
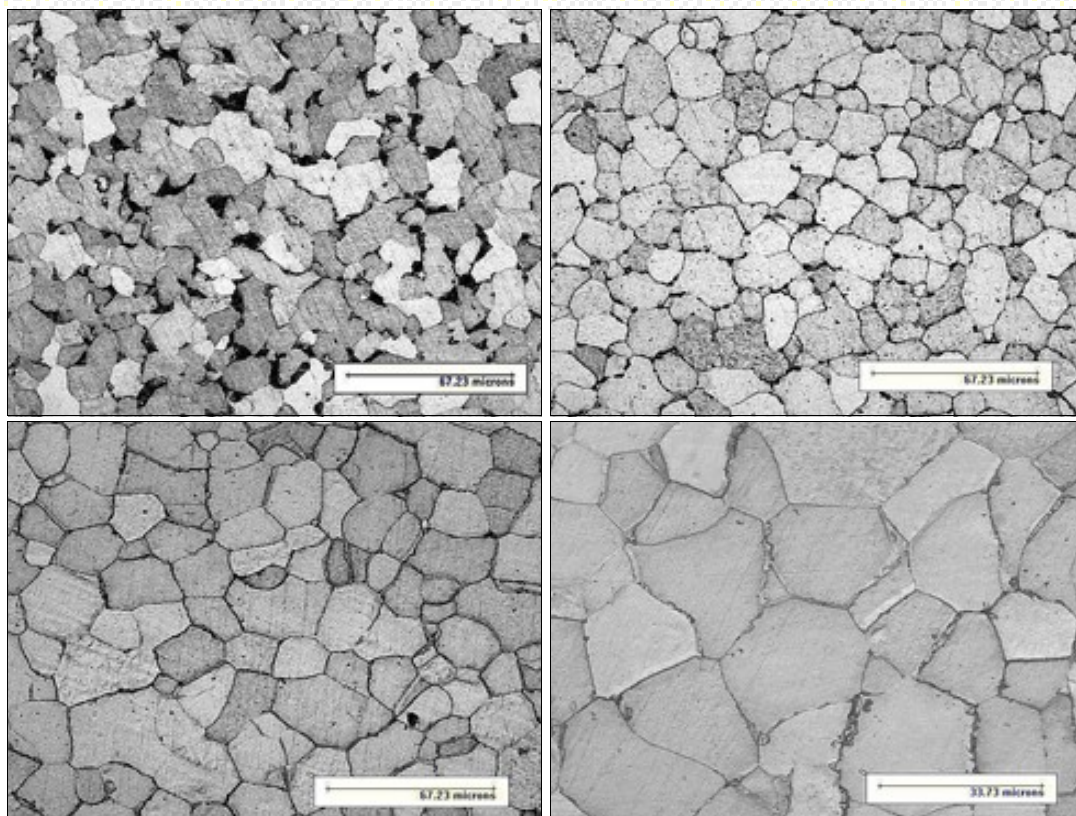


REPLICATECHNIEK STEEDS MEER TOEGEPAST [DEEL 2]

TOEPASSINGEN

De replicatechniek wordt almaar bekender en vaker toegepast in het metallografisch onderzoek vanwege zijn niet-destructieve aard en grote snelheid. In een eerste artikel (Metallerie 151) werd besproken wat de replicatechniek inhoudt en werd de techniek vergeleken met het gewone metallografische onderzoek. In deze bijdrage overlopen we enkele toepassingen.

 Door Vandevyver Andries, ing. (IBS-BIL)



Boven v.l.n.r. Figuur 1a: koolstofstaal van een schouw in oorspronkelijke toestand; er is lamellair perliet aanwezig, x 500; **figuur 1b:** zelfde materiaal als hierboven op een andere locatie - het lamellair perliet is omgevormd tot globulair perliet, x 500 **Onder v.l.n.r. Figuur 1c:** zelfde materiaal als hierboven op een andere locatie - koolstofstaal is gedegradeerd tot ferriet met korrelgrenscarbides (en cementietlamellen), x 500; **figuur 1d:** idem als hierboven - ferriet + korrelgrenscementiet, x 1.000

TOEPASSINGSGBIEDEN

Het replica onderzoek strekt zich uit over twee domeinen. In het eerste domein onderzoekt men de microstructuur van het materiaal om een bewijs te hebben van de geleverde of gewenste kwaliteit of om een evolutie vast te stellen in het materiaal. Het tweede domein van het replica-onderzoek strekt zich uit over het schade- en scheuronderzoek.

MICROSTRUCTUUR VAN HET MATERIAAL

Veroudering

Bij koolstofstaal kan men vaststellen in welke mate het materiaal is verouderd. Men kan een verouderingsproces volgen in het verschijnen van achtereenvolgens lamellair perliet (de meest oorspronkelijke toestand), globulair perliet, aaneengesloten of geïsoleerde carbides op de korrelgrenzen, het verschijnen van korrelgrenscementiet (een dunne film op de korrelgrenzen), de aanwezigheid van enkel en alleen ferriet (zie de figuren 1a-1b-1c-1d). In een uiterst geval kan zich grafitisatie voordoen (de overgang

van het metastabiel stelsel naar het stabiel stelsel), waarbij het taai koolstofstaal is getransformeerd tot bros gietijzer (zie de figuren 2a en 2b).

Controle op temperatuurbehandeling: brosse of taai eigenschappen
Aan de hand van de microstructuur kan men nagaan of een koolstofstaal een temperatuurbehandeling heeft ondergaan en in welke mate. De korrelgrootte, berekend op de microfoto volgens ASTM E112, is een belangrijke waarde om de kwaliteit van het staal te kennen.

Een fijne korrel wijst op taai eigenschappen, een grove korrel op brosse eigenschappen (ongewenst).

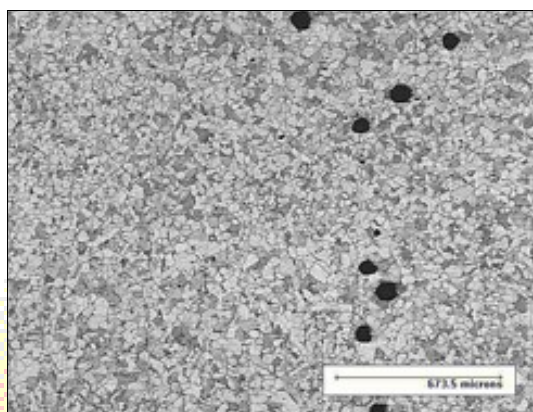
Bij bros gedrag kan een plotse breuk optreden, bij impact, en dat vooral bij koude temperaturen. Dat is gevaarlijk aangezien men niet de tijd heeft om in te grijpen. Ook de vorm van het perliet (naaldvormig?) kan wijzen op een verhoogd bros gedrag.

Oververhitting

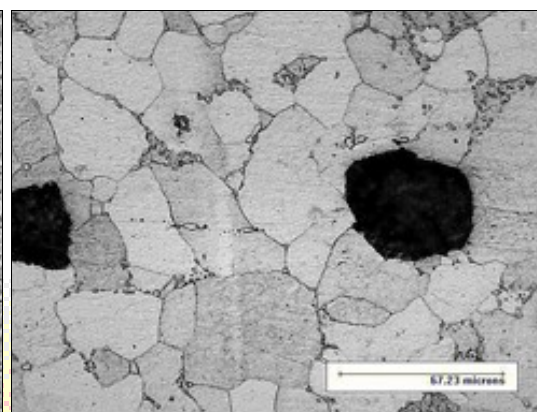
Soms wordt navraag gedaan in welke mate de structuur veranderd is ten gevolge van een

oververhitting: bijvoorbeeld aan een schoorsteen, in een warmtewisselaar na droogstoken, in een oven, na een brand (I-profielen). Er wordt vooral nagegaan of er korrelgroei is opgetreden.

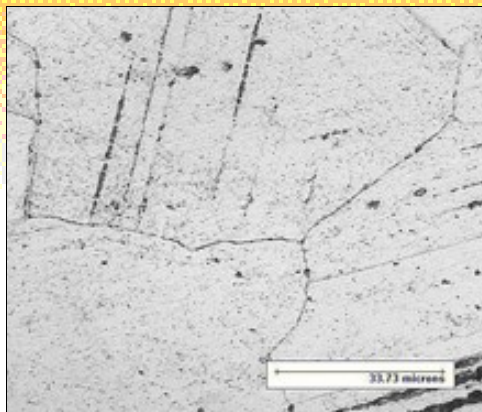
Na een oververhitting kan men zich afvragen in welke mate het materiaal nog bruikbaar is. Bij roestvast staal kunnen de titaancarbides (gemakkelijk herkenbaar op de microstructuur) verdwijnen bij verhitting boven de 1.100 °C, met mogelijk nefaste gevolgen op het vlak van corrosie (gevaar voor 'knife line attack').



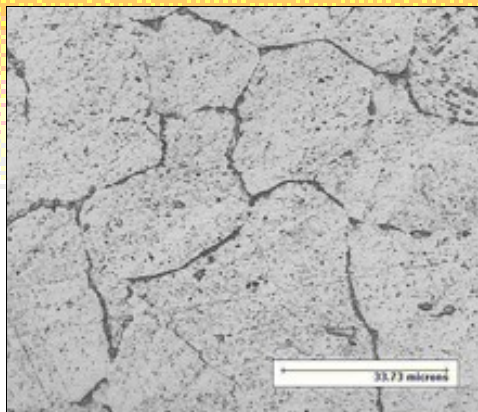
Figuur 2a: grafitisatie in koolstofstaal, x 50



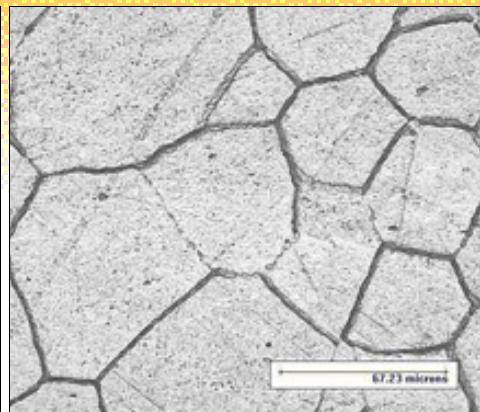
Figuur 2b: detail, x 500



Figuur 3a: 'step structure' in roestvast staal (geïsoleerde carbides op de korrelgrenzen), x 1.000, LG 00-030



Figuur 3b: 'dual structure' in roestvast staal (aaneengesloten carbides op de korrelgrenzen, nog geen enkele korrel volledig omringd), x 1.000, LG 00-030



Figuur 3c: 'ditch structure' in roestvast staal (aaneengesloten carbides op de korrelgrenzen, minstens één korrel volledig omringd), x 500, LG 00-030

Sensitisatietest

Bij roestvast staal is een van de meest voorkomende onderzoeken het onderzoek op sensitisatie, de gevoeligheid voor aantasting door agressieve producten, in aanwezigheid van vocht. Dat wordt bepaald door de hoeveelheid aan carbideprecipitatie op de korrelgrenzen. De test volgens ASTM 262, practice A voorziet een etsing met chroomzuur 10% voor 90 seconden aan 1A/cm² en onderscheidt een step structure (begin van aantasting), een dual structure en een ditch structure (volledig aangetast) (zie figuren 3a-3b-3c). Bij gevoeligheid voor intergranulaire corrosie kan zich o.i.v. zuur een zeer snelle scheurvorming voordoen in het roestvaste staal.

SCHADE- EN SCHEURONDERZOEK

Thermische vermoeiing

Dit proces levert een typisch scheurpatroon van vele evenwijdige scheuren, loodrecht op de spanningen, gevuld met oxides (zie figuren 4a-4b). Bij thermische vermoeiing is herstelling door het wegslijpen van de scheuren onmogelijk, aangezien het proces zich voortzet op het reeds bereikte aantal cycli.

Waterstofchloride spanningscorrosie of caustic cracking?

Een scheurfenomeen als interkristallijne corrosie kan men reeds herkennen aan zijn vertakt scheurpatroon in ongeëtsde toestand. Wanneer men hierbij ook nog kan

zeggen of de scheuren doorheen de korrels gaan (transkristallijn) of de korrelgrenzen volgen (interkristallijn), dan kan men besluiten of de oorzaak ligt in een caustische aanval (caustic cracking) dan wel een zure aanval (chloride-spanningscorrosie).

Microscheuren aanwezig?

Na de reiniging van ovens of warmtewisselaars (petrochemische industrie) d.m.v. een CTP-reiniging of explosieve reiniging (lichte dynamietexplosies op microschaal, bij temperaturen van 200 °C) wil men weten of er geen microscheuren zijn ontstaan in het materiaal.

Kruip

Om met zekerheid een onderscheid

te kunnen maken tussen carbides of kruipholtes, kan men de replica eenmalig onderzoeken met behulp van de elektronenmicroscop. Een langdurige bestraling vernietigt namelijk de replicafolie. Carbides tonen zich wit, holtes zwart.

Bij onderzoek op kruip is het nodig dat het materiaal wordt geëts, aangezien polijsten microholtes in het materiaal dichtsmoort. In het beginstadium van kruip kan niet altijd een onderscheid worden gemaakt tussen eventuele holtes (hoewel, die liggen op de korrelgrenzen) of polijstfactoren (uitgetrokken carbides, stof, spatten ...).

Wat zit er in de scheur?

Soms wordt op een replica in vermoedelijke oxides of in scheuren een semikwantitatieve Energy Dispersive X-ray analyse uitgevoerd (een benaderende chemische analyse met behulp van de elektronenmicroscop). Bij een replicaname wordt immers steeds een weinig aan materiaal afgestript.

Welk materiaal?

Bij oude turbines is het soms niet geweten of bepaalde onderdelen vervaardigd zijn uit gietstaal (eenvoudig lasbaar) of uit gietijzer (moeilijk lasbaar).

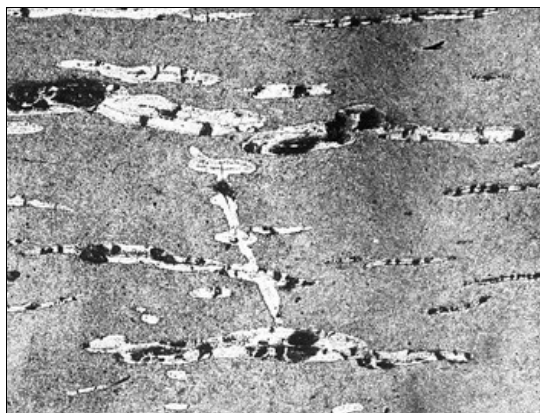
Liquid metal embrittlement

Zn, Pb en Cd kunnen in vloeibare vorm onder bepaalde omstandigheden binnendringen langsheen de korrelgrenzen en zo het staal verbrossen (zie figuren 5a-5b).

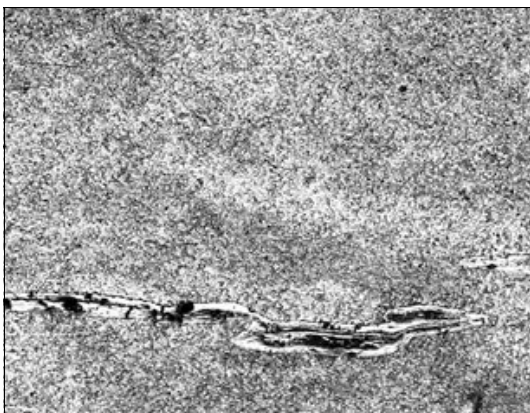
CONCLUSIE

De vele voorbeelden tonen aan dat men via de replicatechniek een schat aan informatie kan verkrijgen voor een schadeanalyse of het tot stand brengen van een 'root cause analysis'.

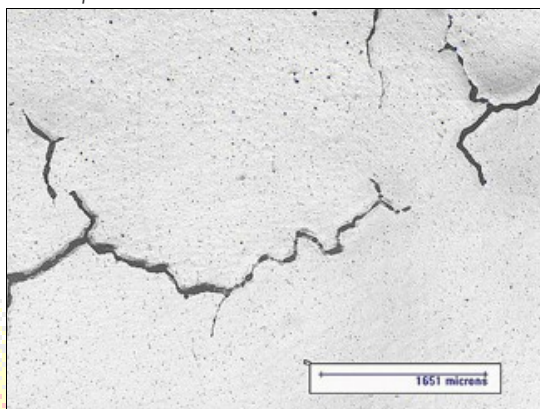
Wanneer een destructief onderzoek onmogelijk is, dan is een replica-onderzoek dikwijls de enige uitweg. □



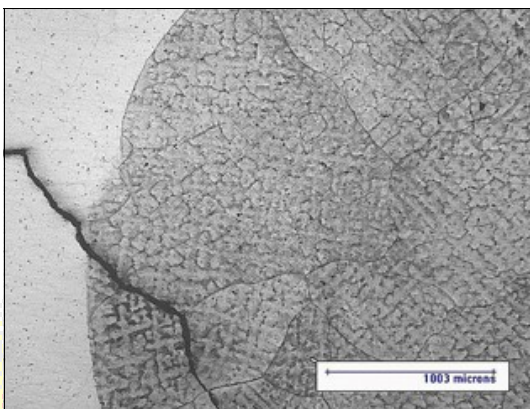
Figuur 4a: thermische vermoeiing in C-staal, de gegolfde vuurgang van een stookketel, x 50, opname aan de rand van de replica



Figuur 4b: idem, opname in het centrum van de replica



Figuur 5a: intergranulair scheuren in 25Cr/4Ni ten gevolge van Pb en Cd (Liquid Metal Embrittlement), x 20, LG98/063



Figuur 5b: idem, in nietgeëtsd deel (links) en in een geëtsd deel (rechts)