Element Materials Technology
Voorerf 18-20
4824 GN Breda
NL

info.breda@element.com
element.com

P: +31 (0) 76 542 4300

Bank: ABN AMRO, Amsterdam
Account No: NL74ABNA0529117738
Sort Code: ABNANL2A
VAT No: NL805695333B01
Company Reg: 24170257

RAPPORT

ANALYSE VAN EEN VIJFTAL RVS BOUTEN AFKOMSTIG UIT DE RVS BASISWANDEN VAN OVERDEKT ZWEMBAD DE WATERLINIE TE CULEMBORG - INSPECTIE MEI 2024

© Auteursrecht Element Materials Technology Rotterdam B.V. Alle rechten voorbehouden.

Dit rapport (inclusief eventuele bijlagen en bijlagen) is opgesteld voor het exclusieve gebruik en ten behoeve van de geadresseerde(n) en uitsluitend voor het doel en onder de voorwaarden van het contract waarvoor het is verstrekt. Behoudens uitdrukkelijke voorafgaande schriftelijke toestemming mag geen enkel deel van dit rapport worden gereproduceerd, verspreid, gecommuniceerd, gebruikt of ingeroepen door derden. Wij aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid, plicht of verantwoordelijkheid (contractueel, uit onrechtmatige daad (inclusief nalatigheid) of anderszins) jegens enige andere persoon dan de met name genoemde geadresseerde(n) van dit rapport. De inhoud van dit rapport mag niet worden gebruikt in enig ander document, circulaire of verklaring of worden gebruikt in een rechtszaak zonder onze voorafgaande schriftelijke toestemming.

Opdrachtgever	: Gemeente Culemborg
Ref. opdrachtgever	: Opdrachtbestiging 16-04-2024
Element Project	: ERO042105P
Rapportnummer	: ERO042105 Rev. 0
Onderzoeksperiode	: 26 april - 28 mei, 2024
Datum rapport	: 31 mei, 2024
Datum revisie	:
Onderzoeker/Auteur	: [redacted]
Classificatie	: ---
Verdeling	: Gemeente Culemborg t[redacted] (pdf)
	: Element, archief (pdf)

Element Breda is een handelsnaam van Element Materials Technology Rotterdam B.V. Tenzij nadrukkelijk anders is overeengekomen, zijn op al onze aanbiedingen en overeenkomsten de "Algemene voor uitvoering van werkzaamhedendoor Element Materials Technology Rotterdam b.v.", van

1 Introductie en achtergrondinformatie

De roestvast stalen (rvs) bassinwanden van binnenzwembad 'De Waterlinie' te Culemborg vertoont sinds enige jaren aan de zijde van de technische ruimte aantasting door corrosie. In opdracht van IV-Consult B.V. is door Element Materials Technology Rotterdam B.V. ("Element", locatie Breda) op 16 februari 2023 op locatie een visuele inspectie uitgevoerd van de corrosieschade. Hierbij zijn ook de verschillende rvs-materialen van de wand-elementen waaruit ieder bassin-vak is opgebouwd in kaart gebracht (positieve materiaal identificatie (PMI) middels röntgenfluorescentie analyse (XRF)). Tevens zijn op verschillende posities door corrosie aangetaste bouten uit de bassinwand gedemonteerd en meegenomen voor onderzoek in het laboratorium. Zie Element rapport ERO039711P voor de rapportage met de bevindingen van dit destijds uitgevoerde (beperkte) onderzoek.
In oktober 2023 is Element opnieuw gevraagd een onderzoek uit de voeren aan enkele onderdelen van de wandconstructie. Hiertoe zijn een vijftal bouten gedemonteerd en op gelijke wijze onderzocht in het laboratorium, en vervolgens zijn de resultaten vergeleken met het eerder uitgevoerde onderzoek. De klant hierin was ditmaal Stichting Zwembad Culemborg onder begeleiding van IV-Consult B.V. Element rapport ERO041135P voor de rapportage met de bevindingen van dit onderzoek.
Nu wederom een half jaar later, is Element opnieuw gevraagd een vijftal bouten te demonteren, deze te onderzoeken, en opnieuw de bevindingen te vergelijken met de twee voorgaande onderzoeken. Dit keer is het verzoek afkomstig van de Gemeente Culemborg onder begeleiding van Bremen Bouwadviseurs BV.

Hieronder volgt een toelichting met achtergrondinformatie zoals deze grotendeels ook in Element rapporten ERO039711P en ERO041135P te vinden zijn:

Zwembad De Waterlinie betreft één enkel bassin met een lengte van ca. 25 meter en een breedte van ca. 22 meter en is in 2014 nieuw opgeleverd. De vloer van het bassin is gemaakt van gewapend beton. Dit geldt ook voor de onderste helft van de bassinwanden. Het bovenste deel van de bassinwanden is echter gemaakt van roestvast staal (rvs) en deze is op de betonnen bassinwand-delen bevestigd middels chemische ankers. Rondom het gehele bassin is een technische ruimte aanwezig met als plafond de vloer waarop het publiek toegang heeft tot het bassin. De waterzijde van de rvs-bassinwanden is bedekt met een waterdichte folie. Terzijde van de technische ruimte is het rvs onbedekt, juist aan deze zijde is enige aantasting (corrosie, roest) van het rvs opgetreden. Ten behoeve van desinfectie wordt er chloor gedoseerd aan het zwembadwater. Het chloor (opgelost Cl_2 bijvoorbeeld in de vorm van actieve chloorverbindingen waaronder natriumhypochloriet NaOCl en hypochloorzuur HOCl) wordt verkregen door elektrolyse van een waterige oplossing van zuiver natriumchloride (NaCl).

Volgens Artikel 5.12 zwembaden (ingevoegd bij wijziging in 2016 met betrekking tot de veiligheid van zwembaden) van de Regeling Bouwbesluit 2012 is het gebruik van 'niet-resistent' roestvast staal niet toegestaan in een 'zwembadomgeving', het gaat daarbij om dragende constructies in het gebied direct rondom en ook boven het bassin (gebied A). De reden hiertoe is dat het gebruik van bepaalde typen rvs in zwembaden in het verleden tot plotseling bezwijken van constructieve elementen heeft geleid waarbij slachtoffers zijn gevallen of hadden kunnen vallen. Specifiek gaat het hier om scheurvorming in austenitisch rvs door chloride spanningscorrosie (Cl-SCC), waarbij eventueel bezwijken kan optreden zonder dat zich dit visueel aankondigt. De hiervoor benodigde condities betreffen een voldoende hoge temperatuur, austenitisch rvs in contact met een vochtig milieu met voldoende hoog chloridengehalte (allen aanwezig in een zogenoemde 'zwembadomgeving'), en trekspanningen in het rvs (vrijwel altijd lokaal aanwezig, al dan niet als residuele spanningen).

Een deel van de wandelementen waaruit de vakken van de basiswanden zijn opgebouwd is gemaakt van austenitisch rvs (type 304). Hieronder vallen ook alle gebruikte bouten, moeren en carrosserieringen (zogenaamde A2 kwaliteit).

2 Uitgevoerd onderzoek

De bassinwand is op locatie kort visueel onderzocht. Er zijn door Element vijf bouten gedemonteerd en meegenomen voor onderzoek in het laboratorium.
In het laboratorium zijn de bemonsterde bouten visueel en stereomicroscopisch onderzocht. Van de bouten zijn doorsneden gemaakt en geprepareerd voor macro- en microscopisch onderzoek.

3 Resultaten en discussie

3.1 Onderzoek op locatie (Zwembad de Waterlinie – Culemborg)

De technische ruimte betreft een brede strook (variërend tussen ca 1 en 3.5 meter) rondom het bassin met toegang tot de vier bassinwanden. De benaming van de vier bassinwanden evenals de nummering van de individuele vakken zoals gebruikt in de voorgaande Element rapportages ERO039711P en ERO041135P en zijn door Element in het huidige onderzoek aangehouden. Zie bijlage 1 voor een overzicht. Voor een meer volledige algemene beschrijving van de opbouw van de bassinwand aan de zijde van de technische ruimte wordt verwezen naar Element rapport ERO039711P.

Het klimaat in de technische ruimte voelde opnieuw zeer warm en vochtig aan (er zijn geen metingen gedaan). Er was tevens een duidelijke ‘zwembadlucht’ (chloor) aanwezig. Op vele posities waren nog altijd zoutafzettingen zichtbaar. Er lijkt daarmee geen verandering te hebben plaatsgevonden ten opzichte van de situatie zoals waargenomen tijdens de eerder door Element uitgevoerde visuele inspecties. (De gemeente Culemborg heeft ook aangegeven dat er sinds de vorige inspecties nog geen maatregelen zijn genomen in de technische ruimte.)

Een vijftal bouten, alle A2 kwaliteit (304 austenitisch rvs) en genummerd 1 t/m 5, is uit de bassinwand gedemonteerd. De bouten zijn steeds uitgehaald naast of nabij bouten welke reeds in februari 2023 en in oktober 2023 waren gedemonteerd:

- Bout 1: M12 bout afkomstig uit vak C13. Deze was gepositioneerd als verbinding tussen het U-profiel en de wandplaat. Zie figuur 1. Bout 1 zat in lijn gemonteerd met de ‘bouten 1’ zoals onderzocht en gerapporteerd februari 2023 en oktober 2023. Zie figuur 1.
- Bout 2: M12 bout afkomstig uit vak C12. Deze was eveneens gepositioneerd als verbinding tussen het U-profiel en de wandplaat. Zie figuur 4. Bout 2 zat in lijn gemonteerd met de ‘bouten 2’ zoals onderzocht en gerapporteerd februari 2023 en oktober 2023. Zie figuur 4.
- Bout 3: M12 bout afkomstig uit vak B15-B16. Deze was gepositioneerd tussen de twee bovenste wandplaten van beide vakken en gedeelde verticale verstevigingsplaat, ter hoogte van de loopgoot. Zie figuur 7. Bout 3 zat gemonteerd naast de ‘bouten 3’ zoals onderzocht en gerapporteerd februari 2023 en oktober 2023. Zie figuur 7.
- Bout 4: M16 bout afkomstig uit vak A15-A16. Deze was één van de 5 bouten waarmee de verticale verstevigingsplaat bevestigd zat aan het samengestelde voetstuk. Het materiaal rondom de bouten was in een eerder stadium zowel geborsteld als behandeld met een (vermoedelijk) corrosiewerend product. Zie figuur 10. Bout 4 zat gemonteerd tussen de ‘bouten 4’ zoals onderzocht en gerapporteerd februari 2023 en in oktober 2023. Zie figuur 9.
- Bout 5: M8 bout afkomstig uit vak A15-A16. Dit was een van de twee bouten waarmee de 2e horizontale ligger aan de onderzijde vastgemaakt zat aan de verticale verstevigingsplaat A15/A16. Zie figuur 14. Bout 5 zat gemonteerd in de ligger onder de ligger waaruit de ‘bouten 5’ zoals onderzocht en gerapporteerd februari 2023 en in oktober 2023 gemonteerd zaten. Zie figuur 12.

De gedemonteerde bouten zijn één op één vervangen door nieuwe bouten van gelijke kwaliteit.

De bouten (plus moeren en carrosserieringen) welke in februari 2023 zijn vervangen waren reeds in oktober 2023 in enige mate door corrosie aangetast (zie Element rapport ERO041135P). Bij de huidige inspectie

bleek dit ook van toepassing te zijn op de bouten (plus moeren en carrosserieringen) vervangen in oktober 2023. Zie o.a. figuren 1, 7, 9 en 12. Dit geeft aan dat het klimaat nog altijd corrosief te noemen is.

3.2 Visueel en stereomicroscopisch onderzoek in het laboratorium (Breda)

De verwijderde en meegenomen bouten toonden alle in meer of mindere mate aangetast door corrosie. Enkel op bout 4 waren restanten van een corrosie-werend product aanwezig. De bouten toonden over het blootgestelde deel in meer of mindere mate bedekt met roestproduct dat zich deels gemakkelijk liet verwijderen. Het afgedekte deel van de bouten 3, 4 en 5 (een deel van de draadgang en de onderzijde van de boutkop) toonde grotendeels metallisch blank met nauwelijks afzetting van roestproduct. De bouten 1 en 2, afkomstig tussen U-profiel en wandplaat toonden ook over het afgedekte deel enige corosieve aantasting, zij het in veel mindere mate dan op het niet afgedekte deel. Zie figuren 2, 4, 7, 10 en 12. Deze locatieafhankelijke bevindingen komen overeen met de bevindingen gedaan in de eerder uitgevoerde onderzoeken.

3.3 Macroscopisch en microscopisch onderzoek

De vijf bouten zijn over de lengte doorgezaagd waarbij steeds één doorsnede is geprepareerd voor macroscopisch en microscopisch onderzoek. Zie figuren 2, 5, 8, 10 en 13 voor de macroscopische overzichtsfoto's.

In de gepolijste maar ongeëtste conditie toonde het materiaal van de bouten op alle vijf doorsneden vrij schoon met slechts kleine niet-metallische insluitingen verspreid over het oppervlak. Na etsen met V2A werd een austenitische structuur met tweelingen zichtbaar, en met sliplijnen en macro-deformatielijnen parallel aan het schroefdraadoppervlak. Een dergelijks microstructuur is gebruikelijk voor koud gerold rvs type 304(L) boutmateriaal.

Alle vijf bouten toonden overeenkomstige vormen van corrosieve aantasting, zij het in verschillende mate. Het beeld van aantasting was tweeledig:

- Op verschillende posities van de tanden, aan het bouteinde, en aan de kop van de bout toonde zich aan het oppervlak geïnitieerde scheurvorming met uitbreiding door de tand, bouteinde of kop. Op sommige posities waren delen van tanden deels ondermijnd (zie als voorbeeld figuur 14 foto c). In de kop van de bouten 2 en 5 was de scheurvorming relatief uitgebreid en niet meer lokaal te noemen. Zie figuren 6, 15 en 16. Deze mate van scheurvorming in de koppen was bij de vorige onderzoeken niet aangetroffen. De uitbreiding verliep deels transkristallijn en was (deels fijn) vertakt waarbij de vertakkingen veelal, maar niet alleen, de deformatiebanen in het materiaal volgden. De scheurvorming beperkte zich vooralsnog enkel in de tanden (en in de kop van de bout) en niet door de diameter van het draadeind van de bout zelf. Het beeld van scheurvorming duidt op spanningscorrosie.
- Veelal rondom de scheurvorming maar ook op andere geïsoleerde posities – waaronder het bouteinde en de kop van de bout – toonde het materiaal een op verschillende posities zeer dicht netwerk van selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen waarbij het boutmateriaal totaal poreus en ondergraven was geworden.

Voor alle vijf bouten gold dat onder het afgedekte gedeelte (deel draadgang en onderzijde boutkop) nauwelijks enige aantasting aanwezig was dan wel significant minder dan ter hoogte van de blootgestelde delen. Zie ter vergelijking foto's A en B van figuur 5.
De bouten 1, 2 en 5 toonden de sterkste mate van aantasting. Bouten 3 en 4 toonden het minst aangetast.

De bevindingen op de vijf onderzochte bouten komen grosso modo sterk overeen met die verkregen op de bouten onderzocht in februari 2023 en in oktober 2023. Er is, met uitzondering van de relatief uitgebreide scheurvorming in de kop van bout 2 en bout 5, over deze relatief korte periode geen significante toename van corrosieschade vastgesteld.

4 Samenvattende discussie/conclusie

Het klimaat in de technische ruimte van het zwembad voelde opnieuw aan als warm en vochtig en rook naar chloor. Hoewel niet geanalyseerd, is het aannemelijk dat de aangetroffen zoutafzettingen significante concentraties chloriden bevatten.

De combinatie van warmte, vochtigheid en chloriden maakt dat er in de technische ruimte sprake was van zogenaamde 'zwembadomstandigheden'. Dat betekent dat behalve lekwater ook neerslag (condensatie) van chloorhoudende dampen, bv. vluchtige chlooramines, een rol kan hebben gespeeld in de chlooroverdracht leidende tot een chloridenhoudend condensaat aan het rvs oppervlak (ook daar waar geen direct lekvocht aanwezig is geweest). Onder deze omstandigheden kunnen roestvast stalen door lokale vormen van corrosie, zoals chloride put- en spleetcorrosie, aangetast worden. Met name de lager nikkel-gelegeerde austenitische typen roestvast staal (rvs) zoals type 304(L) zijn daarnaast ook gevoelig voor scheurvormige corrosie (chloride spanningscorrosie, Cl-SCC) en kunnen daardoor geheel bezwijken, vaak zonder dat daarbij van tevoren een duidelijke 'aankondiging' zichtbaar is.

Alle bouten in de gehele bassinwandconstructie, waaronder de vijf gedemonteerde en onderzochte bouten, waren van een austenitisch roestvaststaal materiaaltype 304 (A2 kwaliteit). Alle onderzochte bouten vertoonden reeds, zij het in verschillende mate, scheurvorming. Uit het uiterlijk van de scheuren (transkristallijn, vertakt), en de veronderstelde chloriden in de corrosieproducten, wordt afgeleid dat deze scheuren Cl-SCC betreffen. Aan de scheuren (en de deformatiestructuur van de bouten) was verdere specifieke aantasting van de deformatiestructuur opgetreden in contact met het chloriden houdend vocht.

De bevindingen op de vijf onderzochte bouten komen over het algemeen sterk overeen met die gedaan op de bouten onderzocht in februari 2023 en oktober 2023. Er is, met uitzondering van de relatief uitgebreide scheurvorming in de kop van bout 2 en bout 5, over deze relatief korte periode geen significante toename van corrosieschade vastgesteld. Dit wil echter niet zeggen dat het corrosieproces tot stilstand is gekomen. Gezien de condities in de technische ruimte - en de zichtbare corrosieschade aan de in februari 2023 en oktober 2023 nieuw gemonteerde nieuwe bouten - lijkt het aannemelijk dat het corrosieproces doorgaat, zij het in een relatief laag tempo. De aangetroffen scheurvorming in de kop van bout 2 en van bout 5 hoeft niet meteen te betekenen dat de corrosievorming significant is verergerd ten opzichte van de eerdere onderzoeken. De aantallen onderzochte bouten zijn simpelweg te klein om hier een uitspraak over te kunnen doen. Wel wordt hier opgemerkt dat de positie van de scheurvorming in de kop – relatief ver verwijderd van het dragende deel – gunstig is. Mogelijk zijn de eigenspanningen in de bout vanuit het productieproces hier relatief groot. Echter, als deze scheurvorming in de kop meer richting het draadeind aanwezig was of zich in die richting gaat ontwikkelen, dan wordt de integriteit van de bout al snel significant ondermijnd.

De afgedekte delen van de bouten – en daarmee in grote lijnen ook de constructief belaste delen van de bouten - waren niet of in veel mindere mate aangetast dan de delen waar chloridehoudend lek- en/of condenswater direct op neer kon slaan. Het is echter aannemelijk dat bij voortgaande blootstelling aan gelijkblijvende omstandigheden uiteindelijk ook de afgedekte, belaste delen aangetast zullen raken.

Voor een verdere discussie over het gebruik van rvs in een zwembadomgeving (zowel austenitisch als ferritisch), de mogelijke alternatieve materialen en de door Element gemaakt aanbevelingen, wordt verwezen naar de 'samenvattende discussie en aanbevelingen' zoals gegeven in Element rapport ERO039711P.

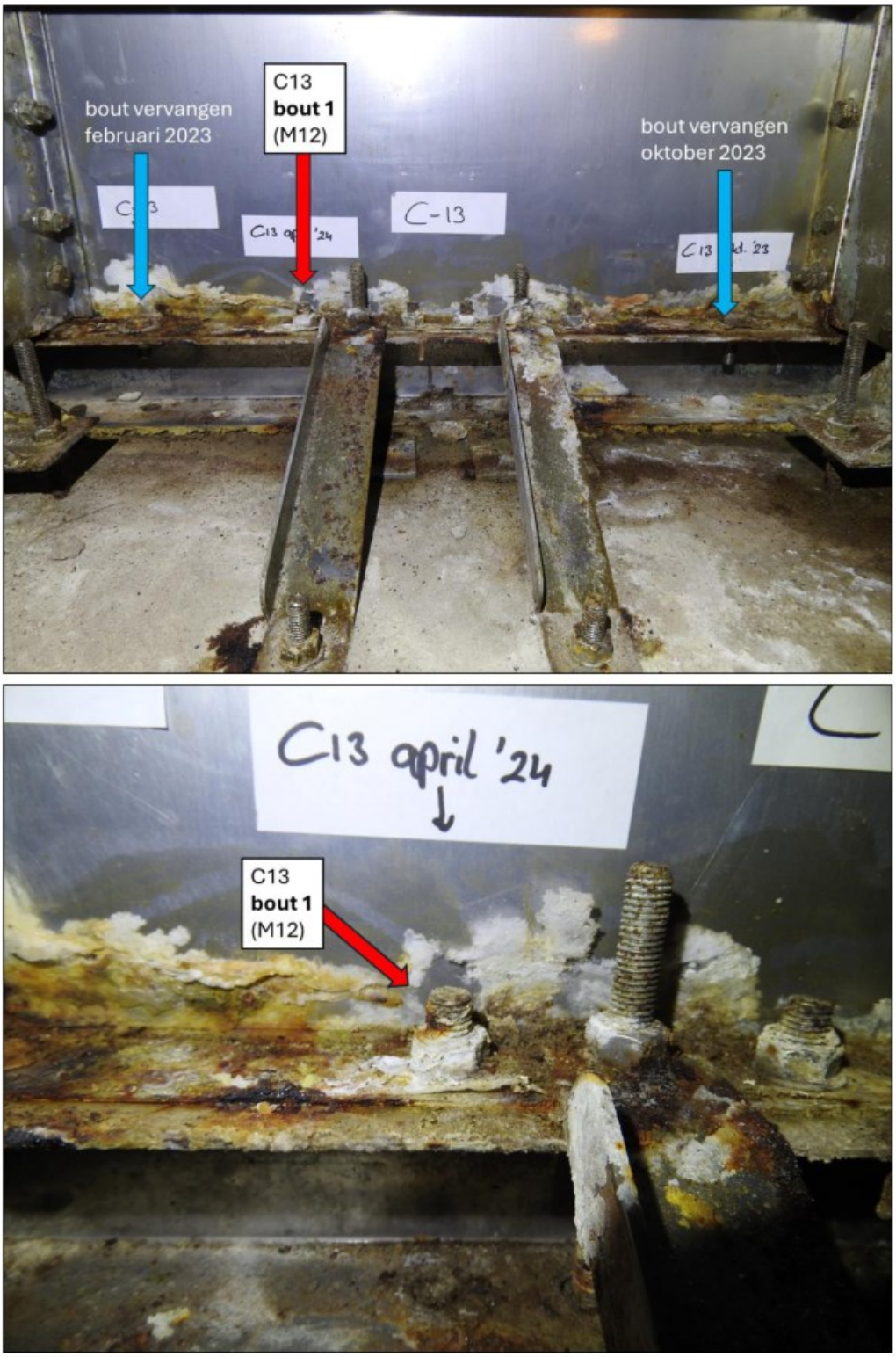
Alle specifieke kenmerken van het (de) bovengenoemde object(en) zijn, voor zover toegankelijk en relevant, geverifieerd door Element Materials Technology Rotterdam b.v. (Element). Overige informatie is aangeleverd door de opdrachtgever. Deze informatie is voor zover mogelijk geverifieerd en verder ongewijzigd in dit rapport overgenomen. Element draagt geen verantwoordelijkheid voor de correctheid van deze aangeboden informatie. Iedere vorm van "witnessing" en conclusies door derden wordt niet door de RVA accreditatie L063 gedekt en is geen onderdeel van de Element rapportage. Wij verklaren dat de onderzoeksresultaten correct zijn weergegeven en dat het (de) bovengenoemd(e) onderzoeksobject(en) is (zijn) onderzocht conform de eisen van de opdrachtgever en/of de bovengenoemde procedure(s) en/of code(s)/specificatie(s).
Indien in het rapport een conformiteitsverklaring wordt afgegeven met betrekking tot het voldoen aan een specificatie of norm dan is deze alleen van toepassing om het (de) onderzochte product(en). Bij deze beoordeling wordt de beslissingsregel toegepast die ervan uitgaat dat de uitgebreide meetonzekerheid niet in de beoordeling wordt meegenomen. Er zijn onzekerheidsschattingen voor kwantitatieve tests vastgesteld. Sommige daarvan zijn beschikbaar op de website van het laboratorium (**Link**), voor alle andere kunt u contact opnemen met het laboratorium voor details. Tenzij anders vermeld in de testnorm of de accreditatieregels, wordt de afrondingsregel volgens ASTM E29 gebruikt voor tests volgens ASTM/ASME en wordt ISO 80000-1 Bijlage A Regel B gebruikt voor tests volgens alle andere normen. In voorkomende gevallen wordt door Element onderzoek uitbesteed, onder vermelding van het accreditatienummer van de uitvoerende partij. Interpretaties, meningen, conclusies en adviezen zijn deels gebaseerd op de onderzoeksresultaten en deels op de door de opdrachtgever aangeboden informatie. Rechtsgeldigheid hebben slechts de rapporten die voorzien zijn van een geautoriseerde ondertekening. Als, bij reproductie, slechts delen van dit rapport worden gekopieerd, draagt Element geen enkele verantwoording voor inhoud, strekking en conclusies in dat kopie. De onderzoeksobjecten van materiaal testen en niet relevante delen van schadeonderzoek zullen 2 maanden, relevante delen van schadeonderzoek zullen 2 jaar en replica's zullen 5 jaar bewaard blijven, ingaande op de rapportdatum zoals vermeld op het titelblad. Indien wij voor het verstrijken van deze periode van de opdrachtgever geen andersluidende instructies hebben ontvangen, nemen wij aan dat opdrachtgever er geen bezwaar tegen heeft dat de betreffende objecten daarna op een door Element te bepalen moment zullen worden vernietigd.

Breda, 31 mei, 2024

Auteur: [redacted]
Consultant schadeonderzoek

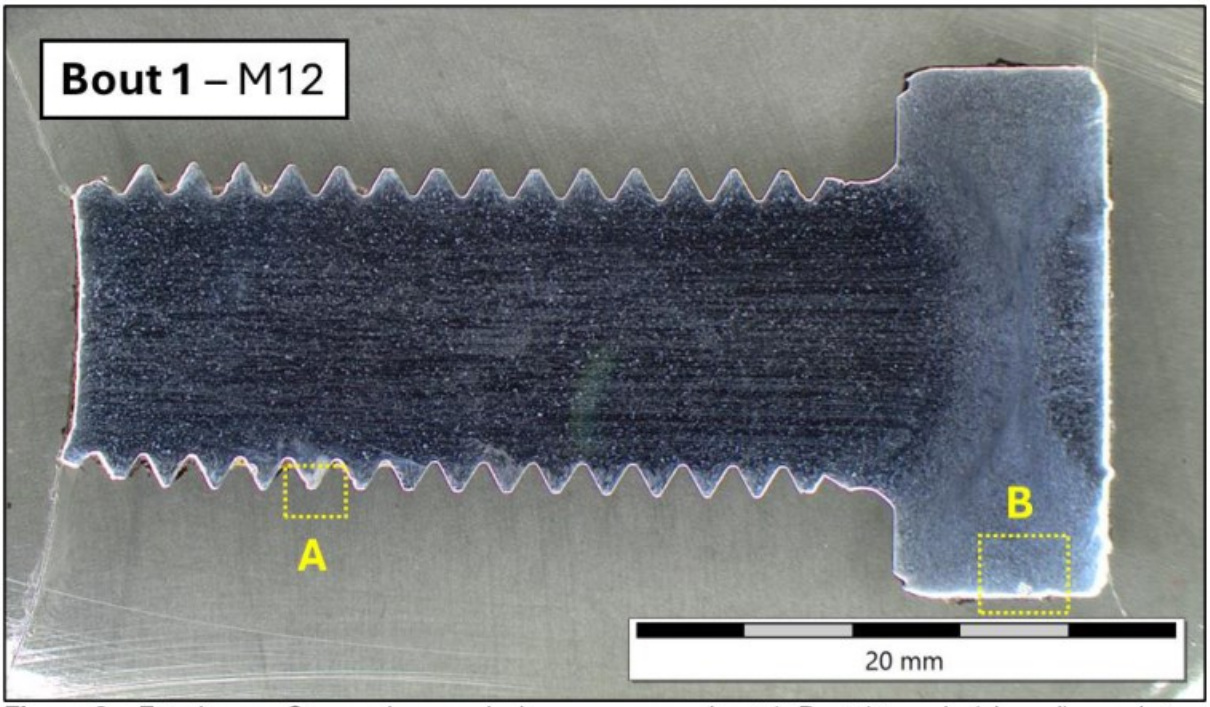
Geautoriseerd door: [redacted]
Groepsleider Schadeonderzoek NL

[redacted]
Sr. consultant schadeonderzoek

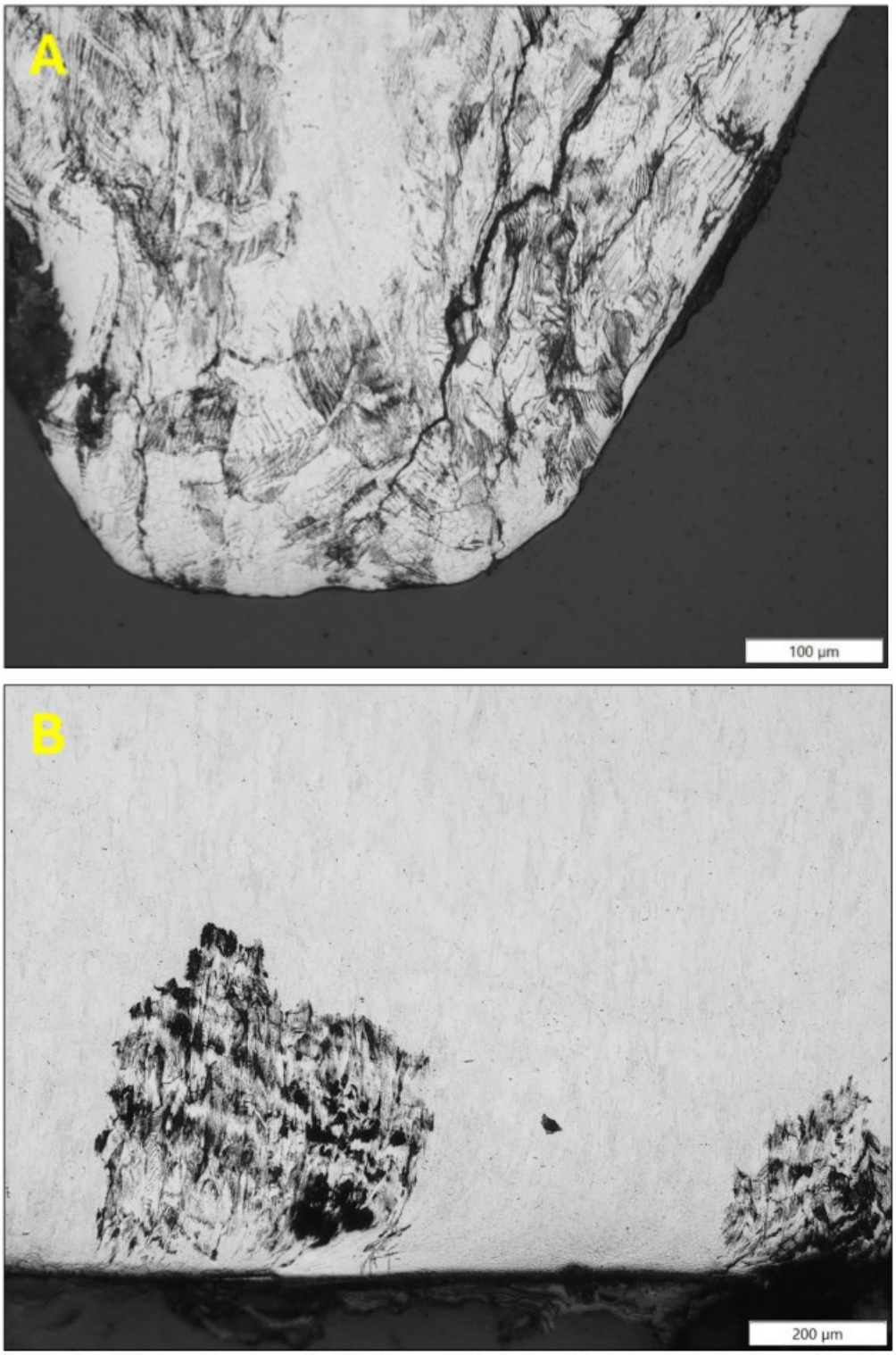


Figuur 1. Foto boven: overzicht van het onderste deel van vak C13.
Foto onder: Bout 1 vóór uitname. Bout 1 was gepositioneerd als verbinding tussen het U-profiel en de wandplaat in een hoek van vak C13.

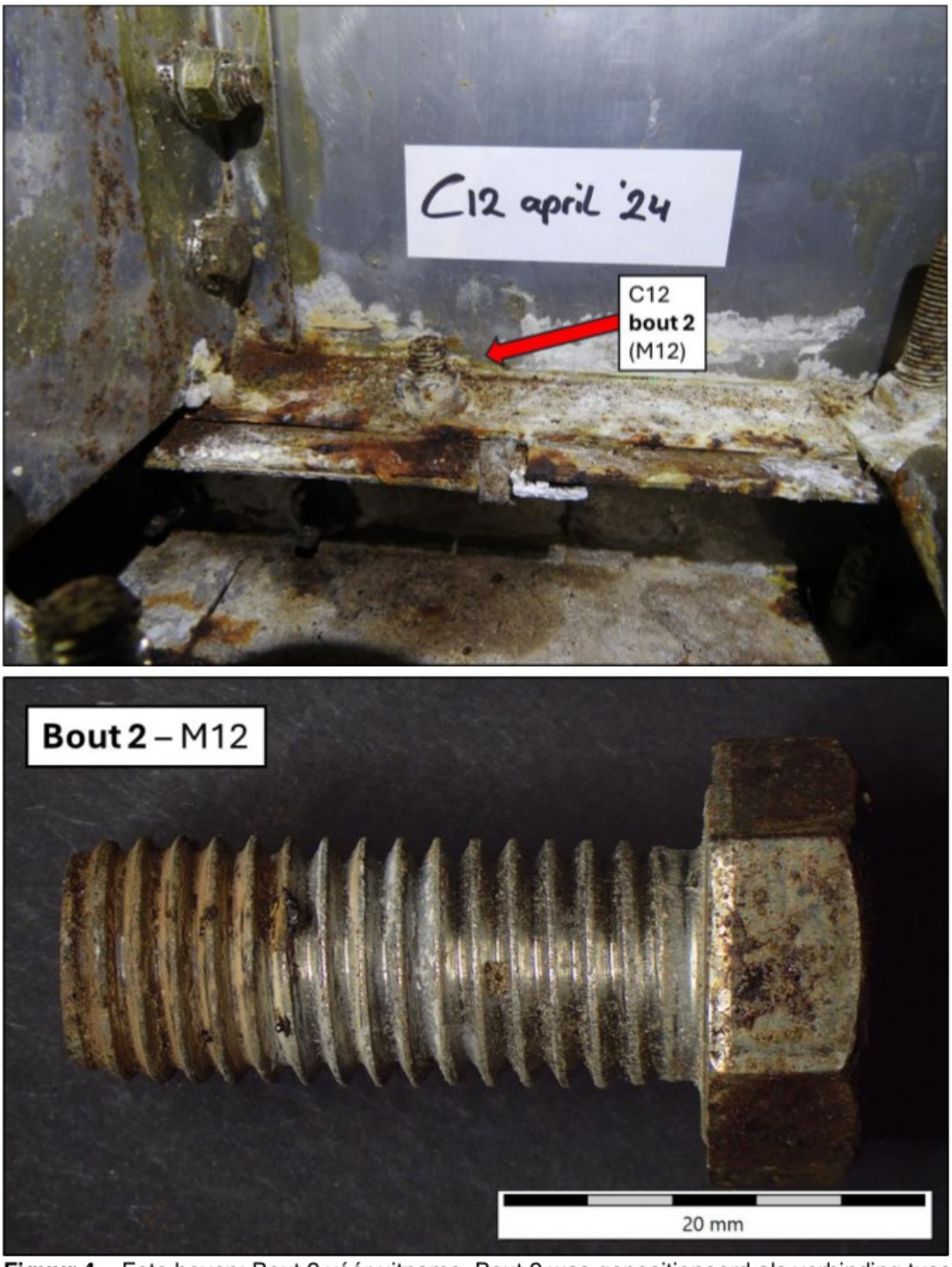




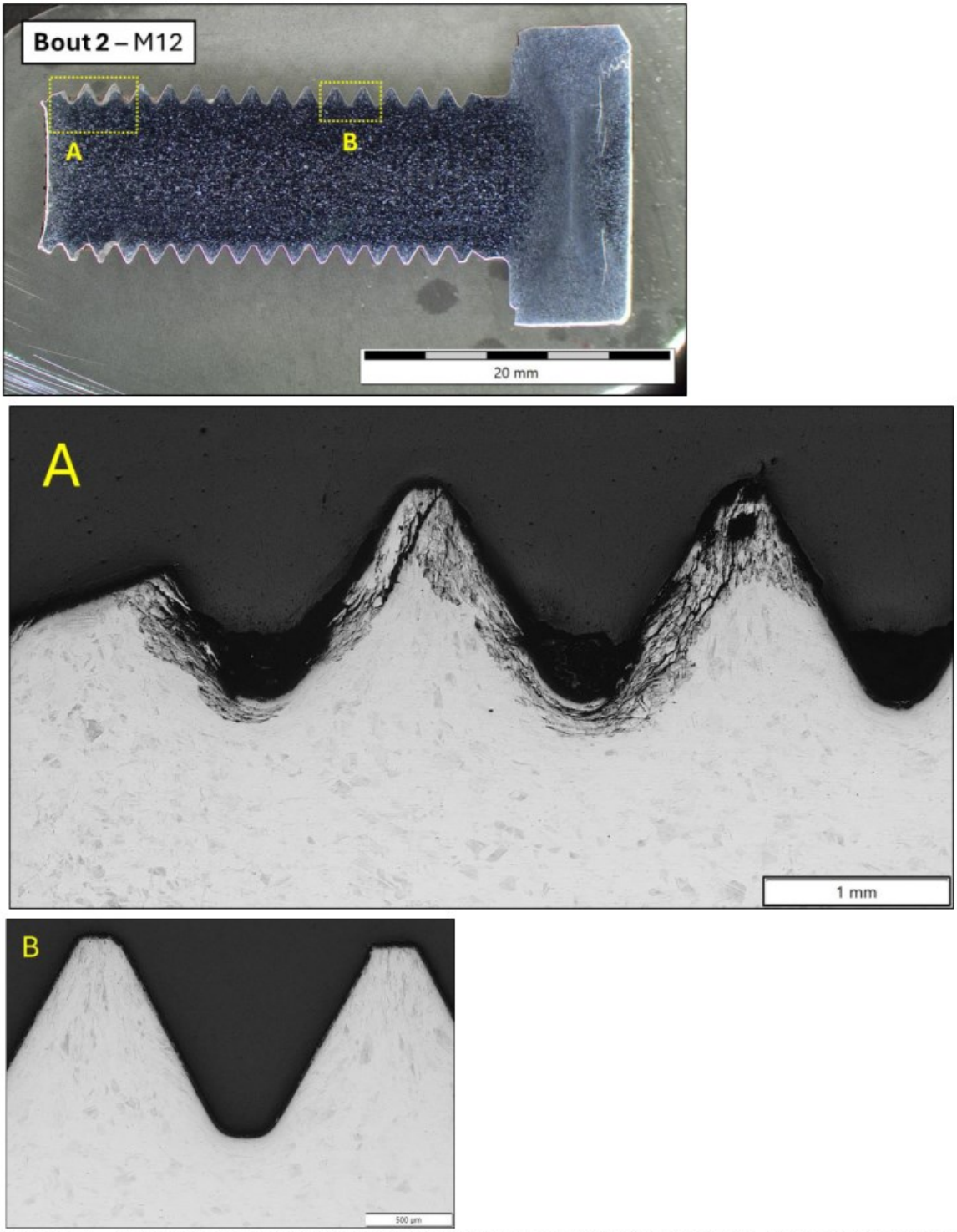
Figuur 2. Foto boven: Stereomicroscopische opname van bout 1. Bout 1 toonde (visueel) over het gehele blootgestelde oppervlak aangetast door corrosie. Het deel wat bedekt was toonde in beperkte mate aangetast.
Foto onder: Macroscopisch beeld van een doorsnede van bout 1. Etsing met V2A.



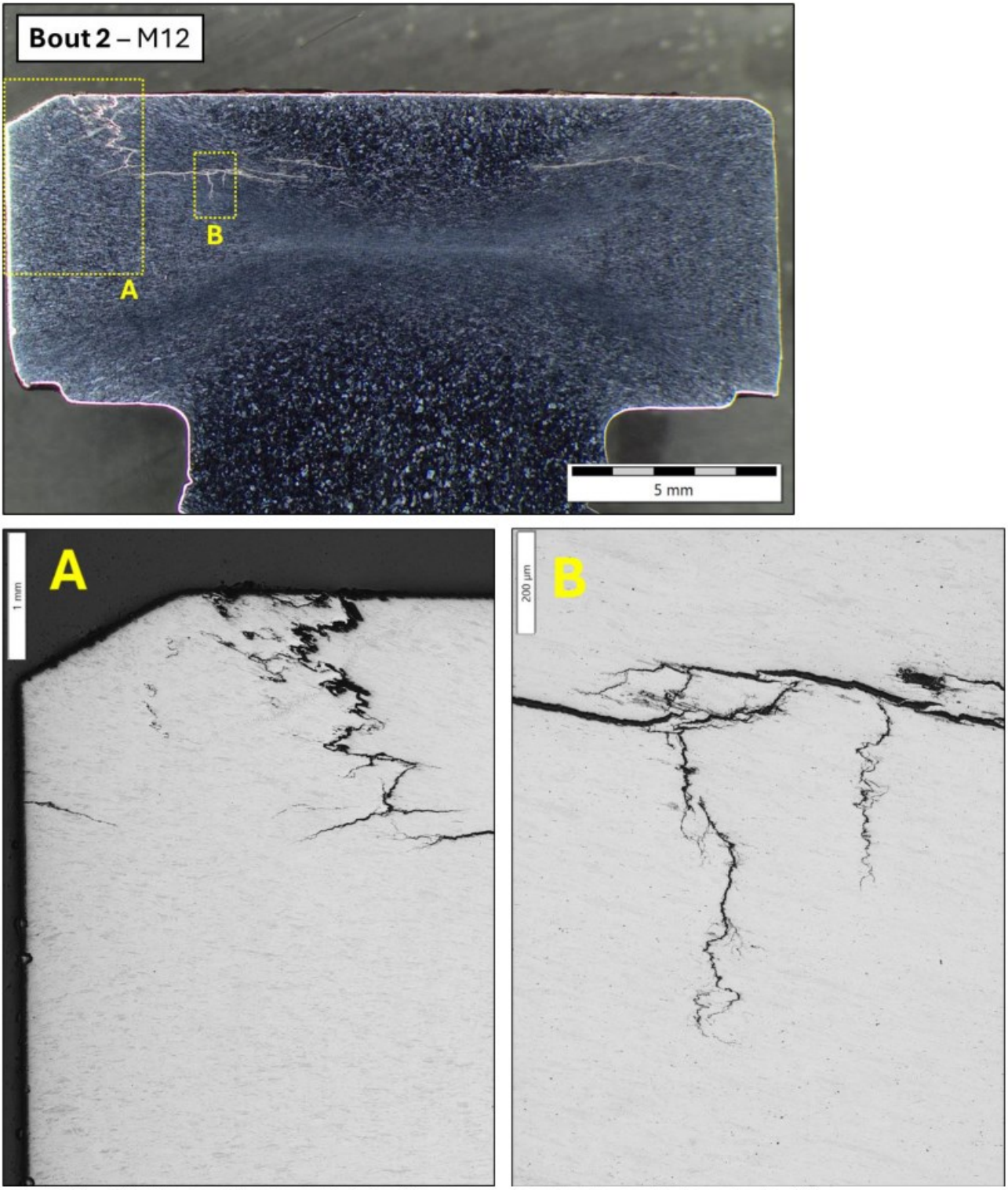
Figuur 3. Microscopische detailfoto's van enkele van de vele aangetaste posities in bout 1. De foto boven toont zowel scheurvorming als selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen. De foto onder toont alleen selectieve aantasting van de microstructuur. Alle foto's: etsing met V2A.



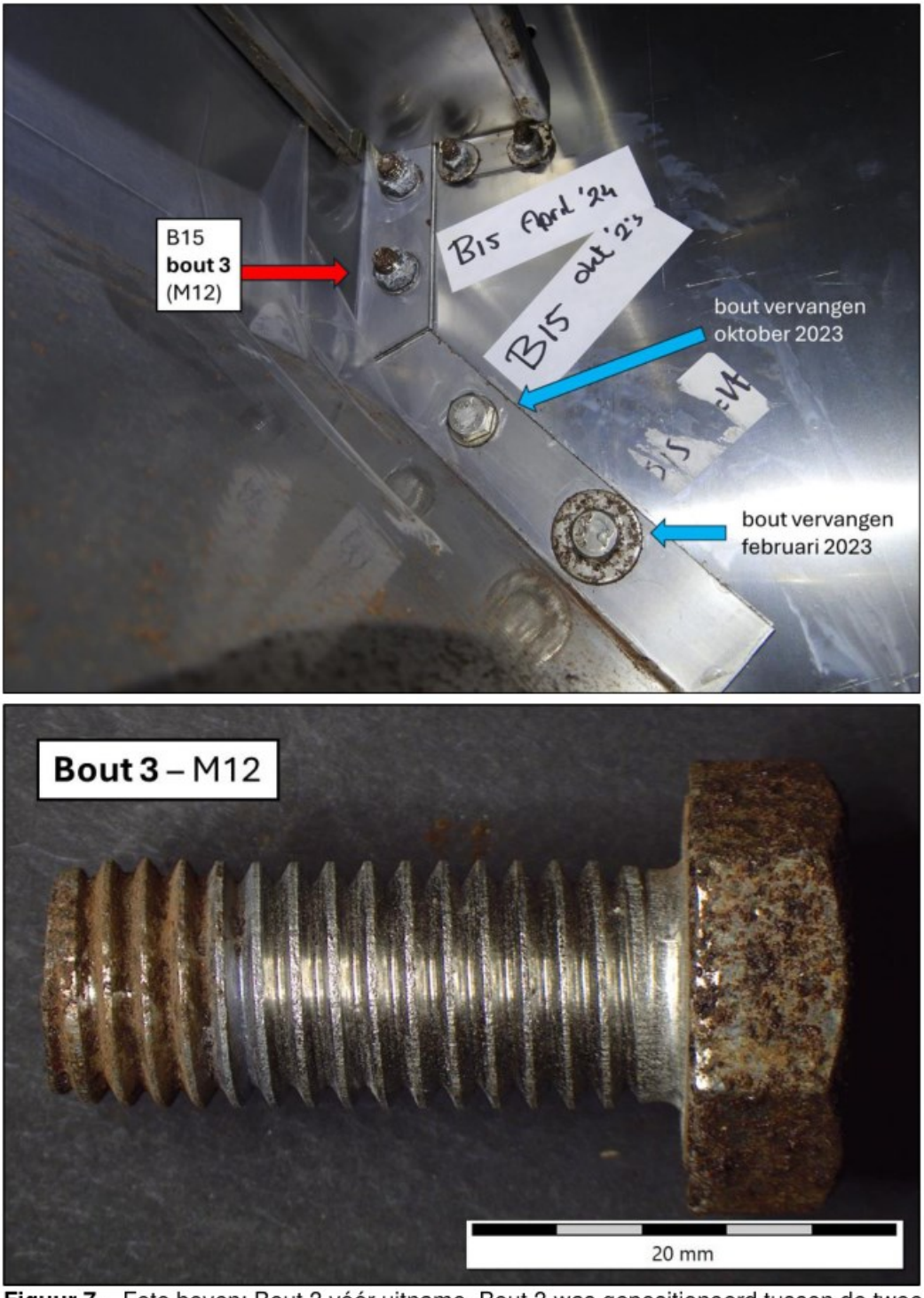
Figuur 4. Foto boven: Bout 2 vóór uitname. Bout 2 was gepositioneerd als verbinding tussen het U-profiel en de wandplaat iets uit het midden van C12.
Foto onder: Stereomicroscopische opname van bout 2. Bout 2 toonde vergelijkbaar met bout 1 (visueel) over het gehele blootgestelde oppervlak aangetast door corrosie. Het deel wat bedekt was toonde in beperkte mate aangetast.



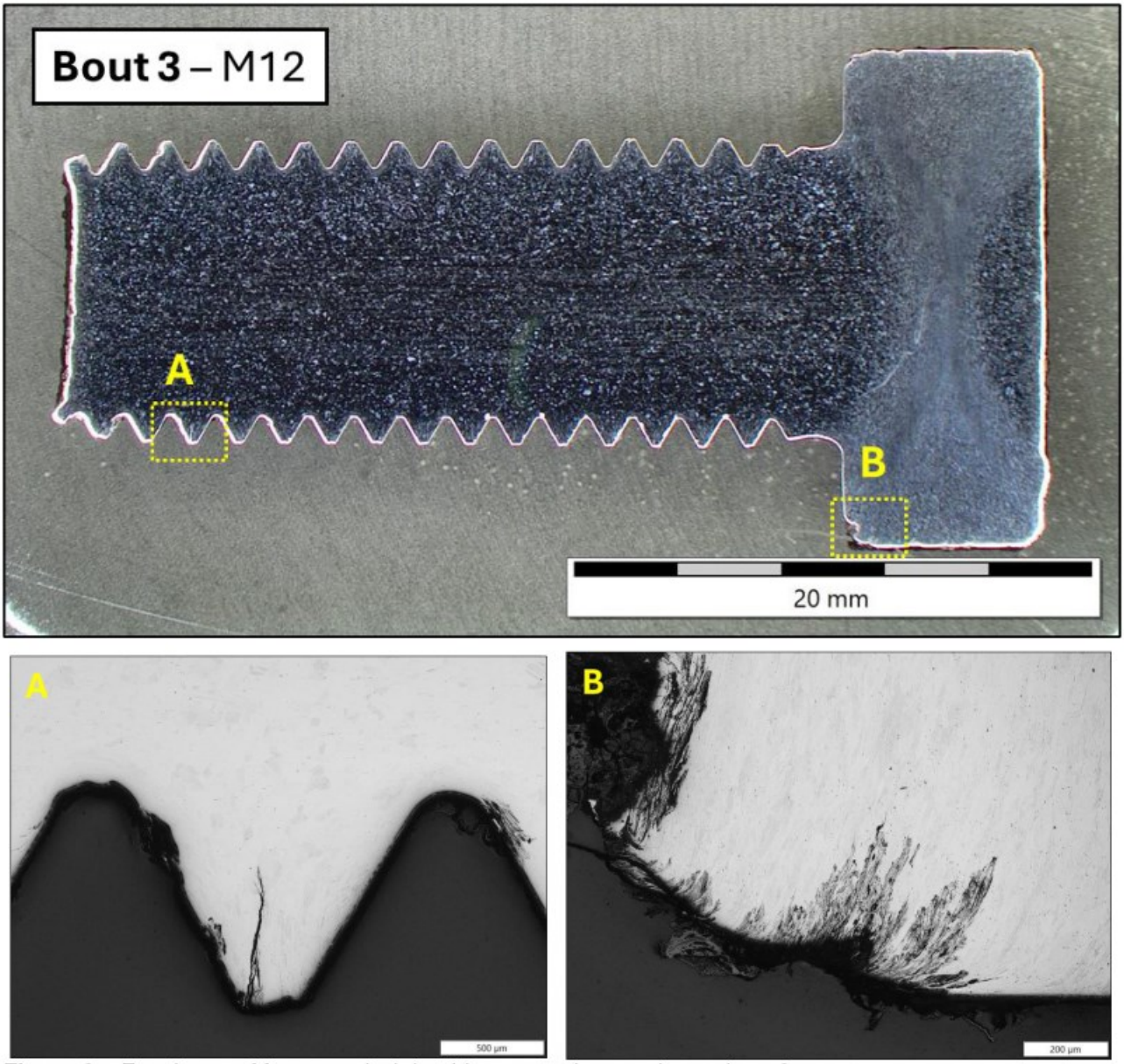
Figuur 5. Foto boven: Macroscopisch beeld van een doorsnede van bout 2. Foto boven: Microscopische detailfoto van enkele aangetaste tanden in bout 2 op een niet afgedekt deel. Foto onder: Een tweetal tanden van dezelfde bout, nu onder het afgedekte deel (de tanden toonden geheel intact). Alle foto's: etsing met V2A.



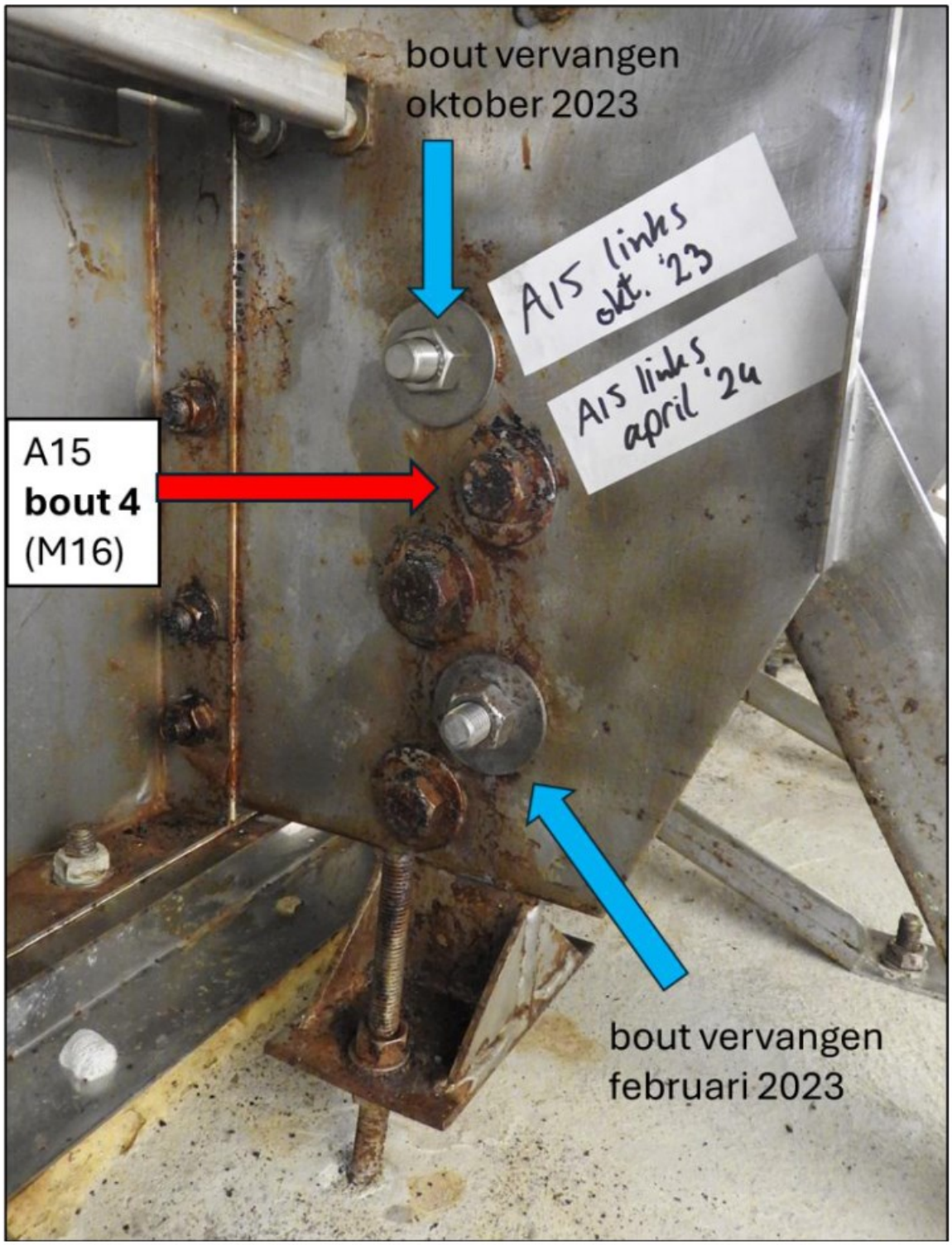
Figuur 6. Foto boven: Macroscopisch beeld van een doorsnede van de kop van bout 2.
Foto's onder: Enkele details met grillig verlopende, vertakte scheurvorming.
Alle foto's: etsing met V2A.



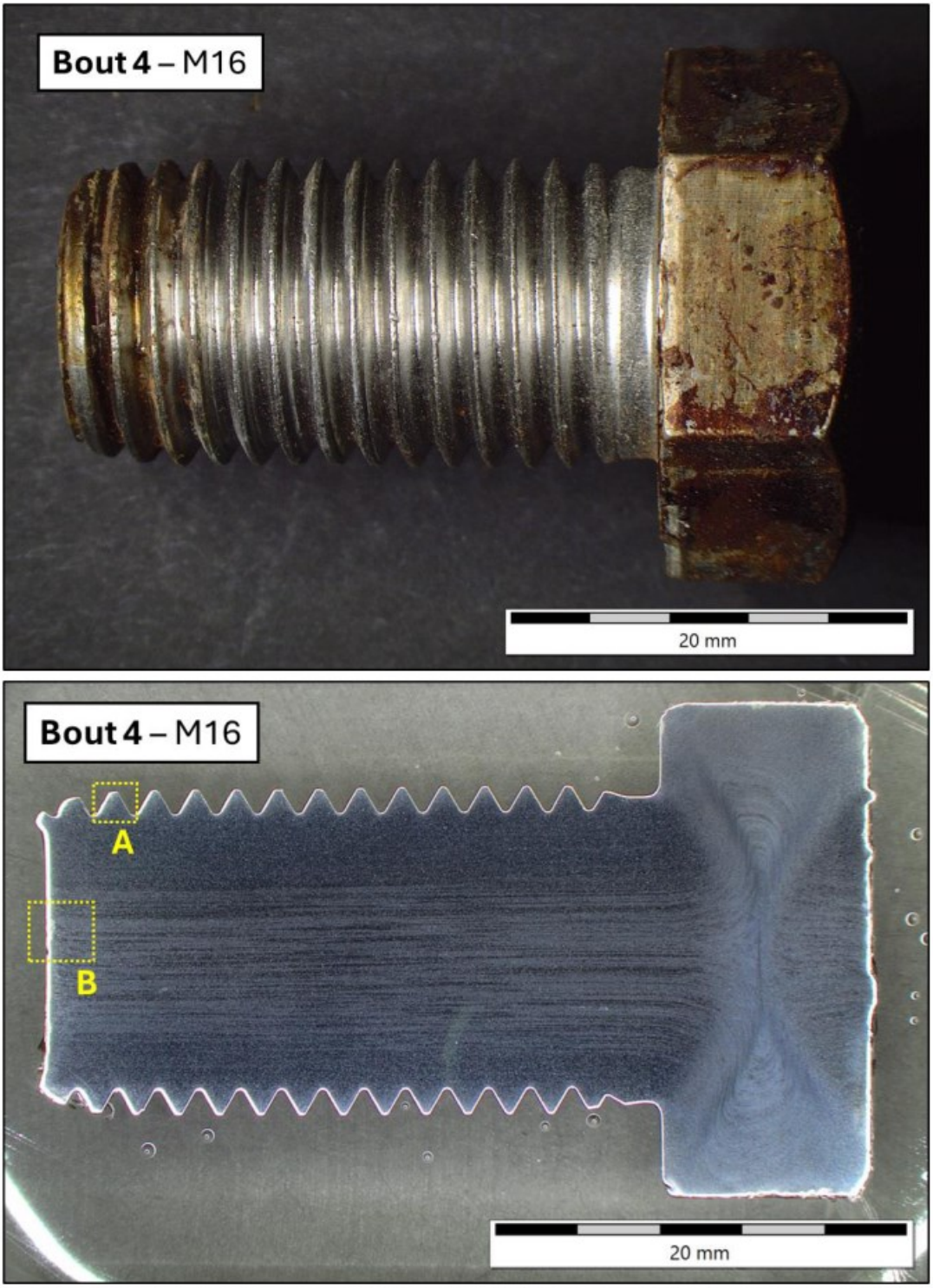
Figuur 7. Foto boven: Bout 3 vóór uitname. Bout 3 was gepositioneerd tussen de twee bovenste wandplaten van vakken B15 en B16 en de gedeelde verticale verstevigingsplaat, ter hoogte van de loopgoot. De bouten uitgewisseld in 2023 zijn aangegeven middels de blauwe pijlen.
Foto onder: Stereomicroscopische opname van bout 3. Het afgedekte deel van bout 3 (een deel van de draadgang en de onderzijde van de boutkop) toonde niet of nauwelijks afzetting van roestproduct.



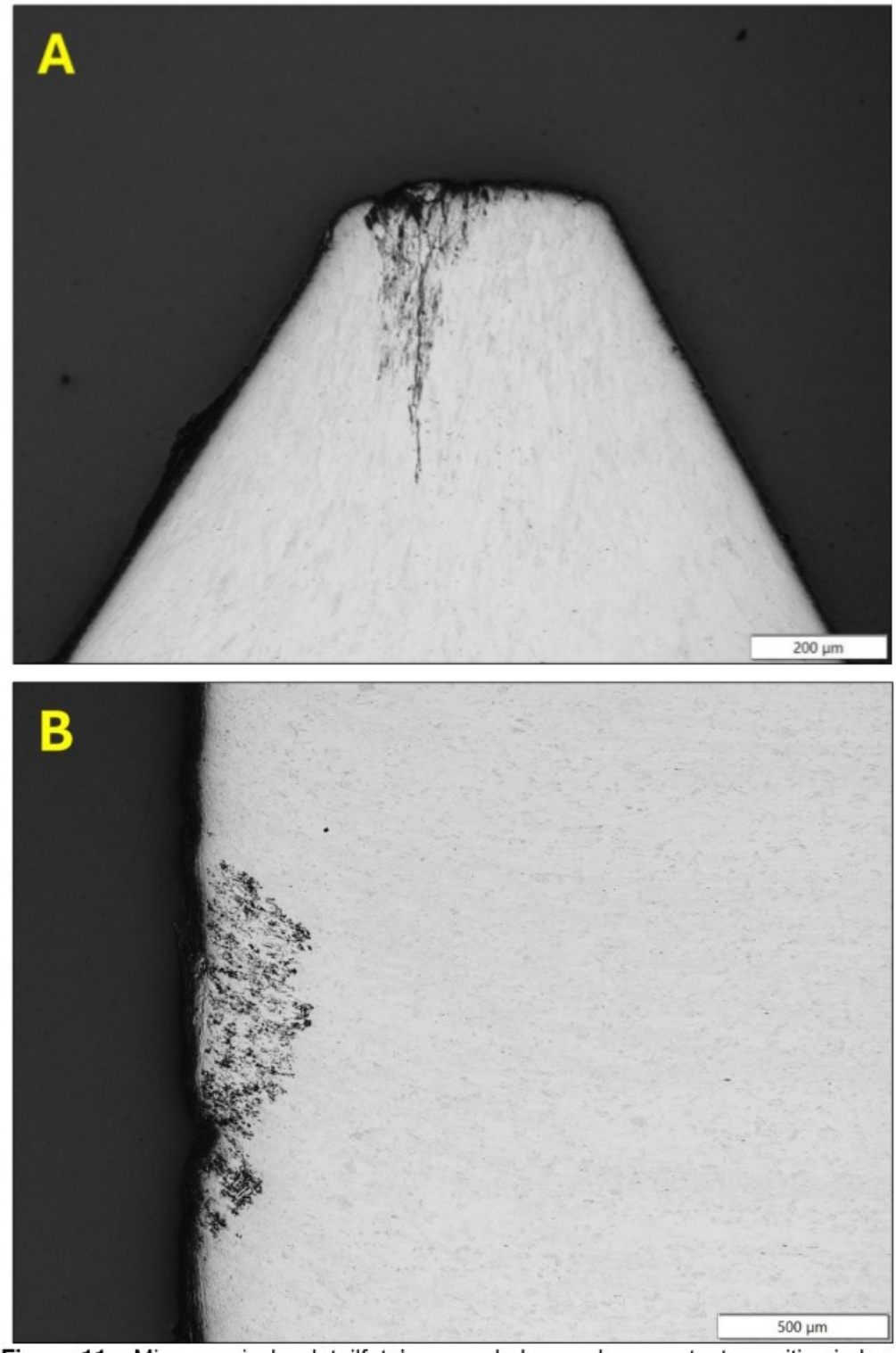
Figuur 8. Foto boven: Macroscopisch beeld van een doorsnede van bout 3.
Foto's onder: Microscopische detailfoto's van enkele van de vele aangetaste posities in bout 3. De foto's tonen zowel scheurvorming als selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen. Alle foto's: etsing met V2A.



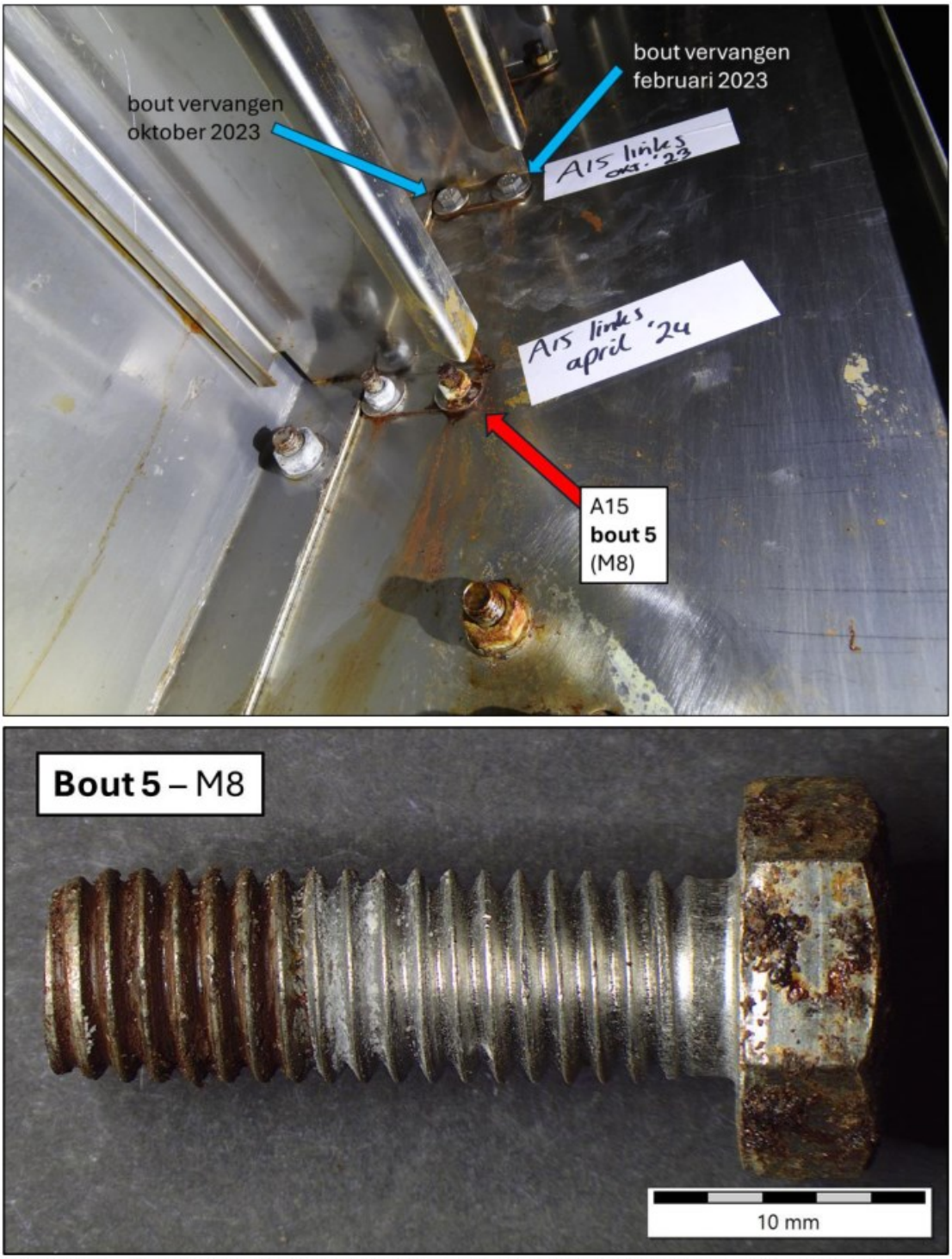
Figuur 9. Bout 4 vóór uitname. Bout 4 was één van de vijf bouten waarmee de verticale verstevigingsplaat tussen vak A14 en vak A15 bevestigd zat aan het samengestelde voetstuk. Het materiaal rondom de bouten was in een eerder stadium niet geborsteld maar wél behandeld met een (vermoedelijk) corrosiewerend product. De bouten uitgewisseld in 2023 zijn aangegeven middels de blauwe pijlen.



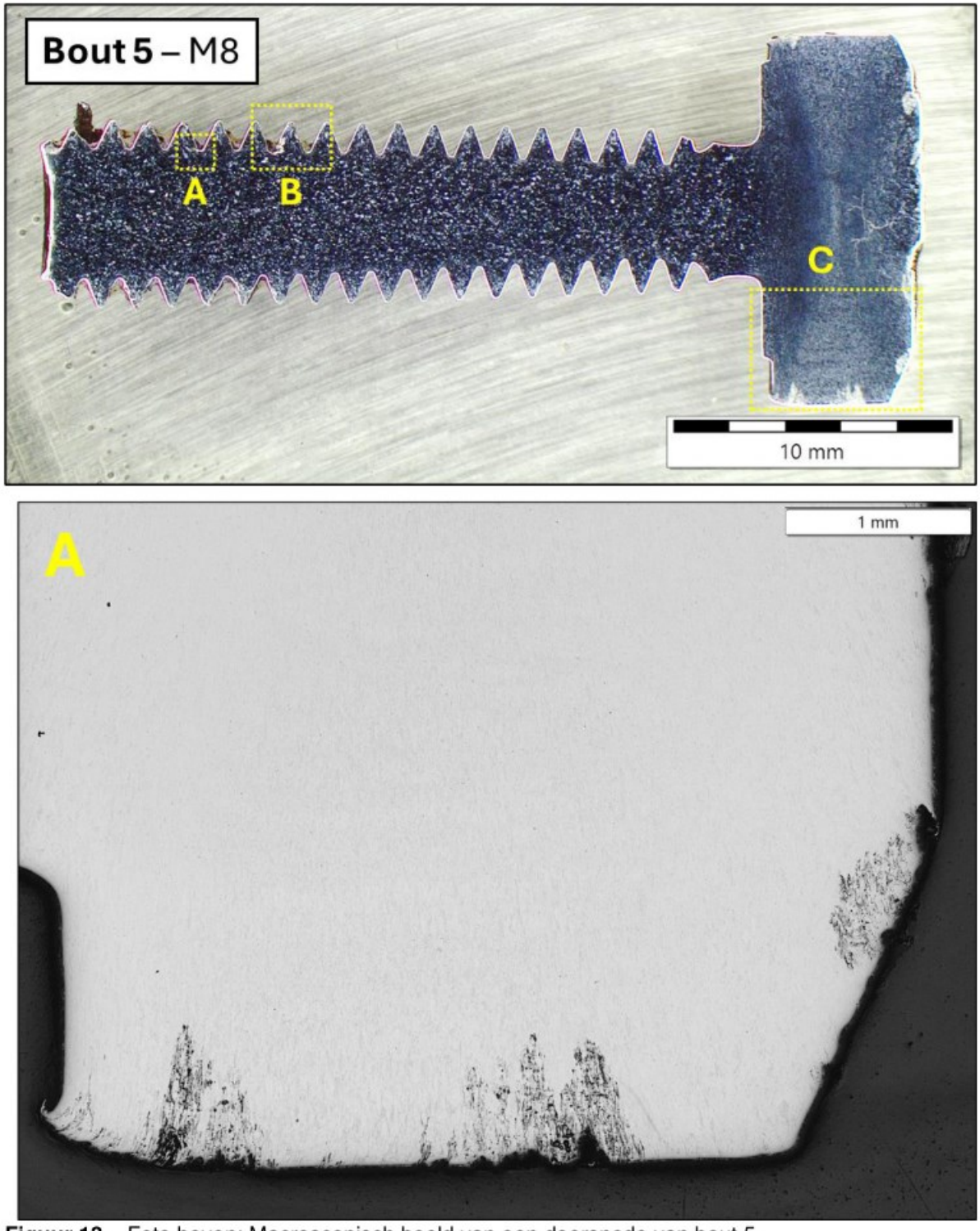
Figuur 10. Foto boven: Stereomicroscopische opname van bout 4. Het afgedekte deel van bout 4 (een deel van de draadgang en de onderzijde van de boutkop) toonde niet of nauwelijks afzetting van roestproduct. Op het niet-bedekte deel zaten - behalve roest - restanten van een corrosiewerend product (e.g. wax).
Foto onder: Macroscopisch beeld van een doorsnede van bout 4. Etsing: V2A.



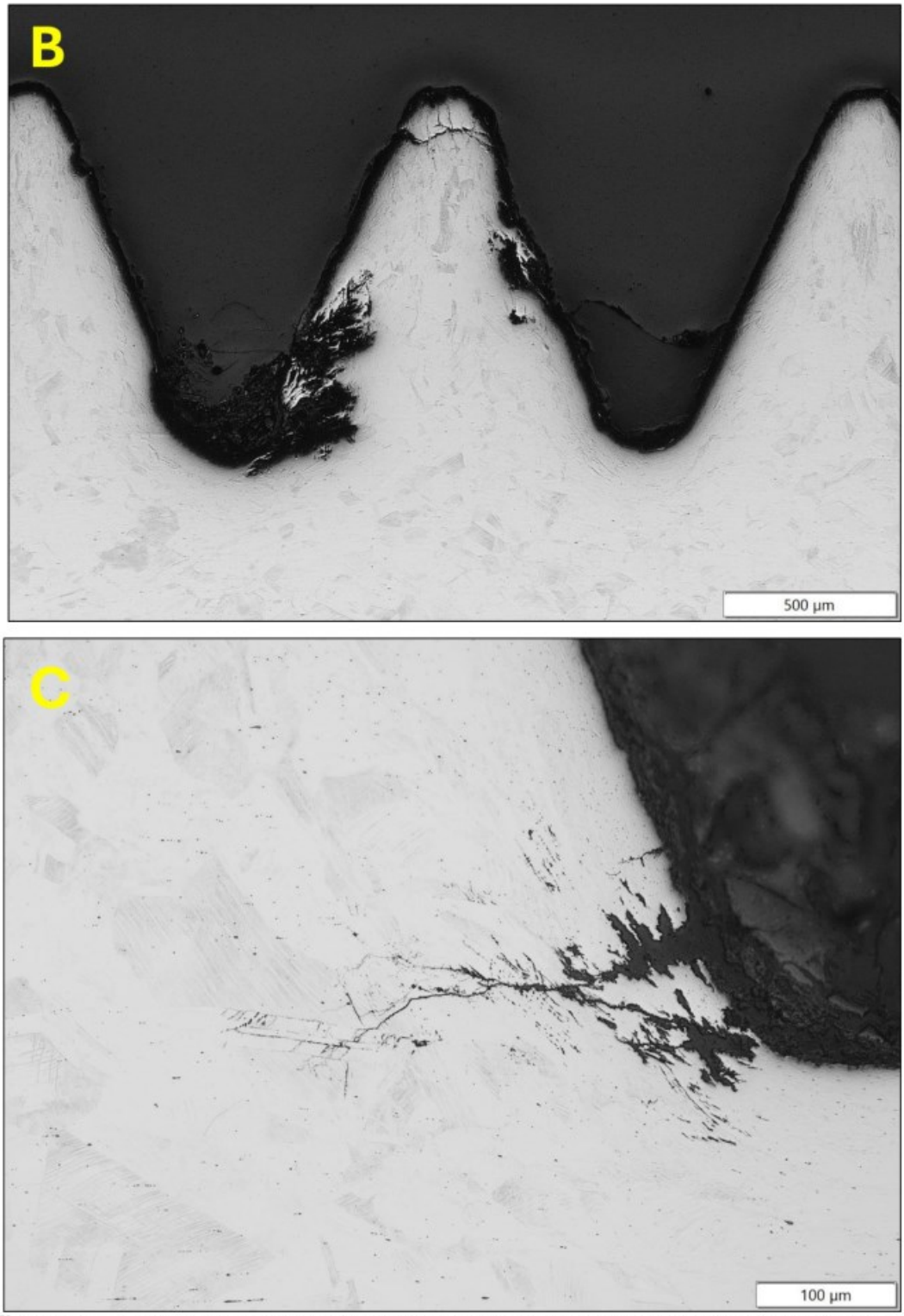
Figuur 11. Microscopische detailfoto's van enkele van de aangetaste posities in bout 4. De foto's tonen selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen. Foto toont daarnaast scheurvorming vanuit de top van de tand. Alle foto's: etsing met V2A.



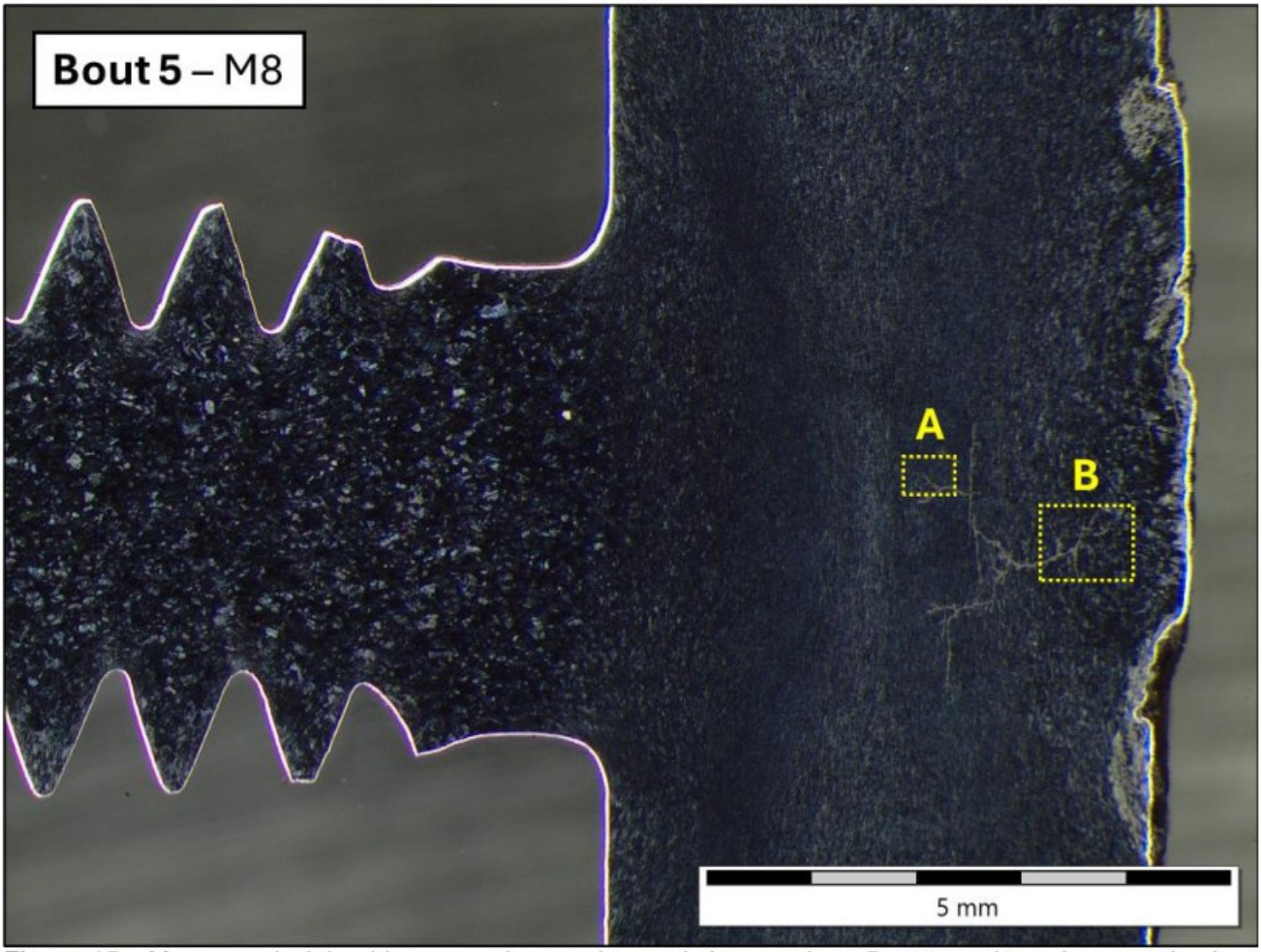
Figuur 12. Foto boven: Bout 5 vóór uitname. Bout 5 was een van de twee bouten waarmee de 2e horizontale ligger van onderen vastgemaakt zat aan de verticale verstevigingsplaat tussen vak A15 en vak A16. De bouten uitgewisseld in 2023 zijn aangegeven middels de blauwe pijlen.
Foto onder: Stereomicroscopische opname van bout 5. Het afgedekte deel van bout 5 (een deel van de draadgang en de onderzijde van de boutkop) toonde – visueel – niet of nauwelijks afzetting van roestproduct



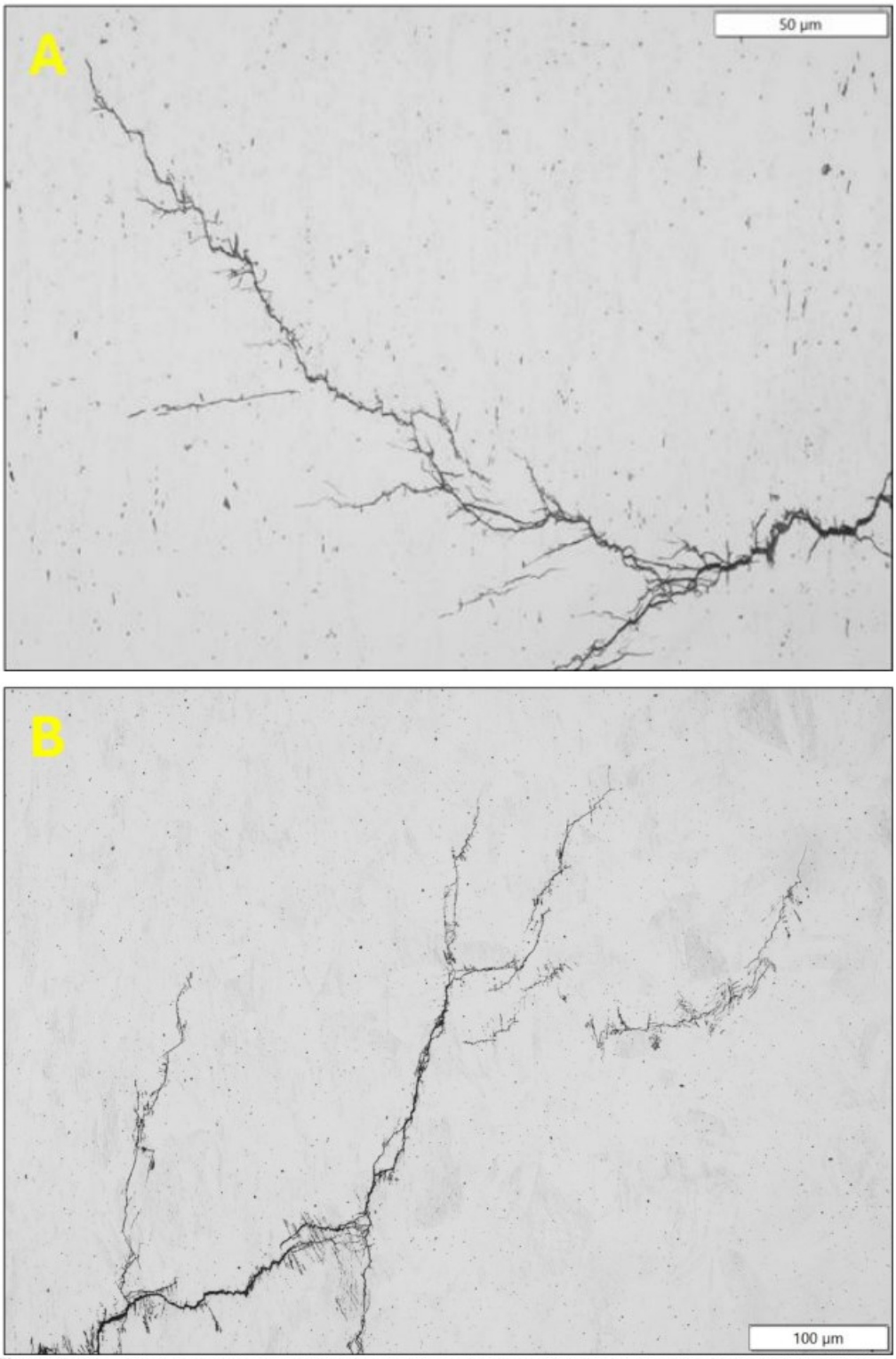
Figuur 13. Foto boven: Macroscopisch beeld van een doorsnede van bout 5.
Foto onder: Microscopische detailfoto van een deel van de kop van bout 5 met selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen. Etsing met V2A.



Figuur 14. Microscopische detailfoto's van enkele van de vele aangetaste posities in bout 5. De foto's tonen zowel scheurvorming als selectieve aantasting van de microstructuur langs de deformatie- en sliplijnen, waardoor de tanden ondermijnd worden. Alle foto's: etsing met V2A.



Figuur 15. Macroscopisch beeld van een doorsnede van de kop van boot 5 met vertakte scheurvorming in de kop. Etsing met V2A.



Figuur 16. Microscopische detailfoto's van de scheurvorming in de kop van bout 5. De scheurvorming toont hier fijn vertakt en loopt transkristallijn. Beide foto's: etsing met V2A.

Bijlage 1: benummering bassinwand (door Element)

