
**Corrosion des métaux et alliages —
Lignes directrices pour évaluer
l'importance des fissures de corrosion
sous contrainte détectées en service**

*Corrosion of metals and alloys — Guidelines for assessing the
significance of stress corrosion cracks detected in service*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 21601:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930fc5a62055/iso-21601-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930fc5a62055/iso-21601-2013>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 21601:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930fc5a62055/iso-21601-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Principe	1
4 Caractérisation de la nature et de l'origine de la fissure	2
5 Définition des conditions de service et de l'historique du système	2
5.1 Contraintes.....	2
5.2 Environnement de service.....	4
6 Caractéristiques du matériau	5
6.1 Écrouissage.....	5
6.2 Soudage.....	5
6.3 Vieillessement.....	6
6.4 Orientation microstructurale.....	6
7 Prévision de K_{ISCC} et des vitesses de propagation de fissure	6
7.1 K_{ISCC}	6
7.2 Prévision des vitesses de propagation en dessous de K_{ISCC}	10
7.3 Vitesse de propagation de fissure au-dessus de K_{ISCC}	11
7.4 Fissures non propageantes.....	16
7.5 Problèmes probabilistes.....	16
8 Évaluation de l'intégrité structurelle	17
9 Modification des conditions de service pour limiter la propagation des fissures	20
9.1 Variation de température.....	20
9.2 Réduction des contraintes en service.....	20
9.3 Modification ou contrôle plus rigoureux de l'environnement.....	20
Bibliographie	21

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 21601 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 21601:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930fc5a62055/iso-21601-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930fc5a62055/iso-21601-2013>

Corrosion des métaux et alliages — Lignes directrices pour évaluer l'importance des fissures de corrosion sous contrainte détectées en service

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices sur les mesures à prendre lorsqu'une fissure de corrosion sous contrainte a été détectée en service et qu'une évaluation doit être réalisée sur les implications en matière d'intégrité structurelle.

Il convient de réaliser une telle évaluation dans le cadre des conséquences d'une rupture, déterminées au moyen de méthodologies de management du risque appropriées. Cette détermination étant spécifique à l'installation, elle ne fait pas partie du domaine d'application de la présente Norme internationale.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7539-6, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes préfissurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant*

ISO 21601:2013

ISO 7539-9, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 9: Préparation et utilisation des éprouvettes préfissurées pour essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant*

3 Principe

Lorsqu'une fissure est détectée dans le cadre d'une campagne d'inspection programmée, la réparation est le plus souvent mise en œuvre dans un délai relativement court, en retirant le composant ou en découpant la partie endommagée et en ressoudant. Cependant, dans certains cas, les possibilités de réparation peuvent être limitées et il peut y avoir une forte demande de maintenir le système en exploitation jusqu'au prochain arrêt prolongé, afin de limiter les pertes de production. Dans le cadre d'autres applications, on peut considérer qu'une fissure peut être tolérée si l'on dispose d'un ensemble de données adéquat pour prévoir l'évolution de la fissure, définir les intervalles d'inspection et évaluer la probabilité de défaillance. Une telle évaluation peut faire partie, avec la détermination des conséquences d'une rupture, d'une méthodologie d'inspection basée sur le risque encouru. Les difficultés auxquelles on doit faire face lorsque l'on vit avec une fissure pendant une durée plus ou moins longue sont de déterminer quand la fissure s'est amorcée, de le relier aux conditions de service en incluant les phénomènes transitoires (c'est-à-dire déterminer si la fissure pourrait se propager en continu ou uniquement en réponse à des fluctuations spécifiques des conditions de service), d'évaluer la force mécanique agissante, de caractériser l'état du matériau dans lequel la fissure s'est amorcée et va se propager, d'évaluer la base de données de laboratoire et d'adapter ces informations aux conditions de service observées en utilisant la mécanique de la rupture ou un autre concept.

Il peut également être nécessaire d'évaluer la fuite avant rupture (FAR) lorsqu'il y a un risque de défaillance explosive ou catastrophique mais, dans la pratique, la corrosion sous contrainte est généralement détectée et réparée pour des raisons de fiabilité opérationnelle.

La présente Norme internationale vise à servir de guide pour l'établissement d'un processus d'évaluation des dommages et pour les mesures à prendre pour contrôler la vitesse de propagation.

4 Caractérisation de la nature et de l'origine de la fissure

La première étape consiste à réaliser une évaluation physique complète de la fissure¹⁾ en termes d'identification de sa forme et de ses dimensions (il convient de noter toute incertitude éventuelle en ce qui concerne l'évaluation de la taille du défaut) car cette évaluation servira de donnée d'entrée dans toute analyse basée sur la méthode des éléments finis ou sur la mécanique de la rupture. Il convient que cette évaluation mentionne l'emplacement de la fissure par rapport aux concentrations locales de contraintes, aux soudures, aux crevasses (par exemple au niveau des éléments de fixation, des brides), et également les détails sur le parcours de propagation de la fissure. S'il y a plusieurs fissures, il convient de noter la densité de fissures et l'espacement entre les fissures en vue de leur future coalescence éventuelle. Il convient également d'évaluer l'état de la surface en termes d'endommagement par corrosion générale ou par piqûres.

La caractérisation de la fissure comme fissure de corrosion sous contrainte peut être possible par une observation visuelle, par exemple en cas de ramification importante (malgré le fait qu'une ramification étendue, bien qu'elle puisse être bénéfique, puisse exclure toute analyse de contrainte simple et garantir le retrait de la fissure). Dans la plupart des cas, elle est déduite de l'expérience antérieure et de la connaissance de la probabilité d'autres modes de défaillance, mais en reconnaissant que le chargement en service ne correspond généralement pas aux essais de charge statique simple réalisés en laboratoire. Par conséquent, il peut y avoir un chargement cyclique dans une certaine mesure ou une déformation dynamique associée aux variations transitoires de température. Dans de nombreux cas, il peut être impossible de faire la distinction entre un mécanisme de défaillance par corrosion sous contrainte et un mécanisme de fragilisation par l'hydrogène. Lorsque l'évaluation de la propagation de la fissure et l'évaluation de la durée de vie restante sont les principaux éléments à prendre en considération, cela peut ne pas constituer un problème critique, à condition que les données de laboratoire utilisées pour l'évaluation se rapportent aux conditions de service concernées. Toutefois, les modes opératoires de remédiation peuvent dépendre de la connaissance du mécanisme de fissuration.

Il convient de tenir compte de l'historique opératoire pour évaluer dans quelle mesure, le cas échéant, les perturbations du système ont pu contribuer à l'apparition de la fissuration.

ISO 21601:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928->

5 Définition des conditions de service et de l'historique du système

5.1 Contraintes

5.1.1 Contraintes en service

Les contraintes en service sont généralement connues dès le processus de conception et sont rarement critiques dans la pratique, sauf si elles viennent s'ajouter à des contraintes de fabrication résiduelles. Toutefois, un avertissement s'impose. Ces dernières sont parfois plus importantes que prévu au moment de la conception en raison d'écart entre les schémas de conception et les composants fabriqués suite à un contrôle inadéquat au cours de la fabrication. De ce fait, les contraintes peuvent être plus élevées que ce qui était prévu par les concepteurs aux endroits où il y a des changements de section. Par exemple, les défaillances de l'arbre de turbine basse pression (BP) à Ferrybridge (1975)^[1] se sont produites parce que le rayon des rainures de relaxation de contraintes du collier central était inférieur à la valeur de conception suite à un mauvais usinage.

D'autres problèmes peuvent survenir si les marques d'usinage ne sont pas meulées car cela crée localement une augmentation des contraintes et des sites pour la corrosion localisée.

1) La détection de la fissure peut en premier lieu se faire selon diverses méthodes, notamment par examen par ultrasons, émission acoustique, inspection visuelle, ressuage ou par des méthodes électromagnétiques et de chute de potentiel. La tomographie aux rayons X peut être utilisée pour obtenir des informations plus détaillées sur la forme et les dimensions de la fissure, bien qu'elle s'applique uniquement aux parties amovibles et soit potentiellement associée à des limites de taille.

5.1.2 Contraintes résiduelles

La caractérisation des contraintes résiduelles en service *in situ* peut être réalisée par plusieurs méthodes. La diffraction des rayons X (DRX) est la plus couramment utilisée. Cependant, comme la profondeur du matériau échantillonné est inférieure à 10 μm , les surfaces rugueuses peuvent conduire à des résultats erronés. Les méthodes de diffraction de neutrons *in situ* peuvent être possibles avec certains composants relativement portatifs, mais elles sont onéreuses. La variation de la profondeur de la contrainte résiduelle peut être obtenue par perçage incrémental, mais cette méthode est destructive, quoique seulement au niveau local, et implique une réparation. Il existe davantage de possibilités pour évaluer les pièces amovibles et, dans ce cas, la méthode DRX et le polissage électrochimique peuvent également être employés pour établir le profil en profondeur de la contrainte résiduelle. L'établissement non destructif du profil en profondeur de la contrainte résiduelle nécessite d'accéder à une source de rayonnement synchrotron et, par voie de conséquence, il se limite donc aux pièces amovibles. En l'absence de mesurage, on peut supposer que la contrainte résiduelle a la valeur de la limite d'élasticité réelle (en prenant en compte l'état de contrainte multiaxial) pour le matériau parent ou le métal d'apport, selon le cas, en fonction de l'emplacement. Cependant, la limite d'élasticité doit être évaluée avec soin vis-à-vis de la capacité d'érouissage du matériau et de l'étendue probable de la déformation locale. Pour des applications critiques, des maquettes peuvent être nécessaires pour évaluer les contraintes résiduelles et l'érouissage par diffraction des rayons X. En principe, le traitement thermique post-soudure libère les contraintes résiduelles, mais il ne peut pas toujours être réalisé complètement ou de manière appropriée. L'essai hydraulique des tuyaux ou des récipients peut également libérer les contraintes résiduelles, dans une mesure proportionnelle à la contrainte de pression appliquée (voir par exemple Hewerdine *et al.*[2]). Comme les vitesses de propagation des fissures de corrosion sous contrainte sont souvent indépendantes du facteur d'intensité de contrainte (K) ou faiblement dépendantes de K dans la région correspondant au stade II (voir l'Article 7), il peut y avoir une certaine latitude dans la caractérisation de la contrainte résiduelle dans le cas d'une analyse à une valeur supérieure à K_{ISCC} (facteur seuil d'intensité de contrainte de fissuration par corrosion sous contrainte, Mode I), tout en sachant qu'il existera une incertitude pour le calcul de la taille de défaut critique en cas de rupture instable.

ISO 21601:2013

5.1.3 Contraintes multi-axiales

Les contraintes multi-axiales sont généralement traitées en déterminant la direction de la contrainte de traction principale maximale et en supposant que les fissures de corrosion sous contrainte se propagent perpendiculairement à cette direction. En fait, il s'agit là d'une simplification extrême et ce sujet nécessite une étude plus approfondie. Des études isolées ont montré qu'il convient de tenir compte de l'état biaxial ou triaxial des contraintes.

5.1.4 Phénomènes transitoires (par exemple thermiques)

Le problème généralement rencontré avec les phénomènes transitoires thermiques est le fait qu'ils superposent une charge cyclique aux contraintes statiques, ce qui peut augmenter le risque de fissuration comme décrit ci-après. En outre, les phénomènes transitoires thermiques de plus grande ampleur qui sont généralement associés au démarrage ou à l'arrêt d'une installation introduiront un chargement dynamique significatif pendant des périodes assez longues, ce qui peut là encore accroître les risques de fissuration (voir plus bas).

5.1.5 Effet de coincement des produits de corrosion

Étant donné que les formes oxydées des métaux structuraux couramment employés occupent un volume beaucoup plus important que le métal à partir duquel elles ont été fabriquées, la charge additionnelle éventuelle due à leur coincement ne peut pas être ignorée pour les crevasses ou les fissures en développement. Dans la pratique, seuls quelques cas pour lesquels ce phénomène était important ont été observés et cela s'est généralement produit lorsque la corrosion par crevasse était significative.

5.2 Environnement de service

5.2.1 Généralités

Les environnements de service prévus sont normalement bien caractérisés (température, chimie de l'eau, pressions partielles des gaz, pression totale), mais le manque d'objectivité des opérateurs en ce qui concerne les possibles phénomènes transitoires environnementaux constitue un sérieux handicap dans le cadre de nombreuses investigations de défaillances en service.

5.2.2 Écarts par rapport aux conditions de fonctionnement normales

Que ce soit pour évaluer la probabilité de fuite d'un condenseur, de défaillance d'un échangeur d'ions, de présence de résidus après un décapage chimique, de défaillance d'un circuit d'eau de refroidissement (ce qui conduit à une augmentation de la température), de pénétration d'oxygène, etc., une évaluation objective est nécessaire et l'optimisme excessif des opérateurs d'installations à ce sujet constitue un sérieux handicap pour trouver des solutions pratiques. Il convient d'examiner minutieusement l'historique opératoire pour estimer l'importance de ces écarts.

Le problème qui se pose en cas d'augmentation transitoire de la température ou de variation de l'environnement de service est que cela peut mettre le système dans une situation déclenchant une activation de la fissuration par corrosion sous contrainte dont on n'aurait autrement pas à tenir compte. Par conséquent, lorsque l'on évalue l'importance d'une fissure, il convient d'examiner l'historique d'exposition et l'étendue des données disponibles pour prévoir la probabilité de propagation et la vitesse de propagation à la température ou chimie normale après une excursion déterminée. Souvent, ces données sont limitées.

5.2.3 Processus de concentration de solution – développement d'environnements locaux (formation de crevasses, séquestration/évaporation, dépôts)

Il convient de prêter attention à l'existence de crevasses pouvant induire des changements locaux au niveau de la chimie et conduire à une corrosion. Ces phénomènes peuvent être des précurseurs de fissures et sont à prendre en compte lors de l'évaluation des données de laboratoire ou lors de la réalisation d'essais dans des environnements de service simulés. Les processus de concentration dus aux phénomènes de séquestration/d'évaporation dans des conditions de transfert thermique peuvent être beaucoup plus puissants que ceux dus à la migration des ions. La limite théorique de la concentration peut être estimée à partir de la solubilité des solutés d'impuretés à la température de service et à partir de la surchauffe locale disponible. Un soluté se concentrera jusqu'à ce qu'il augmente le point d'ébullition, jusqu'à ce que l'ébullition cesse étant donné la surchauffe locale et la pression du système, ou jusqu'à ce qu'il atteigne sa limite de solubilité si ce phénomène se produit en premier. Dans ce dernier cas, une fine couche de liquide très concentré se formera et elle sera en général recouverte d'un voile de vapeur (ce qui n'est pas nécessairement mieux du point de vue de la corrosion sous contrainte).

5.2.4 Surveillance de la corrosion

La surveillance de la corrosion peut constituer un outil important pour l'évaluation de l'agressivité de l'environnement de service et elle est particulièrement utile lorsque les conditions de fonctionnement fluctuent en raison de phénomènes transitoires au niveau de la chimie de l'eau ou de la contamination. Si ces phénomènes transitoires peuvent être identifiés comme étant à l'origine de l'apparition des fissures de corrosion sous contrainte et de leur propagation, alors le nombre de cycles d'endommagement, plutôt que simplement la durée de l'exposition, peut permettre d'obtenir des informations plus pertinentes pour les prévisions. Cette surveillance peut également permettre d'évaluer l'apparition du dommage initial, à partir du premier phénomène transitoire ou à partir du moment où un revêtement ou autre système de protection a été endommagé.

6 Caractéristiques du matériau

NOTE La première étape consiste à s'assurer que le matériau concerné correspond réellement à celui spécifié au stade de la conception. Par la suite, un certain nombre de facteurs peuvent affecter les performances du matériau.

6.1 Écrouissage

L'écrouissage d'un matériau peut être introduit au cours de la fabrication ou en réponse à un usinage/meulage de la surface. Dans la plupart des essais en laboratoire, les éprouvettes sont généralement meulées à l'eau pour obtenir une finition de surface bien maîtrisée, avec généralement une valeur de R_a inférieure à 1 μm , le principal objectif étant d'assurer la répétabilité des données et d'éviter toute influence de l'écrouissage de la surface. En service, les matériaux sont souvent meulés de manière plutôt grossière (ou ils peuvent être livrés avec un écrouissage résiduel d'élaboration). Un usinage mal contrôlé (abusif) peut provoquer une surchauffe de la surface. Cela peut induire des contraintes de surface importantes, des couches de déformation, une augmentation de la dureté et éventuellement une transformation microstructurale (par exemple bainite en martensite revenue) si l'alliage est métastable ou si la métastabilité est induite par l'historique thermique. Certains types de corrosion sous contrainte peuvent être accentués par une forte densité de dislocations et les chemins de court-circuit de diffusion associés. C'est la raison pour laquelle la fissuration en service ne peut pas être prévue de manière fiable à partir d'essais en laboratoire sans prêter attention à ces détails.

L'incertitude de la prévision est la mesure dans laquelle les fissures amorcées dans cette couche (avec un gradient de contrainte résiduelle et de déformation) continueront à se propager lorsqu'elles auront dépassé la région écrouie. Dans certaines situations en service, des fissures non propageantes ont été observées, mais des indications montrent également que si la profondeur de l'écrouissage est suffisante les fissures continueront à se propager. Le gradient de contrainte résiduelle est un aspect clé. S'il décroît brusquement à partir de la surface, une fissure peut s'amorcer, mais elle cessera de se propager car la combinaison de contrainte et taille de fissure n'est pas suffisante pour atteindre la valeur critique du facteur d'intensité de contrainte pour que la propagation se poursuive (voir 7.1). Si le gradient de contrainte est plus graduel, alors la propagation peut se poursuivre. Le problème est que la caractérisation du degré et de la profondeur d'écrouissage *in situ* peut ne pas être simple et de ce fait être juste déduite de l'expérience en matière de méthode de préparation du matériau.

6.2 Soudage

En supposant qu'un examen radiographique a été réalisé et a permis de s'assurer qu'il n'y avait pas de défaut physique important, le problème des zones soudées en ce qui concerne la propagation des fissures est principalement lié à la contrainte résiduelle, à la dureté et aux changements microstructuraux et/ou microchimiques locaux, bien que la géométrie du joint puisse avoir une influence sur la force mécanique agissante et la chimie locale de l'environnement.

Le problème rencontré avec les soudures en ce qui concerne les aspects microstructuraux et microchimiques et leur impact sur la fissuration par corrosion sous contrainte est l'écart possible par rapport à la qualification du mode opératoire de soudage, par exemple si l'apport de chaleur est trop important et le métal d'apport inadéquat, ce qui entraîne une sensibilisation au niveau des joints de grains ou des particules précipitées, des inclusions allongées et regroupées et des points durs locaux. Le mesurage de ces caractéristiques *in situ* est difficile. En principe, une réactivation électrochimique potentiodynamique (REP) permet de détecter la sensibilisation suivant l'accessibilité. La métallographie est possible pour les pièces amovibles, et les courants de Foucault et le bruit dû à l'effet Barkhausen permettent de détecter les points durs, mais ces deux méthodes nécessitent un polissage de surface et sont plutôt applicables aux parties amovibles.

6.3 Vieillissement

6.3.1 Vieillissement thermique

Les matériaux utilisés à haute température pendant des périodes prolongées peuvent subir des changements microstructuraux et microchimiques induits par le vieillissement thermique et qui accentuent souvent la sensibilité à la corrosion sous contrainte. Parmi les exemples courants, on peut citer les aciers inoxydables moulés qui subissent une décomposition spinodale de la ferrite, avec un durcissement et un vieillissement très importants des aciers inoxydables durcis par précipitation, tels que 17-4PH. Lorsque les valeurs de dureté dépassent 350 HV, l'expérience montre que le risque de fissuration induite par l'environnement dans les environnements aqueux augmente et, au delà de 400 HV, les ruptures par fissuration sont pratiquement garanties. Un autre problème est la sensibilisation induite thermiquement des aciers inoxydables austénitiques (en particulier si la teneur en C dépasse 0,03 % et qu'ils ne sont pas stabilisés par du Nb ou du Ti), due à la précipitation des carbures de chrome aux joints de grains en cas de service prolongé (ou de refroidissement lent) à des températures comprises entre 425 °C (ou moins en cas de sensibilisation à basse température) et 875 °C.

Des changements microstructuraux, par exemple pour des composants de turbine haute pression/pression intermédiaire, peuvent conduire à une diminution de la ténacité et donc à celle de la taille de défaut critique pour une rupture instable.

6.3.2 Endommagement par irradiation

L'endommagement par irradiation, dans la mesure où il peut conduire à un durcissement important, peut avoir un effet similaire au vieillissement thermique décrit ci-dessus. Autre effet observé dans les aciers inoxydables austénitiques soumis à des doses élevées d'irradiation aux neutrons dépassant environ un déplacement par atome: le changement important de la composition des joints de grains dû à la migration des défauts ponctuels vers des puits tels que les joints de grains (et les dislocations et surfaces libres). La conséquence la plus notable pour les aciers inoxydables austénitiques classiques est une réduction de la concentration de chrome dans une bande très étroite d'environ 10 nm de large aux joints de grains, ce qui conduit à une fissuration par corrosion sous contrainte intergranulaire (ISCC) dans l'eau oxydante à température élevée. Ce phénomène est parfois appelé «sensibilisation induite par irradiation» mais il n'y a pas de carbures aux joints de grains comme pour la sensibilisation induite thermiquement.

6.4 Orientation microstructurale

L'orientation de la microstructure par rapport aux contraintes principales peut influencer sur l'évolution de la fissuration par corrosion sous contrainte. Il s'agit d'un problème particulier lorsque l'on a une structure de grain allongée et des différences significatives de propriétés entre les directions longitudinales et transversales, qui a par exemple été observé sur des alliages d'aluminium.

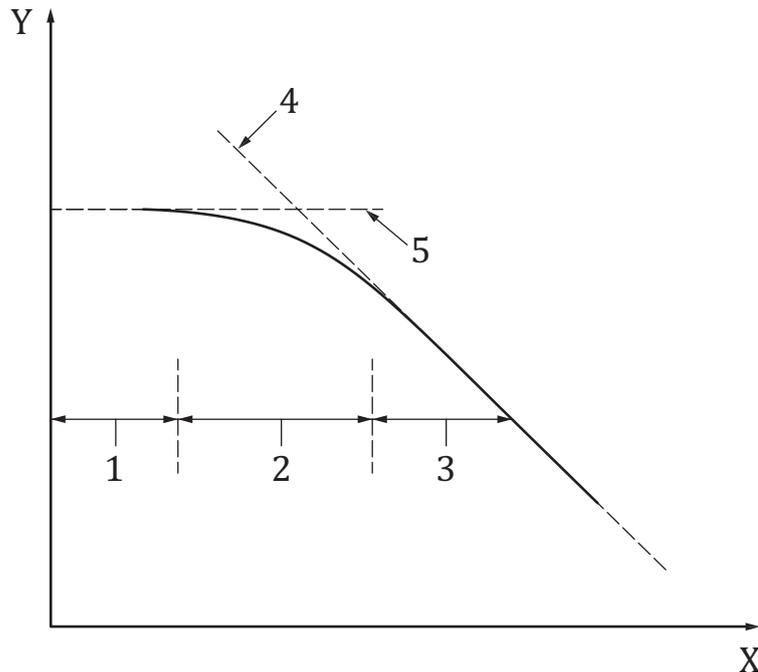
7 Prédiction de K_{ISCC} et des vitesses de propagation de fissure

NOTE En raison de la complexité des conditions de service et de l'incertitude correspondante de la cinétique de propagation des fissures, une approche très conservatrice s'impose en ce qui concerne les philosophies de tolérance des fissures. Si l'on estime que les conséquences ne sont pas critiques, dans de nombreux cas les données les plus pertinentes pour la vitesse de propagation pourront être obtenues par une surveillance de la fissure détectée. Cette méthode présente également l'avantage de permettre d'évaluer les prévisions de laboratoire. L'approche la plus couramment utilisée consiste à caractériser la valeur de K_{ISCC} pour le matériau et à estimer si la fissure dépasse la limite de ce seuil.

7.1 K_{ISCC}

Clairement, si l'on estime que la fissure détectée est une fissure de corrosion sous contrainte, alors un seuil a été dépassé. Cependant, il peut s'agir d'un seuil d'amorçage à partir d'une surface lisse, d'une piquûre de corrosion ou d'un défaut peu profond pour lequel la mécanique linéaire élastique de la rupture

(MLER) n'est pas applicable (Figure 1). Dans ce cas, il vaut mieux considérer K_{ISCC} comme un seuil pour la propagation ultérieure de la fissure (ou pour l'arrêt de la fissure).



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

Légende

- Y contrainte (log) ISO 21601:2013
- X profondeur de défaut (log) standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2080ca74-fc7d-46b2-a928-930f5a62055/iso-21601-2013
- 1 amorçage de la fissuration par corrosion sous contrainte
- 2 fissures peu profondes
- 3 fissures profondes
- 4 $K = K_{ISCC}$
- 5 contrainte = σ_{SCC}

Figure 1 — Représentation schématique de l'approche biparamétrique pour la fissuration par corrosion sous contrainte

Le concept de K_{ISCC} n'est pas simple et sa valeur est sensible aux conditions environnementales, à la température et aux caractéristiques de chargement. Il convient donc de ne pas transposer les données obtenues pour une condition à une autre condition.

Il convient toutefois de ne pas considérer K_{ISCC} comme une caractéristique intrinsèque du matériau car cette caractéristique dépend de la sensibilité à l'environnement et des conditions de chargement, qui devraient en principe refléter celles présentes en service. Le matériau peut également subir des changements à long terme du fait de son exposition, que les essais en laboratoire à court terme ne permettent pas de mettre en évidence. La définition de cette notion implique qu'il n'existe aucune propagation de fissure, ou arrêt de fissure, en dessous de cette valeur, ce qui soulève intrinsèquement des problèmes liés à la résolution de la méthode de mesure de la taille de la fissure et à la patience de l'expérimentateur.