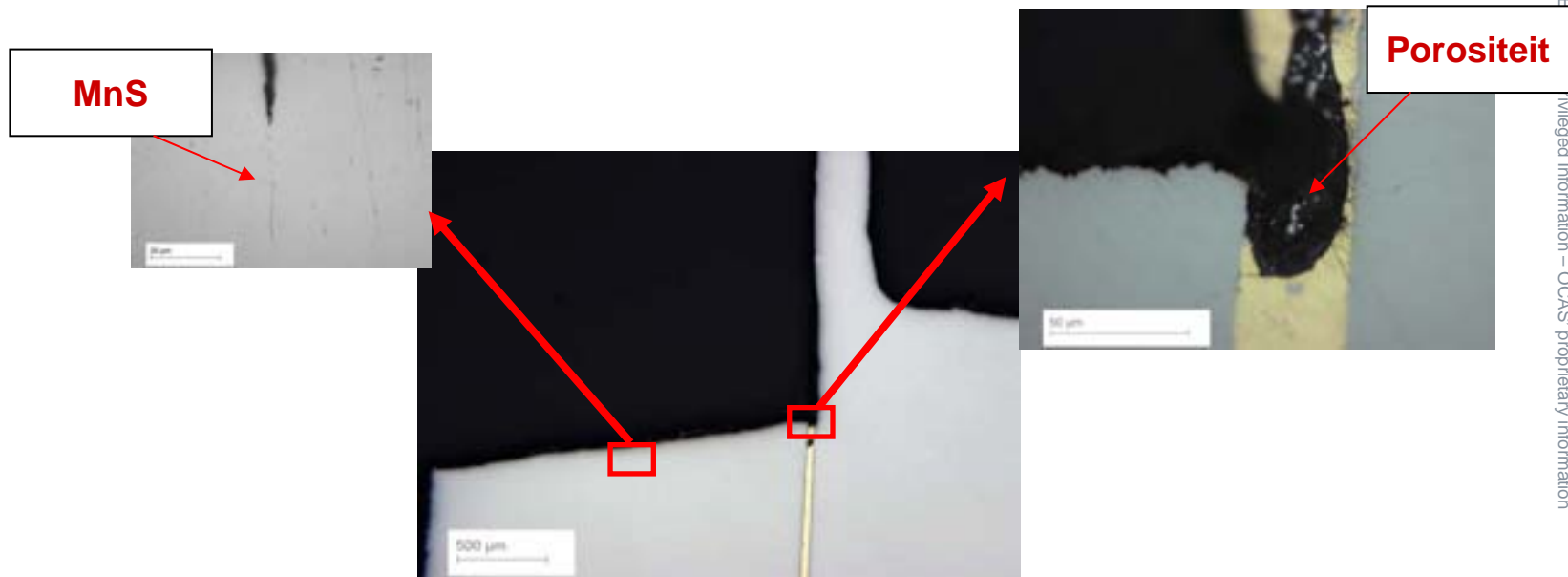
Doorsnedes van vermoedelijke initiatiepunten vermoeiing.



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Optische microscopie

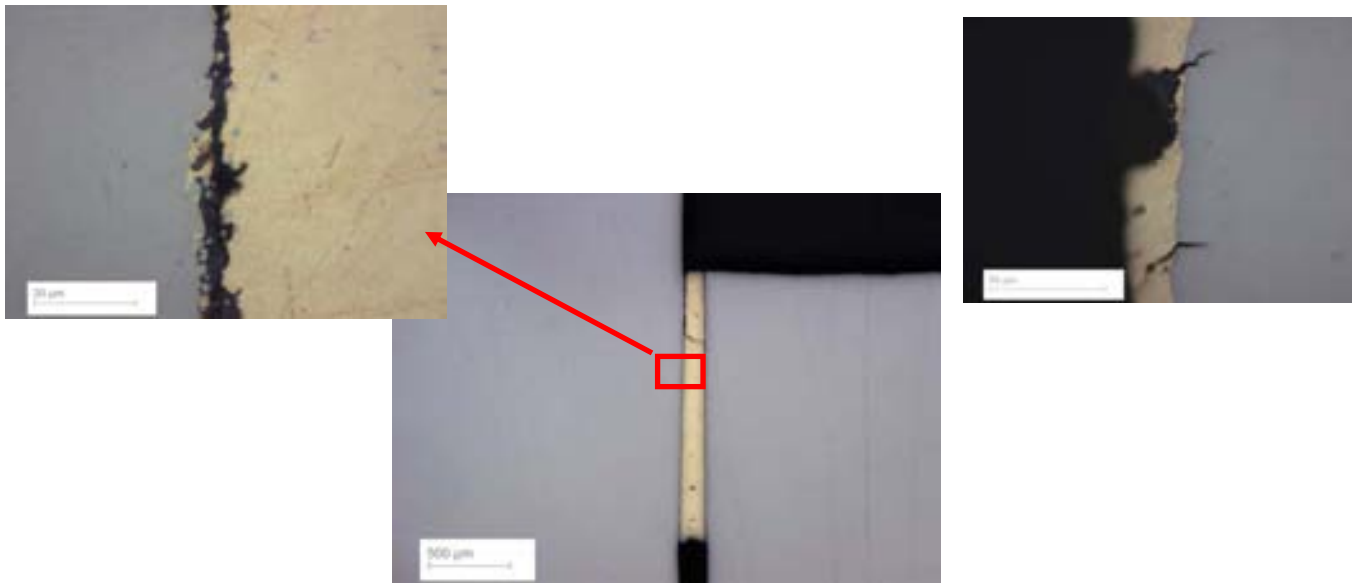
- Initiatiepunt: porositeiten in het soldeermateriaal.
- Scheuren propageren verder langs MnS.



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL
Unleged Information – OCAS' proprietary information

Optische microscopie

- Segregatie van Cu langs de korrelgrenzen.

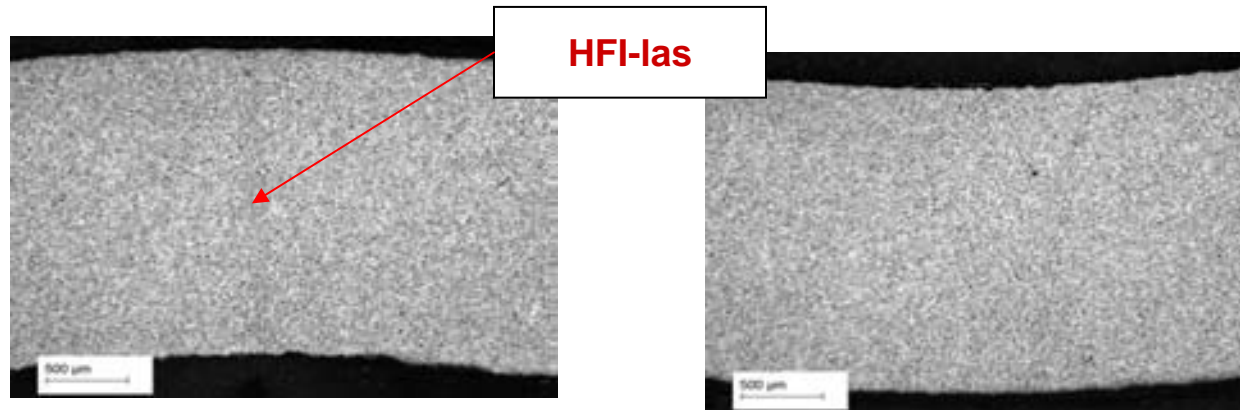


© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Optische microscopie

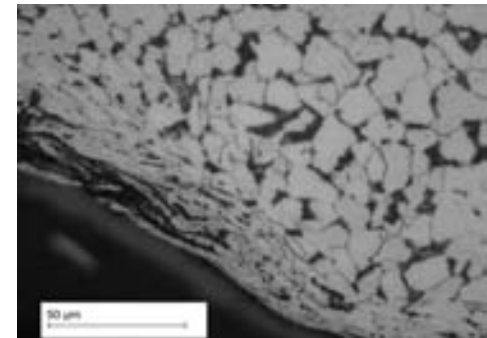
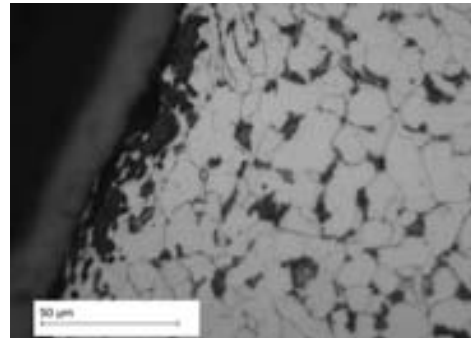
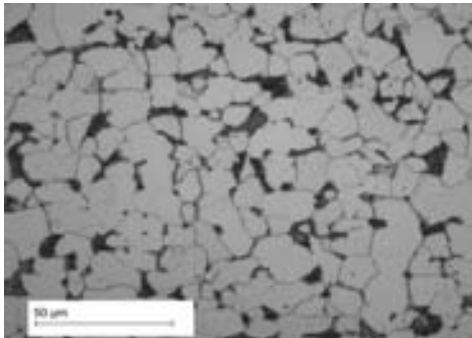
- Hoge frequentie inductie (HFI)-las: ter hoogte van restbreuk.
- Geen HFI-las ter hoogte van vermoeiingsbreuk.

Uitsluiting van de HFI-las ↔ breuk buis



Optische microscopie

- Microstructuur: ferriet – perliet.
- Oppervlaktekwaliteit: schilfers, oxides, vervormd materiaal, ...



Besluit

- Vermoeiingsbreuk had plaats in het kroonstuk waar de binnenbalhoofdbuis gesoldeerd werd.
- Porositeiten in het soldeermateriaal en slechte hechting waren aanwezig.
- Slechte oppervlaktekwaliteit van de buis door aanwezigheid van schilfers, oxides,...

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

2. Schadeonderzoek van kabelperen.



Probleembeschrijving

Ongeval met een grijper van een kraan door het falen van een kabelpeer.

Doel van het onderzoek

De reden achterhalen waarom de kabelpeer faalde.

Uitgevoerde onderzoeken:

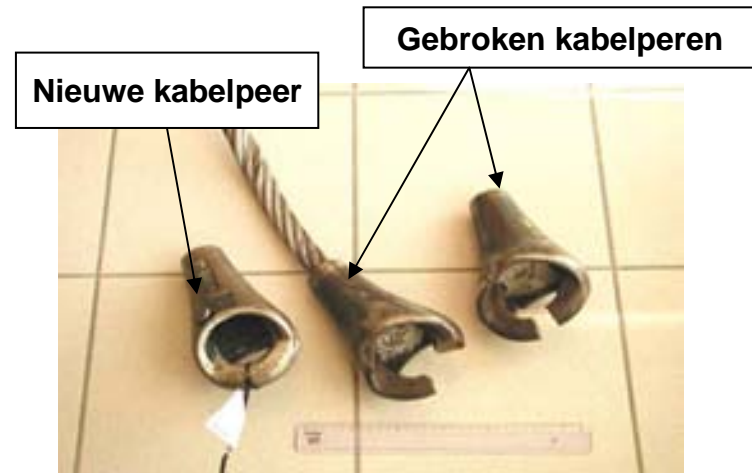
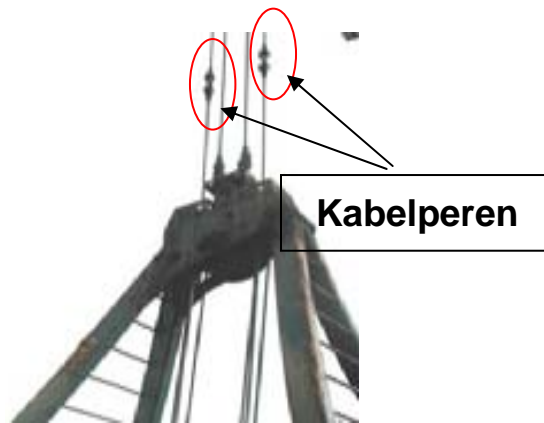
- **Bezoek site: digitale opnames.**
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- Chemische analyse.
- Optische microscopie.
- Analytische Elektronenmicroscopie (EPMA).

Digitale opnames



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Digitale opnames

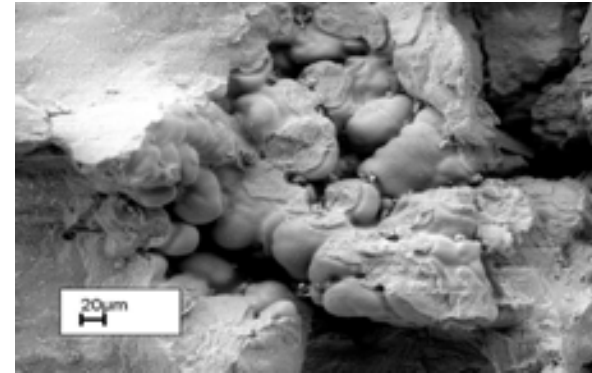
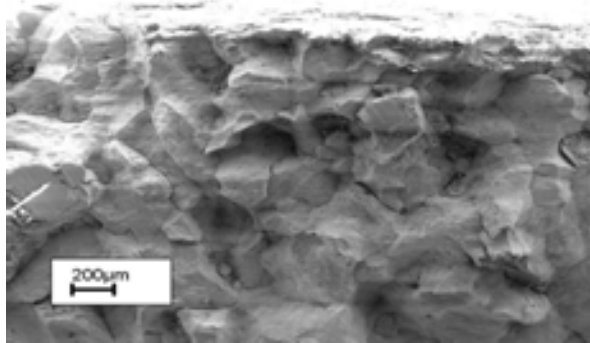


Vergelijkende studie werd uitgevoerd op de gebroken kabelperen en een nieuwe kabelpeer.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Bezoek site: digitale opnames.
- **Scanning Electronenmicroscopie (SEM).**
- Chemische analyse.
- Optische microscopie.
- Analytische Elektronenmicroscopie (EPMA).

Scanning electronmicroscopie: Breukoppervlak



- Hoofzakelijk brosse breuk.
- Dendrieten.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Bezoek site: digitale opnames.
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- **Chemische analyse.**
- Optische microscopie.
- Analytische Elektronenmicroscopie (EPMA).

Chemische analyse

Hadfield staal

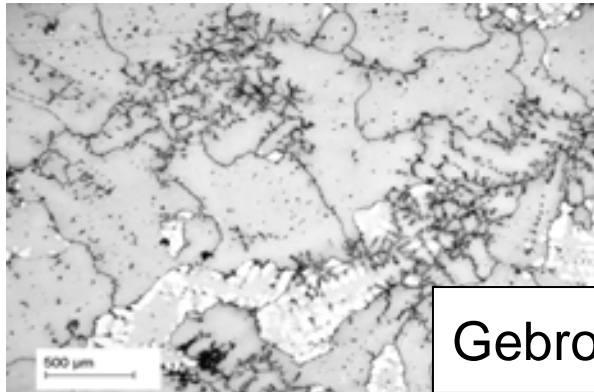
Element	%
B	0.001
Al	0.12
Si	0.76
P	0.030
V	0.012
Cr	0.80
Mn	14
Ni	0.14
Cu	0.25
As	0.008
Nb	0.002
Mo	0.040
Sn	0.010
Sb	0.004
C	1.08
N	0.027
S	0.0053

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

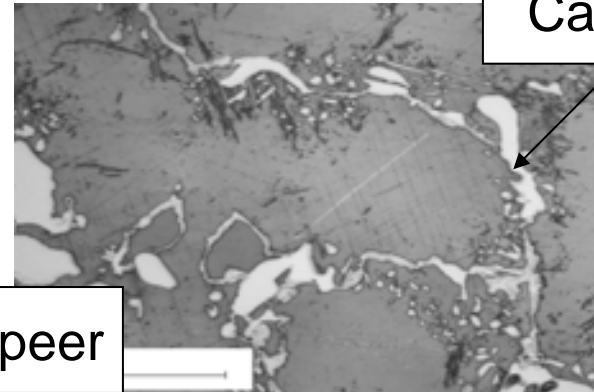
Uitgevoerde onderzoeken:

- Bezoek site: digitale opnames.
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- Chemische analyse.
- **Optische microscopie.**
- Analytische Elektronenmicroscopie (EPMA).

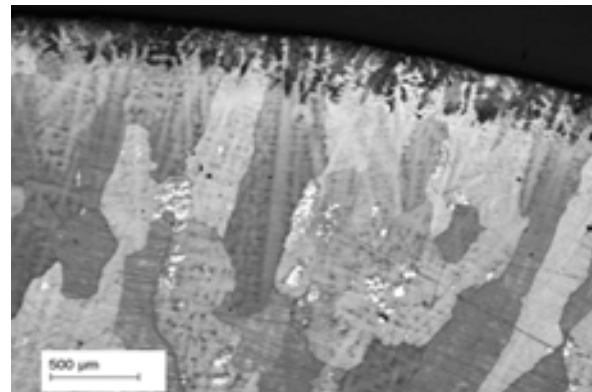
Optische microscopie: gebroken en nieuwe kabelpeer



Gebroken peer



Carbides



Nieuwe peer

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Optische microscopie: gebroken en nieuwe kabelpeer

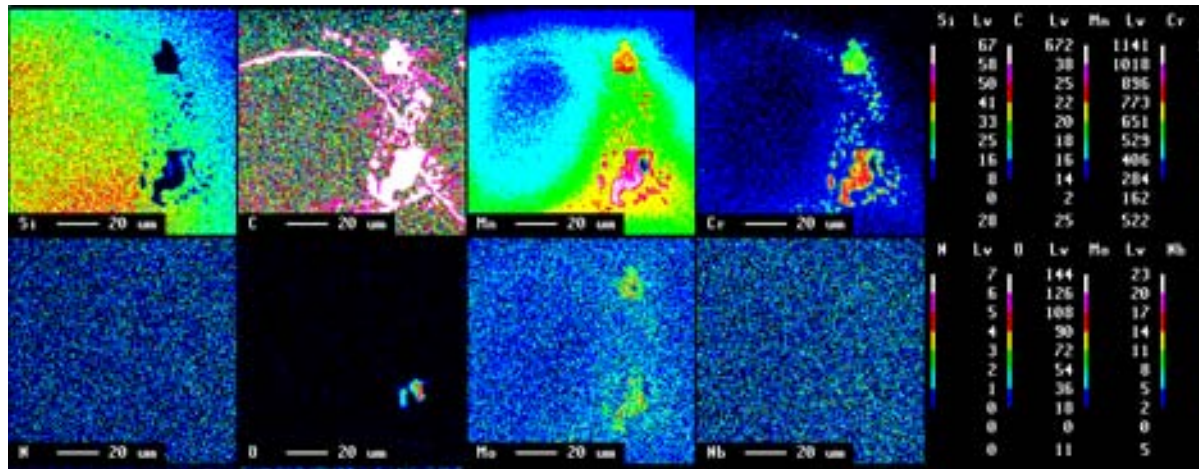
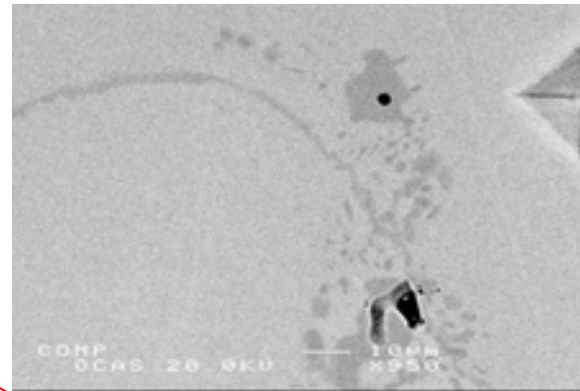
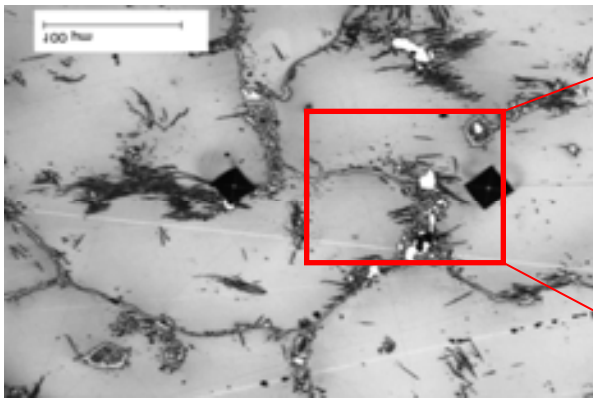
Duidelijk verschil in microstructuur tussen gebroken en nieuwe kabelpeer ten gevolge van de warmtebehandeling.

Bij de gebroken kabelpeer werden Mn/Cr-carbiden waargenomen langs de korrelgrenzen.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Bezoek site: digitale opnames.
- Scanning Electronenmicroscopie (SEM).
- Chemische analyse.
- Optische microscopie.
- **Analytische Elektronenmicroscopie (EPMA).**

Analytische elektronenmicroscopie: EPMA



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
 Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
 CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Besluit

Breuk ontstaan door carbide-vorming langs de korrelgrenzen ten gevolge van een ongecontroleerde thermische behandeling.



3. Schadeonderzoek van een wielvelg.

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information



Probleembeschrijving

Tijdens het transport was een van de buitenbanden van een plakkentransportwagen ontploft. De velg bleek gebroken te zijn.

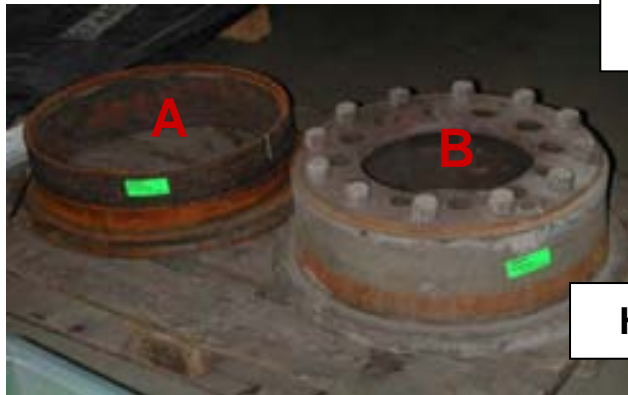
Doel van het onderzoek

De reden achterhalen waarom de wielvelg faalde.

Uitgevoerde onderzoeken:

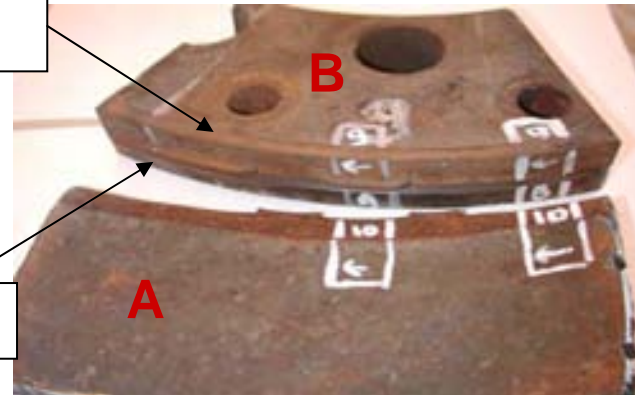
- **Visuele controle.**
- Optische microscopie.
- Hardheidsmetingen.
- Chemische analyse.

Visuele controle



Hoeklas 1

Hoeklas 2



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

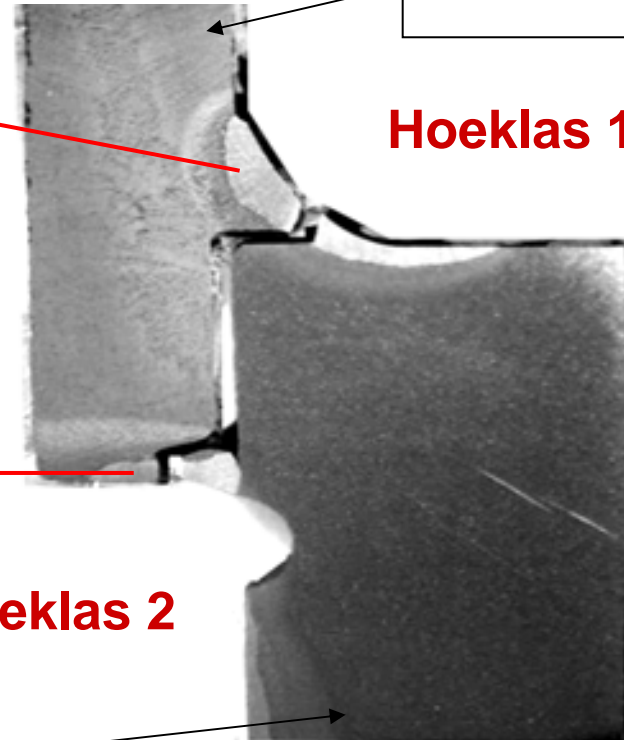
Visuele controle

- Wielvelg was gebroken ter hoogte van beide hoeklassen.
- Onvolledige doorlassing ter hoogte van hoeklas 2.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Visuele controle.
- **Optische microscopie.**
- Hardheidsmetingen.
- Chemische analyse.

Optische microscopie



Deel A van velg

Hoeklas 1

Hoeklas 2

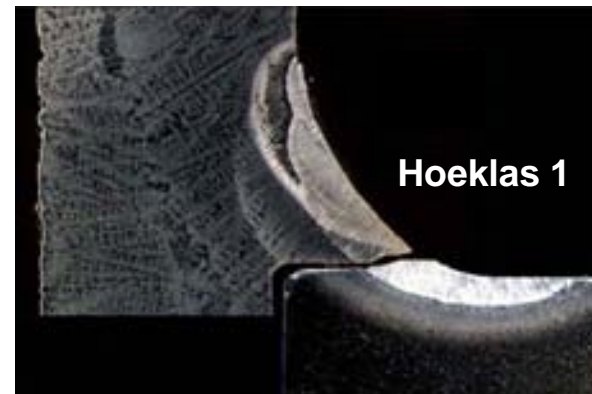
Deel B van velg

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Optische microscopie



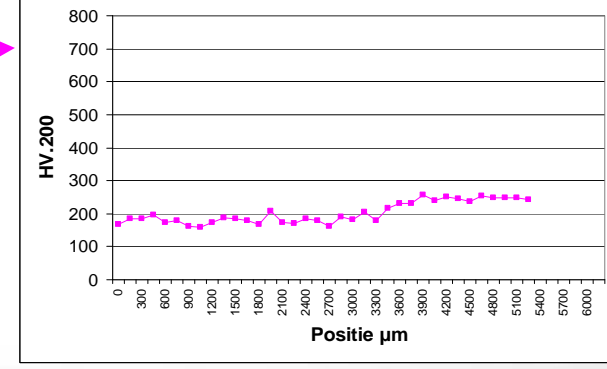
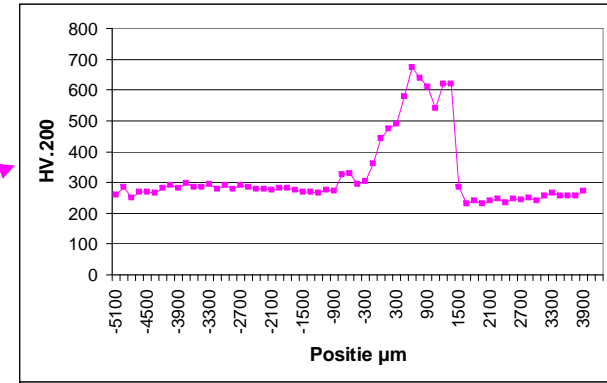
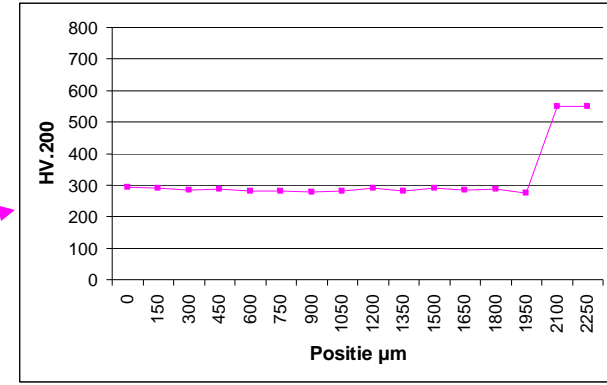
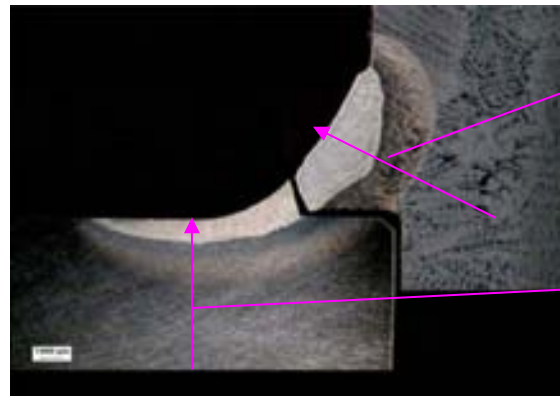
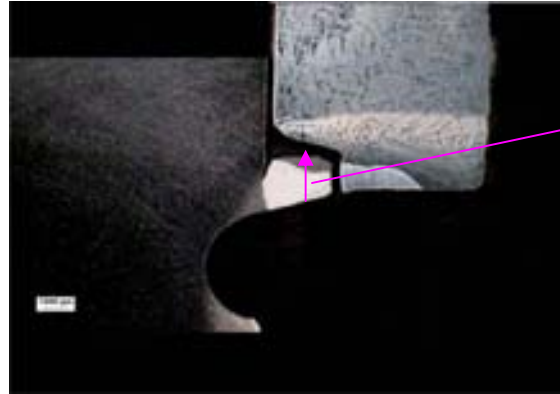
- Vermoedelijk scheurinitiatie aan de laswortel van las 2 en propagatie in martensiet.
- Kleine doorlassing in deel B.
- Meerlagenlas.



Uitgevoerde onderzoeken:

- Visuele controle.
- Optische microscopie.
- **Hardheidsmetingen.**
- Chemische analyse.

Hardheidsmetingen



© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
 CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Hardheidsmetingen

- In de warmte-beïnvloede zone van deel A van de velg loopt de hardheid op tot 700 HV. Dit is een indicatie dat martensiet aanwezig is.
- Deze hoge hardheden werden niet opgemerkt in de warmte-beïnvloede zone van deel B.

Uitgevoerde onderzoeken:

- Visuele controle.
- Optische microscopie.
- Hardheidsmetingen.
- **Chemische analyse.**

Chemische analyse

- C_{ev} voor A = 0.63%
- C_{ev} voor B = 0.34%

Element	A (%)	B (%)
C	0.30	0.18
Mn	1.4	0.91
Si	0.51	0.012
P	0.024	0.016
S	0.026	0.011
Al	0.062	0.060
Al_met	0.029	0.036
Ti	0.0008	0.0009
Cr	0.089	0.016
Ni	0.089	0.018
Cu	0.15	0.017
As	0.0081	0.0094
Sn	0.0085	0.0018
Nb	0.0012	0
B	0.0008	0.0008
V	0.0090	0.0021
Sb	0.0027	0
Mo	0.29	0.0081
Ca	0.0015	0

© 2007 – OCAS – All rights reserved for all countries
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization of OCAS
CONFIDENTIAL – Privileged Information – OCAS' proprietary information

Besluit

- Bij een van beide lassen kon waargenomen worden dat een meerlagenlas gelegd was. In beide hoeklassen werd de las afgedraaid tot een een zeer kleine – soms te kleine – keelhoogte.
- De hogere C_{ev} van 0.62% voor deel A verklaart ook de aanwezigheid van martensiet in de warmte-beïnvloede zone. Dit vraagt speciale zorg tijdens/na het lassen.
- Vermoedelijk is de breuk ontstaan in de wortel van hoeklas 2 en is verder gepropageerd langs de harde, martensitische fase. De restbreuk had daarna plaats in het centrum van de las.