



Dedicated to innovation in aerospace

NLR
90 years



Hoge temperatuur breukvlakken

Henk Kolkman, twee voor twaalf

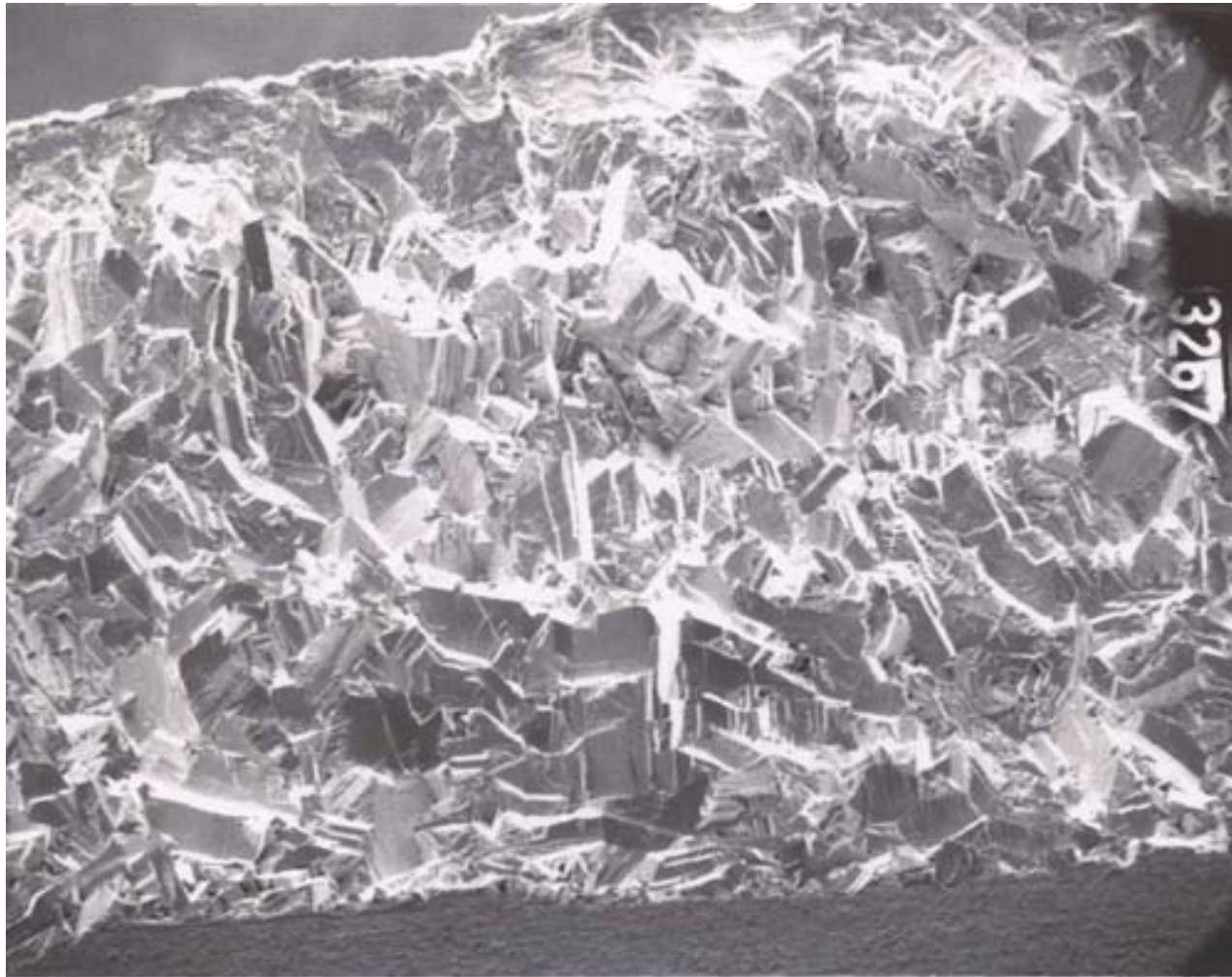
NLR 90 jaar

Roots for the Future

Het NLR stond in 1919 aan de basis van de mondiale luchtvaart. Reden om terug te blikken, maar vooral om vooruit te kijken. Hoe ziet de luchtvaart er in de toekomst uit? Welke revolutionaire voortstuwingstechnieken, vliegprocedures en vliegtuigontwerpen zullen het daglicht zien? Het NLR denkt vooruit, zoals het dat al 90 jaar doet.

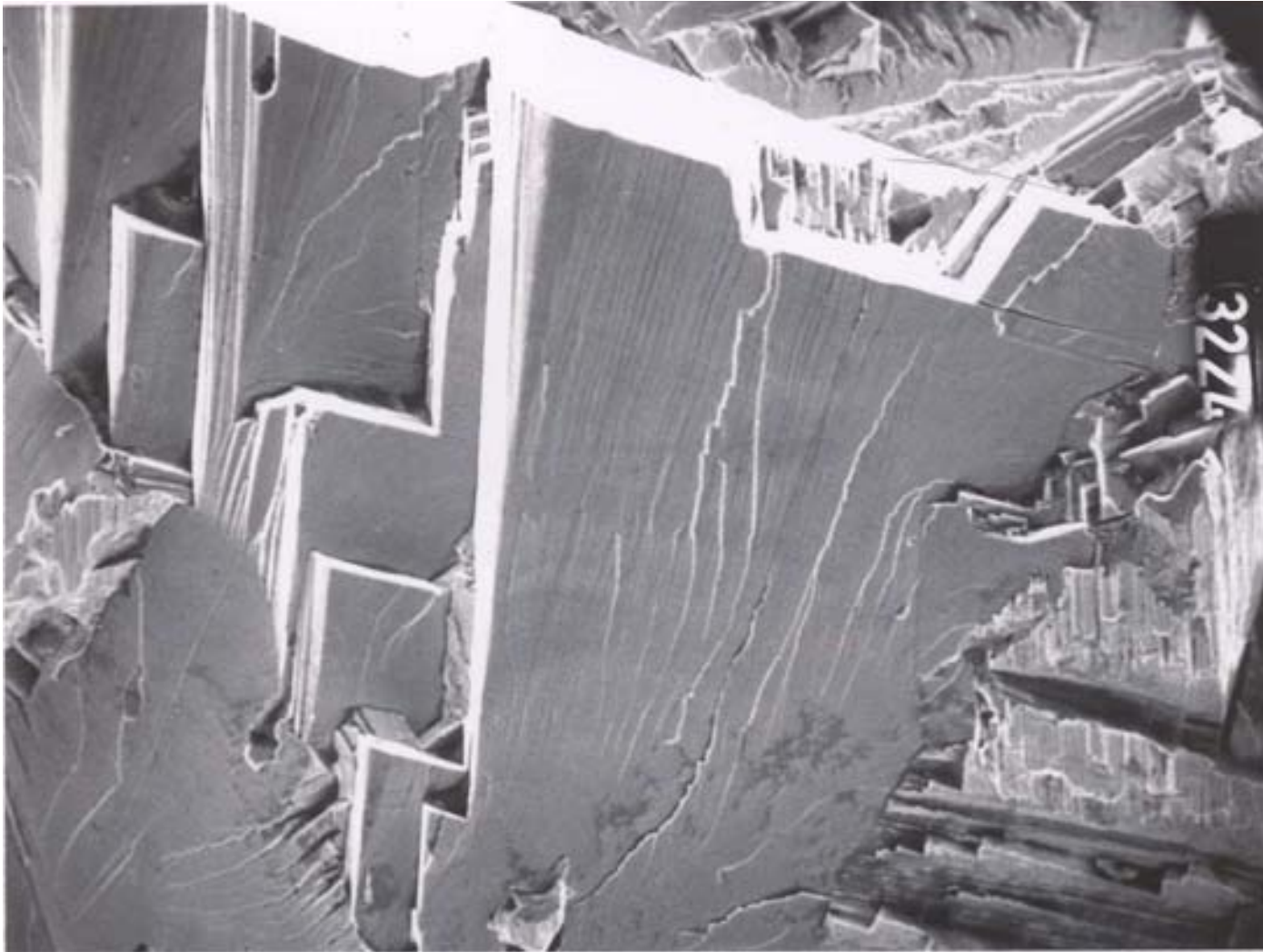


Voorbeeld 1: IN718 blad Lynx helicopter



200 μm

Voorbeeld 1 (detail vorige foto)



25 µm



Voorbeeld 1

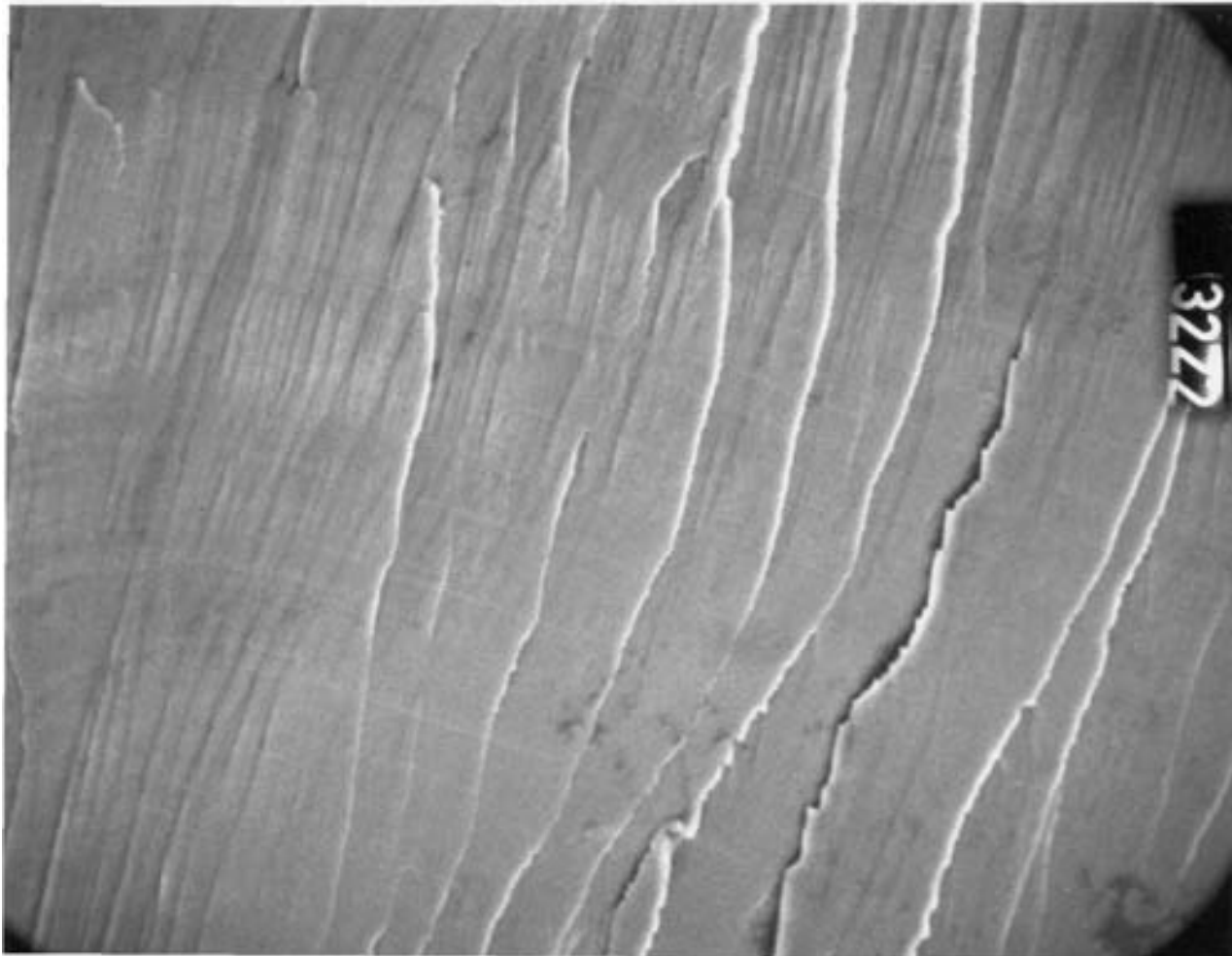
- **Wat is dit ??????**

Voorbeeld 1

Dit is Stage 1 fatigue

- **dat stadium is sterk kristallografisch bepaald**
- **gaat aan Stage II (Striations) vooraf**
- **kan in superlegeringen groot gebied beslaan**

Voorbeeld 1: klein stuk Stage II fatigue



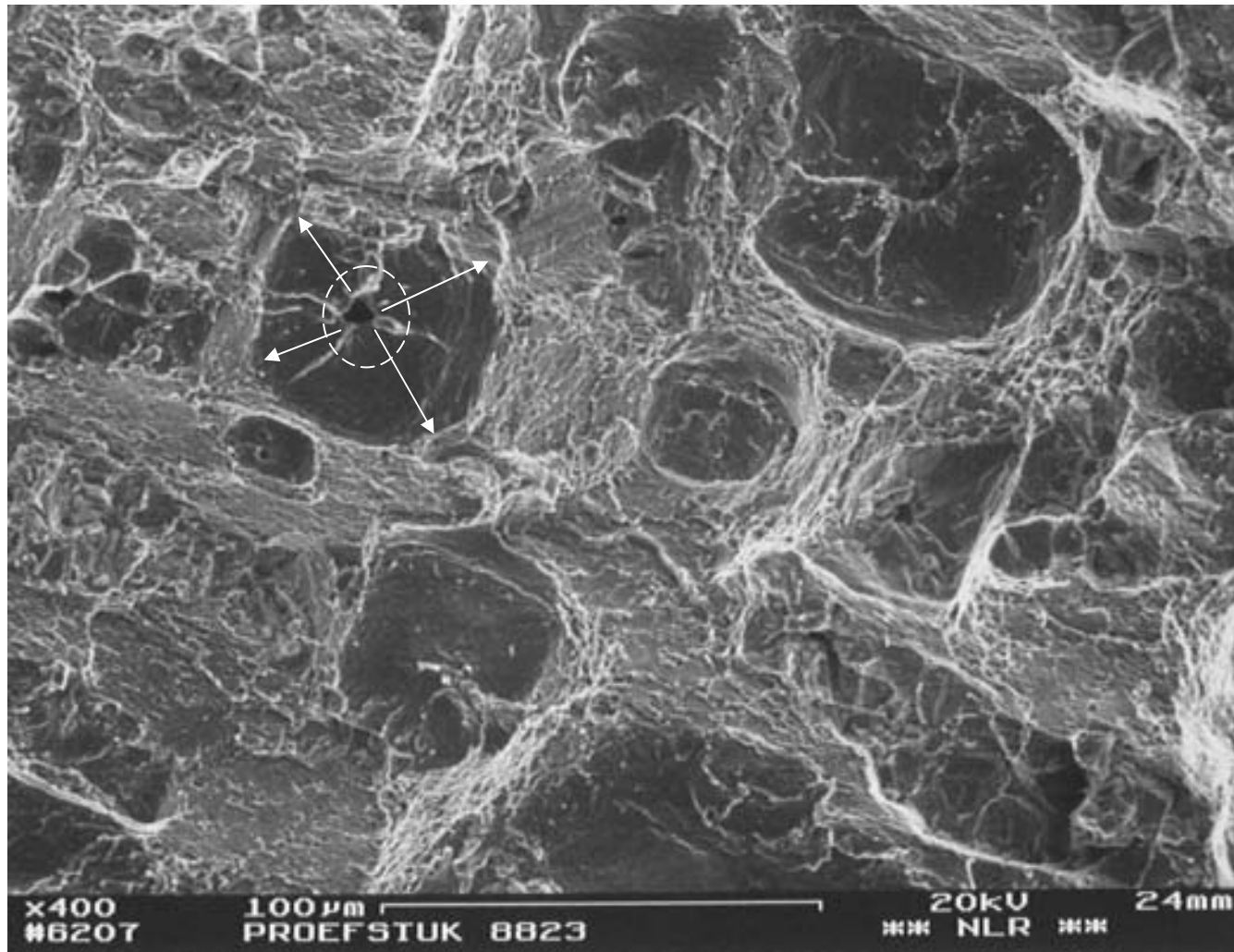
10 μm

Voorbeeld 2+3: Hoe breekt een eenkristal ??

Turbine schoepen zijn tegenwoordig doorgaans gemaakt van eenkristallen.

- **Kruip**
Normaal breuk langs korrelgrenzen, maar die zijn er niet bij een eenkristal.
- **Vermoeiing**

Voorbeeld 2: kruip in SC superlegering

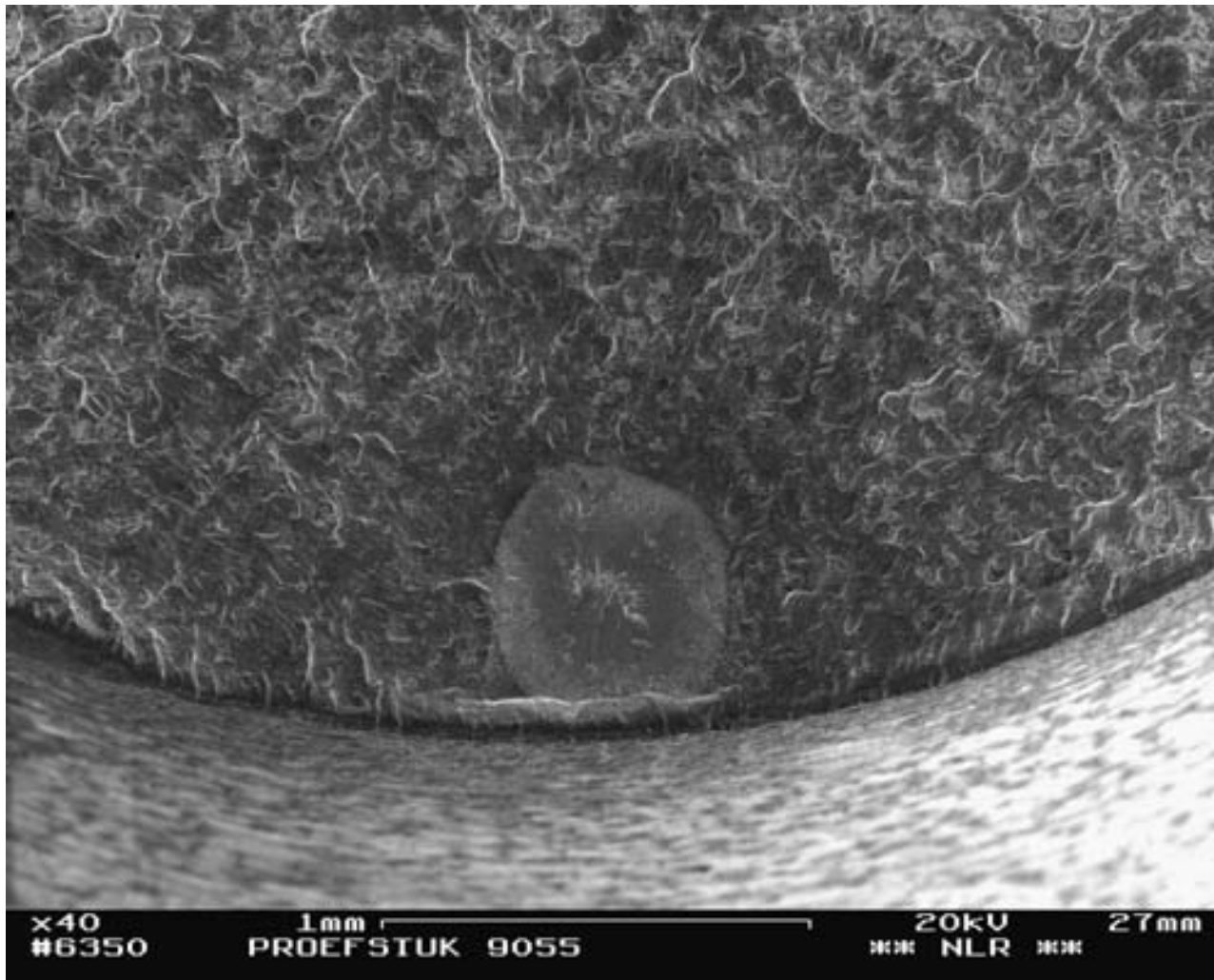


Initiatie op gebroken carbides.

Preferente scheurgroei langs kubus-richtingen (pijlen).

Verbinding scheuren door overload (dimples)

Voorbeeld 3a: vermoeiing SC superlegering



Initiatie op
inwendige
gietholte.

Eerst
scheurgroei in
vacuum

↑
Oppervlak

Voorbeeld 3b: vermoeiing in SC superlegering



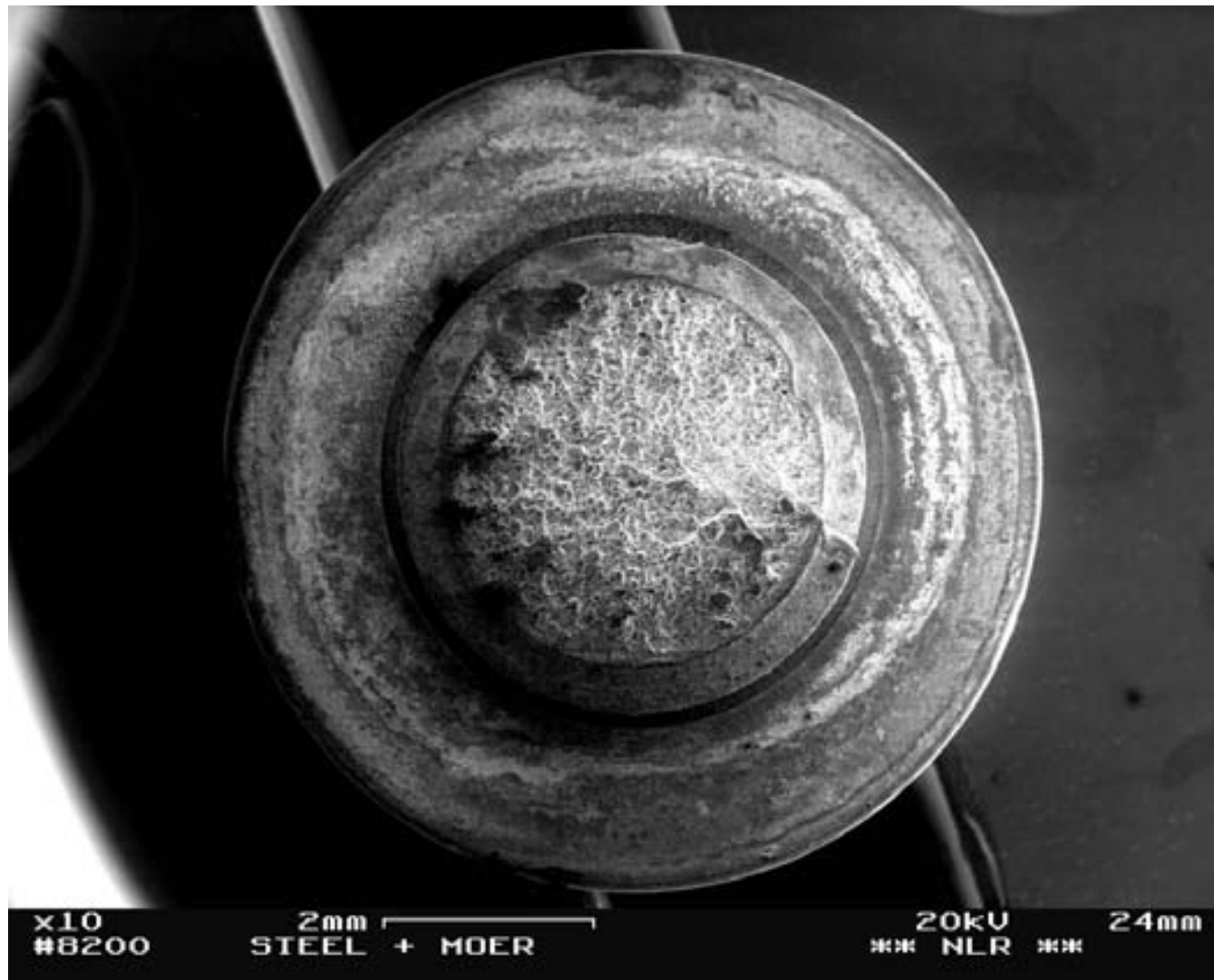
Initiatie op inwendige
gietholte en niet op
de kerf in het
proefstuk (pijl).

Eerst scheurgroei in
vacuum en dan in
lucht.

Voorbeeld 4: zilvercorrosie

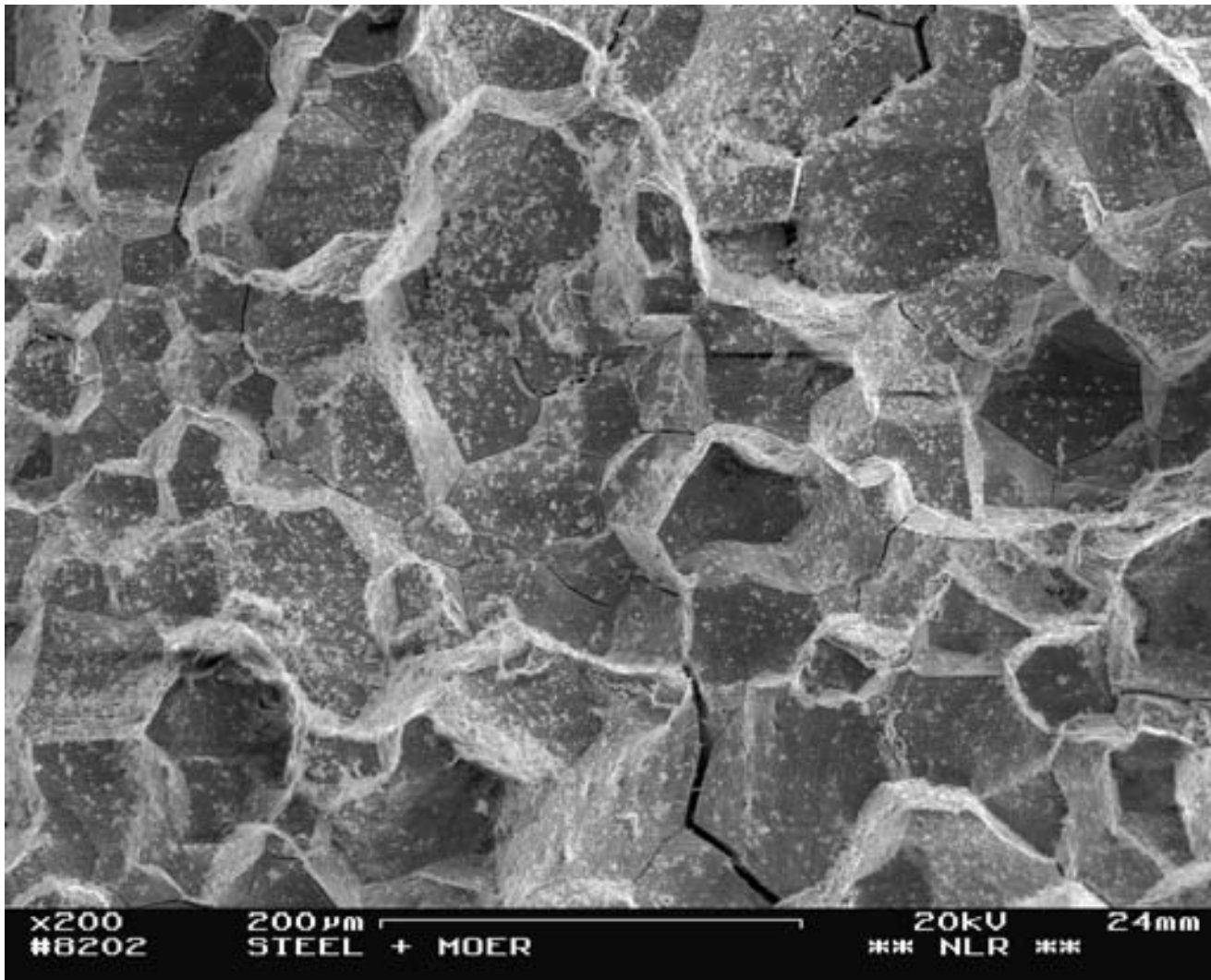
- **Bouten en moeren voor HT toepassingen zijn vaak verzilverd. Zilver (corrodeert niet, zacht) wordt ook toegepast voor afdichtringen**
- **Vaak wordt ook MoS₂ toepast als anti galling compound**
- **AgS heeft laag smeltpunt (652 °C; kan nog verlaagd worden door verontreinigingen).**
- **Zo wordt S makkelijk getransporteerd en veroorzaakt sulfaatcorrosie.**
- **Recent voorbeeld: motoren nieuwe NH90 helicopter.**

Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



gebroken
bout in moer

Voorbeeld 4: zilvercorrosie (detail vorige foto)

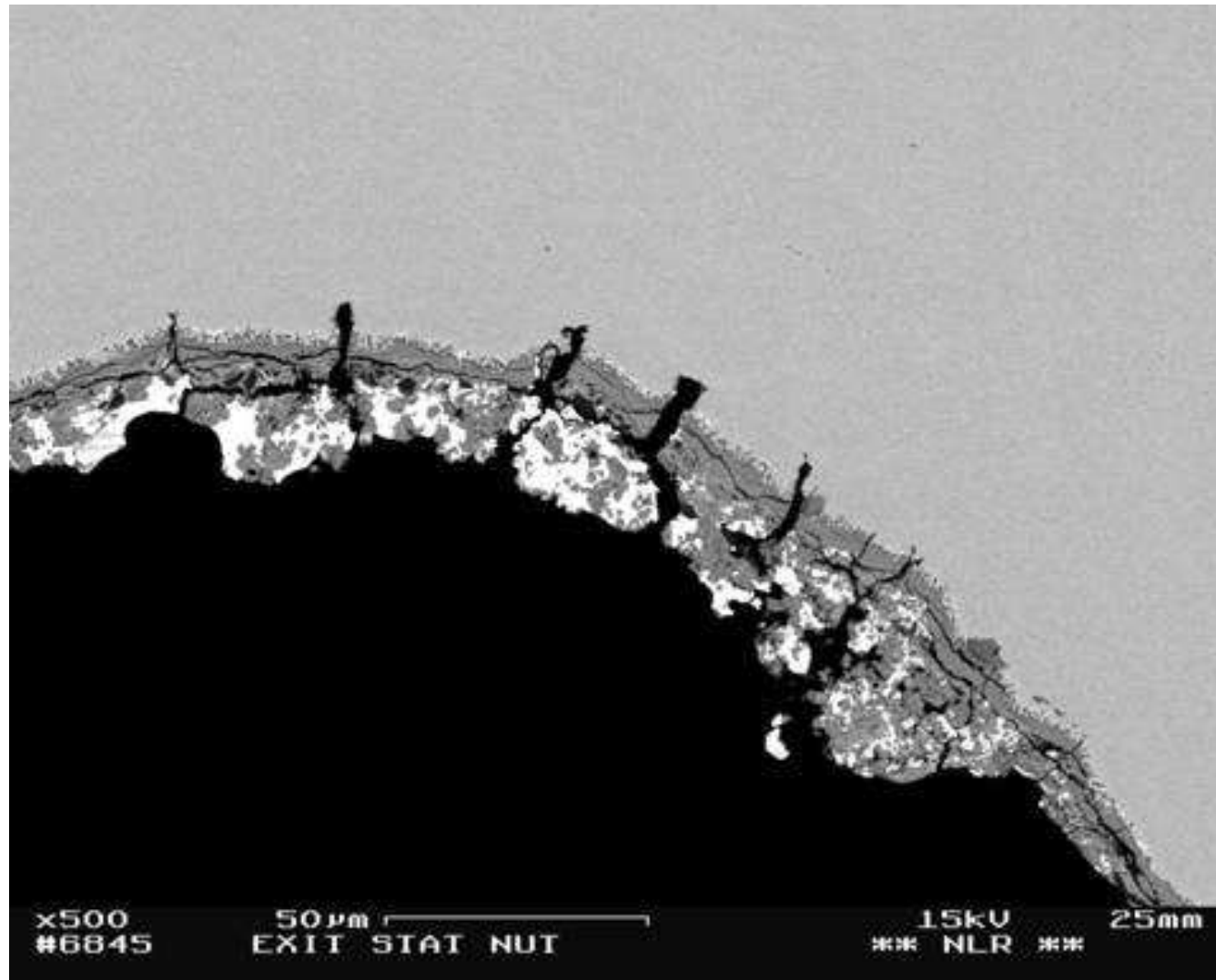


Interkristallijn

Witte

eilandjes: Ag

Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)

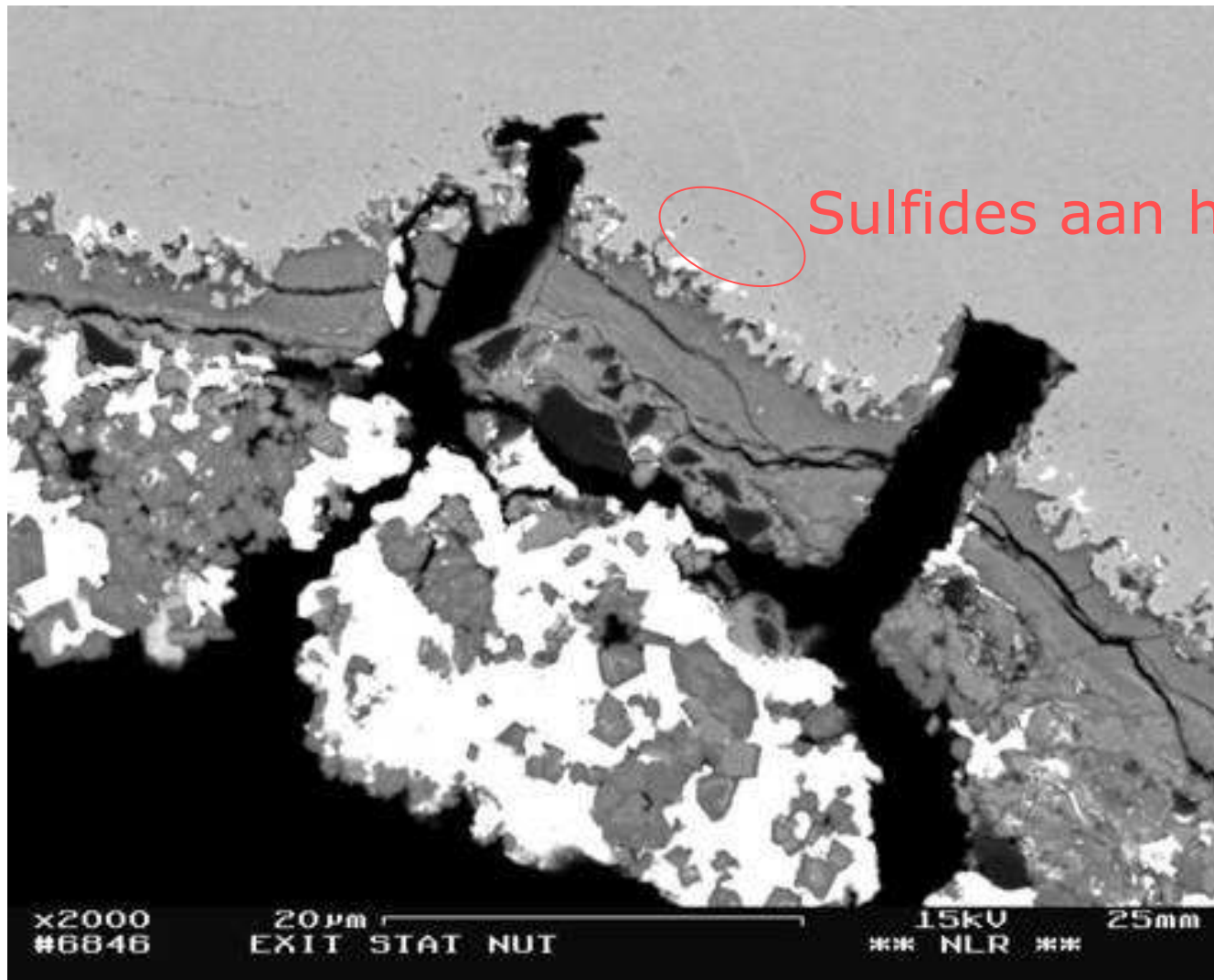


Draadgang in
bout van de
superlegering
Waspaloy

Wit: Ag

Onder het
zilver uniforme
corrosie en
korte botte
scheuren

Voorbeeld 4: zilvercorrosie (detail vorige foto)

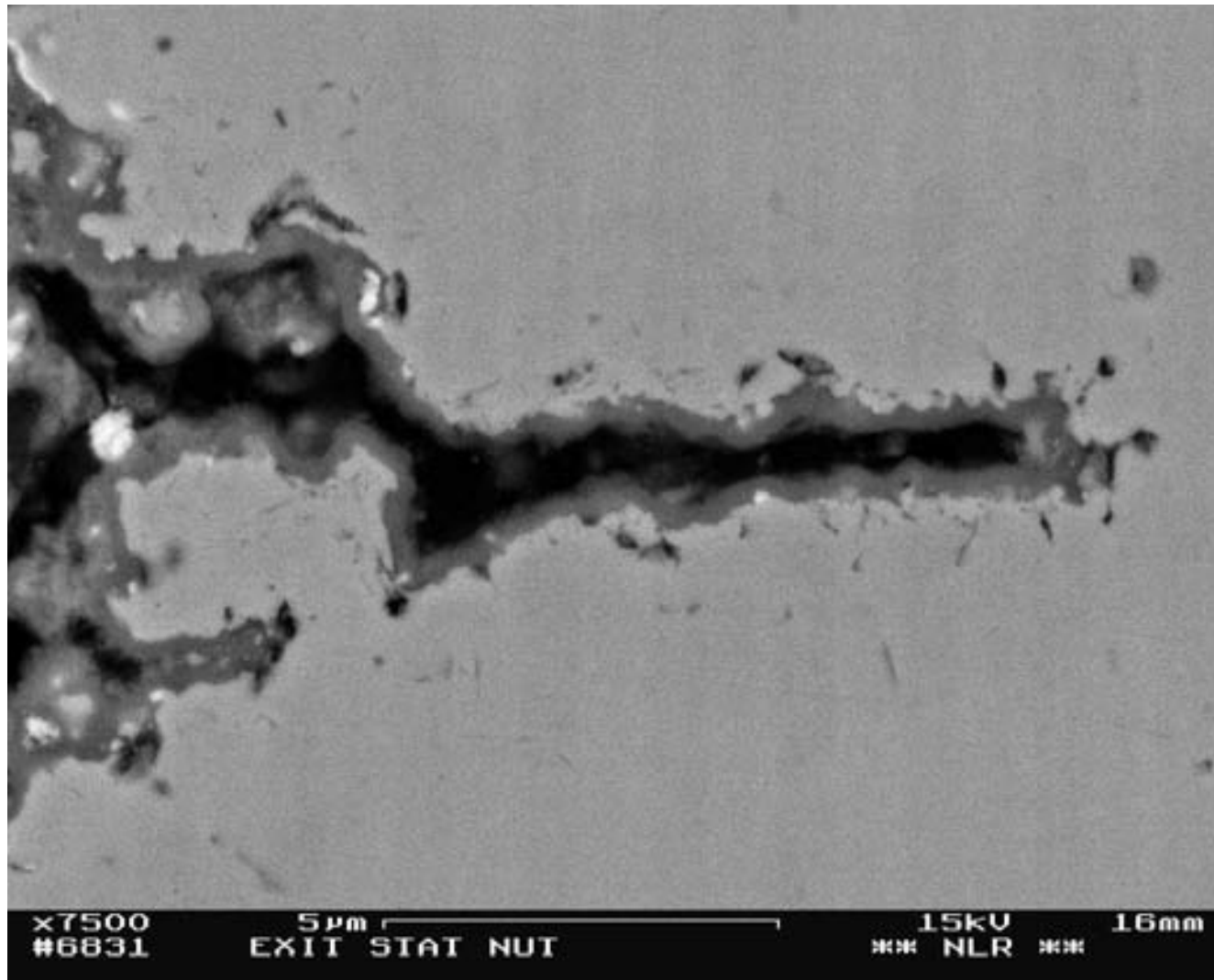


Sulfides aan het front

Wit: Ag

Oxide bout-
materiaal

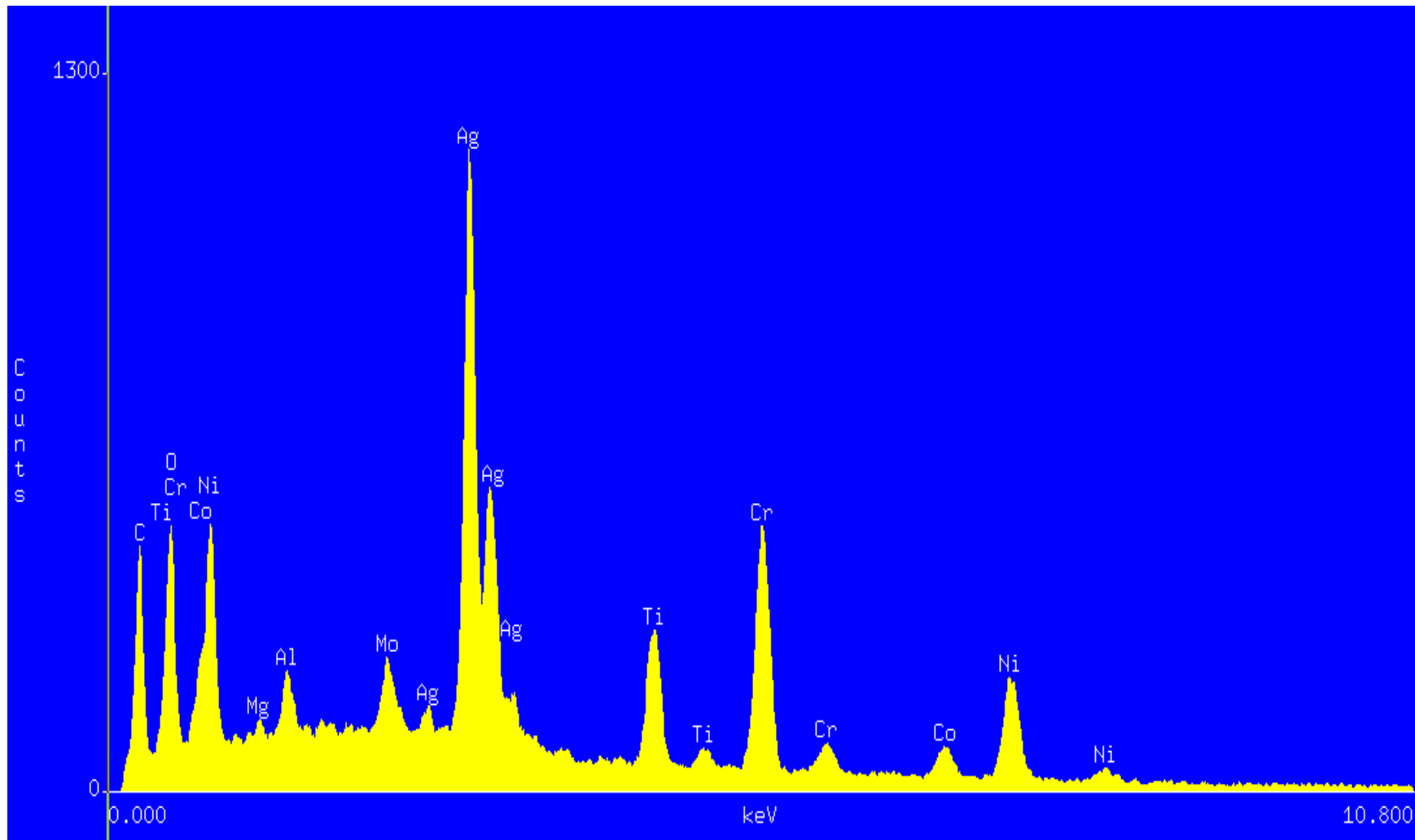
Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



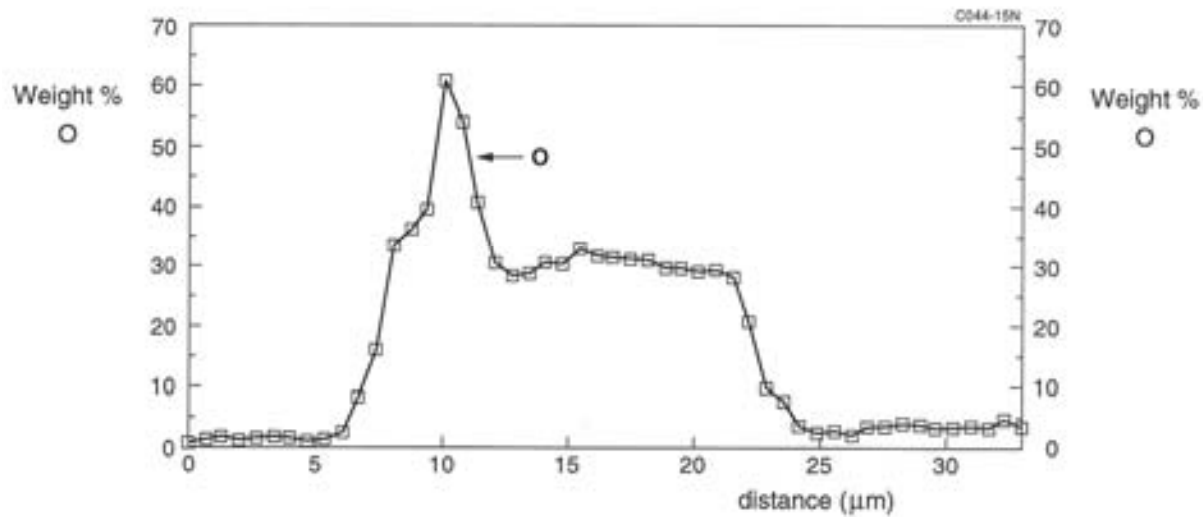
Beginnende scheur

De flanken zijn geoxideerd; daarbuiten liggen naaldvormige sulfides. Die zullen later in oxide worden omgezet. Het vrij gekomen Ag diffundeert dan verder naar binnen.

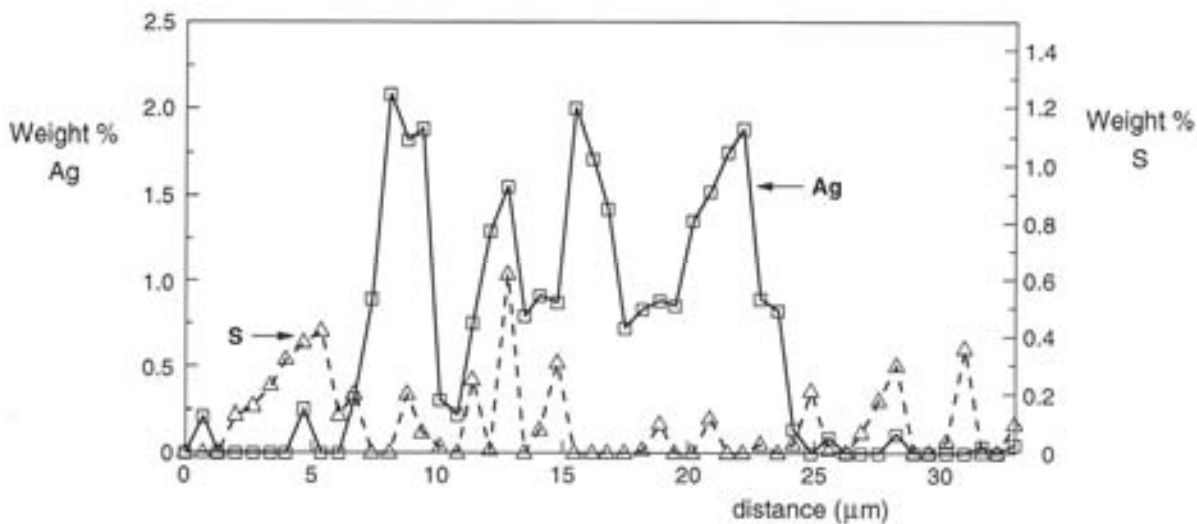
Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



Analyse over
aangetaste
korrelgrens





Dedicated to innovation in aerospace

NLR

90 years



www.nlr.nl - info@nlr.nl