



*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.

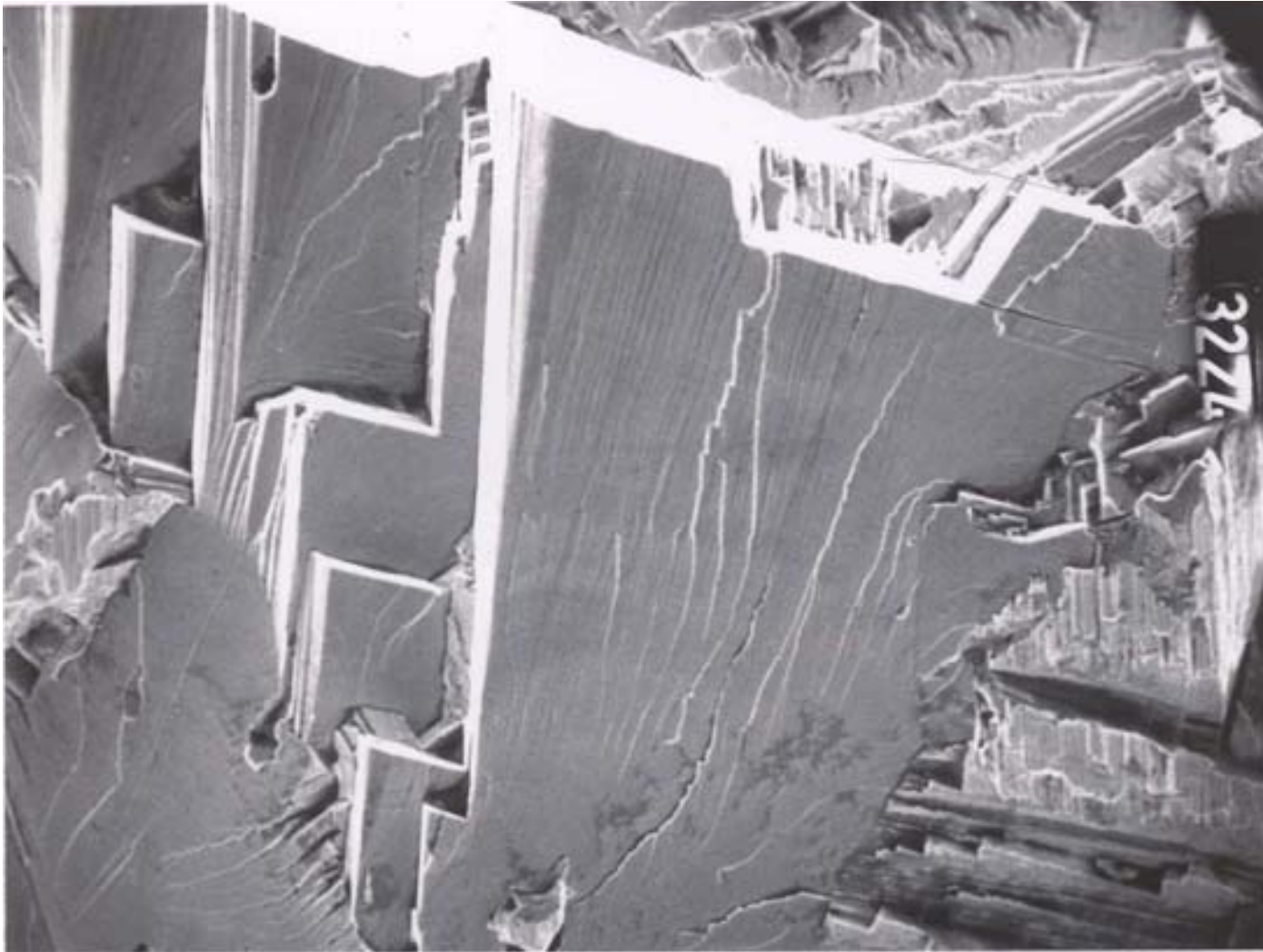


# Voorbeeld 1: IN718 blad Lynx helicopter



200  $\mu\text{m}$

## Voorbeeld 1 (detail vorige foto)



25  $\mu\text{m}$



# Voorbeeld 1

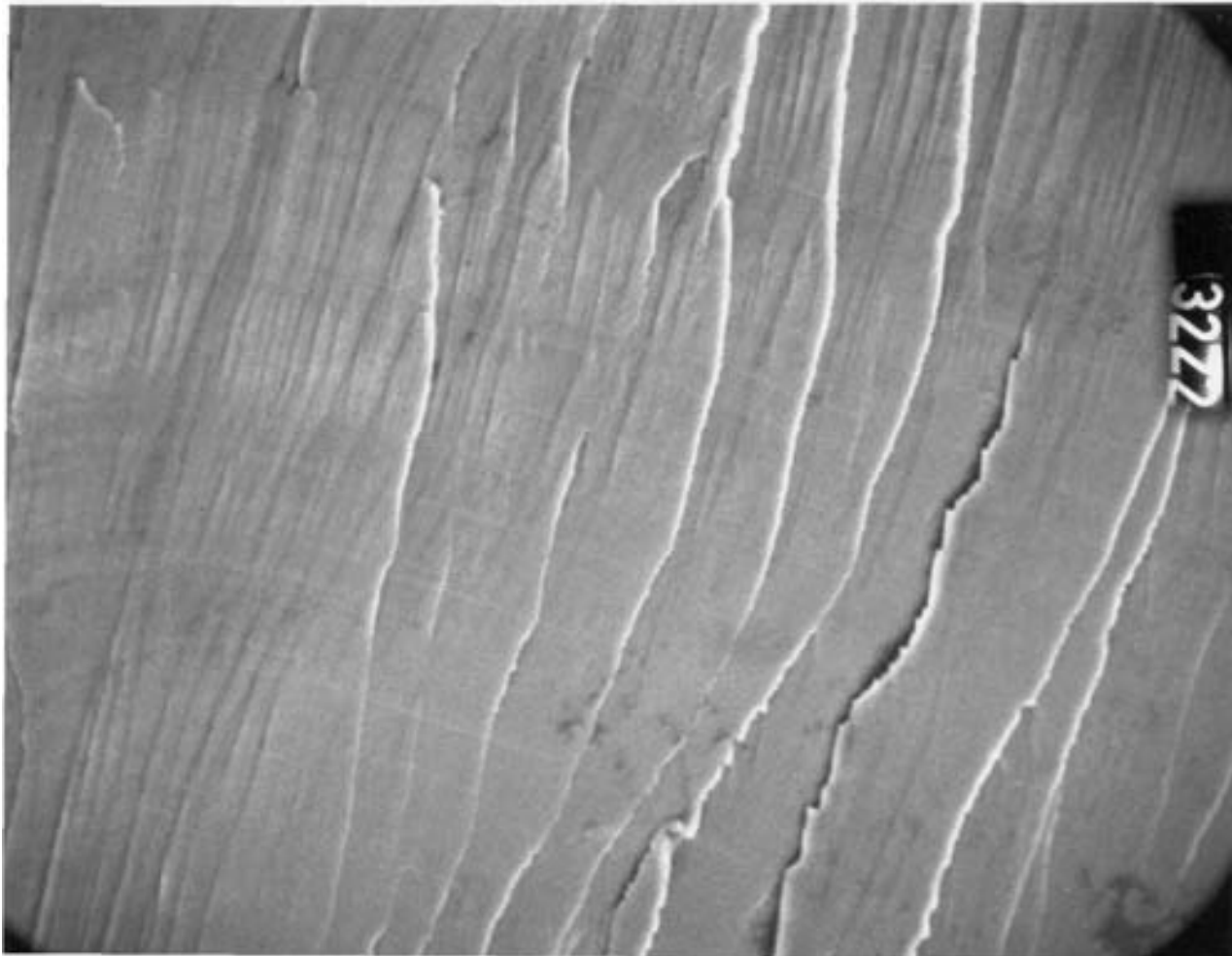
- **Wat is dit ??????**

## 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



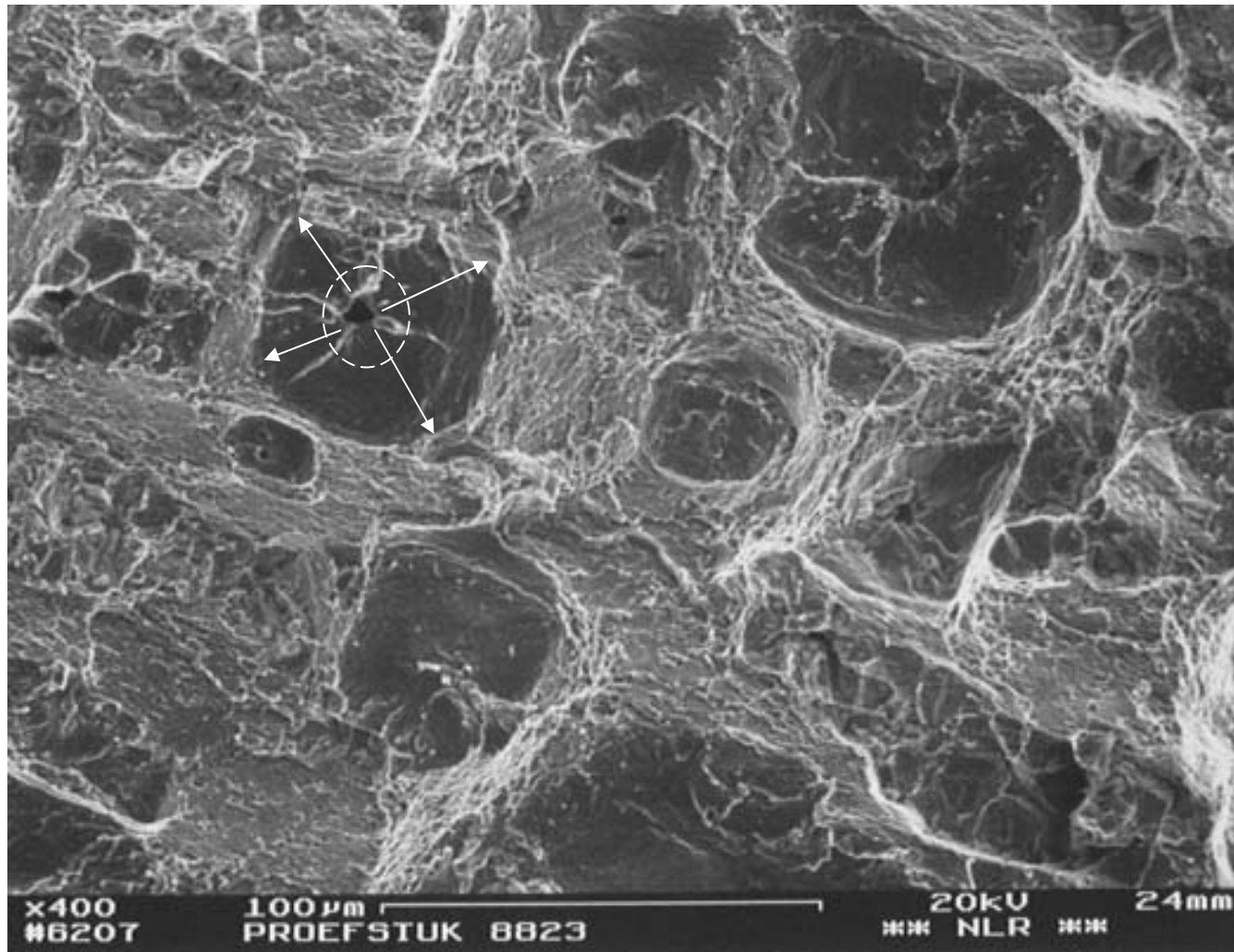
10  $\mu\text{m}$

## 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

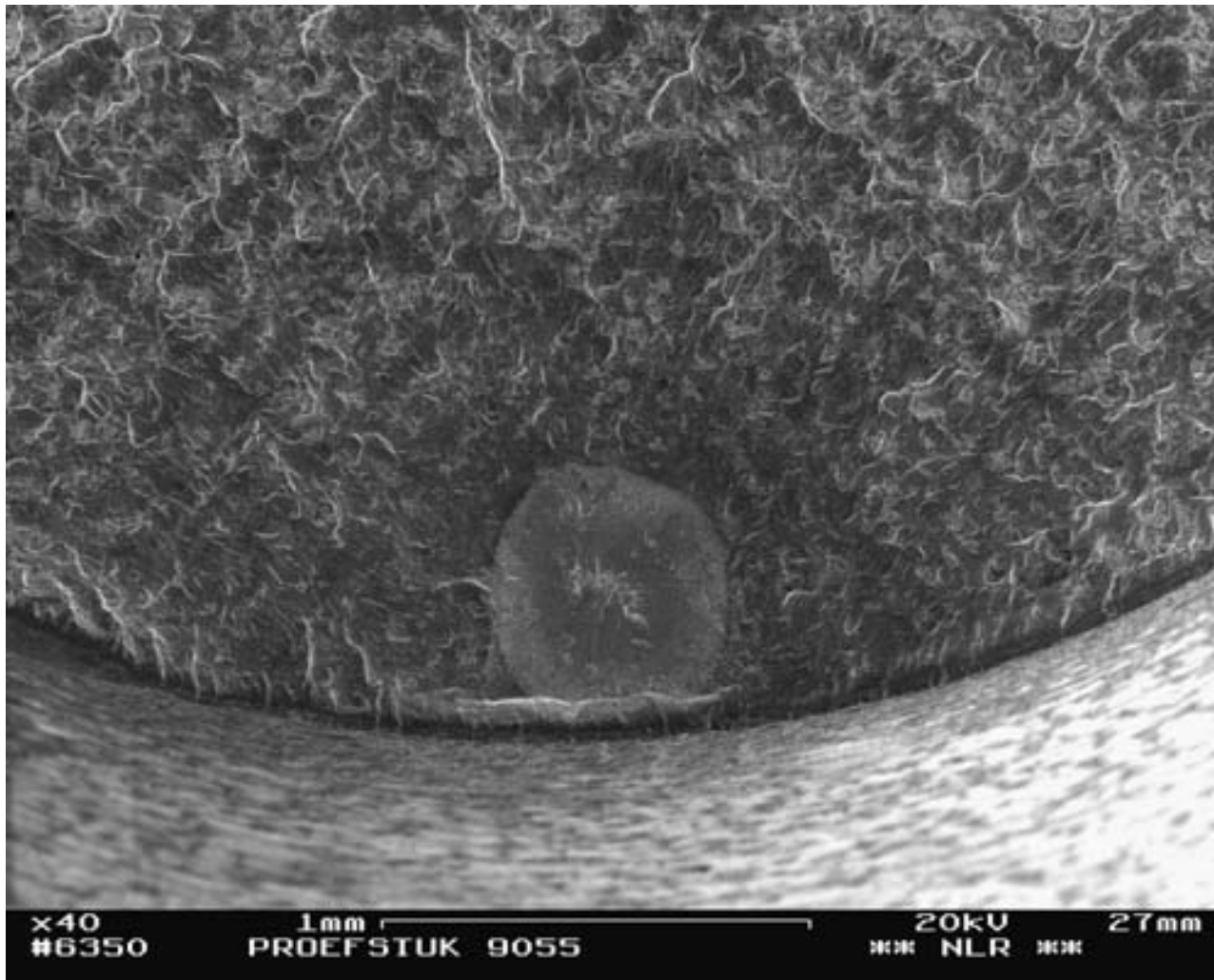


Initiatie op gebroken carbides.

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



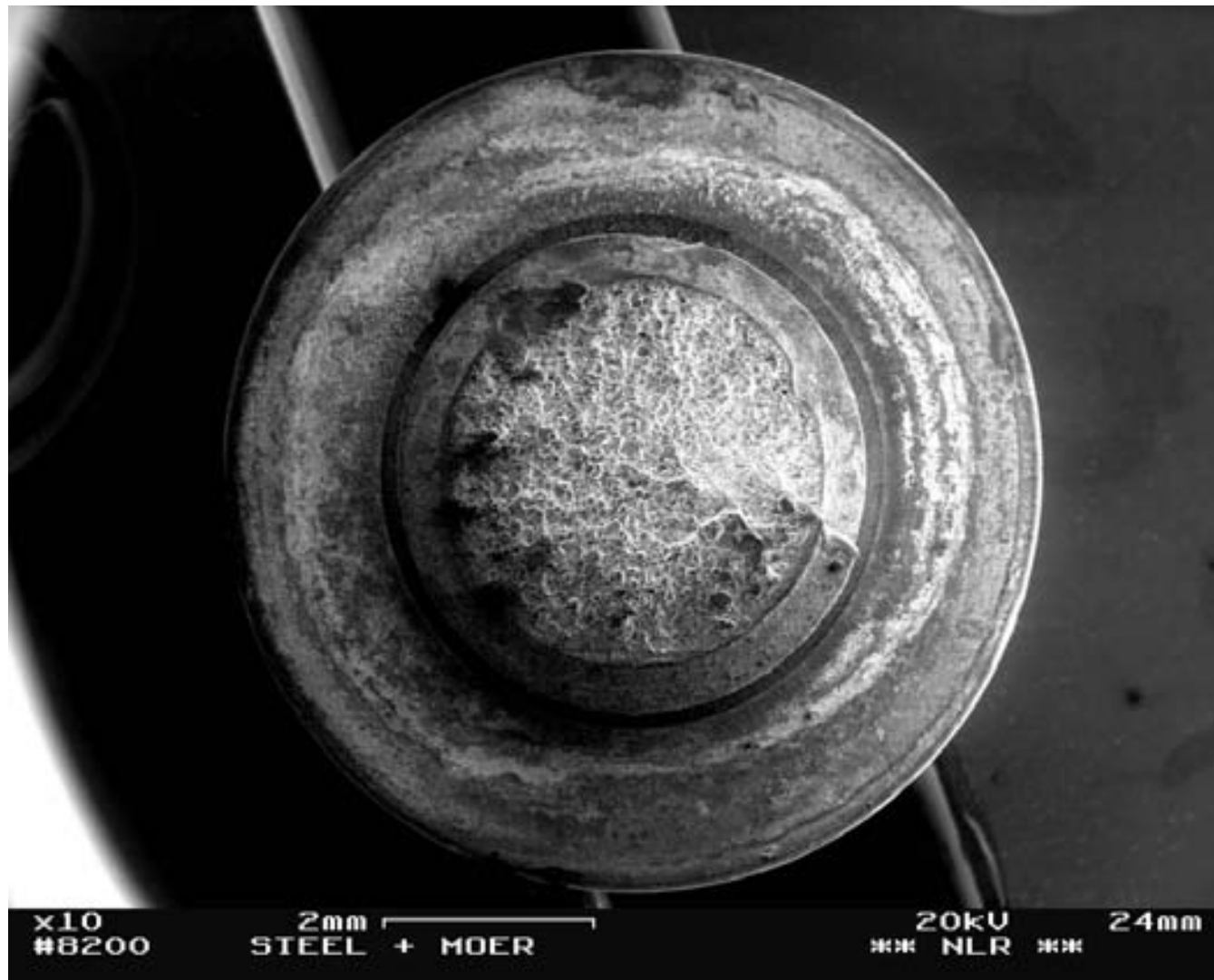
Initiatie op inwendige gietholte en niet op de kerf in het proefstuk (pijl).

Eerst scheurgroei in vacuum en dan in lucht.

## Voorbeeld 4: zilvercorrosie

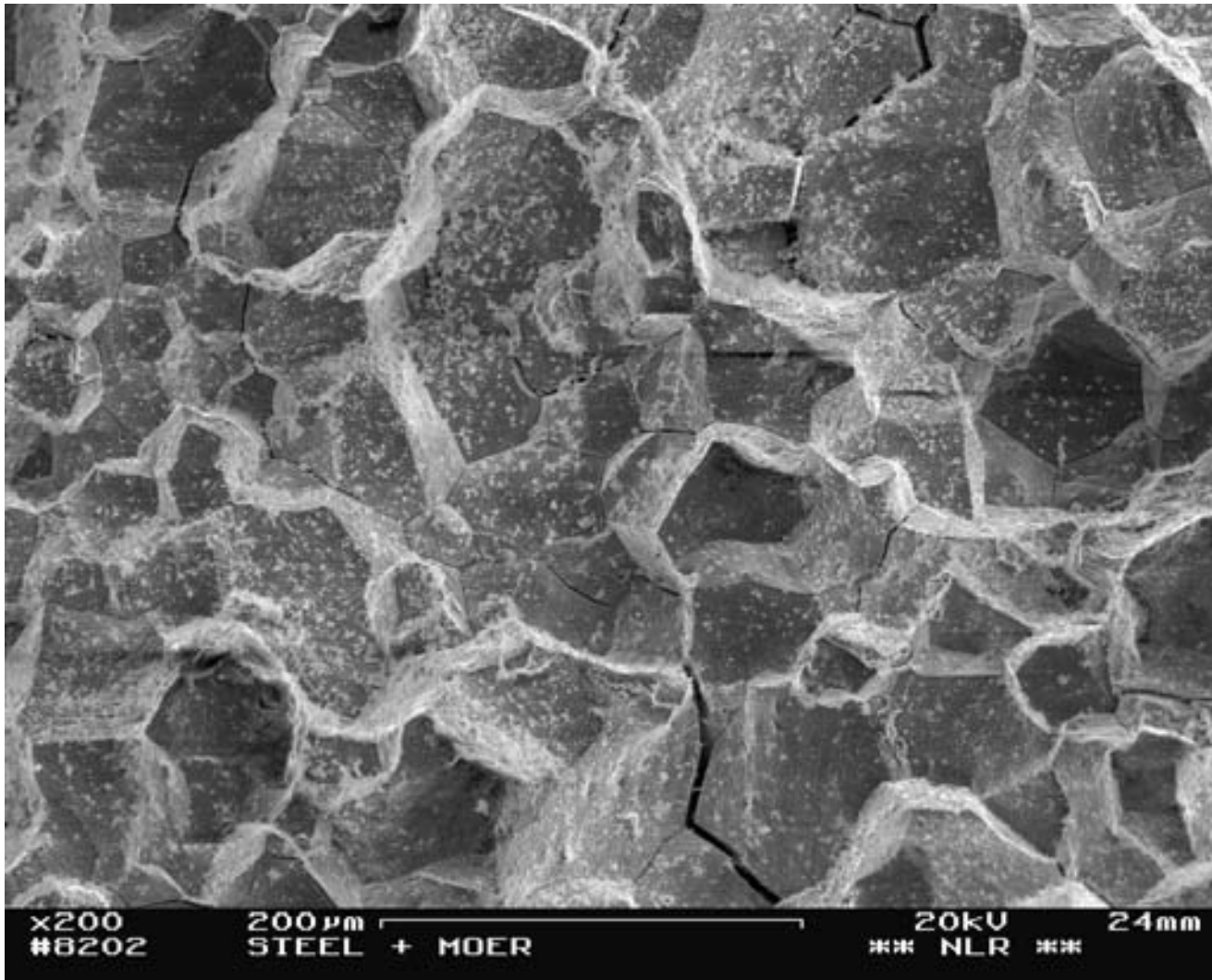
- **Bouten en moeren voor HT toepassingen zijn vaak verzilverd. Zilver (corrodeert niet, zacht) wordt ook toegepast voor afdichtringen**
- **Vaak wordt ook  $\text{MoS}_2$  toepast als anti galling compound**
- **AgS heeft laag smeltpunt (652 °C; kan nog verlaagd worden door verontreinigingen).**
- **Zo 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)

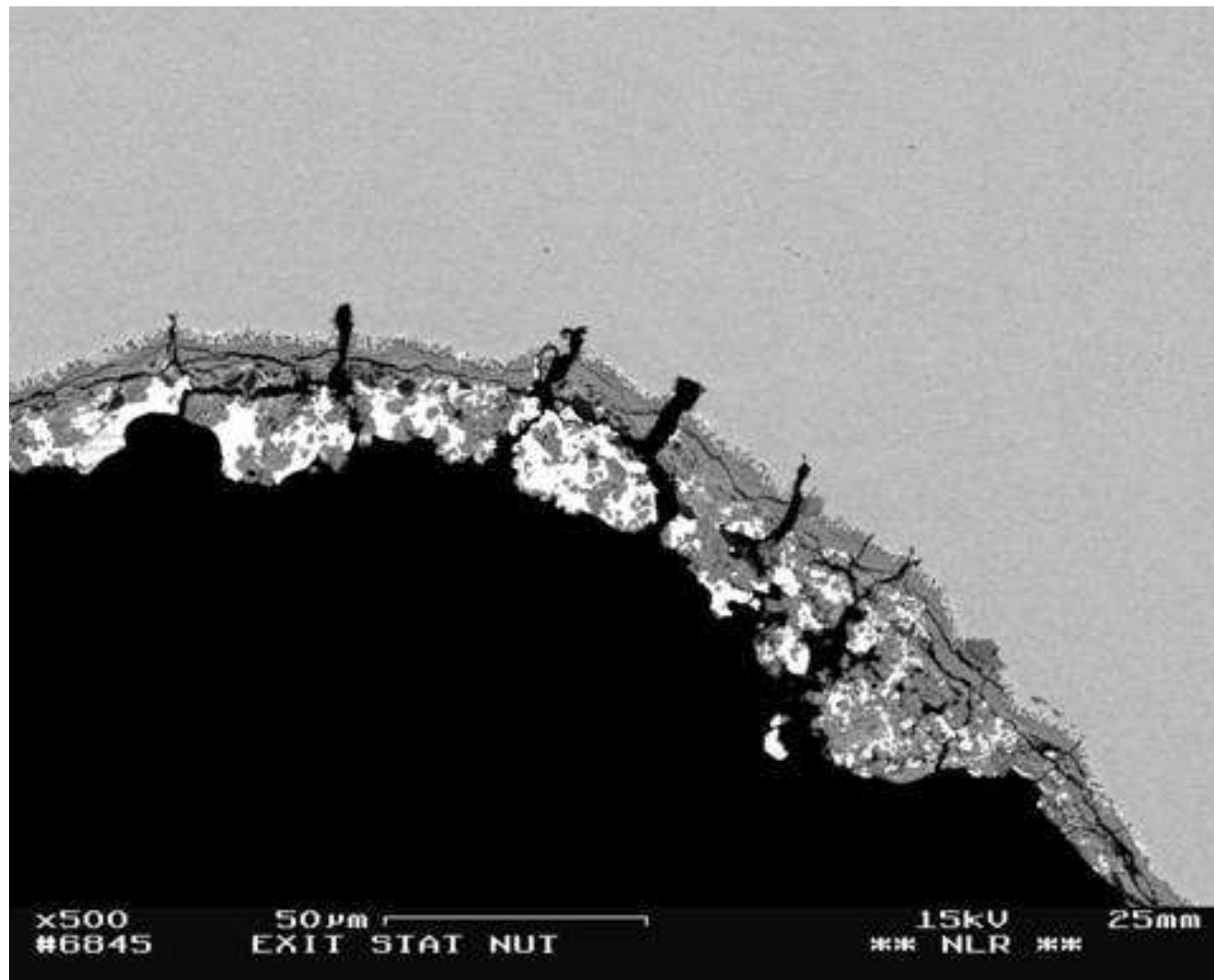


Interkristallijn

Witte

eilandjes: Ag

## Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)

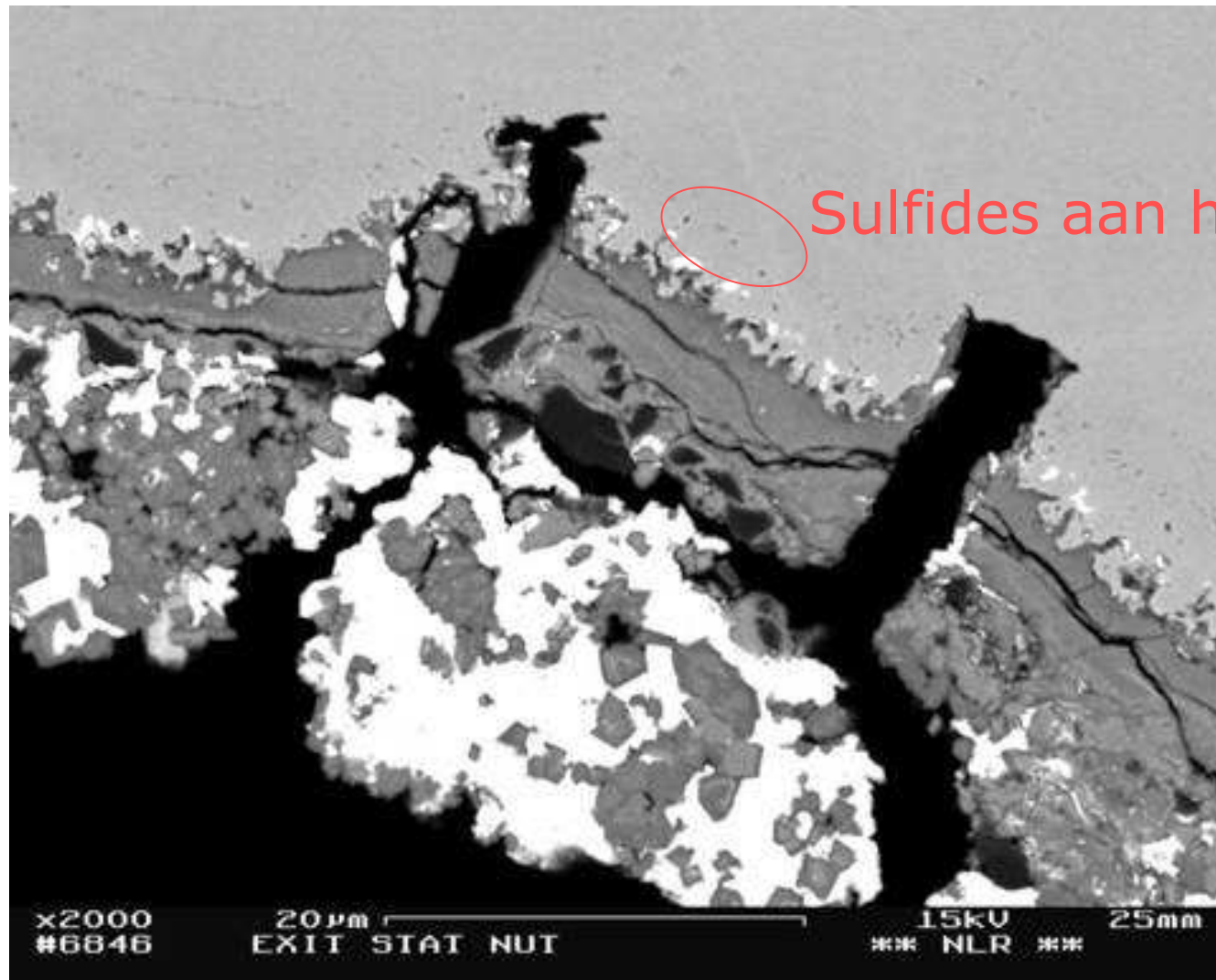


Draadgang in  
bout van de  
superlegering  
Waspaloy

Wit: Ag

Onder het  
zilver uniforme  
corrosie en  
korte botte  
scheuren

## Voorbeeld 4: zilvercorrosie (detail vorige foto)

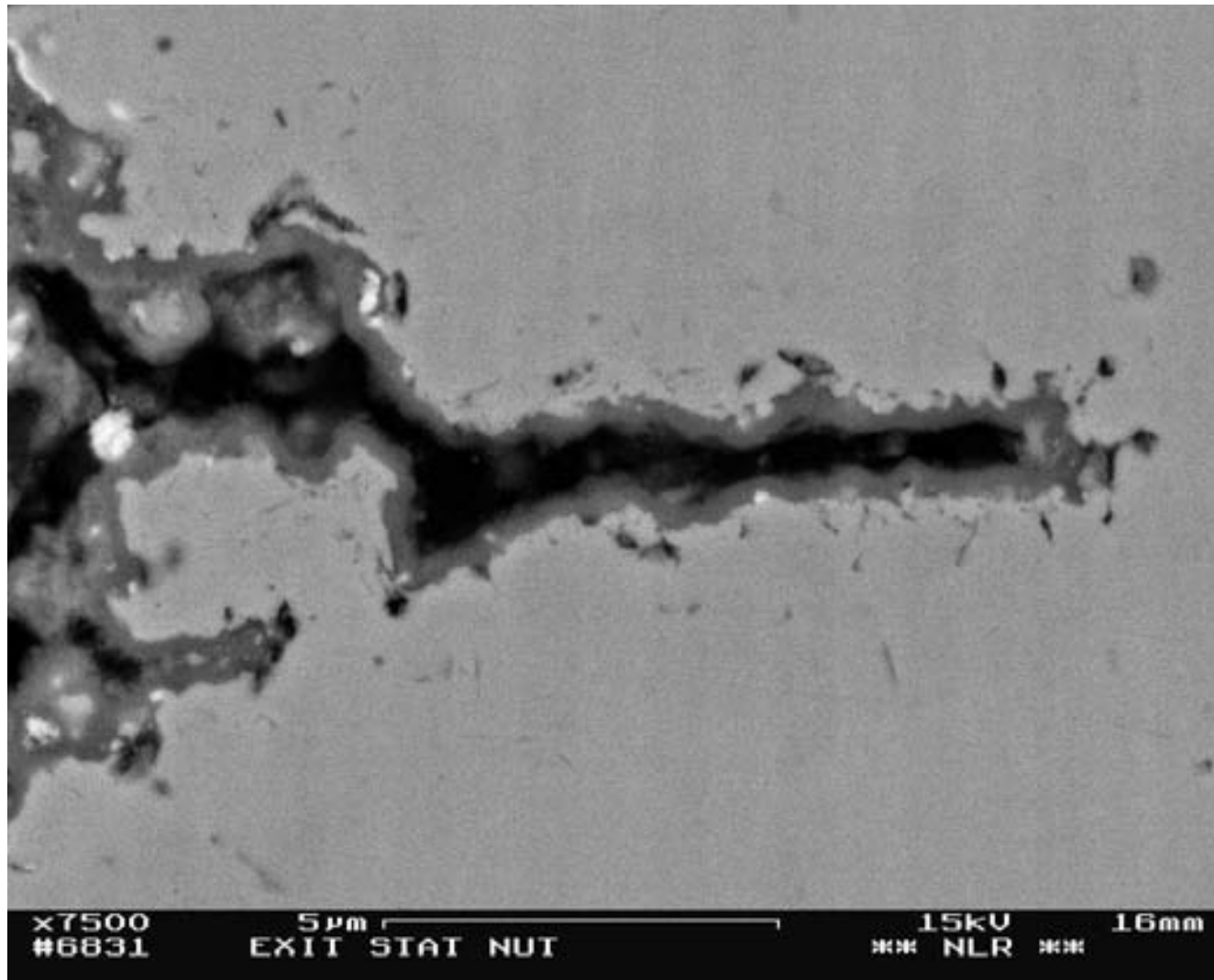


Sulfides aan het front

Wit: Ag

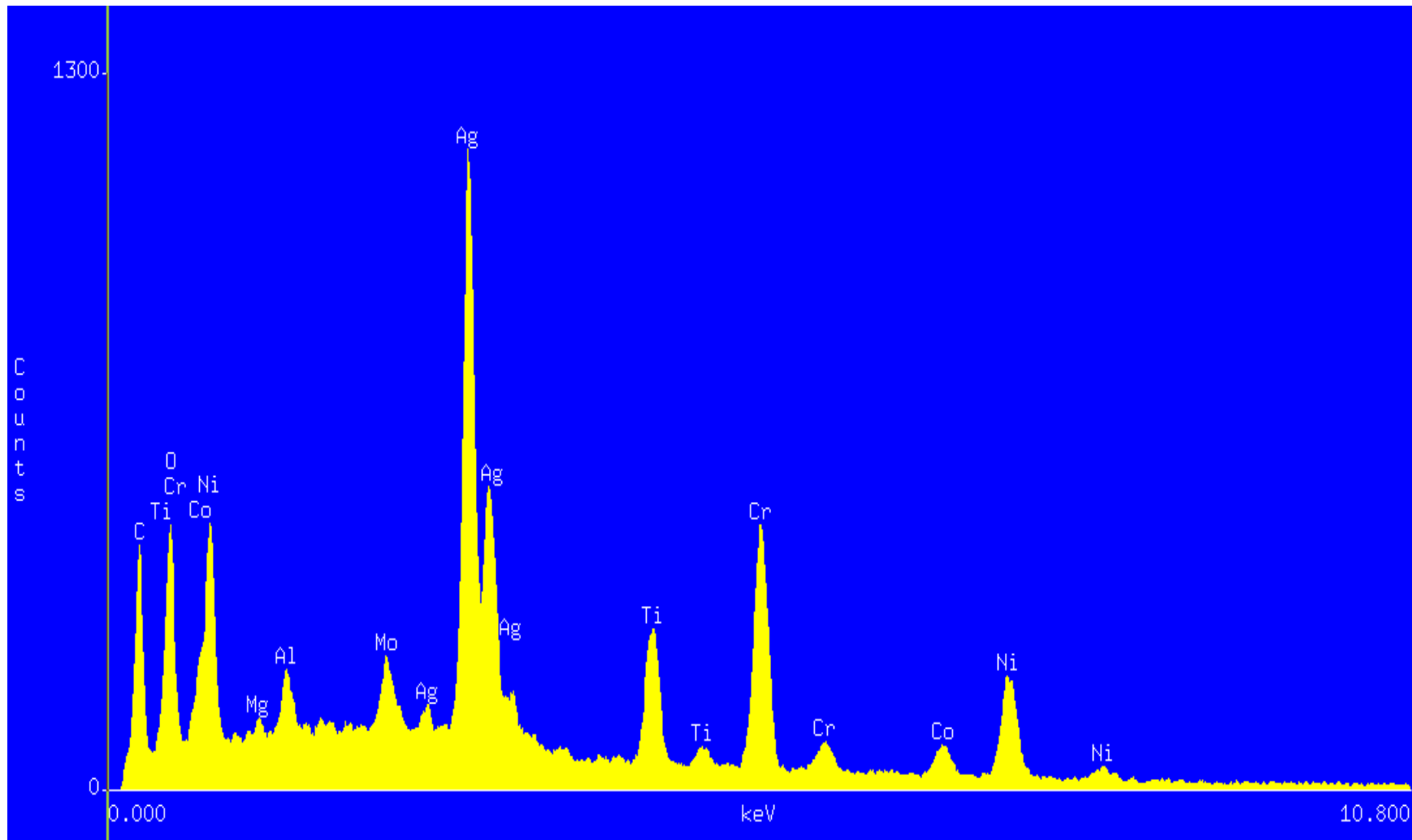
Oxide bout-  
materiaal

## Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)

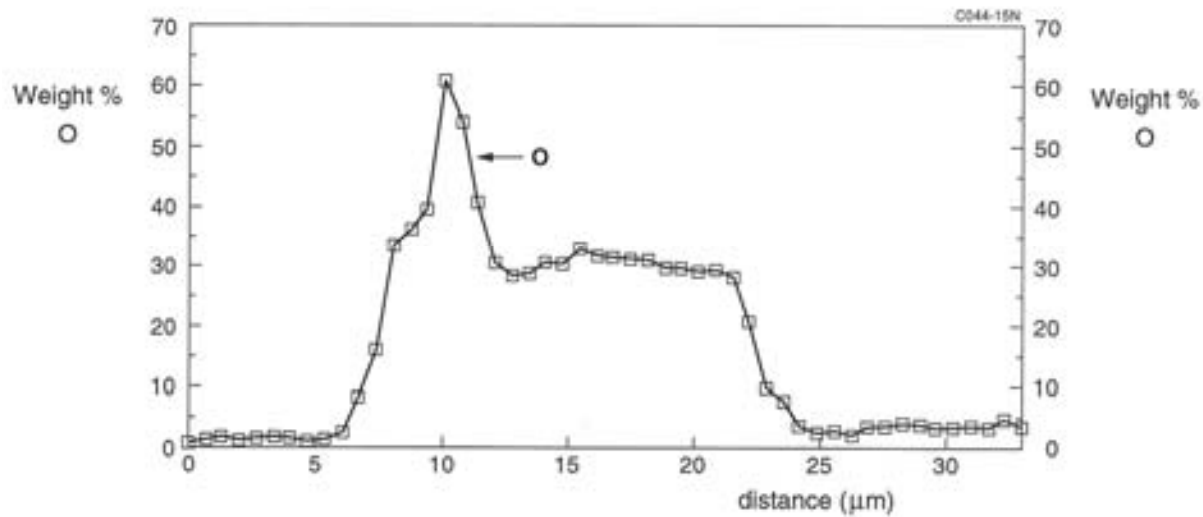


Beginnende scheur  
De flanken zijn geoxideerd; daarbuiten liggen naaldvormige sulfides. Die zullen later in oxide worden omgezet. Het vrij gekomen Ag diffundeert dan verder naar binnen.

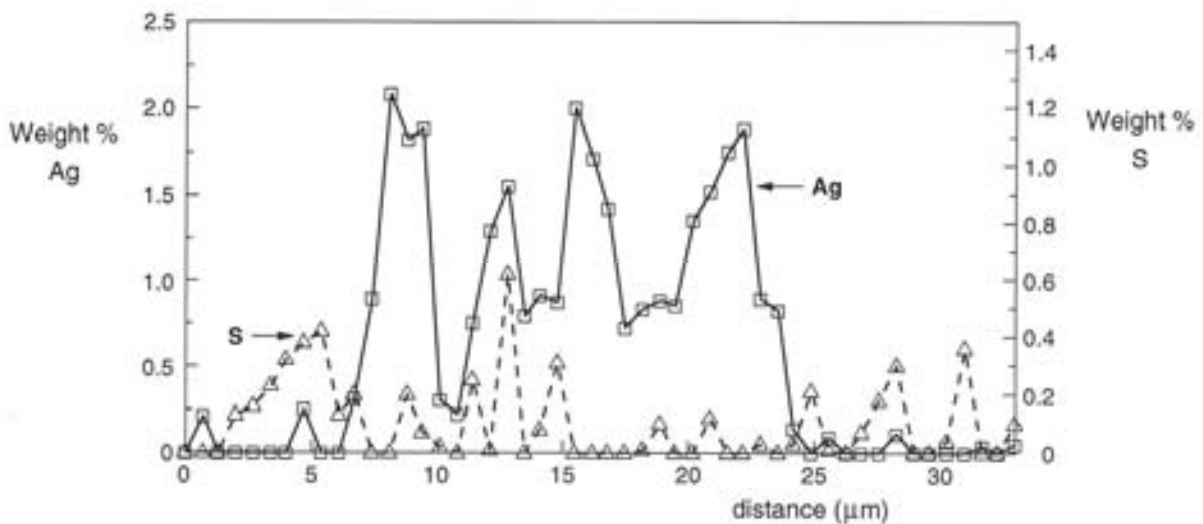
# Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



# Voorbeeld 4: zilvercorrosie (vervolg)



Analyse over  
aangetaste  
korrelgrens





*Dedicated to innovation in aerospace*

# NLR

90 years



[www.nlr.nl](http://www.nlr.nl) - [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl)