

Livret JACQUET 2024



LISTE DES PHOTOGRAPHIES

dans l'ordre de l'arrivée des candidatures

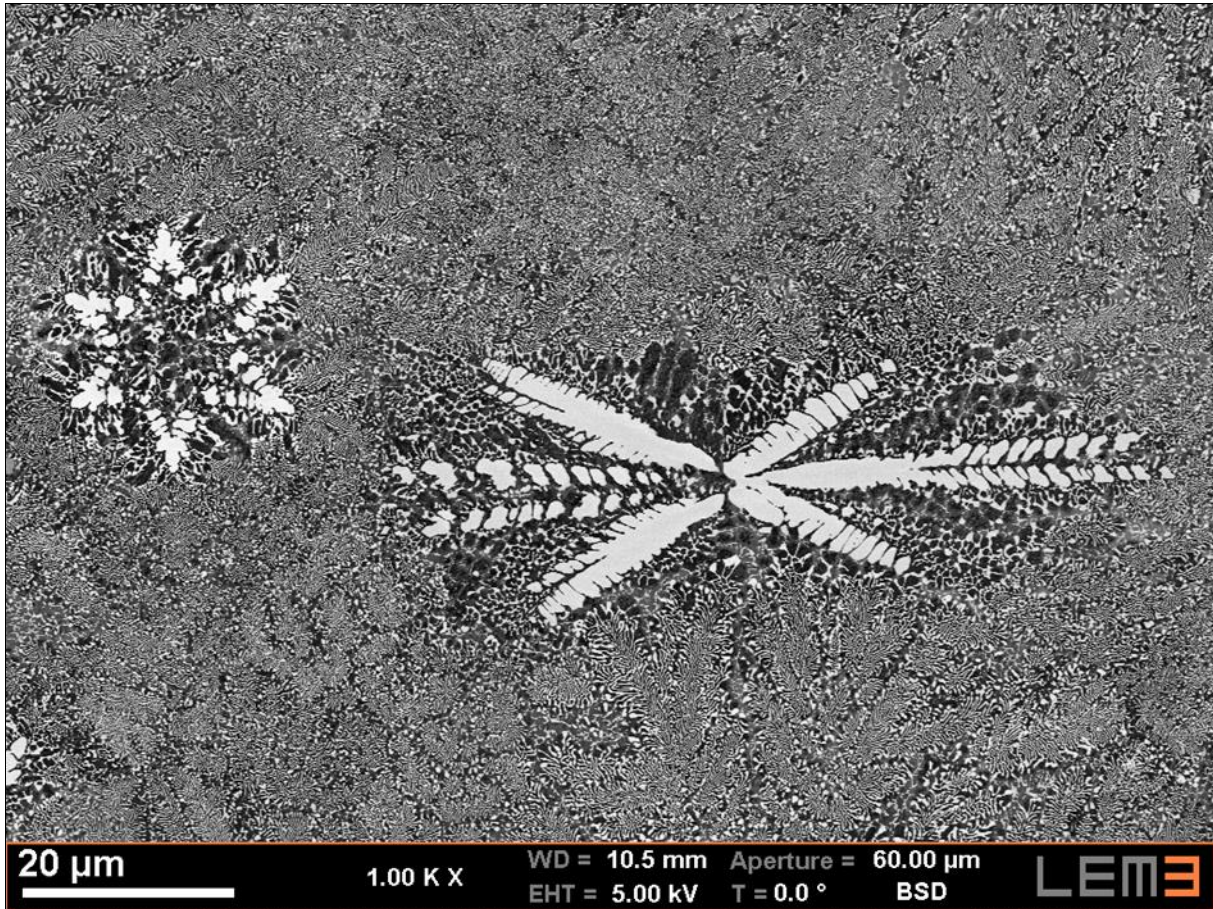
(1)	Jérôme SLOWENSKY	4
	<i>Libellule Stellaire 1</i>	4
(2)	Jérôme SLOWENSKY	5
	<i>Libellule Stellaire 2</i>	5
(3)	Paul BARET	6
	<i>Poudre attristée de l'impact de la pollution</i>	6
(4)	Baptiste LARROUY	7
	<i>Le MEB et les abeilles</i>	7
(5)	Régis POULAIN.....	8
	<i>PsychédéliHEA</i>	8
(6)	Véronique MARIE	9
	<i>Un monde nouveau</i>	9
(7)	Thibaut DE TERRIS	10
	<i>Austéno-spaghettis à la sauce ferrite</i>	10
(8)	Johanna GUIBERT	11
	<i>Fossile métallurgique : le Carburasaurus Rex</i>	11
(9)	Johanna GUIBERT	12
	<i>Les "racines"</i>	12
(10)	Paul CHATRON-MICHAUD.....	13
	<i>Au cœur de la matière</i>	13
(11)	Guru Santhosh IRVICHETTY.....	14
	<i>Fractured Landscape: The Final Breath of Titanium</i>	14
(12)	Guru Santhosh IRVICHETTY.....	15
	<i>Metallic Dunes: The Polished Desert of Titanium</i>	15
(13)	Brice BOURDILIAU	16
	<i>Hippocampe</i>	16
(14)	Brice BOURDILIAU	17
	<i>Monstre de Loch Ness</i>	17
(15)	Loïc MICHEL	18
	<i>Poudre de la joie</i>	18
(16)	Hervé CHAVANNE.....	19
	<i>Forêt de sapin</i>	19

(17)	Hervé CHAVANNE	20
	La colonne vertébrale de Godzilla.....	20
(18)	Antoine KIEFFER	21
	Colombe de la paix bravant les balles.....	21
(19)	Catherine ANDASSE	22
	Cratère de météorite	22
(20)	Catherine ANDASSE	23
	Plongeur cristallin	23
(21)	Soha BAYDOUN	24
	Durability Guardian : The Ni₃Si Chimera	24
(22)	Carla OBERBILLIG	25
	Westie César en saut	25
(23)	Célia CONTRERAS.....	26
	Excalibur 2.0.....	26
(24)	Grégory LEUILLIER	27
	L'hiver arrive	27
(25)	India BAGARD	28
	Le poisson spectral	28
(26)	Patrick BARGES	29
	Carbures du Jurassique.....	29
(27)	Patrick BARGES	30
	LEOPARD Pride Colors	30
(28)	Valérie DAESCHLER.....	31
	La dentelle métallique.....	31
(29)	Valérie DAESCHLER.....	32
	Le vitrail bleu.....	32
(30)	Frédéric DANOIX.....	33
	Cape York.....	33
(31)	Alex ZUBER	34
	Hypersensitive Humpback Whale	34
(32)	Alex ZUBER	35
	Chaos Emergence on a Pleasant Cobalt Terrace	35
(33)	Fernando Pasqual GOCE	36
	La chasse aux papillons	36
(34)	Lucille BORNOWSKY	37
	Cœur clivé	37
(35)	François LAMMING.....	38
	Fleur de Verre : éclosion dans le Chaos.....	38

(36)	François LAMMING.....	39
	<i>Boule de cristal, un avenir en rupture</i>	39
(37)	Elodie CABROL	40
	<i>Coucou du bonhomme de neige</i>	40
(38)	Elodie CABROL	41
	<i>Croissants de lune</i>	41
(39)	Jeffrey VALDIVIA	42
	<i>Carbure City</i>	42
(40)	William BURGE-CATINOT	43
	<i>Cocon d'atomisation</i>	43
(41)	Caroline BERTAIL	44
	<i>L'éclosion</i>	44
(42)	Oscar SONZOGNI	45
	<i>Forêt dendritique</i>	45
(43)	Laura HERARD.....	46
	<i>Crépuscule cristallin</i>	46
(44)	Stéphane LANDAIS.....	47
	<i>Réchauffement climatique : Les méduses nanométriques envahissent nos côtes.....</i>	47
(45)	Marc BONNET.....	48
	<i>Black Hole</i>	48
(46)	Marie FISCHER	49
	<i>Désordre féérique.....</i>	49
(47)	Pauline STRICOT	50
	<i>Quand l'EBSO peint la recristallisation</i>	50

Droits d'utilisation des images limités à un usage privé. Contacter l'auteur d'une image pour une utilisation publique.

(1) Jérôme SLOWENSKY



Libellule Stellaire 1

Technique de réalisation / apport scientifique

Alliage de fer/chrome/nickel/tantale/niobium réalisé dans un four à creuset froid dans une tentative avortée de créer un alliage à haute entropie homogène.

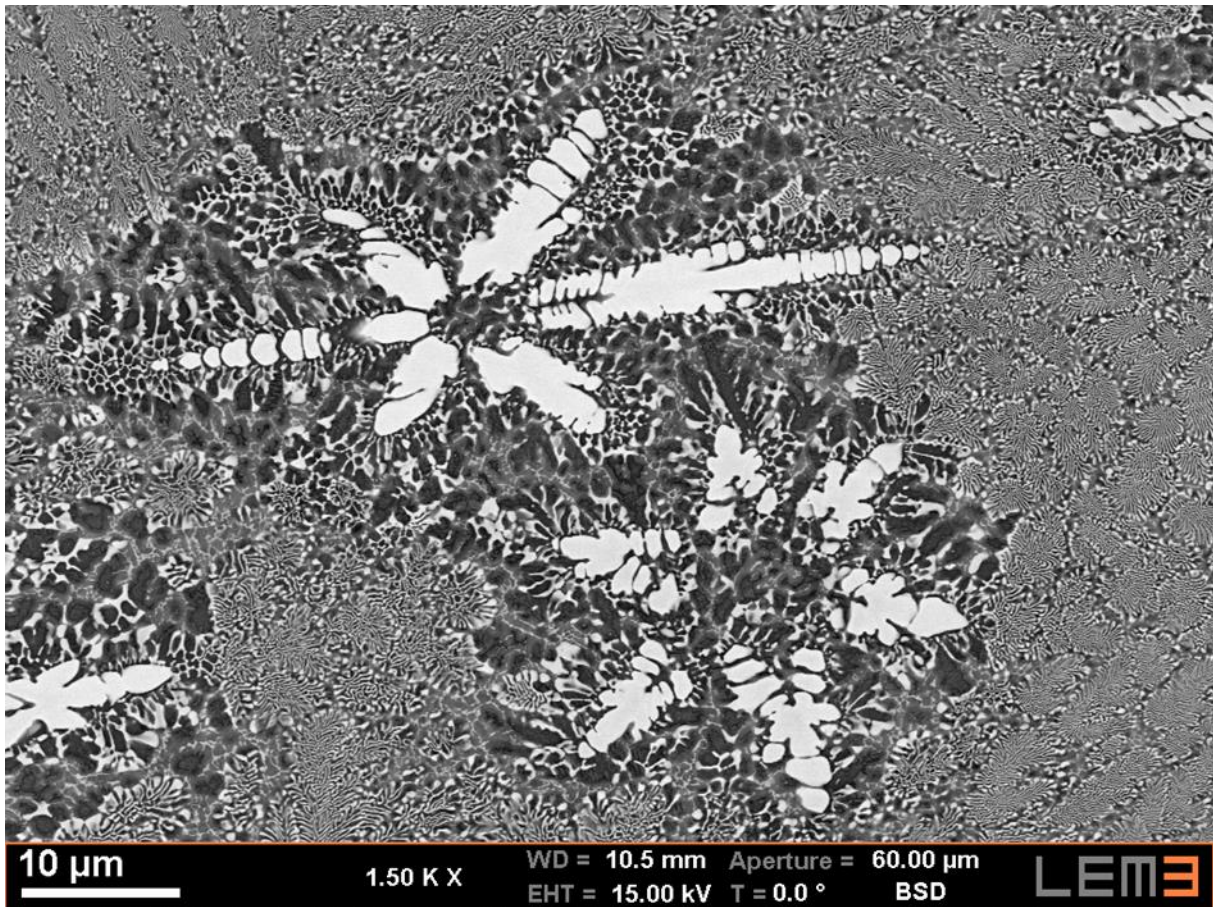
Descriptif technique

Cliché en électrons rétrodiffusés (BSE) basse tension sur un MEB Zeiss Supra40 à un grandissement de x1000

Provenance

Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) UMR7239

(2) Jérôme SLOWENSKY



Libellule Stellaire 2

Technique de réalisation / apport scientifique

Alliage de fer/chrome/nickel/tantale/niobium réalisé dans un four à creuset froid dans une tentative avortée de créer un alliage à haute entropie homogène.

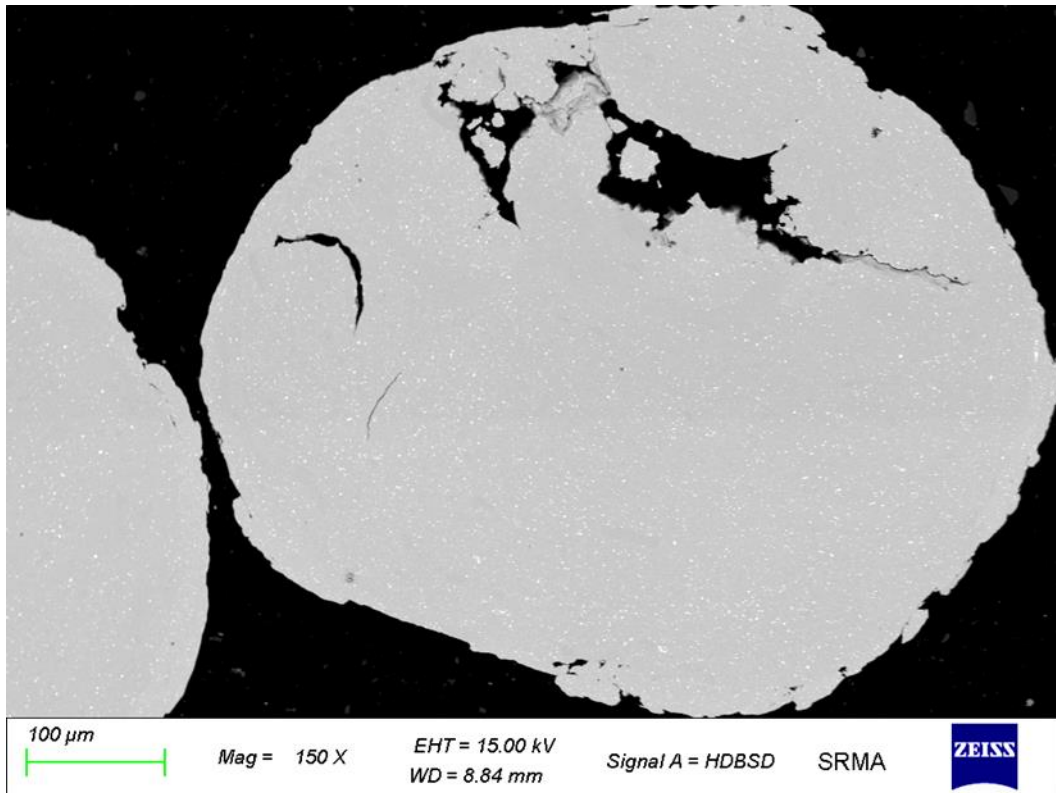
Descriptif technique

Cliché en électrons rétrodiffusés (BSE) à 15kV sur un MEB Zeiss Supra40 à un grandissement de x1500

Provenance

Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3) UMR7239

(3) Paul BARET



Poudre attristée de l'impact de la pollution

Technique de réalisation / apport scientifique

L'image représente une poudre d'acier austénitique post co-broyage. Le co-broyage est une méthode mécanique permettant l'alliage de divers éléments. L'alliage s'effectue lors du soudage à froid et de la fracture répétée des différentes poudres entre-elles. Ces phénomènes répétés sont la conséquence de l'apparition de fissures et porosités internes prenant la forme ici d'une bouche et de deux yeux. Une problématique récurrente du co-broyage est le nombre conséquent de source de pollution. La poudre présentée est fortement polluée par des carbures de tungstène issus de l'usure de l'arbre (dont les doigts sont en Stellite). La poudre semble triste de cette pollution qui est visible par les petits points blancs disséminés partout sur son visage.

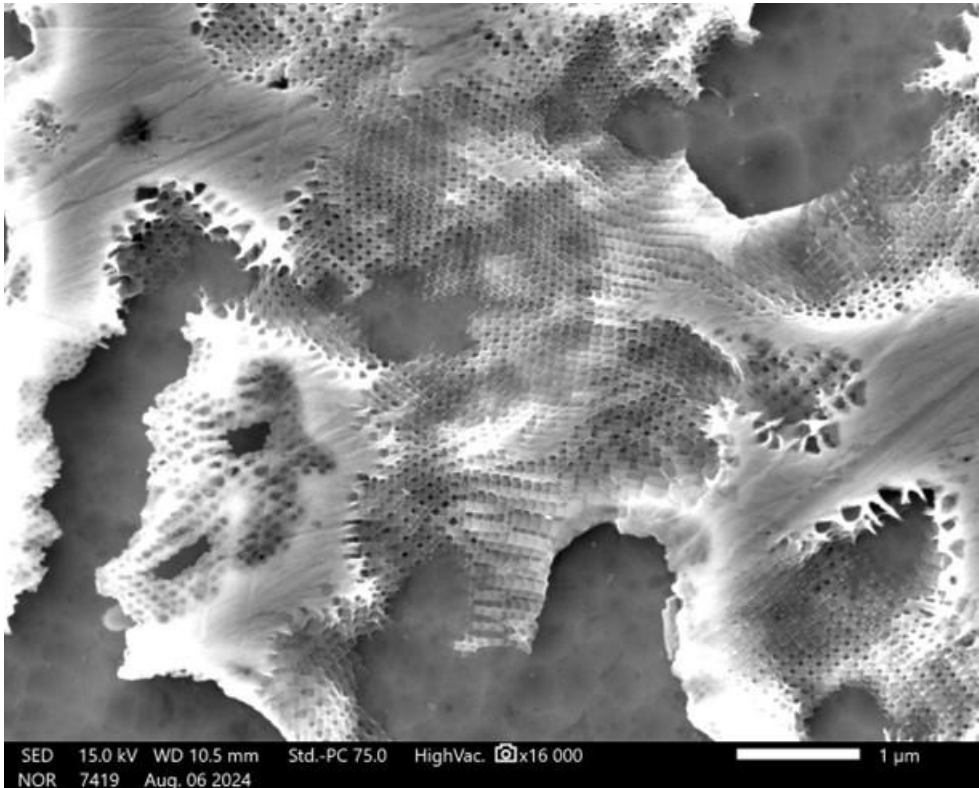
Descriptif technique

Cliché BSE par MEB ZEISS EVO à un grandissement de x150. Poudre d'acier 316L co-broyée avec de l'oxyde d'yttrium.

Provenance

CEA - Saclay – Laboratoire d'analyse microstructurale des matériaux (LA2M) – DES/ISAS/DRMP/SRMA/LA2M

(4) Baptiste LARROUY



Le MEB et les abeilles

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie a été réalisée sur coupe transversale (Plan orthogonal à la direction de sollicitation macroscopique) d'une éprouvette de fluage en superalliage à base de Nickel monocristallin sollicité à très haute température. Au cours d'un tel essai se produit un empilement de dislocations aux interfaces matrice (γ)/précipités durcissants (γ') conduisant à la formation de réseaux de dislocations ordonnés qui relaxent les contraintes internes induites par le désaccord paramétrique de maille. Dans le cas illustré ici, le fort désaccord paramétrique de maille de l'alliage observé ainsi que la préparation "optimisée" de l'échantillon permettent d'accentuer l'observation d'un tel réseau qui peut faire penser à une belle ruche. BZZ BZZ

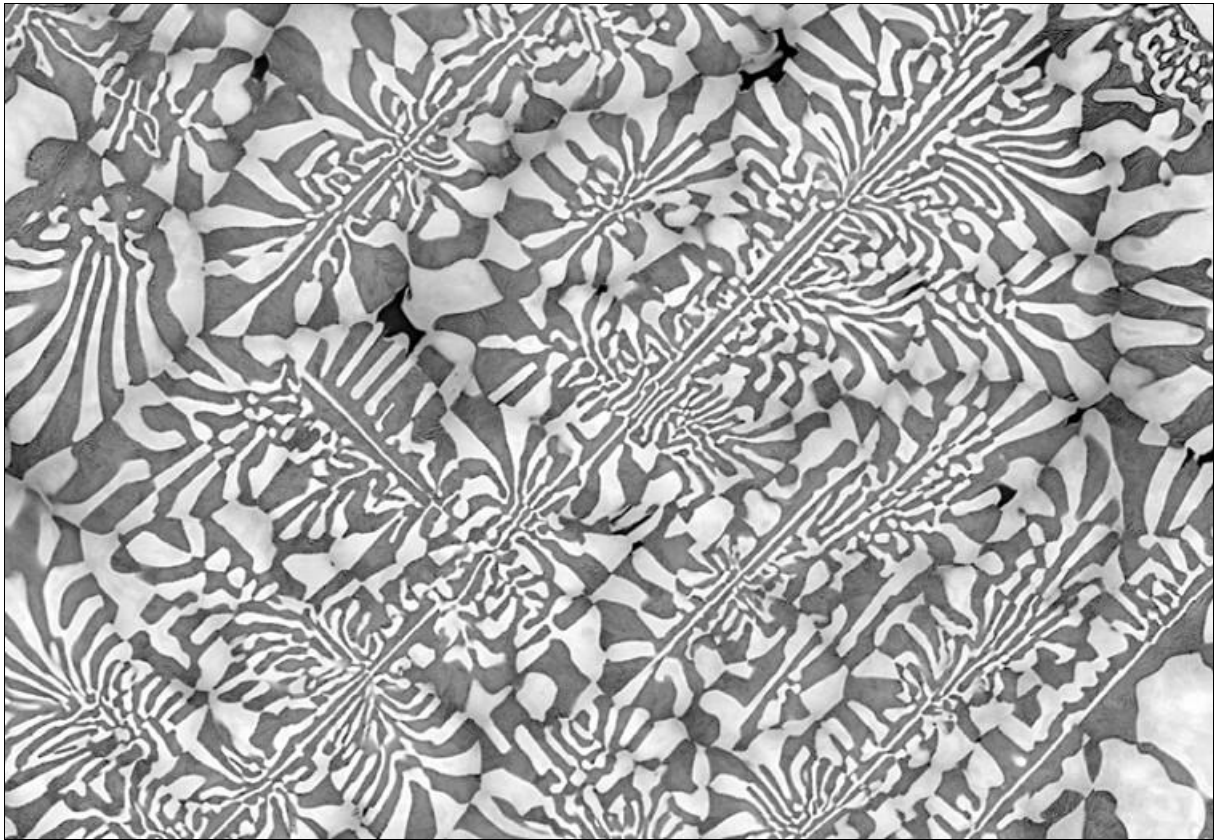
Descriptif technique

Cliché réalisé sur un MEB FEG JEOL JSM-IT500HR (imagerie électrons secondaires SED) à un grandissement de x16K sur un état attaqué chimiquement (la phase sombre étant la phase γ')

Provenance

Safran Helicopter Engines (Bordes – 64)

(5) Régis POULAIN



PsychédéliHEA

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image présente la microstructure d'un alliage W-Mo-Nb-C. Lors du refroidissement de l'alliage après fusion, le mélange subit deux transformations eutectiques successives menant à la formation d'un fin enchevêtrement multi-échelle d'une phase carbure (en noire) et d'une phase métallique (en blanc). Ce type de microstructure est extrêmement dure et stable à haute température et est étudiée pour des applications en conditions extrêmes.

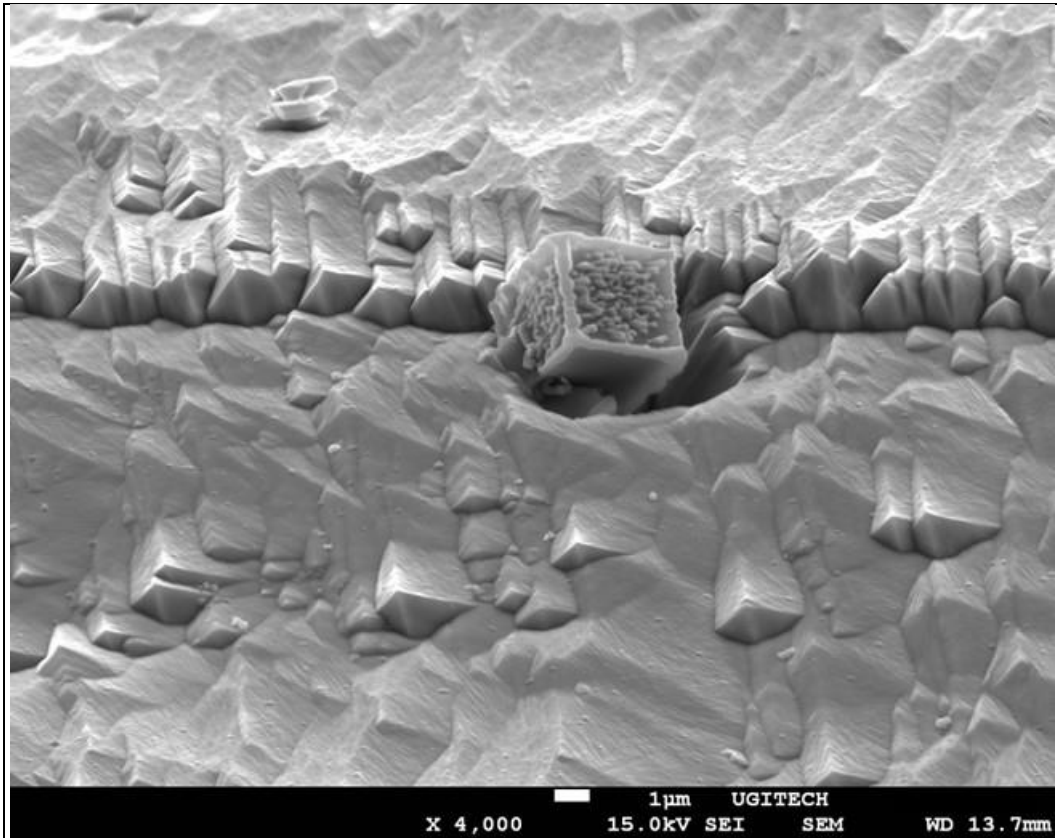
Descriptif technique

Image réalisée en microscopie électronique à balayage en mode électrons rétrodiffusés sur un alliage à haute entropie W-Mo-Nb-C (MEB Zeiss Merlin, grandissement x3000).

Provenance

Plateforme de microscopie de l'Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est (ICMPE) – UMR 7182.

(6) Véronique MARIE



Un monde nouveau

Technique de réalisation / apport scientifique

316 LN Green Steel, acier austénitique à faible teneur en carbone et azote amélioré,
Étude des inclusions formées après utilisation de matières premières recyclées
Ici le métal est attaqué électrochimiquement de manière à voir les inclusions en 3D

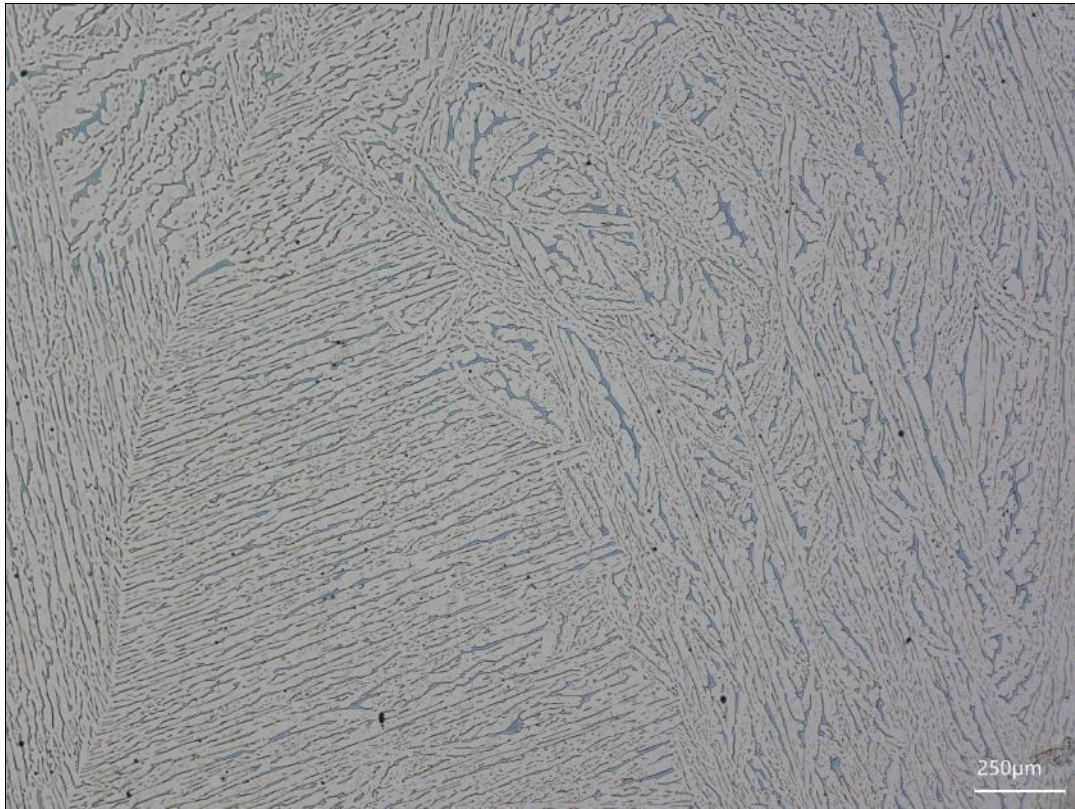
Descriptif technique

Image en électrons secondaires, échantillon tilté à 70° avec un MEB FEG JEOL 7001F à Gx4K

Provenance

Ugitech, Swiss Steel Group
Centre de Recherche, avenue Paul Girod 73400 UGINE

(7) Thibaut DE TERRIS



Austéno-spaghettis à la sauce ferrite

Technique de réalisation / apport scientifique

EDF s'intéresse à l'effet d'un traitement de compaction isostatique à chaud (CIC) sur des pièces de fonderie dans le but de refermer des défauts de fabrication (pores, retassures), afin de limiter la mise au rebut des composants défectueux. L'idée étant de pouvoir "soigner" les pièces présentant des défauts, et ainsi de les "sauver" d'une mise à la poubelle après contrôle. Cela permettrait ainsi de limiter le nombre de pièces jetées et donc de réduire l'empreinte carbone de la fabrication des produits moulés.

Les premiers résultats démontrent que la CIC permet de refermer les défauts de fonderie, sans pour autant altérer les propriétés de tenue en service des composants étudiés.

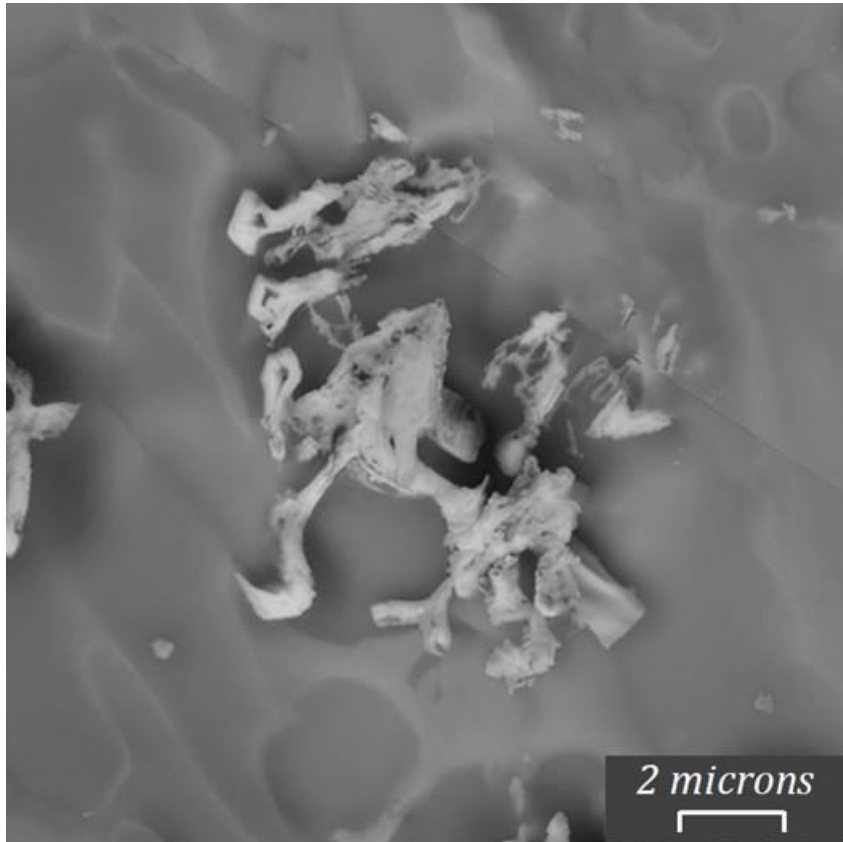
Descriptif technique

Microstructure d'un acier inoxydable austéno-ferritique moulé après compaction isostatique à chaud (CIC), révélée par une attaque électrochimique à la soude 7N, (grossissement x100, Keyence VHX 7000)

Provenance

EDF

(8) Johanna GUIBERT



Fossile métallurgique : le Carburasaurus Rex

Technique de réalisation / apport scientifique

L'alliage observé est un acier Fe-Cr coulé au laboratoire, riche en carbone et bore. Préparation de l'échantillon : électropolissage (LelectroPol-5 de Struers ; solution contenant 6% d'acide perchlorique ($HClO_4$) dilué dans de l'éthanol, 30 secondes, 23V). Le carburasaurus est constitué de carbures primaires, non dissous par l'attaque électrolytique.

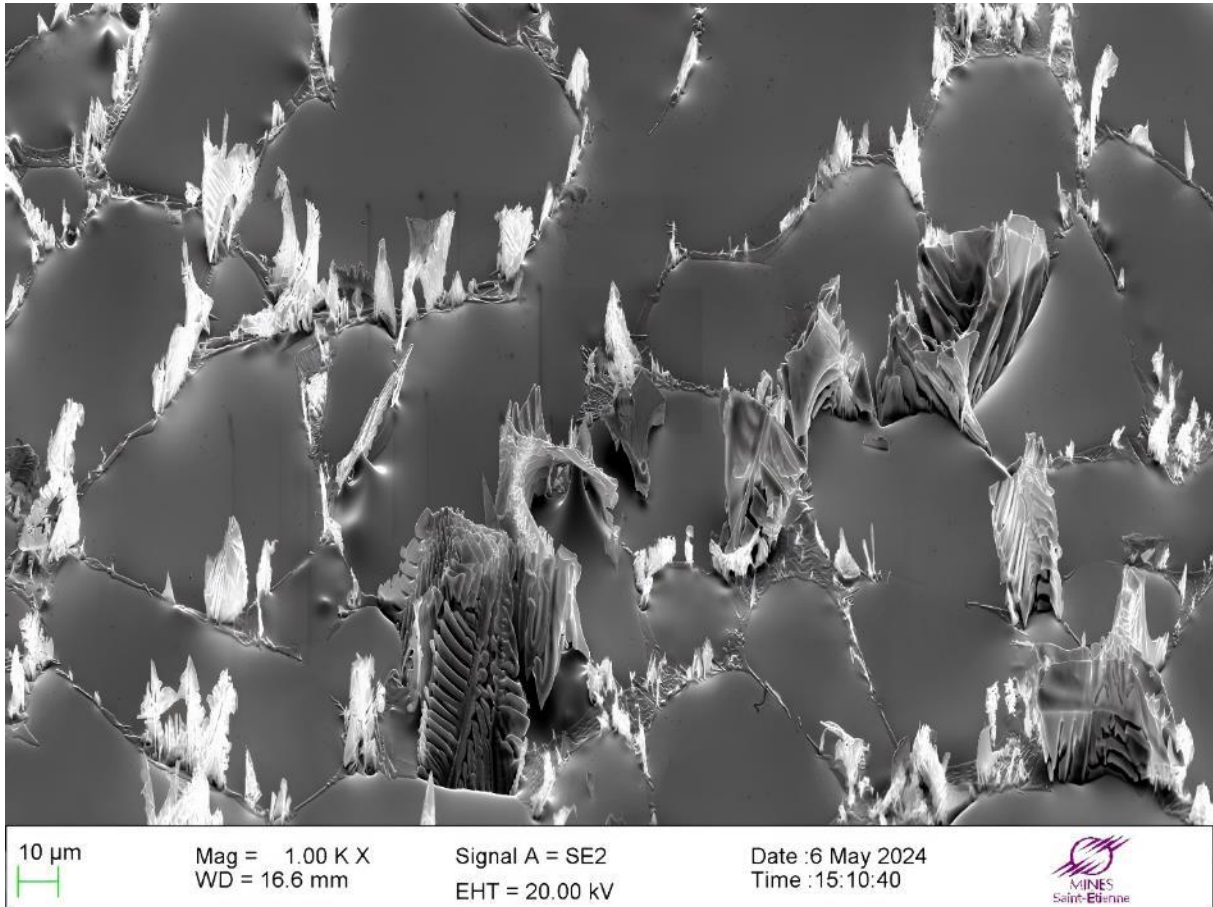
Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB) en mode électrons rétrodiffusés. Image obtenue en grandissement x8700, sous une tension de 20kV.

Provenance

Laboratoire George Friedel (LGF) – Mines St-Etienne / Framatome Lyon

(9) Johanna GUIBERT



Les "racines"

Technique de réalisation / apport scientifique

L'alliage observé est un acier Fe-Cr coulé au laboratoire. Riche en carbone et bore, il contient des eutectiques en fin de solidification. Préparation de l'échantillon : électropolissage (LelectroPol-5 de Struers ; solution contenant 6% d'acide perchlorique ($HClO_4$) dilué dans de l'éthanol, 30 secondes, 23V). L'attaque profonde a permis une dissolution de la matrice austénitique mais pas celle des "racines", qui sont en fait des carbures NbC et des borures M_2B .

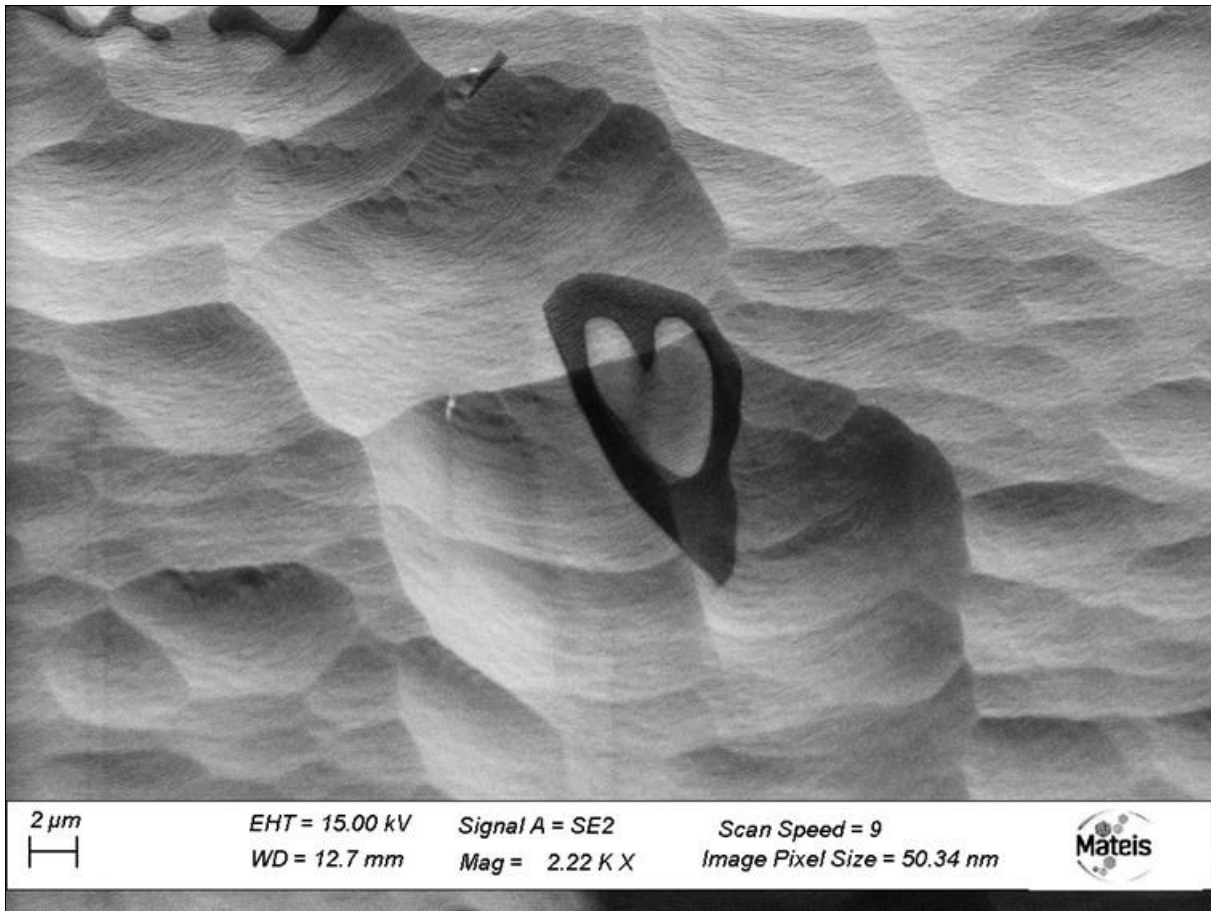
Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope électronique à balayage (MEB) en mode électrons secondaires. Image obtenue en grandissement x1000 sous une tension de 20kV.

Provenance

Laboratoire George Friedel (LGF) – Mines St-Etienne / Framatome Lyon

(10) Paul CHATRON-MICHAUD



Au cœur de la matière

Technique de réalisation / apport scientifique

Observation au MEB en imagerie secondaire d'un composé intermétallique de Mg₂Si (noir) dans un alliage d'aluminium 5XXX, révélé après polissage ionique. La particule, creuse, révèle alors en son sein la matrice d'aluminium (grise) qui l'entoure également.

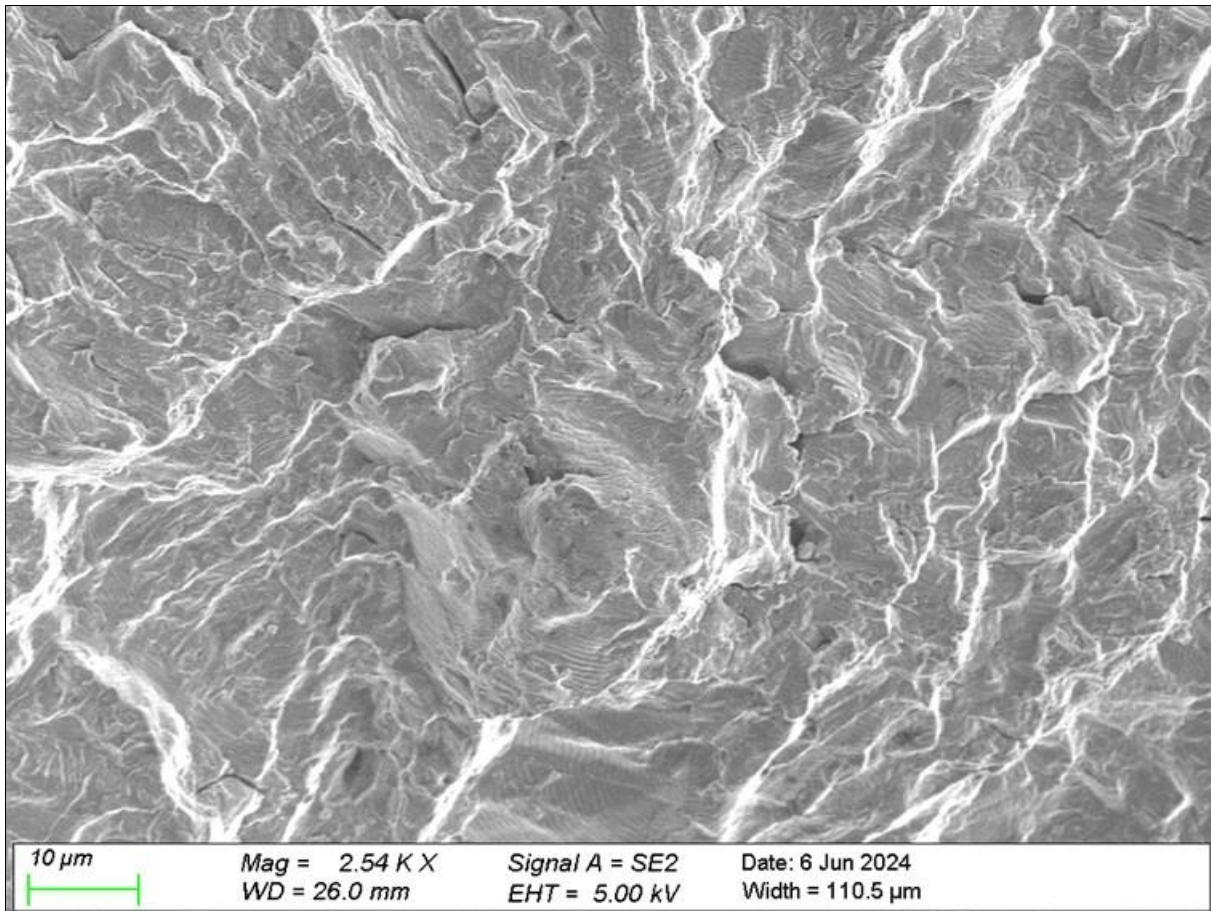
Descriptif technique

Cliché SE par MEB Carl Zeiss AG - SUPRA 55VP, grandissement 2220, d'un alliage 5XXX d'aluminium

Provenance

Laboratoire MatéIS, UMR 5510, Villeurbanne, France

(11) Guru Santhosh IRVICHETTY



Fractured Landscape: The Final Breath of Titanium

Technique de réalisation / apport scientifique

This beautiful image shows the final fracture surface of a fatigue-loaded thin wall specimen (1000 μm) made from additively manufactured Ti-6Al-4V alloy. The intricate crack propagation patterns and striations are evident, reflecting the material's structural integrity under cyclic loading. This surface resembles the texture of a Butterhead Lettuce.

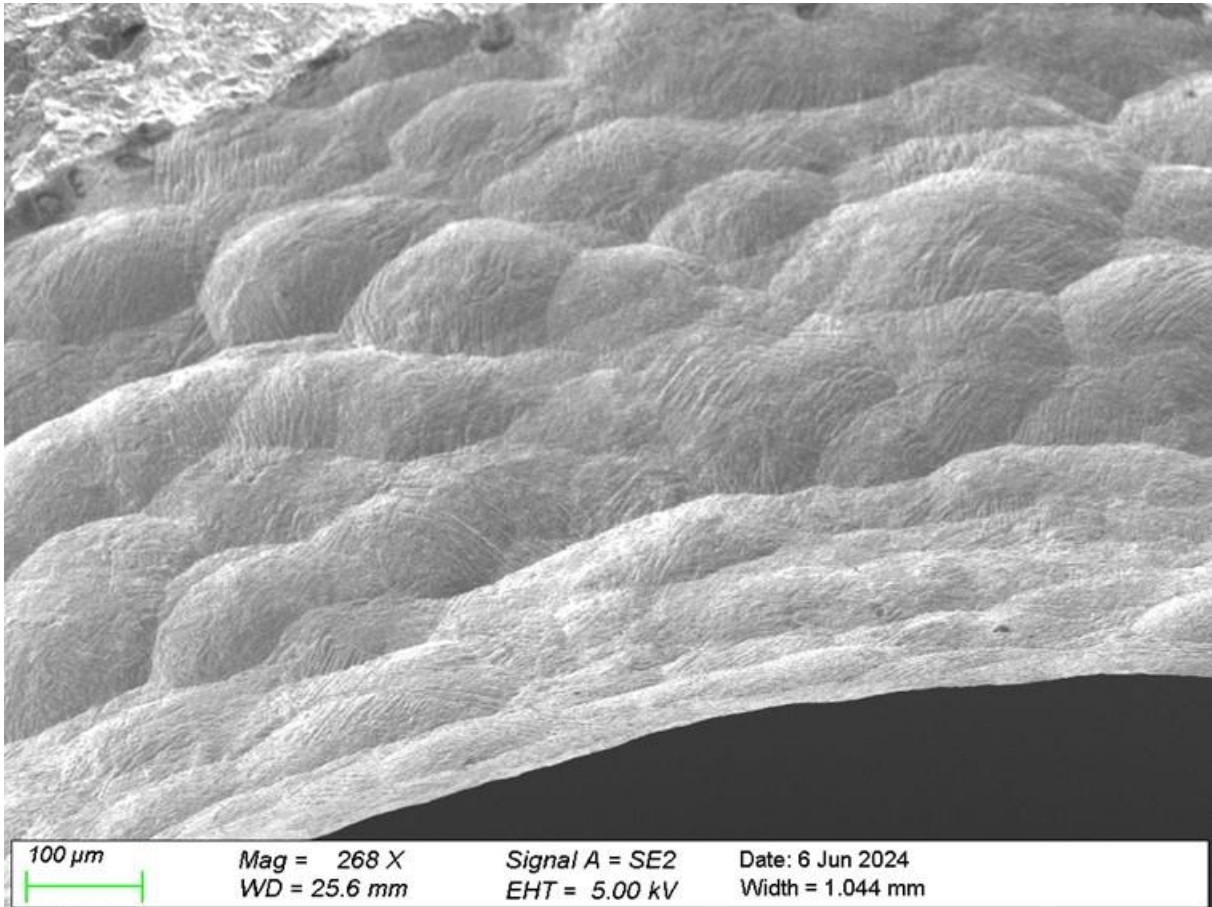
Descriptif technique

SEM image taken at 2.5K X magnification at 5KV in SE mode.

Provenance

Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Bordeaux.

(12) Guru Santhosh IRVICHETTY



Metallic Dunes: The Polished Desert of Titanium

Technique de réalisation / apport scientifique

This image showcases the internal surface of a hot isostatic pressed additively manufactured Ti-6Al-4V fatigue specimen. The newly developed HF/HNO₃/H₂O treatment has etched the surface, leaving behind these intricate and wavy patterns. The surface reveals smooth, dune-like formations reminiscent of a windswept desert landscape and lamellar microstructure.

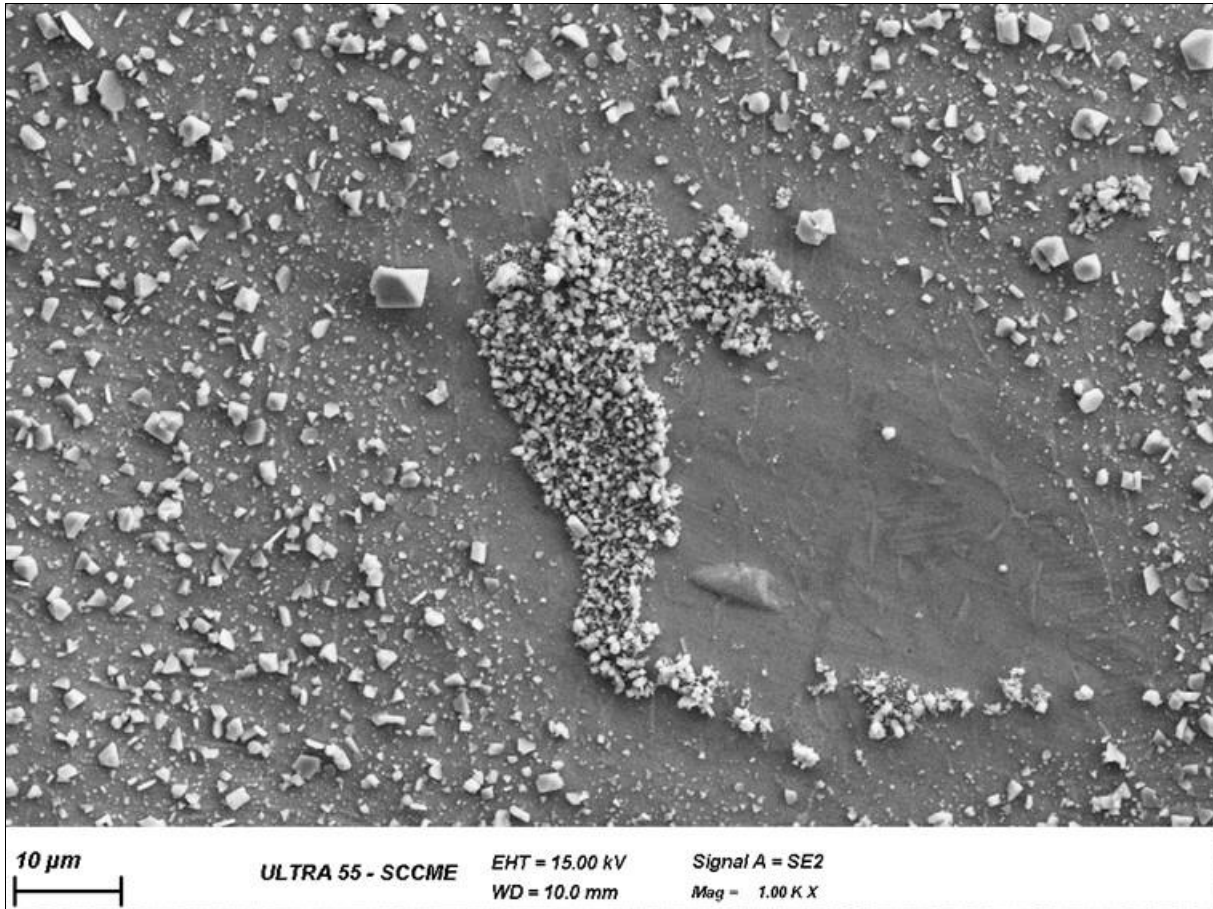
Descriptif technique

SEM image taken at 268 magnification at 5KV in SE mode

Provenance

Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Bordeaux.

(13) Brice BOURDILIAU



Hippocampe

Technique de réalisation / apport scientifique

Cet échantillon en acier inoxydable, représentatif des internes de cuve des réacteurs à eau pressurisée (REP), a été exposé en milieu primaire REP en température. Cette micrographie présente la morphologie de la couche d'oxyde externe, composée de cristallites plus ou moins densément réparties.

Descriptif technique

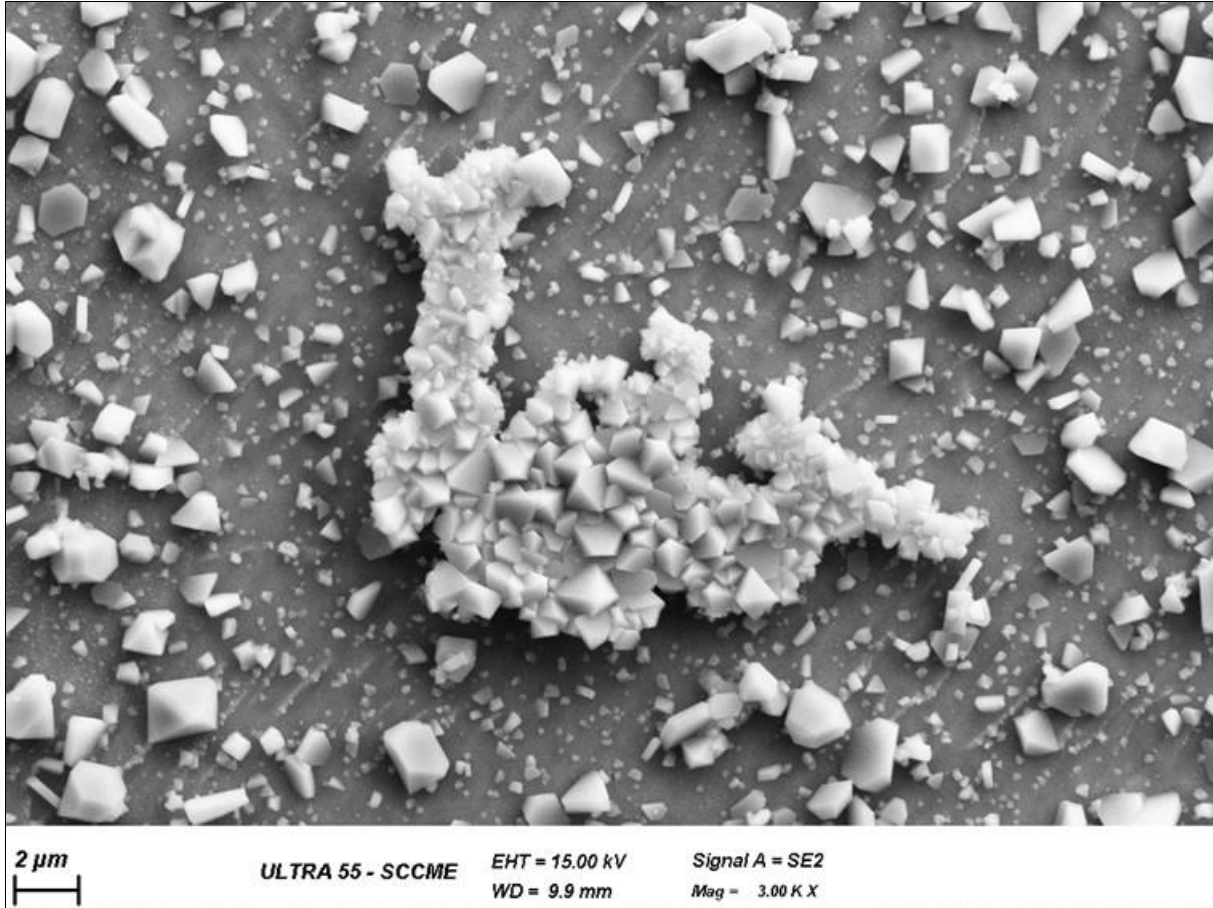
Observation au microscope électronique à balayage en électrons secondaires de la couche d'oxyde d'un acier inoxydable (MEB FEG Zeiss Ultra 55).

Grandissement 1000x, HT = 15 kV, WD = 10,0 mm.

Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Brice Bourdilliau, Catherine Andasse, Micaela Goland, Catherine Guerre.

(14) Brice BOURDILIAU



Monstre de Loch Ness

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie présente la morphologie de la couche d'oxyde externe d'un échantillon en acier inoxydable après exposition en milieu primaire REP en température. Ce cliché présente une zone riche en cristallites parmi des cristallites plus homogènement réparties.

Descriptif technique

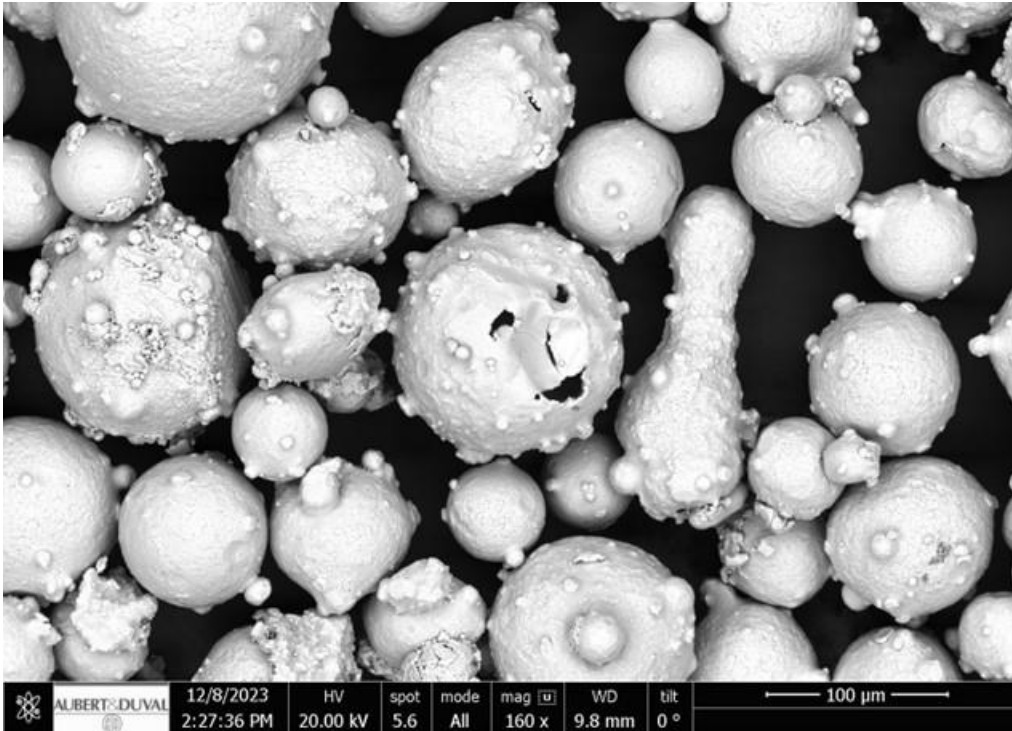
Micrographie obtenue au MEB en électrons secondaires de la couche d'oxyde d'un acier inoxydable (MEB FEG Zeiss Ultra 55).

Grandissement 3000x, HT = 15 kV, WD = 9,9 mm.

Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Brice Bourdilliau, Catherine Andasse, Micaela Goland, Catherine Guerre.

(15) Loïc MICHEL



Poudre de la joie

Technique de réalisation / apport scientifique

La poudre, en Ni718, a été produite à l'aide d'un atomiseur gaz VIGA "Vacuum Induction Gas Atomization". Cette méthode d'atomisation consiste à faire fondre un métal solide dans un creuset réfractaire au sein d'une chambre de fusion sous vide. Une fois le métal fondu, le creuset peut pivoter pour apporter le métal liquide dans le tundish, qui est constitué d'une busette surmontée d'une poche. Le tundish permet l'écoulement guidé du métal liquide dans la tour d'atomisation au travers de la busette. A la sortie de la busette, le métal liquide va rentrer en contact avec le gaz d'atomisation et va être pulvérisé sous forme de gouttelettes, qui vont se solidifier lors de leur chute dans la tour d'atomisation. Le gaz utilisé est de l'argon afin d'inertiser la poudre et notamment d'éviter son oxydation. Les poudres produites sont contrôlées afin d'évaluer leur sphéricité, la présence éventuelle de satellites (protubérances à la surface de la poudre), ainsi que la présence de porosités. Les porosités sont inhérentes à l'atomisation gaz. En effet, le gaz peut venir perturber la solidification de la poudre et engendrer des porosités ouvertes ou fermées. Les porosités ouvertes peuvent être mises en évidence avec l'analyse de la poudre au MEB, comme le montre la micrographie ci-dessus, où un visage apparaît à la surface de la poudre. Ce visage est par ailleurs très ressemblant à celui d'un certain mage noir issu de l'univers de Miss J.K Rowling.

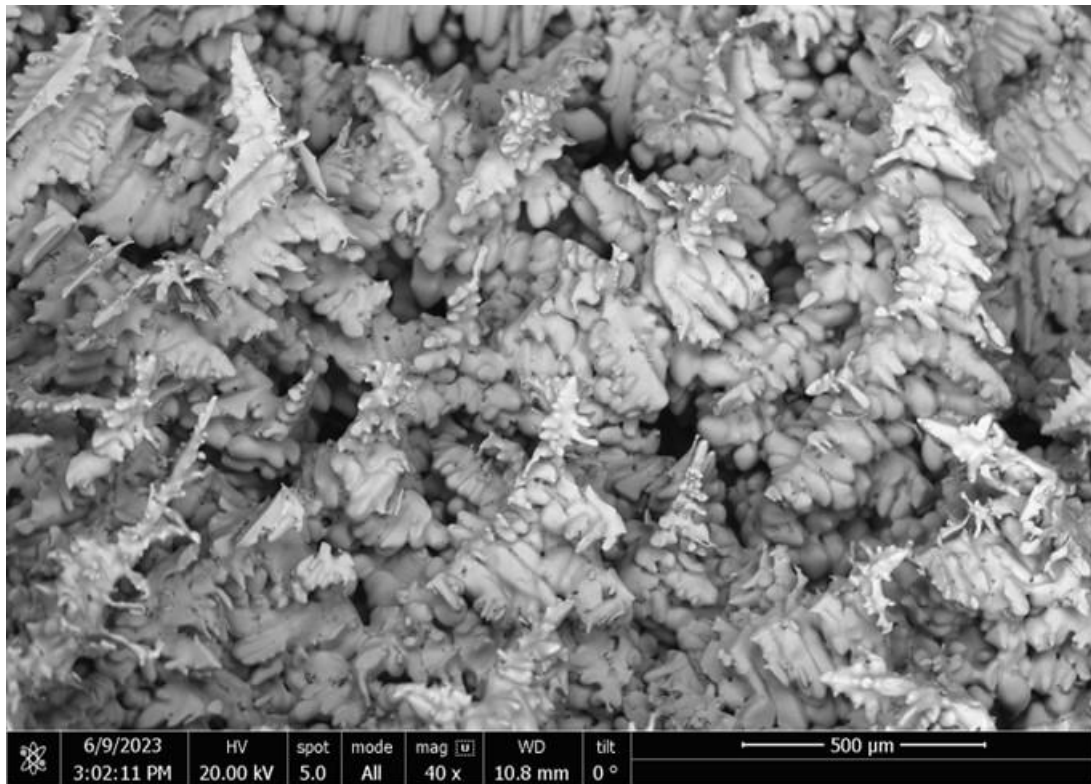
Descriptif technique

Cliché BSE par MEB (FEI Quanta 650) à un grandissement de x160 de poudres en Ni718, un superalliage utilisé pour des applications à haute température.

Provenance

Aubert & Duval – Les Ancizes-Comps

(16) Hervé CHAVANNE



Forêt de sapin

Technique de réalisation / apport scientifique

Image MEB en électrons rétrodiffusés provenant de la rupture d'une pièce de fixation de lingotière. Traditionnellement réalisée en acier corroyé usiné, un fabricant a pris l'initiative de produire ces pièces de sécurité par fonderie. Des zones mal alimentées en métal liquide ont laissé place à de la porosité lors de la contraction du métal au moment de sa solidification. Il en résulte des parois de cavités couvertes de dendrites pour lesquelles les axes principaux et secondaires sont particulièrement bien visibles, évoquant une forêt de sapins sous une forte couche de neige. La rupture en service de la pièce nous rappelle l'importance de respecter les cahiers des charges clients et l'intérêt de ne pas sous-estimer l'impact du corroyage sur les aciers.

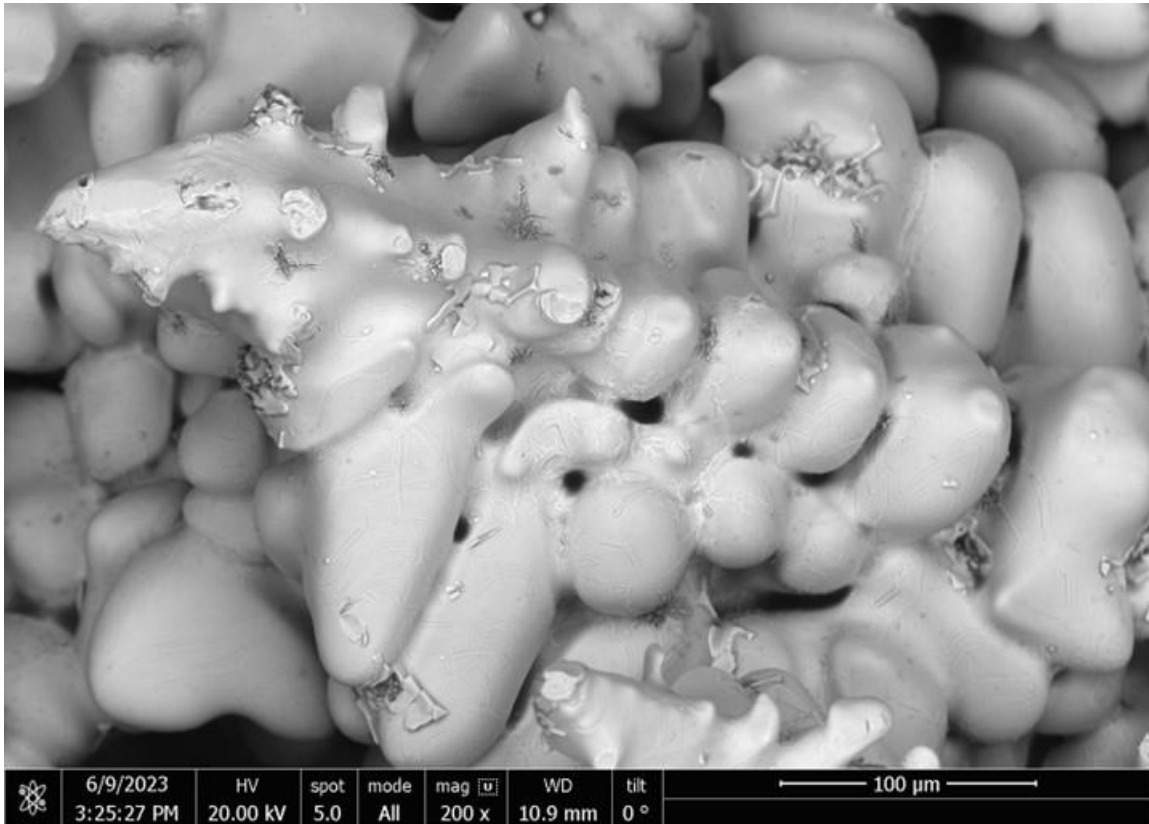
Descriptif technique

Cliché BSE obtenu sur un MEB FEI Quanta 650 à un grandissement de x40

Provenance

Aubert&Duval site des Ancizes – Laboratoire d'Etudes des Services Métallurgiques (LESM) - Rue des villas - BP1 - 63770 Les Ancizes-Comps – France

(17) Hervé CHAVANNE



La colonne vertébrale de Godzilla

Technique de réalisation / apport scientifique

Image MEB en électrons rétrodiffusés provenant de la rupture d'une pièce de fixation de lingotière. Traditionnellement réalisée en acier corroyé usiné, un fabricant a pris l'initiative de produire ces pièces de sécurité par fonderie. Des zones mal alimentées en métal liquide ont laissé place à de la porosité lors de la contraction du métal au moment de sa solidification. Il en résulte des parois de cavités couvertes de dendrites pour lesquelles les axes principaux et secondaires sont particulièrement bien visibles, évoquant une colonne vertébrale d'un animal avec un gros corps et une petite tête. La rupture en service de la pièce nous rappelle l'importance de respecter les cahiers des charges clients et l'intérêt de ne pas sous-estimer l'impact du corroyage sur les aciers.

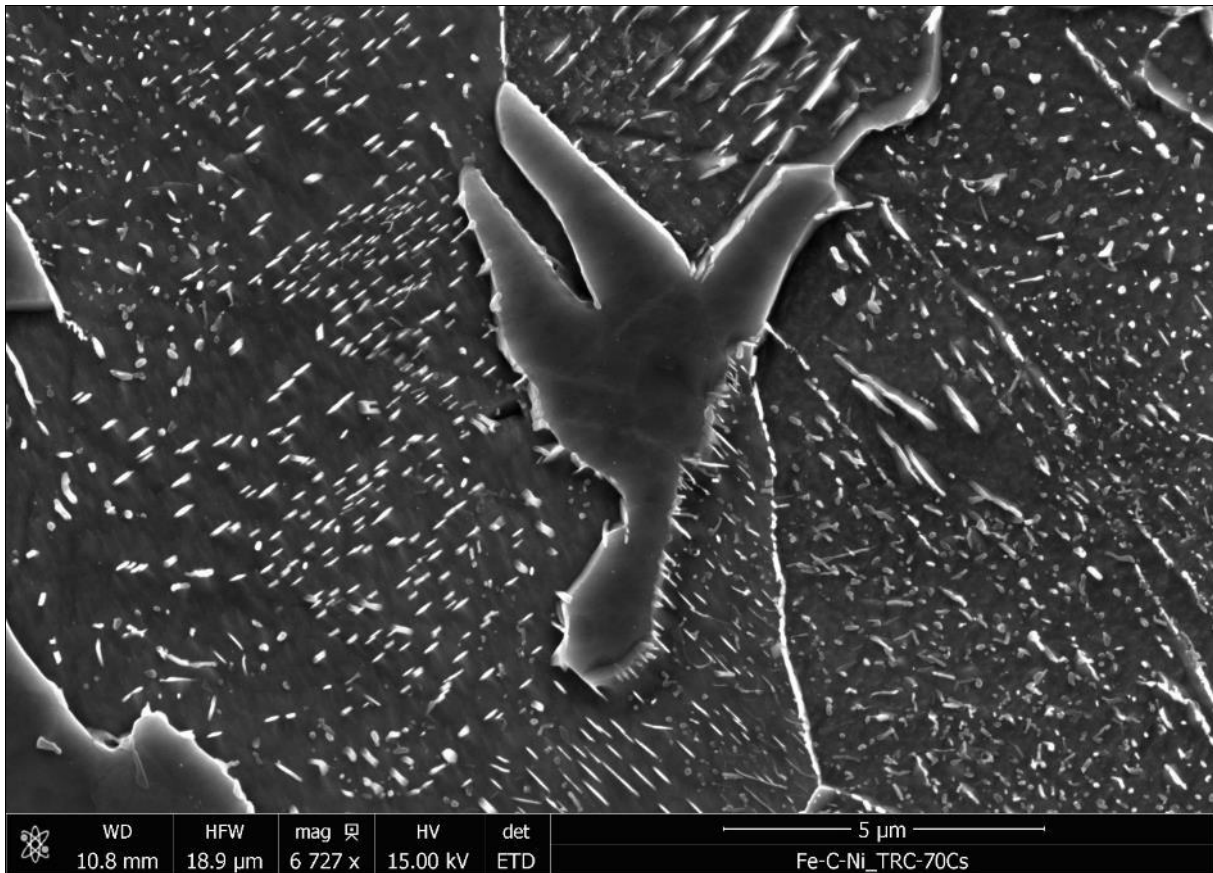
Descriptif technique

Cliché BSE obtenu sur un MEB FEI Quanta 650 à un grandissement de x200

Provenance

Aubert&Duval site des Ancizes – Laboratoire d'Etudes des Services Métallurgiques (LESM) - Rue des villas - BP1 - 63770 Les Ancizes-Comps - FRANCE

(18) Antoine KIEFFER



Colombe de la paix bravant les balles

Technique de réalisation / apport scientifique

Un alliage ternaire Fe-C-Ni refroidi à 70°C/s après austénitisation a été analysé afin d'en déterminer les différentes microstructures résultantes. Il est ici observé une matrice ferritique (en sombre) dans laquelle ont précipité des carbures (en blanc) de type cémentite en raison de vitesses de refroidissement trop élevées pour former de la perlite. Enfin, on retrouve au milieu de la photographie un grain ferritique ne comportant pas de carbure, et ayant la forme d'une colombe. Les relations d'orientations des carbures vis-à-vis de la matrice tendent à faire penser qu'ils sont tournés vers cette colombe, faisant tristement penser aux différents conflits assombrissant le monde actuellement.

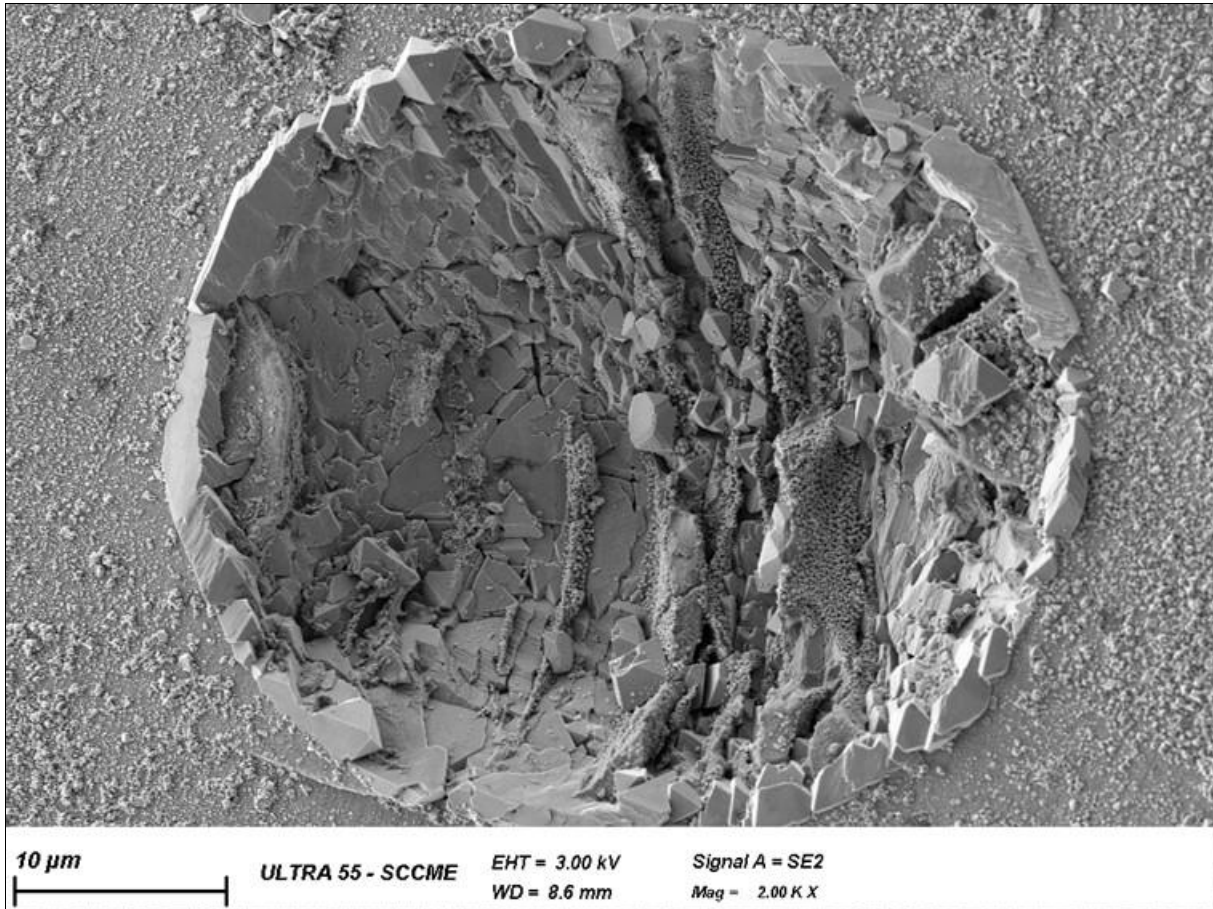
Descriptif technique

Cliché SE par MEB-FEG FEI Quanta 600F à un grandissement de x6,727

Provenance

EDF Lab. les Renardières, EDF R&D

(19) Catherine ANDASSE



Cratère de météorite

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie est celle d'une éprouvette en acier inoxydable austénitique, exposée en température sous eau additivée de lithium.

On peut observer les différents stades de croissance des cristallites sur la surface d'un trou vraisemblablement laissé par la dissolution d'une inclusion ou d'un précipité.

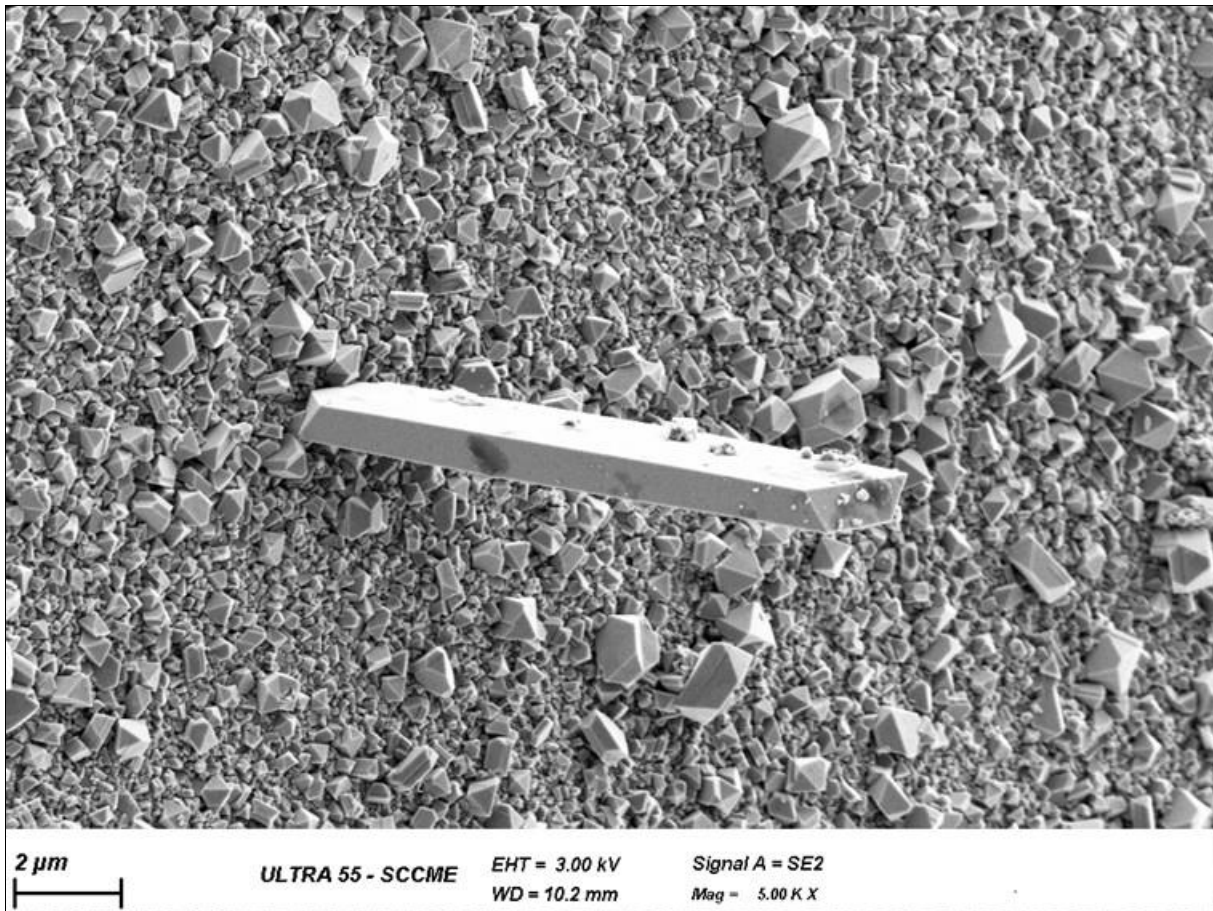
Descriptif technique

Ce cliché a été réalisé grâce à un microscope électronique à balayage FEG, en électrons secondaires, avec un grandissement x2000.

Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Catherine ANDASSE, Brice BOURDILIAU, Catherine GUERRE

(20) Catherine ANDASSE



Plongeur cristallin

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette micrographie est celle d'une éprouvette en acier inoxydable austénitique, exposée en température sous eau additivée de lithium.

On peut observer les cristallites constitutives de la couche d'oxyde externe. Une cristallite de forme allongée s'est développée parmi des cristallites de taille submicronique.

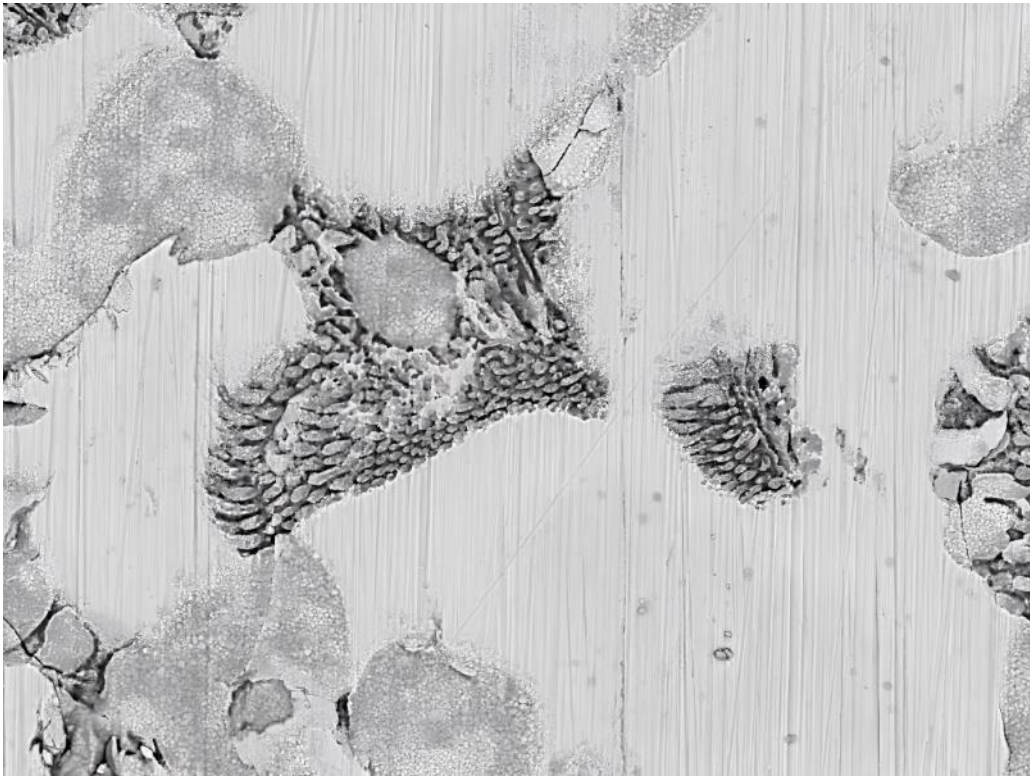
Descriptif technique

Ce cliché a été réalisé grâce à un microscope électronique à balayage FEG, en électrons secondaires, avec un grandissement x5000.

Provenance

CEA Paris-Saclay, DES/ISAS/DRMP/S2CM/LECA, Catherine ANDASSE, Brice BOURDILIAU, Catherine GUERRE

(21) Soha BAYDOUN



Durability Guardian : The Ni₃Si Chimera

Technique de réalisation / apport scientifique

This SEM-BSE image showcases the intricate microstructure of a new nickel-based self-fluxing alloy (NiCrSiFeB) fabricated through gravity casting. The image portrays a fascinating hybrid creature, symbolizing the presence of the eutectic Ni₃Si phase. This phase has a beneficial effect on the durability and wear resistance of this alloy at high temperatures exceeding 500°C thanks to the formation of silicates. Under sliding loading conditions, the formation of silicate binders enhances the sinterability of the wear debris particles generating a protective lubricant film on the contact surface referred to as “Glaze Layer” which is characterized by negligible wear at high temperatures. This finding is very interesting as it leads to optimizing alloy design for high-temperature applications such as turbojet engines.

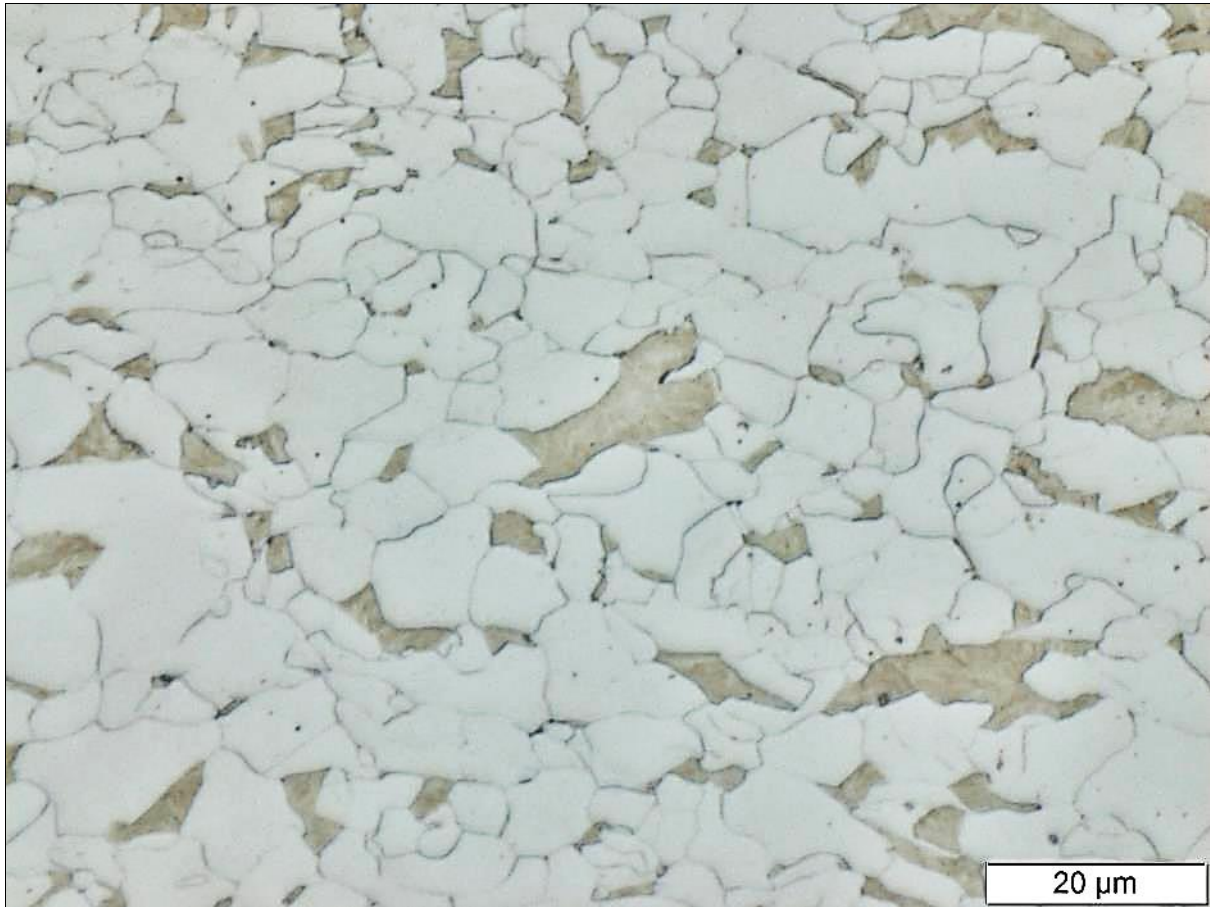
Descriptif technique

The NiCrSiFeB sample was cleaned for 20 minutes in ultrasonic ethanol bath then observed in SEM-FEG-Mira, BSE with HV=20 kV and MAG=1.66 kX.

Provenance

Laboratory of Tribology and System Dynamics, Ecole Centrale de Lyon, 69130 Ecully

(22) Carla OBERBILLIG



Westie César en saut

Technique de réalisation / apport scientifique

Structure d'un acier Dual Phase laminé à chaud - DP600 TAC après la solidification. Le but est de caractériser la matière en termes de microstructure, quantification des phases, propriétés mécaniques et faire le lien entre les propriétés d'usage.

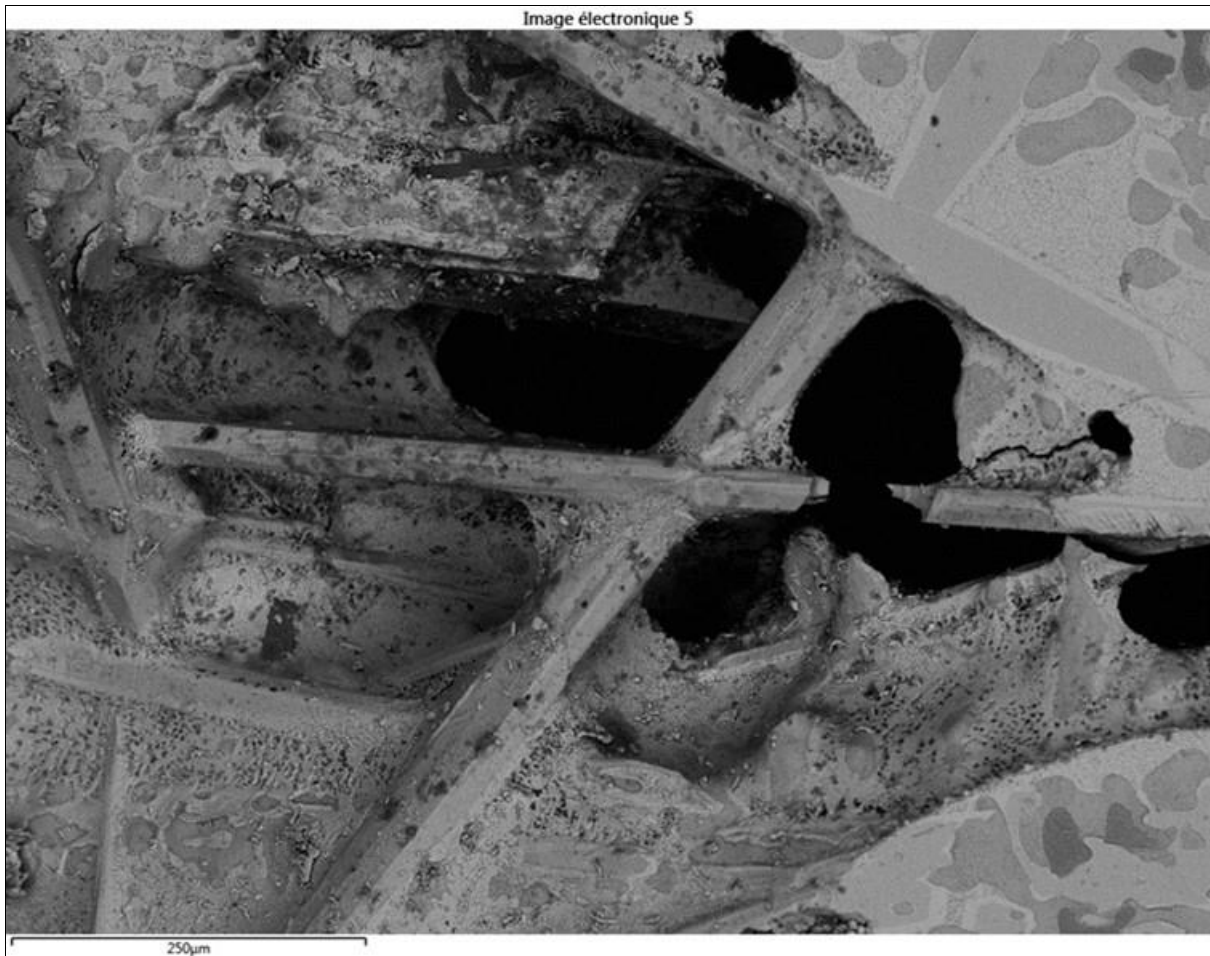
Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope optique (grandissement x50) après une attaque Nital.

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

(23) Célia CONTRERAS



Excalibur 2.0

Technique de réalisation / apport scientifique

Validation de la propreté des lingots et du bain, lors d'un essai industriel des alliages quaternaires (formation de phase intermétallique / inclusions, pollution...). Ici on observe une formation d'oxydes mixtes Mg/Zn dans une matte de bain.

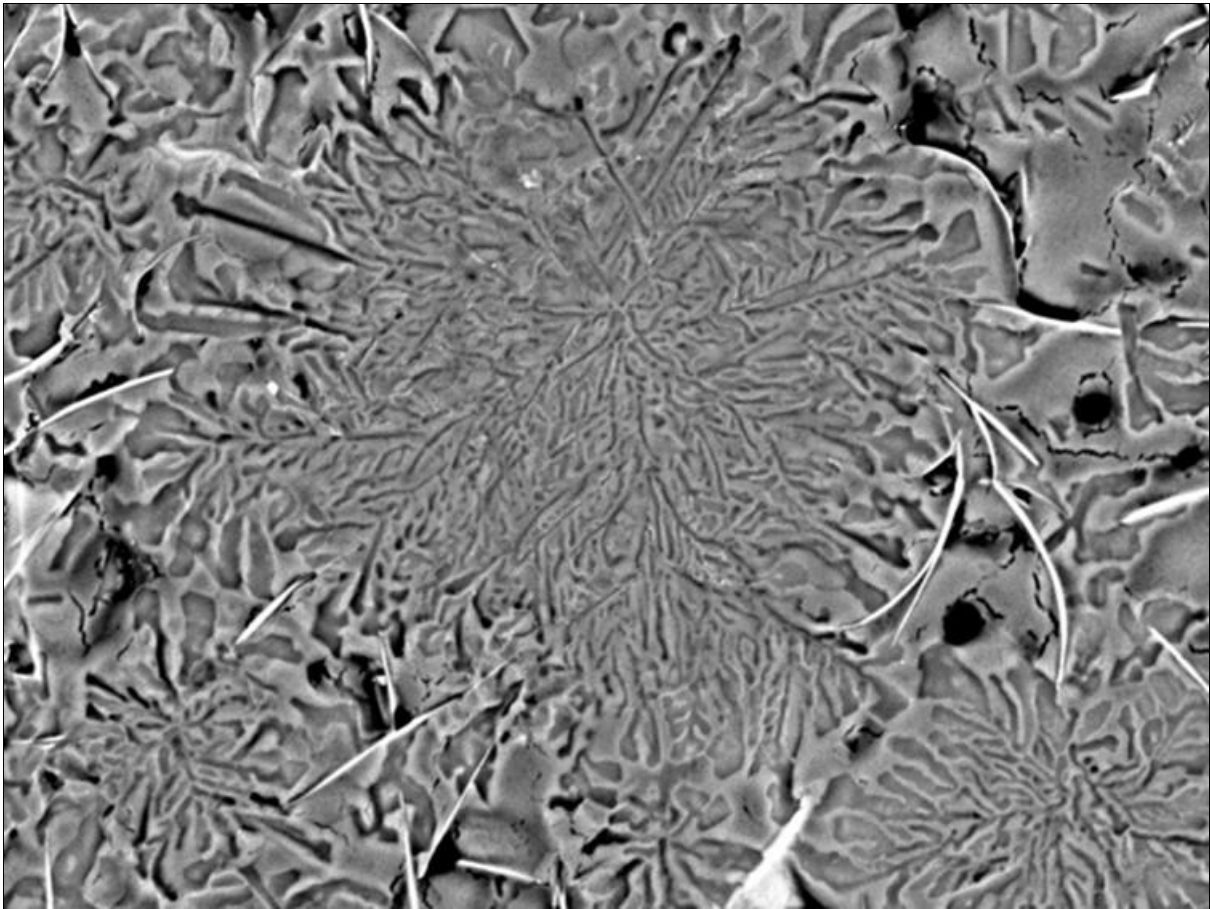
Descriptif technique

MEB JEOL JSM 6610 - BEC 20kV x 150 (grandissement)

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

(24) Grégory LEUILLIER



L'hiver arrive ...

Technique de réalisation / apport scientifique

L'analyse de la morphologie de surface d'un alliage quaternaire après l'étape de galvanisation. L'ajout d'un nouvel élément tel que le Zn modifie la microstructure du revêtement et les phases en présence. La corrélation entre la distribution des phases et les propriétés d'usage est en cours d'investigation.

Descriptif technique

Image réalisée au MEB FEG à une tension d'accélération de 15kV et un grandissement x1000

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

(25) India BAGARD



Le poisson spectral

Technique de réalisation / apport scientifique

Les alliages quaternaires peuvent parfois présenter une microstructure inhabituelle...
L'objectif de cette étude est de déterminer l'origine d'un défaut apparu sur cet alliage en analysant la microstructure.

Descriptif technique

Image MEB FEG Jeol 7800 (x 1000) 15kV

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MCS

(26) Patrick BARGES



Carbures du Jurassique

Technique de réalisation / apport scientifique

Étude au MET de nuance moyen manganèse au bore avec fortes additions de titane afin de piéger l'hydrogène responsable de casses différées. Au-delà de 0,5% pds de titane on observe une précipitation massive et grossière de TiC primaires dendritiques.

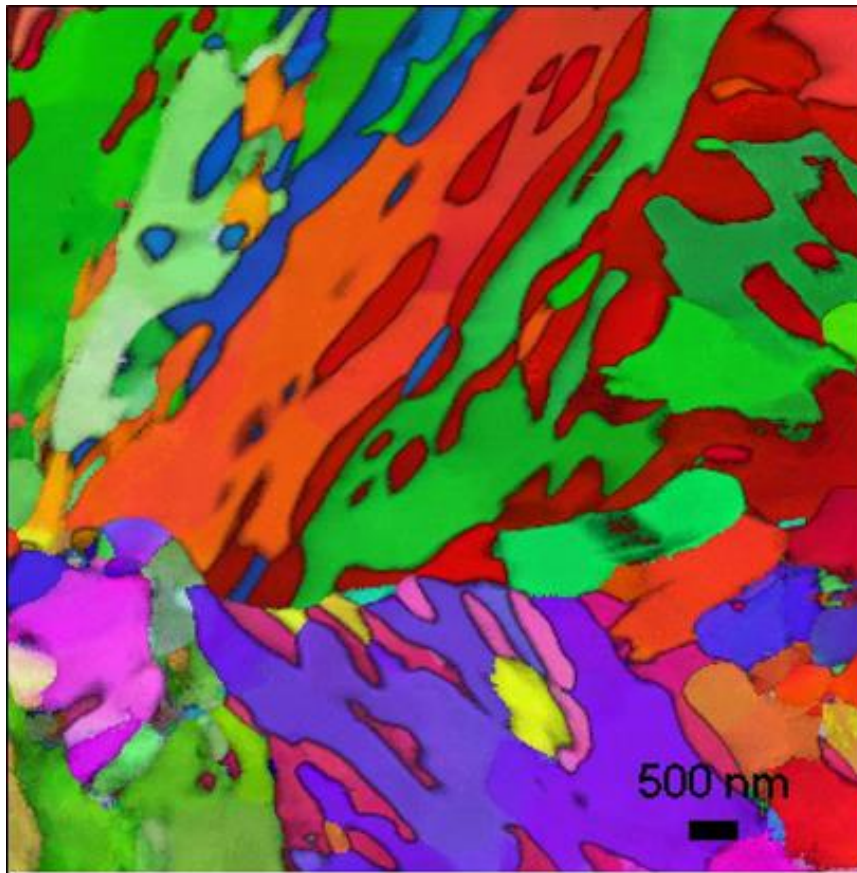
Descriptif technique

Les dendrites ont été extraites à l'aide d'une réplique directe de carbone après trempage dans une solution à base d'acide nitrique. La micrographie a été obtenue sur un Microscope En Transmission JEOL 2100F en mode STEM Dark Field à l'aide du détecteur HAADF avec une CL de 200 cm. La cartographie X a été réalisée sur un détecteur Bruker SDD-30mm².

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

(27) Patrick BARGES



LEOPARD Pride Colors

Technique de réalisation / apport scientifique

Étude au MET de la stabilité de l'austénite résiduelle dans des aciers moyens manganèse par l'examen de défauts d'empilements, taux de carbone ... mais aussi par la caractérisation des relations d'orientation Ferrite/Austénite.

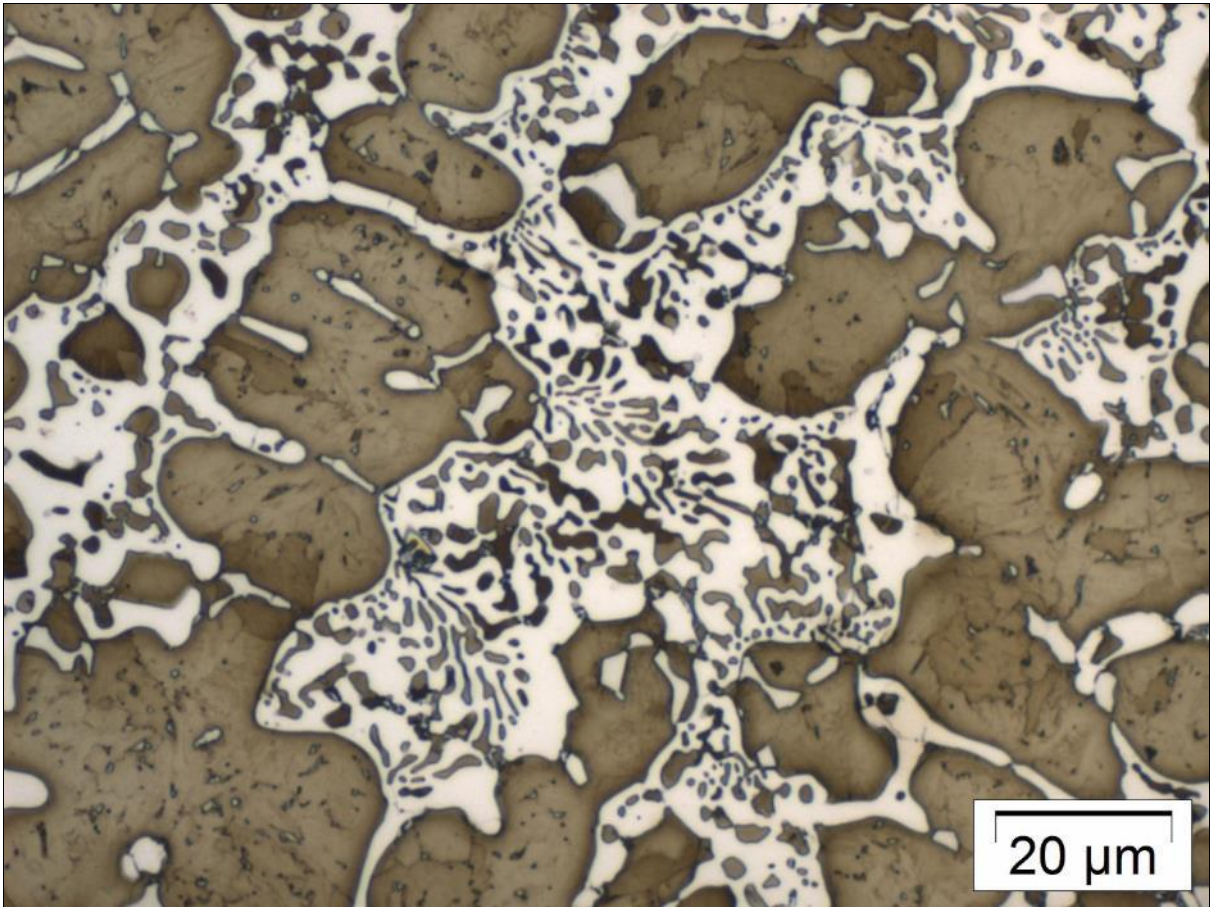
Descriptif technique

Cartographies d'orientations (axe Y sur cette photo) sur lames minces électrolytiques à l'aide du système ASTAR[®] monté sur un Microscope En Transmission JEOL 2100F. L'austénite résiduelle (25% dans ce cas) présente les 2 relations d'orientation K-S & N-W. cette dernière relation est proche de la K-S avec une différence de seulement 5,26° autour de $[011]_{\alpha}$. La coexistence de ces 2 relations est souvent observée sur les aciers TRIP avec un taux d'austénite résiduelle plus bas de l'ordre de 10-15%.

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

(28) Valérie DAESCHLER



La dentelle métallique

Technique de réalisation / apport scientifique

Structure de solidification d'un acier avec présence de la phase Fe₂B.

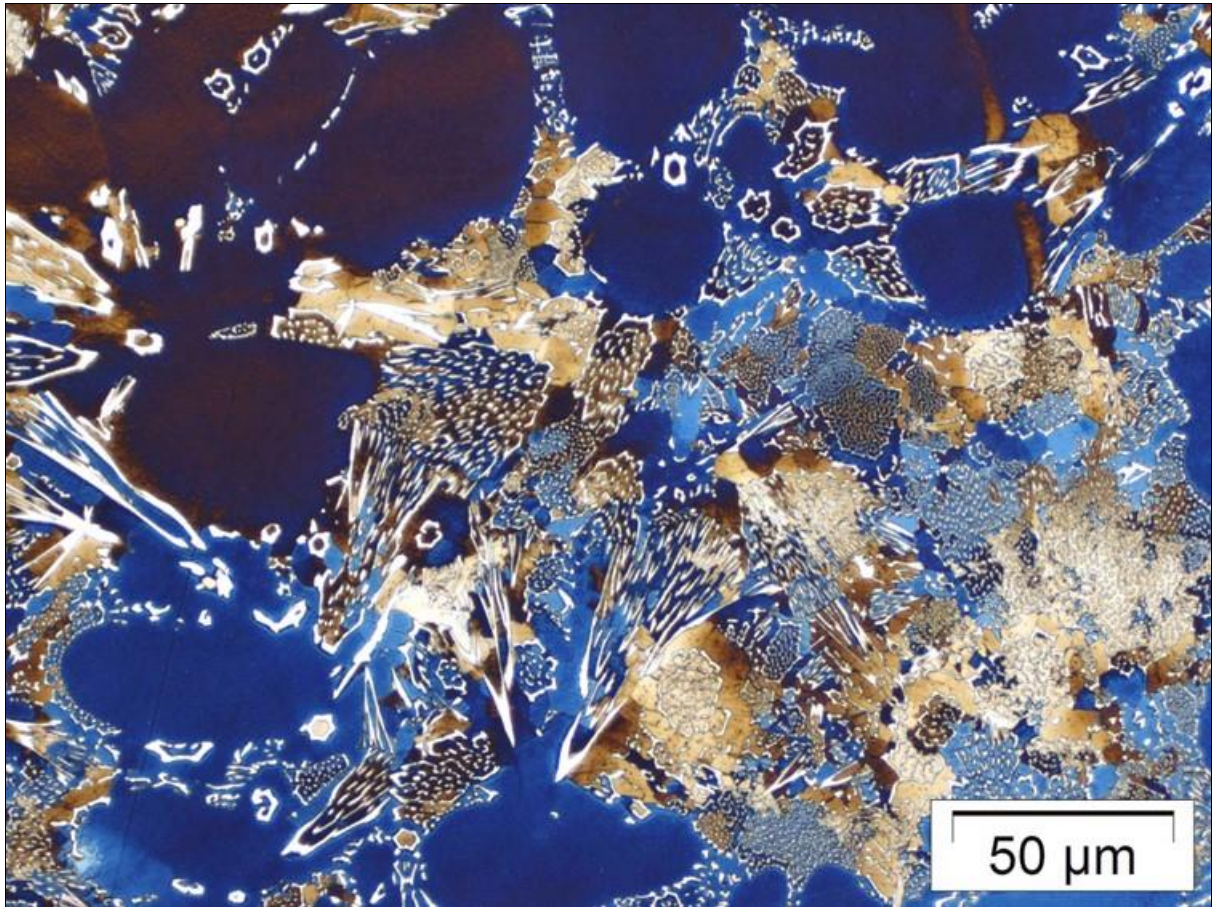
Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope optique (grandissement x100) après une attaque métabisulfite.

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

(29) Valérie DAESCHLER



Le vitrail bleu

Technique de réalisation / apport scientifique

Structure d'un acier ferritique dont la densité et la rigidité sont améliorées par "effet composite" obtenu par solidification eutectique, en coulée continue par précipitation in-situ.

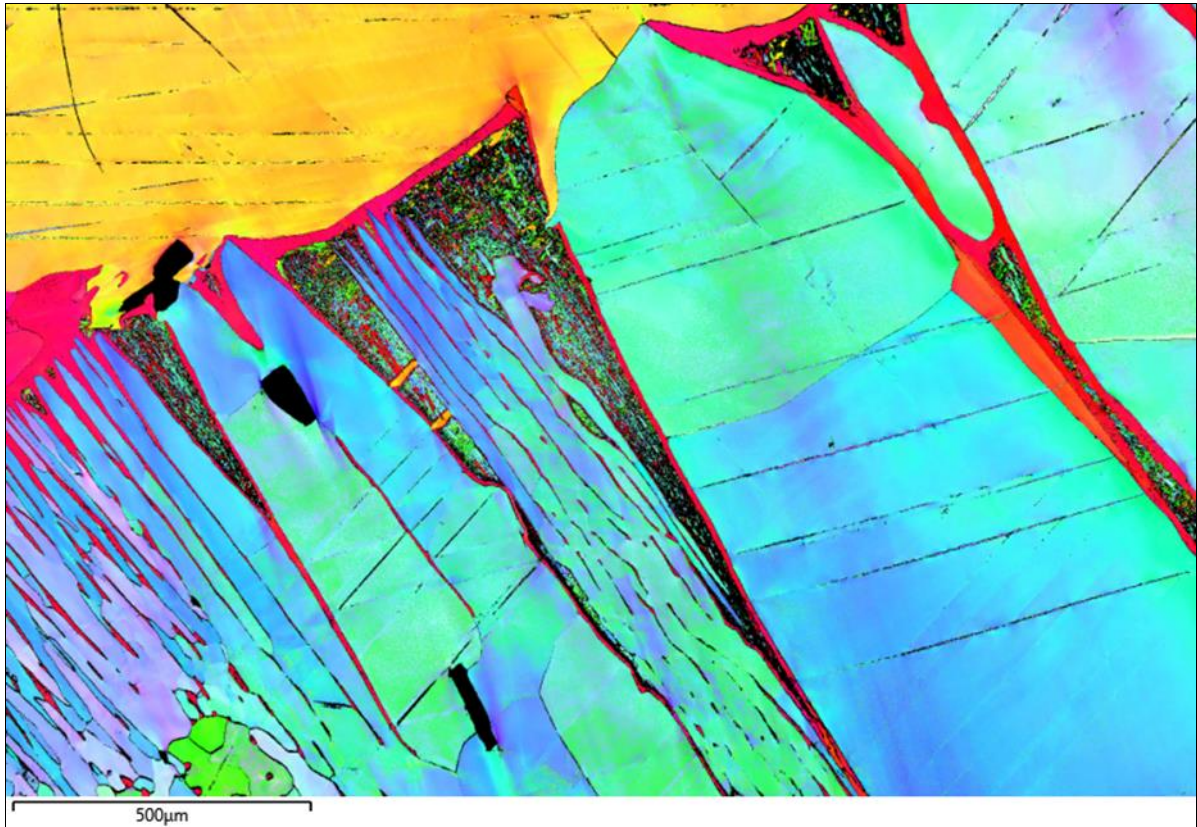
Descriptif technique

Micrographie obtenue au microscope optique (grandissement x50) après une attaque Nital flash +Klemm 2.

Provenance

ArcelorMittal Maizières – département MP2

(30) Frédéric DANOIX



Cape York

Technique de réalisation / apport scientifique

L'image représente la microstructure d'une des météorites ferreuses les plus connues, nommée Cape York, obtenue par EBSD (figure de pôles inverse). C'est une structure de type Thomson-Widmanstätten où l'austénite (taénite des géologues) apparaît en rouge, ce qui indique qu'elle adopte une unique orientation cristallographique sur tout l'échantillon. Le grain initial d'austénite fait au moins plusieurs dizaines de centimètres. Les autres régions (en bleu/vert et en jaune) sont des variants de ferrite (kamacite), ayant cru dans le monocristal d'austénite avec une relation d'orientation de type KS au cours du refroidissement de la météorite. Les stries noires dans la ferrite sont des bandes de Neumann, créées lors d'un impact violent.

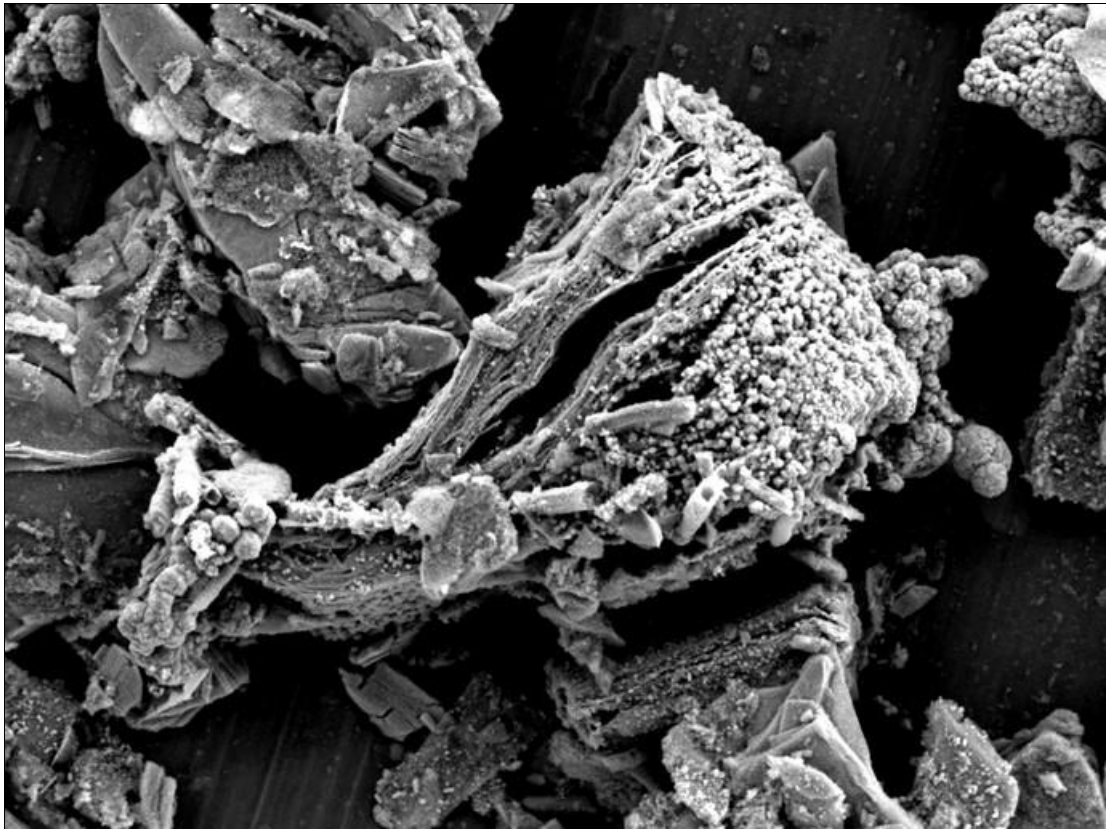
Descriptif technique

Camera Symmetry 2 installée sur un MEB double faisceaux ThermoFisher Helios PFIB CXe, pas 0.5 μm , 20 keV-3.2 nA, traitée avec le logiciel Aztec 5.0.

Provenance

Groupe de Physique des Matériaux (GPM) – UMR 6634 CNRS-Université et INSA de Rouen

(31) Alex ZUBER



Hypersensitive Humpback Whale

Technique de réalisation / apport scientifique

This humpback whale-like composite is an electrocatalyst for water splitting composed of nickel hydroxide and iron oxides grown on conductive 2D materials called MXenes. MXenes are obtained by exfoliation of nanolamellar carbides called MAX phases using a mix of lithium fluoride and hydrochloric acid which can result in these stacked layers forming the ventral pleats of the whale. The MXenes were hydrothermally functionalised with adequate precursor salts at 120 °C and 12 hours, which resulted in the crystallisation of spherical magnetite Fe_3O_4 particles which mimic the sensory bumps on the chin of the whale while the theophrastite $\text{Ni}(\text{OH})_2$ platelets deposited on the top and side of it represent its fins.

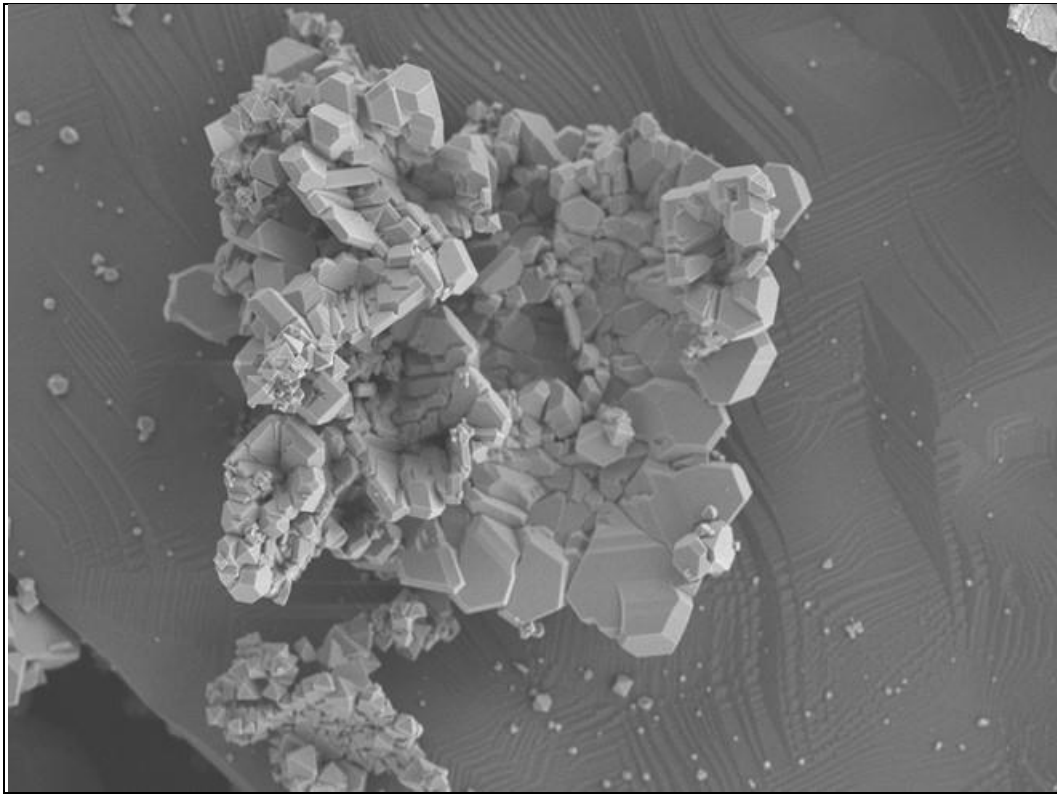
Descriptif technique

Karl Zeiss MERLIN scanning electron microscope equipped with GEMINI II column. Voltage : 3 kV ; WD = 14,2 mm; Mag = 9750, I = 308 pA. Image width = $\sim 10 \mu\text{m}$

Provenance

Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH. Electrocatalysis: Synthesis to Device, Young Investigator Group of Michelle Browne.

(32) Alex ZUBER



Chaos Emergence on a Pleasant Cobalt Terrace

Technique de réalisation / apport scientifique

This material is a pure cobalt oxide electrocatalyst for water splitting obtained by hydrothermal treatment. Some particles of the resulting cobalt oxide Co_3O_4 presents a very elegant terrace surface structure which is disrupted by the growth of octahedral nanoparticles which can sometime grow and bloom in bigger structure as shown on this picture. Here an aggregation of very defined grains emerge in a chaotic structure from a smooth submicrometric cobalt oxide particle.

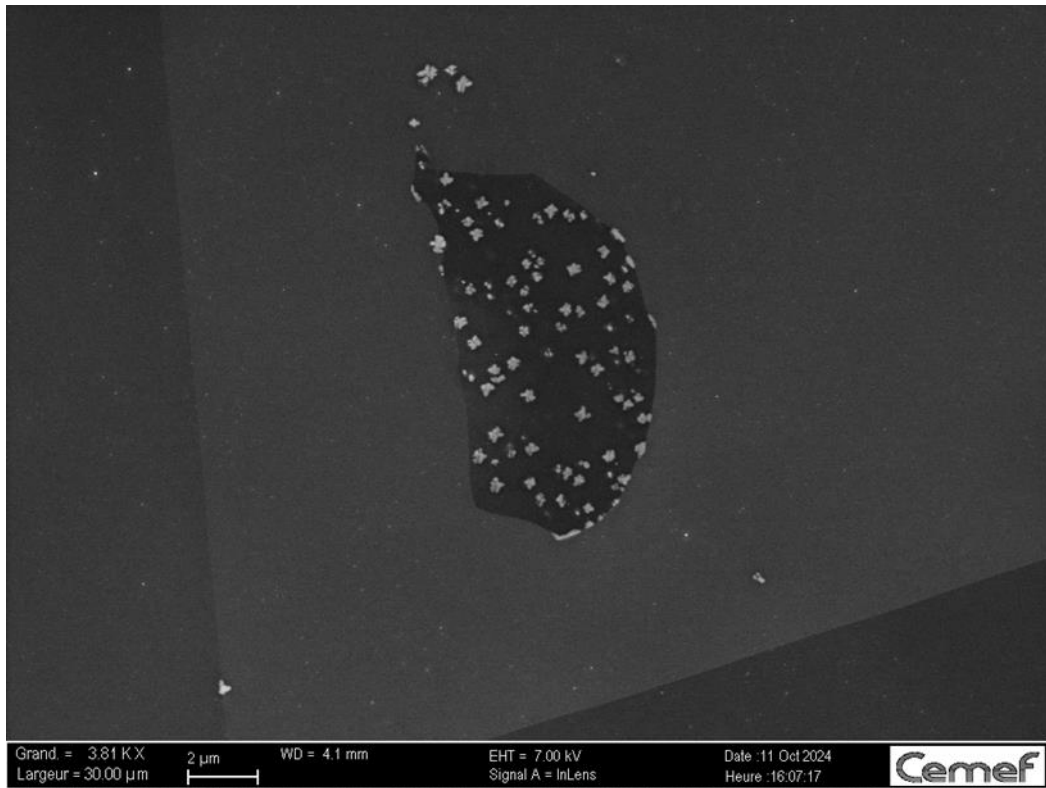
Descriptif technique

Karl Zeiss MERLIN scanning electron microscope equipped with GEMINI II column. Voltage : 5 kV ; WD = 8,1 mm; Mag = 2000, I = 200 pA. Image width = $\sim 50 \mu\text{m}$

Provenance

Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH. Electrocatalysis: Synthesis to Device, Young Investigator Group of Michelle Browne.

(33) Fernando Pasqual GOCE



La chasse aux papillons

Technique de réalisation / apport scientifique

L'image montre une agglomération de précipités de phase gamma prime, souvent appelés "papillon" en raison de leur morphologie, dans une superalliage base nickel. L'échantillon a subi un traitement thermique favorisant la précipitation de ce type de précipités. Ce qui est intéressant dans cette image, c'est la concentration des précipités dans un petit grain particulier, comme si les papillons étaient enfermés, entourés d'une matrice vide. L'image a été obtenue sur un microscope électronique Supra 40 en utilisant le capteur InLens à un grossissement de x3,81k, ce qui donne un champ de vision de 10 micromètres.

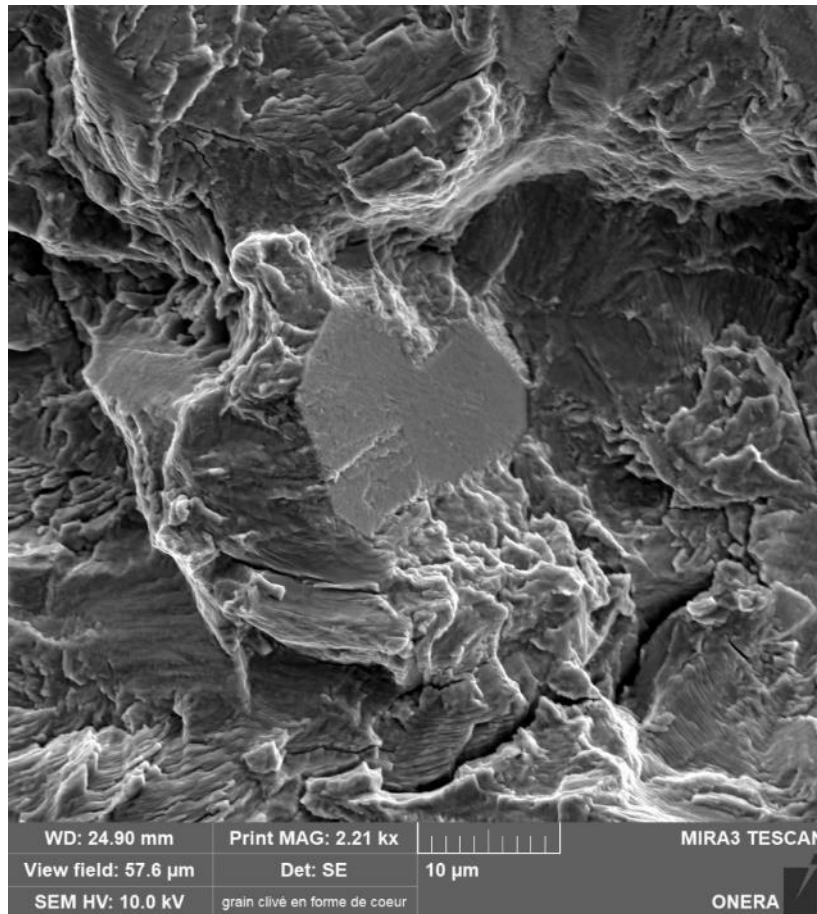
Descriptif technique

L'échantillon a d'abord été préparé par polissage mécanique, puis poli à la silice colloïdale et enfin électropoli dans une solution d'acide chlorhydrique dans du méthanol.

Provenance

Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF), Mines Paris - PSL (Sophia Antipolis).

(34) Lucille BORNOWSKY



Cœur clivé

Technique de réalisation / apport scientifique

Après quelques milliers de cycles à une contrainte de 630 MPa, l'échantillon de titane, fatigué, finit par rompre. C'est ici que commence l'enquête du scientifique : d'où provient l'amorçage de la fissure ? Cette image ne dévoile pas le principal coupable, mais l'un de ses complices. Sous l'effet de la contrainte, un couple de grains en forme de cœur s'est clivé. L'observation des faciès de rupture nous permet de mieux comprendre les mécanismes d'émergence et propagation des fissures dans les alliages métalliques utilisés dans l'aéronautique.

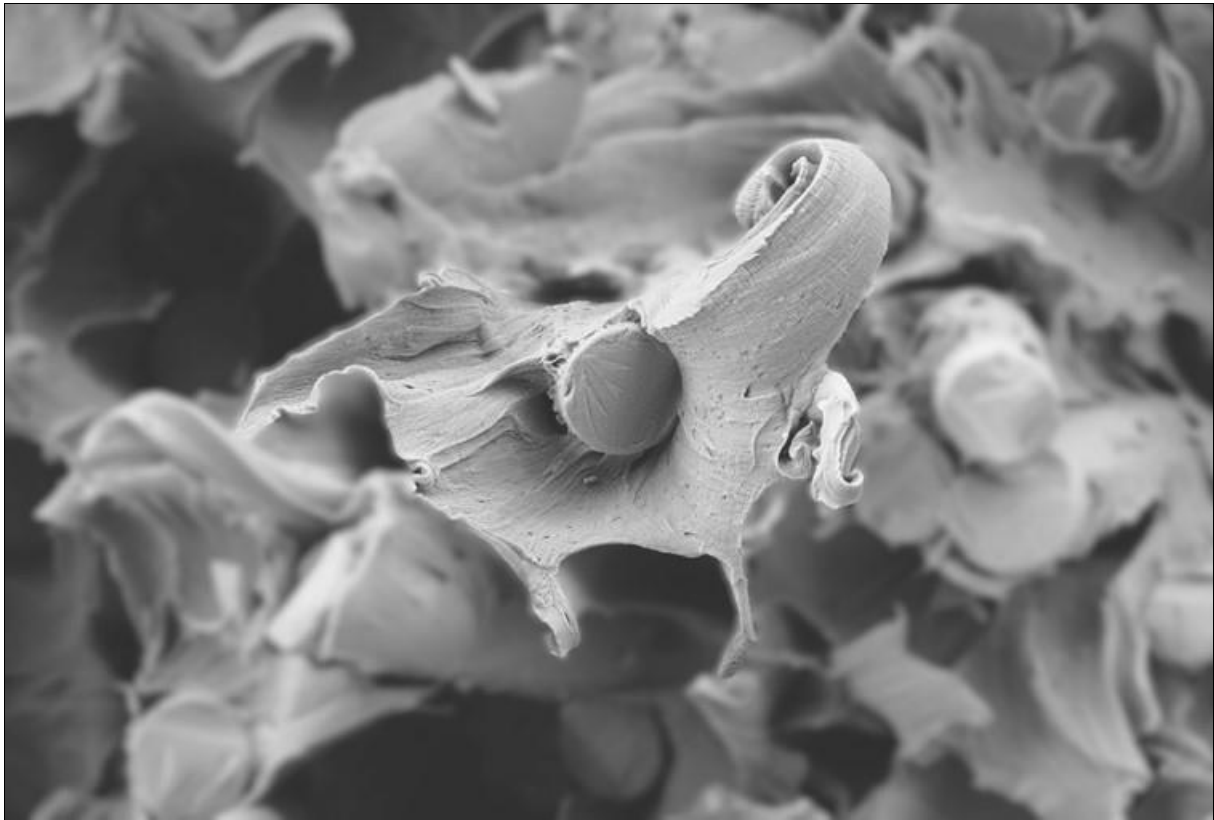
Descriptif technique

Fractographie de l'alliage Ti6242s. Microscopie à balayage en mode SE, Champ de 57.6 µm, Tescan Mira3.

Provenance

ONERA Châtillon – Département DMAS – Unité SIAM. Collaboration avec le LaSIE, La Rochelle Université

(35) François LAMMING



Fleur de Verre : éclosion dans le Chaos

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image montre un faciès de rupture en PA6.6GF50, révélant la structure intime du matériau à l'échelle microscopique. Le matériau a été soumis à un chargement en fluage de courte durée. Il a été préalablement humidifié dans un air presque saturé en eau, ce qui donne cet aspect ductile. Les fibres de verre microscopiques tissent une trame complexe au sein de la matrice polymère, évoquant à la fois la solidité et la fragilité de la matière. Cette image met en lumière la beauté inattendue qui émerge de la rupture, où des motifs en forme de pétales semblent éclore parmi les fractures, comme une fleur délicate née du verre et du polymère

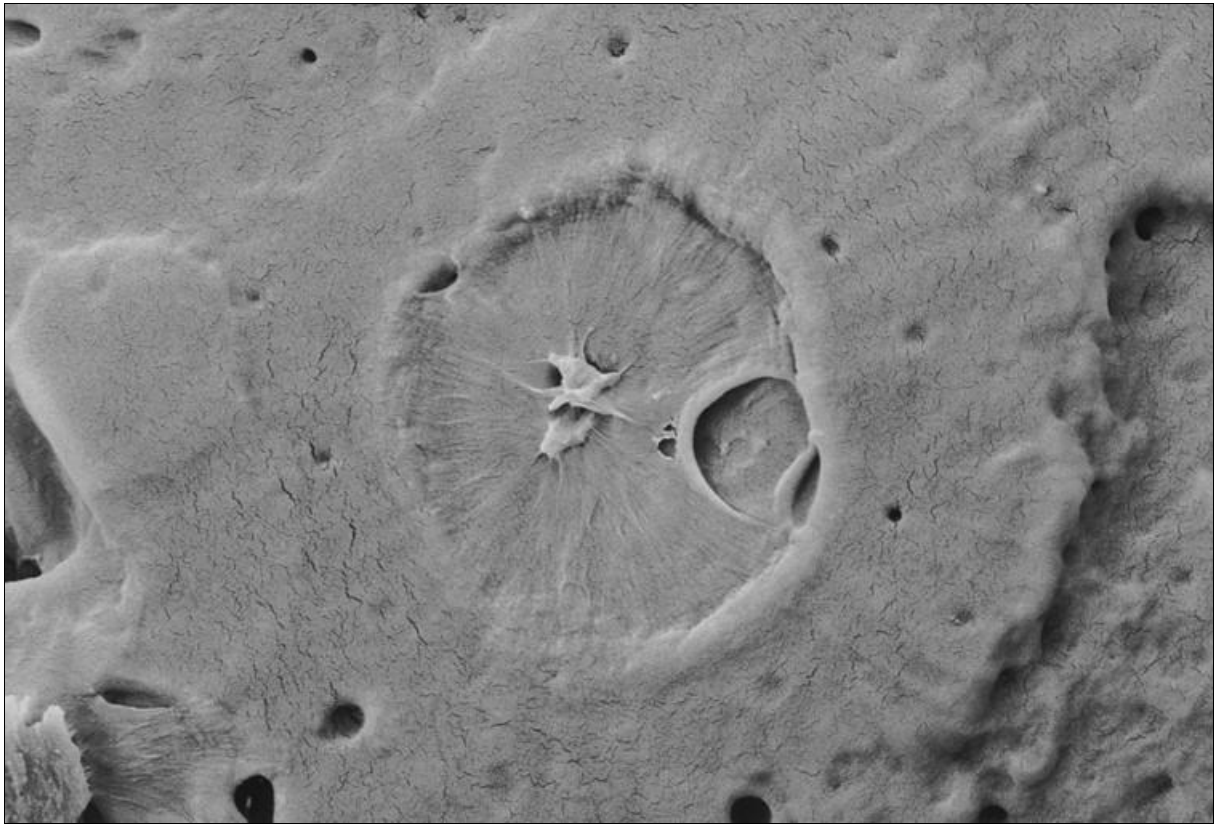
Descriptif technique

Cliché SE par MEB FEG HR ZEISS Sigma 300, grandissement x1000, EHT 5kV

Provenance

Mines Paris, Université PSL, Centre des Matériaux (MAT), UMR7633 CNRS, 91003 Evry, France

(36) François LAMMING



Boule de cristal, un avenir en rupture

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette image montre un faciès de rupture en PA6.6GF50, révélant la structure profondément sphérique du matériau à l'échelle microscopique. Ce dernier a été soumis à un chargement en fluage de courte durée et a été préalablement humidifié dans un air presque saturé en eau, ce qui donne cet aspect ductile. Ici, le polymère cristallisé, s'étirant dans des directions diverses, comme des éclats d'une étoile morcelée, révèle un aspect granulaire et des lignes nettes. Ce contraste saisissant, rappelant l'énergie libérée lors de la fracture, crée une impression d'infini, où chaque détail révèle une histoire différente de l'évolution avant rupture.

Descriptif technique

Cliché SE par MEB FEG HR ZEISS Sigma 300, grandissement x10000, EHT 5kV

Provenance

Mines Paris, Université PSL, Centre des Matériaux (MAT), UMR7633 CNRS, 91003 Évry, France

(37) Elodie CABROL



Coucou du bonhomme de neige

Technique de réalisation / apport scientifique

À la mi-décembre, nous observons des particules d'une poudre de TA6V obtenue par procédé d'atomisation au gaz. Soudain, un bonhomme de neige est apparu pour nous faire un coucou. La particule de TA6V présente des satellites (petites particules collées en surface) qui dégradent fortement ses propriétés d'écoulement (coulabilité). L'élimination de ces satellites a été obtenue par sphéroïdisation plasma. Une nette amélioration de la coulabilité et de la densité de la poudre TA6V a été mise en évidence pour une application en fabrication additive.

Descriptif technique

Image MEB (TESCAN VEGA) / Détecteur d'électrons secondaires / x 1000 / Poudre d'alliage de titane TA6V.

Provenance

Centrale Lyon ENISE, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS) – UMR 5513.

(38) Elodie CABROL



Croissants de lune

Technique de réalisation / apport scientifique

Cette photo a été réalisée sur un échantillon produit par frittage SPS à partir d'une poudre 316L (80%vol) / Al_2O_3 (20%vol). Des granules composites ont été élaborées par procédé de spray-drying et consolidées et densifiées par sphéroïdisation plasma. La microstructure obtenue présente une ségrégation de l'alumine sous forme de croissants de lune dans la matrice d'acier inoxydable.

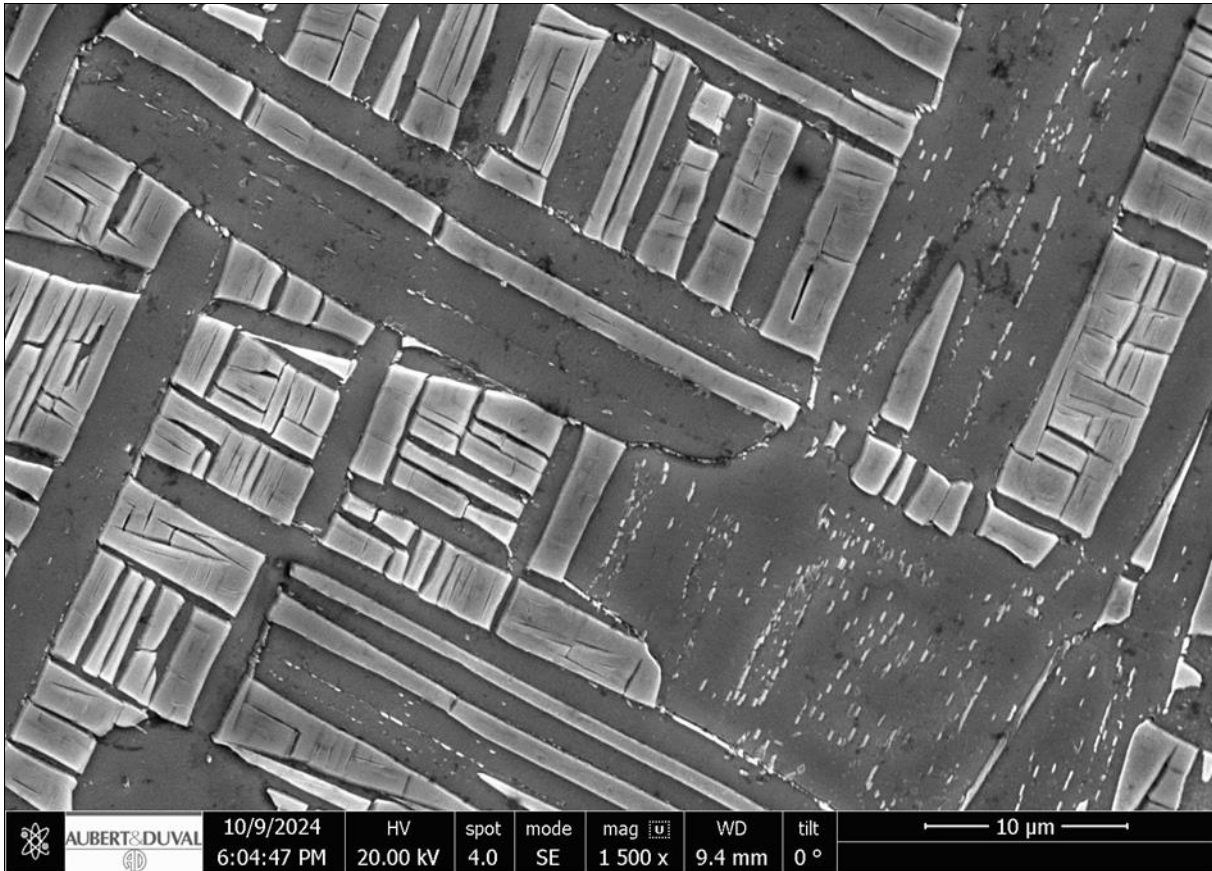
Descriptif technique

Image Microscope Optique / Échantillon fritté par SPS à partir d'une poudre composite 316L / Al_2O_3 .

Provenance

Centrale Lyon ENISE, Laboratoire LTDS – UMR 5513 et INSA Lyon, Laboratoire MATEIS – UMR 5510.

(39) Jeffrey VALDIVIA



Carbure City

Technique de réalisation / apport scientifique

À la suite de la pollution par une particule à base de carbone au cours de l'élaboration d'un alliage de titane, la structure obtenue a été caractérisée après attaque au réactif Kroll. Cette caractérisation montre notamment une précipitation de carbures de titane de forme anguleuse et présentant une stœchiométrie particulière TiC_{1-x} . Leur agencement permet d'observer une ville vue du ciel.

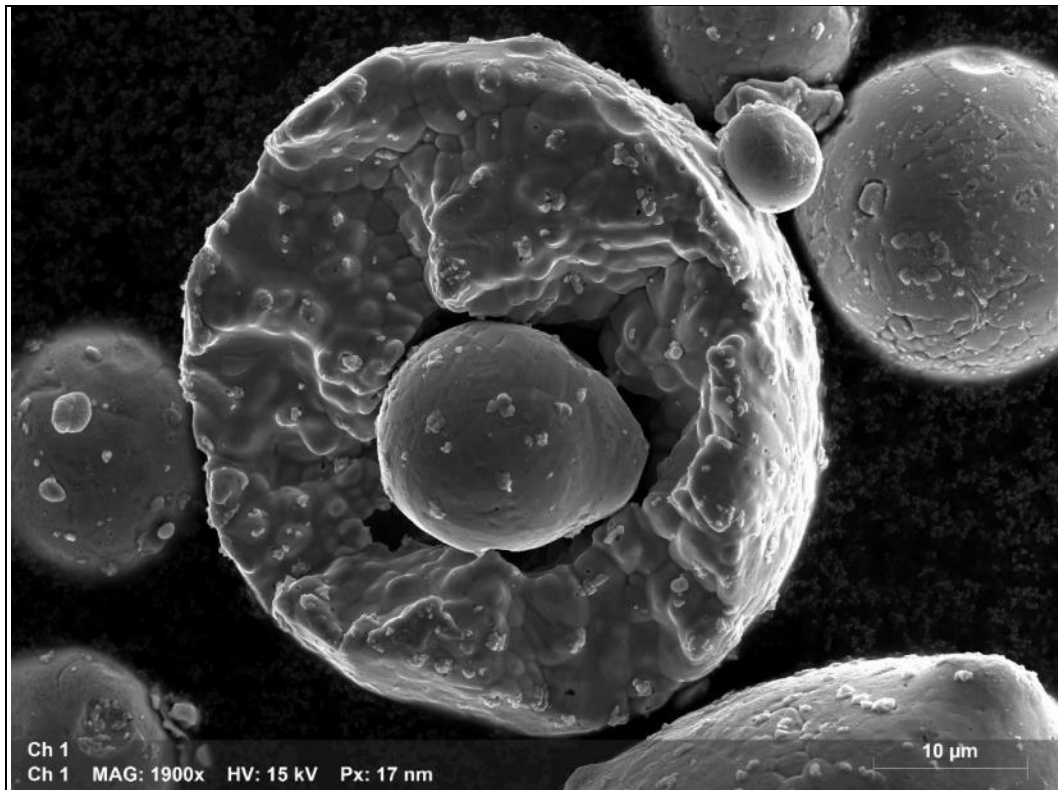
Descriptif technique

Cliché au MEB (microscope électronique à balayage) FEI QUANTA 650 en électrons secondaires, à grandissement x1500

Provenance

Aubert & Duval - site des Ancizes

(40) William BURGE-CATINOT



Cocon d'atomisation

Technique de réalisation / apport scientifique

L'élaboration de poudres métalliques par atomisation entraîne une dispersion en taille et en morphologies des particules, illustrée ici par cette fine particule sphérique semblant être venue se lover au creux d'une plus large particule de morphologie irrégulière. Cette poudre d'acier 316L a également été traitée thermiquement sous N_2 pour y incorporer de l'azote sous la forme de $(Cr,Fe)_2N$, germant en surface sous la forme de "picots". Ce contrôle de la teneur en azote de la poudre permet alors d'en contrôler la microstructure après consolidation par fusion laser sur lit de poudre.

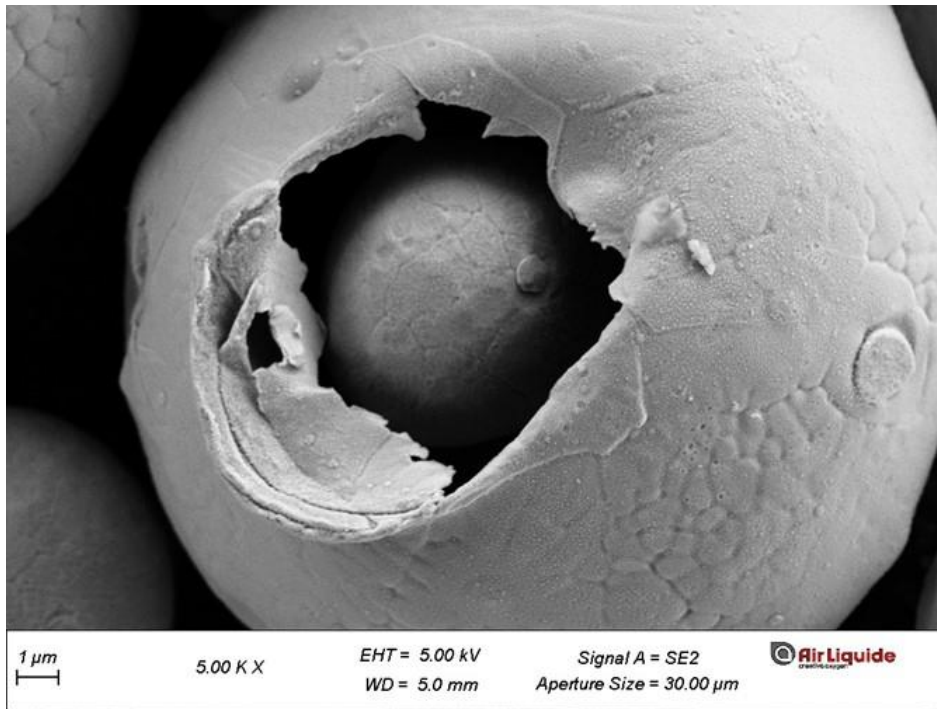
Descriptif technique

Cliché SE à un grandissement de x1900, obtenu sur un MEB FEG JEOL-7000F à un WD = 10 mm (15kV ; 2nA), sur une poudre d'acier 316L obtenue par atomisation sous argon suivi d'un traitement de nitruration.

Provenance

CEA Saclay SRMA/LTMEx

(41) Caroline BERTAIL



L'éclosion

Technique de réalisation / apport scientifique

L'image a été réalisée dans le cadre d'une étude portant sur l'impact de la cinétique d'oxydation des particules métalliques. Ces particules oxydées sont par la suite déposées sur un substrat en cuivre dans un milieu riche en oxygène afin de caractériser leurs capacités résiduelles à brûler dans cet environnement. La signature thermique de cette combustion nous permet d'alimenter les règles de conception et d'opération relatives à la sécurité des systèmes industriels au contact avec l'atmosphère enrichie en oxygène, afin d'éviter une inflammation des matériaux de construction (feu oxygène).

L'image présentée devait permettre d'estimer l'épaisseur de la couche d'oxyde formée à la surface de la particule, après l'exposition de 30 minutes à l'air à 450°C. À notre surprise, la particule oxydée en cachait une autre, rendant l'interprétation de la cinétique d'oxydation plus complexe qu'initialement prévu. L'éclosion de cette particule nous a semblé une belle métaphore de la nouvelle méthodologie que nous proposons de mettre en place afin d'améliorer la compréhension des mécanismes gouvernant un feu oxygène.

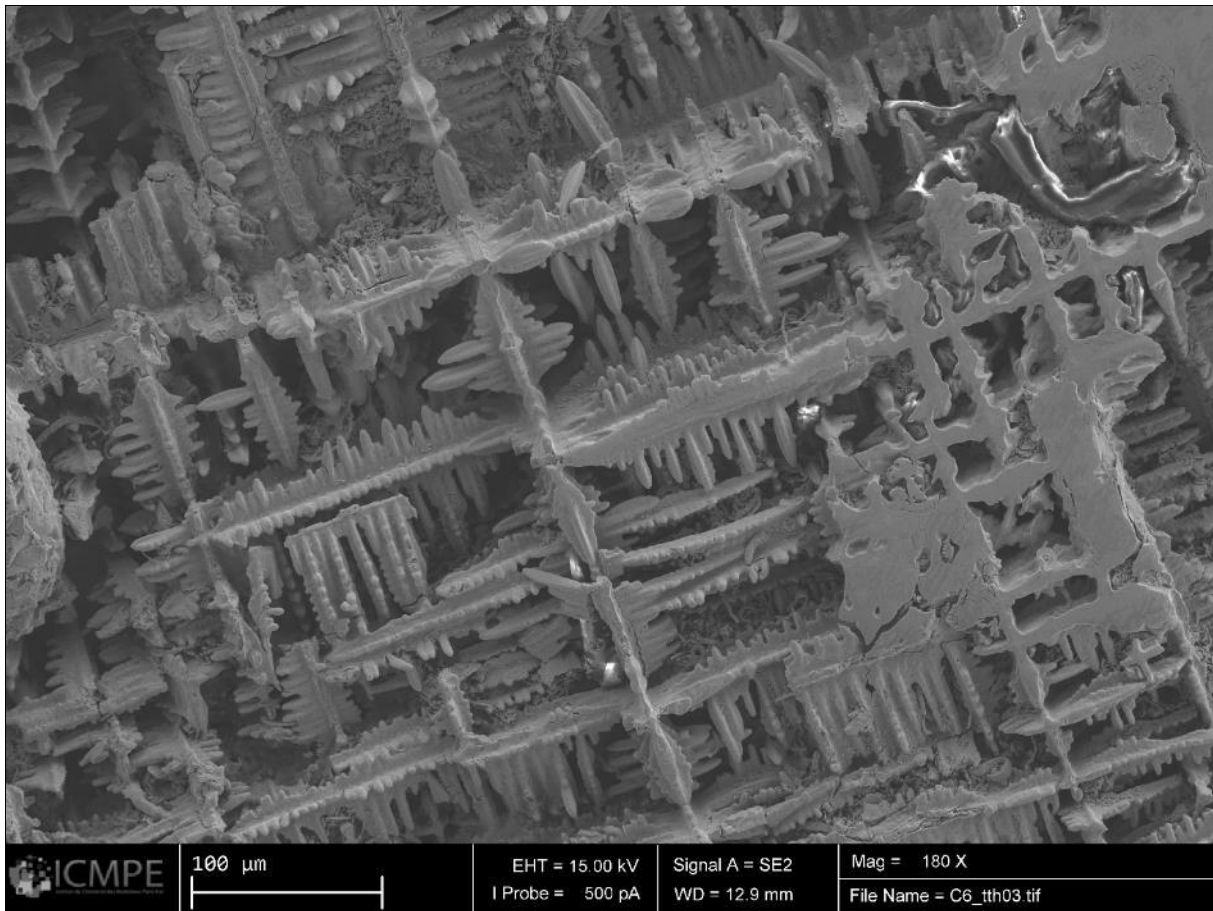
Descriptif technique

Cliché réalisé par Microscopie Électronique à Balayage sur un FEG-SEM ZEISS ULTRA 55 à colonne GEMINI®, en électrons secondaires (détecteur SE2) à un grandissement x5000.

Provenance

Air Liquide R&D - Innovation Campus Paris – Les Loges en Josas [Nicolas GALLIENNE; Martina RIDLOVA; Christine MAROT; Caroline BERTAIL]

(42) Oscar SONZOGNI



Forêt dendritique

Technique de réalisation / apport scientifique

Le cliché montre des dendrites apparues à la solidification d'un Alliage Complexe Concentré (CCA) de composition chimique $\text{Ni}_{48}\text{Mo}_{22}\text{Al}_{10}\text{Cr}_7\text{Fe}_7\text{Nb}_6$ (%at) élaboré par fusion par arc. Lors du refroidissement des dendrites riches en éléments réfractaires se forment, puis le liquide restant se solidifie en une seconde phase. Une fois solidifiée, cette seconde phase occupe un volume moins important et laisse apparaître les dendrites de la première phase. Ce phénomène appelé retassure est observé dans les dernières zones solidifiées lors de l'élaboration de lingots ou lors de la réalisation de soudures.

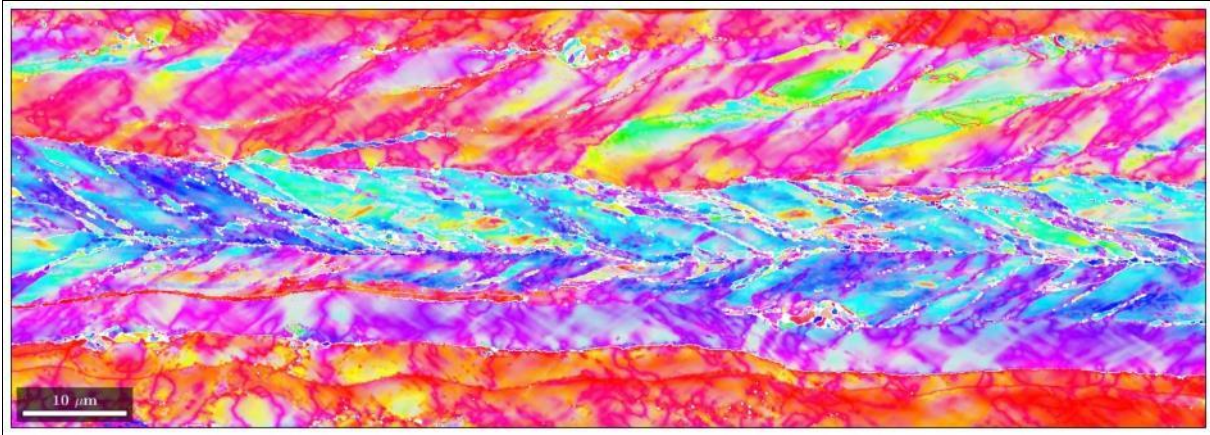
Descriptif technique

Image réalisée sur MEB FEG ZEISS MERLIN en mode SE à grossissement de x180

Provenance

CEA Saclay DES/ISAS/DRMP/SRMA/LTMEx et CNRS/ICMPE

(43) Laura HERARD



Crépuscule cristallin

Technique de réalisation / apport scientifique

Suivi de l'évolution de la texture et de la microstructure d'un acier électrique fortement déformé après 80% de réduction d'épaisseur par laminage à froid. De longs grains allongés sont alors formés, avec une texture classique de laminage de fibre α et γ . La nuance de couleur dans un même grain indique les plus faibles désorientations liées à la forte déformation.

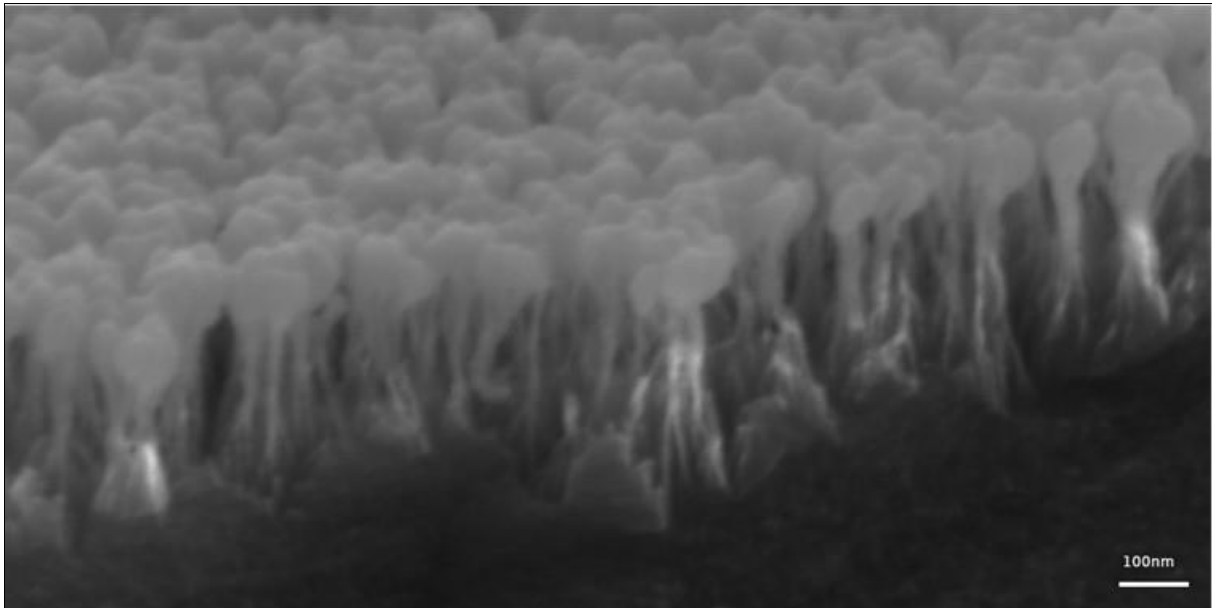
Descriptif technique

Figure de pole inverse (IPF) suivant l'axe normal à la direction de laminage d'une cartographie EBSD acquise par un microscope électronique à balayage (MEB) (Carl ZEISS, FEG GEMINI S360, HT 20kV, WD 9.9 mm, x8165) sur un acier électrique.

Provenance

LSPM Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux – CNRS – Villetaneuse
Thyssenkrupp Electrical Steel UGO, Isbergues

(44) Stéphane LANDAIS



Réchauffement climatique : Les méduses nanométriques envahissent nos côtes

Technique de réalisation / apport scientifique

Image d'un revêtement obtenu par PVD d'un dépôt d'alumine dans le cadre d'une étude sur l'amélioration de la tenue à l'oxydation en température de fibres carbone à partir de couches dont l'épaisseur n'excède pas la centaine de nanomètres. L'objectif est de remplacer les fibres utilisées actuellement par une fibre de coût moindre et dotée d'une faible empreinte carbone.

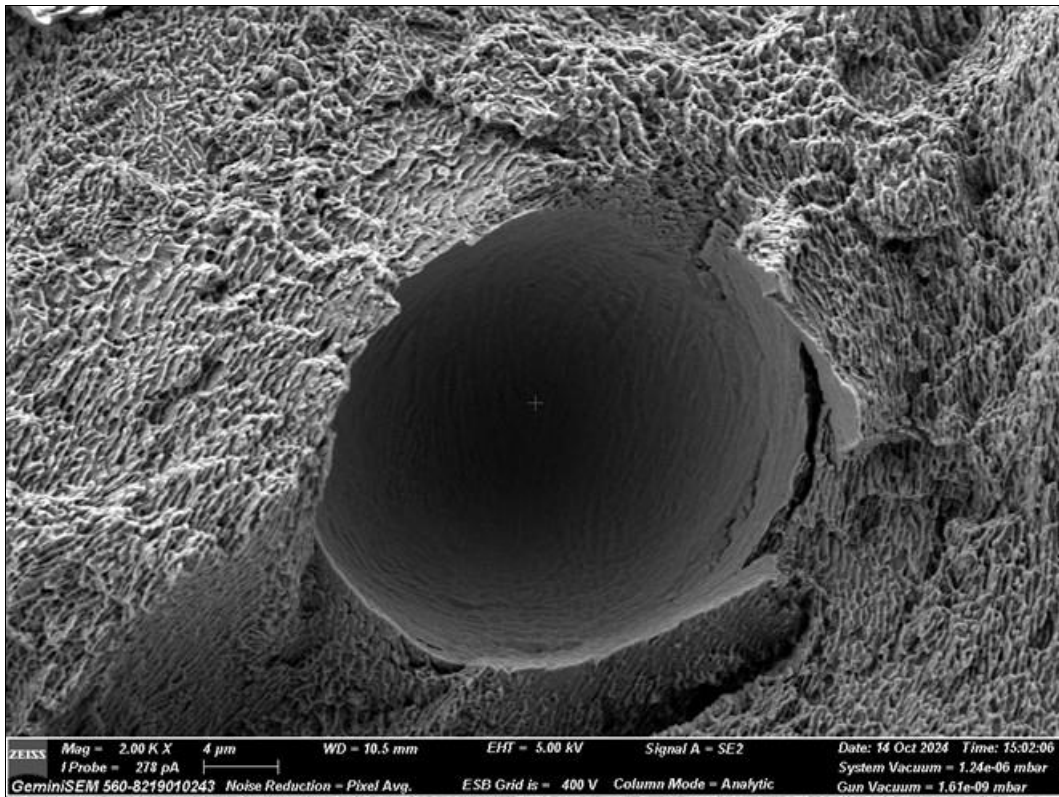
Descriptif technique

Image d'une fractographie obtenue en électrons secondaires à 5KV sur un MEB FEG ZEISS MERLIN à un grandissement de x64000

Provenance

ONERA

(45) Marc BONNET



Black Hole

Technique de réalisation / apport scientifique

Faciès de rupture d'un alliage AlSi10Mg, élaboré par procédé de fusion laser sur lit de poudre et soumis à une sollicitation de traction uni-axiale. Du fait de la présence du Silicium sous forme de réseau cellulaire de taille micrométrique, les faciès de rupture relèvent majoritairement de la rupture fragile, caractérisée par une surface de rupture irrégulière et est exacerbée par la présence de défauts de fabrication. Ici, la fissure passe au travers d'un défaut de type pore sphérique typiques du procédé de fusion laser sur lit de poudre appelés "défauts keyhole". *Cette image est issue d'un article scientifique en préparation: L.Salvi, M. Bonnet, F. Hild, M.G. Tarantino (2024).*

Descriptif technique

Cliché SE (détecteur Everhart-Thornley) avec une tension d'accélération de 5kV, diaphragme 30μm, WD 10,5mm à un grandissement de x2000 sur un Zeiss GeminiSem560.

Provenance

Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay (LMPS) – CentraleSupélec/ENS Paris Saclay – UMR9026

(46) Marie FISCHER



Désordre féérique

Technique de réalisation / apport scientifique

Alliage à moyenne entropie de FeNiCrNbTa. La microstructure laisse apparaître des variations de phases de formes faisant penser à des fleurs, des étoiles, des papillons et des hexagones

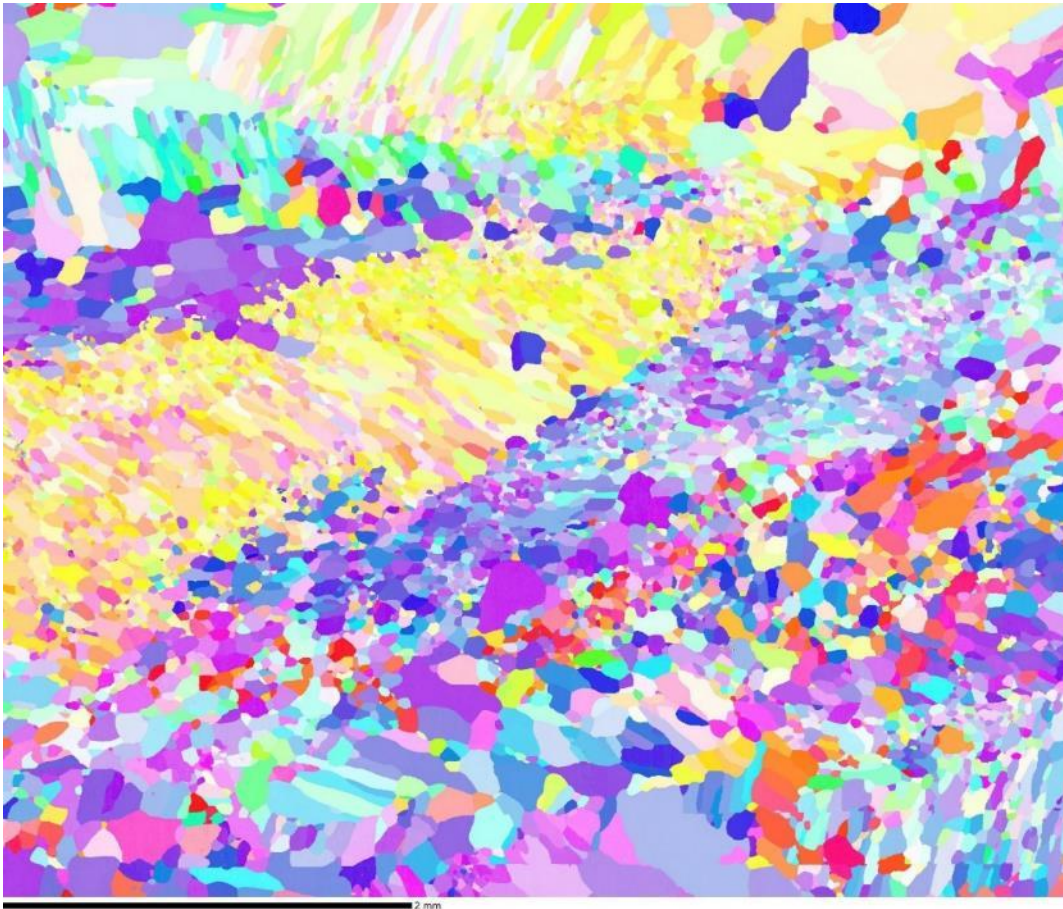
Descriptif technique

L'image est réalisée en microscopie électronique à balayage sur un Supra40 à un grandissement de x2000.

Provenance

Pint, Metz

(47) Pauline STRICOT



Quand l'EBSD peint la recristallisation

Technique de réalisation / apport scientifique

Tôle d'aluminium de haute pureté (99,999%) laminée à froid puis recuite pour déclencher la recristallisation. L'analyse sur une zone étendue permet de renseigner sur le comportement de recristallisation de chaque grain initial laminé grâce aux modifications de textures et de morphologie de grains.

Descriptif technique

Reconstruction de cartographie par mosaïque de figures de pôle inverse obtenue par diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD) d'un aluminium de haute pureté. Caméra EDAX Velocity™. Microscope électronique à balayage TSCAN Mira3.

Taille de champ de chaque zone EBSD : $300 \mu\text{m}^2$ équivalent à un grossissement x210

Taille de la zone recomposée : $5250 \times 4448 \mu\text{m}^2$

Provenance

ONERA, Département des matériaux et Structures - Châtillon