



Norme
internationale

ISO 3643

**Roulements — Éléments roulants
en céramique — Termes et
caractéristiques des imperfections
de surface**

*Rolling bearings — Ceramic rolling elements — Terms and
characteristics of surface imperfections*

Première édition
2024-09

iTeh Standards
<https://standards.itih.ai>
Document Preview

[ISO 3643:2024](#)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/b538f554-541f-4996-8755-7b512972c178/iso-3643-2024>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 3643:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b538f554-541f-4996-8755-7b512972c178/iso-3643-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b538f554-541f-4996-8755-7b512972c178/iso-3643-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

	Page
Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Classification des imperfections de surface	2
5 Imperfections de surface	3
5.1 Généralités	3
5.2 Fissure	4
5.2.1 Généralités	4
5.2.2 Fissure ouverte	4
5.2.3 Fissure partiellement refermée	5
5.2.4 Fissure en forme de 'C'	5
5.2.5 Fissure en forme d'étoile	8
5.3 Indication linéaire en creux	9
5.3.1 Généralités	9
5.3.2 Rayure	9
5.3.3 Incision	10
5.3.4 Marque de contact	11
5.4 Indication en creux de forme irrégulière ou arrondie	13
5.4.1 Généralités	13
5.4.2 Pore	13
5.4.3 Manque matière	14
5.4.4 Plat	15
5.5 Région optiquement variable	16
5.5.1 Généralités	16
5.5.2 Flocons	17
5.5.3 Inclusion	18
5.5.4 Variation de couleur	23
5.5.5 Smearing (éraillure)	24
5.5.6 Fissure refermée	25
5.5.7 Zone non nettoyée	26
Annexe A (informative) Explications des termes utilisés dans les moyens de contrôle	28
Annexe B (informative) Contrôle par ressuage	31
Annexe C (informative) Microscope électronique à balayage	33
Bibliographie	35

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 4, *Roulements*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'aspect de la surface fournit la première impression concernant la qualité et donne confiance à l'utilisateur et au client dans la performance et la fonction du produit. La présence d'une imperfection de surface peut avoir un impact sur la performance et la fonction réelles.

Les éléments roulants en céramique sont produits en plusieurs grandes étapes, qui peuvent être réalisées par la même société ou par des sociétés différentes. La production industrielle d'éléments roulants en céramique, comme tout procédé de fabrication, est sujette à une variabilité en raison des matériaux, des paramètres du procédé et/ou des étapes de fabrication, qui peuvent conduire à des imperfections sur la surface. En outre, la manutention des pièces peut aussi induire certaines imperfections sur la surface finie.

Pour l'instant, il n'existe pas de vocabulaire commun et dans l'industrie différents mots sont employés pour décrire les imperfections de surface des éléments roulants en céramique finis pour les applications de roulement. Cela conduit à des interprétations différentes et rend difficile toute comparaison objective.

Le présent document a pour but de décrire les imperfections des éléments roulants en céramique finis avant utilisation. Toutefois, certaines de ces imperfections peuvent aussi être détectées sur des ébauches (avant usinage) ou après utilisation.

Les imperfections peuvent correspondre à:

- une imperfection du matériau, qui peut constituer un défaut ou non, en fonction de la morphologie de l'imperfection (forme, taille), de la position sur l'élément roulant et des exigences de l'application; les limites d'acceptation des imperfections sont définies par les clients et/ou les fournisseurs, en fonction de l'application;
- une imperfection de surface locale, qui correspond à une irrégularité sur une partie de la surface; comme pour l'imperfection du matériau, elle peut correspondre ou non à un défaut en fonction des caractéristiques de cette imperfection et des exigences de l'application;
- un écart d'aspect de surface, qui est un écart par rapport à l'aspect optique du motif de surface ou de la couleur habituels.

Au moment où le présent document est préparé, le contrôle visuel est la méthode de référence pour identifier les imperfections de surface, en combinaison ou non avec un contrôle par ressuage (voir l'[Annexe A](#) et l'[Annexe B](#)). D'autres méthodes de contrôle non destructif (CND) peuvent aussi être utilisées en complément, telles que la microscopie acoustique ou thermique, la spectroscopie par résonance ultrasonore ou la spectroscopie laser, pour ne citer que quelques exemples.

Le contrôle visuel des éléments roulants en céramique est réalisé à l'œil nu ou à un faible grossissement pour le contrôle de la production en série. L'utilisation d'un microscope électronique à balayage (MEB – voir l'[Annexe C](#)) sert uniquement à préciser le type d'indication identifié en CND, mais n'est pas une méthode adaptée pour un contrôle de la production en série.

Les méthodes de contrôle et paramètres utilisés pour contrôler l'élément roulant font l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur et ne constituent pas l'objet du présent document.

En ce qui concerne ces contrôles, les éléments roulants en acier sont plus répandus que les éléments roulants en céramique. Ils ont certaines caractéristiques en commun, mais les méthodes et paramètres de contrôle sont différents.

Roulements — Éléments roulants en céramique — Termes et caractéristiques des imperfections de surface

1 Domaine d'application

Le présent document établit des termes, des descriptions et des caractéristiques, et fournit des photos types d'imperfections spécifiées de surface qui peuvent être observées sur les éléments roulants finis, en nitrure de silicium.

Les éléments roulants désignent les billes et les rouleaux. Les imperfections définies dans le présent document correspondent aux motifs trouvés sur les éléments roulants finis, avant utilisation.

Les écarts pour les spécifications géométriques des produits (GPS) ne sont pas traités dans le présent document.

Le présent document ne fournit pas de critères pour les limites d'acceptation de ces imperfections. L'identification d'une imperfection est effectuée par les différents acteurs impliqués dans la fabrication, l'assemblage ou l'utilisation finale des pièces en nitrure de silicium, en fonction des spécifications techniques et de la criticité de l'application.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 5593, *Roulements — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5593 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1 imperfection de surface

DECONSEILLÉ: défaut de surface

élément, irrégularité ou groupe d'éléments et d'irrégularités de la surface réelle, provoqués non intentionnellement ou accidentellement pendant la fabrication, le stockage ou l'utilisation de cette surface

Note 1 à l'article: Voir la définition de «défaut» dans l'ISO 9000.

Note 2 à l'article: De tels types d'éléments ou d'irrégularités diffèrent considérablement de ceux constituant une surface rugueuse.

Note 3 à l'article: La présence d'une imperfection sur la surface réelle ne signifie pas nécessairement que ladite surface n'est pas apte à l'emploi. L'acceptabilité d'une imperfection dépend de l'application ou de la fonction de la surface, et elle est spécifiée en des termes appropriés, par exemple longueur, profondeur, largeur, hauteur, nombre par unité de surface, etc.

Note 4 à l'article: Le terme «indication» peut aussi être employé comme synonyme d'imperfection dans le cadre des contrôles visuels. Le terme «indication» est couramment utilisé dans le domaine des essais non destructifs.

Note 5 à l'article: Le terme «surface réelle» correspond à la surface finie homogène et exempte d'irrégularités du composant.

[SOURCE: ISO 8785:1998, 2.4, modifiée — Le terme déconseillé a été ajouté; la Note 1 à l'article a été modifiée; les Notes 4 et 5 à l'article ont été ajoutées.]

3.2

ébauche

élément roulant en céramique après frittage et/ou après compression isostatique à chaud (CIC), mais avant rectification

3.3

caractéristique

description des imperfections en termes de taille, de forme et d'aspect, selon la manière dont elles apparaissent au contrôle visuel à l'œil nu ou à un faible grossissement (<100x)

Note 1 à l'article: Des informations liées à l'origine des imperfections peuvent être données.

Note 2 à l'article: Si le terme utilisé pour décrire la même imperfection est déjà défini dans une autre norme, cela est spécifié et des commentaires liés à l'observation de cette imperfection peuvent être ajoutés.

Note 3 à l'article: Si d'autres termes peuvent aussi être employés pour décrire la même imperfection, ils sont également mentionnés à titre informatif.

4 Classification des imperfections de surface

Plusieurs classifications sont possibles pour les imperfections des éléments roulants en céramique, en fonction du but recherché. Dans le présent document, les imperfections sont classées en quatre familles basées sur leur aspect optique. Les termes et les descriptions de ces quatre familles sont indiqués à la [Figure 1](#).

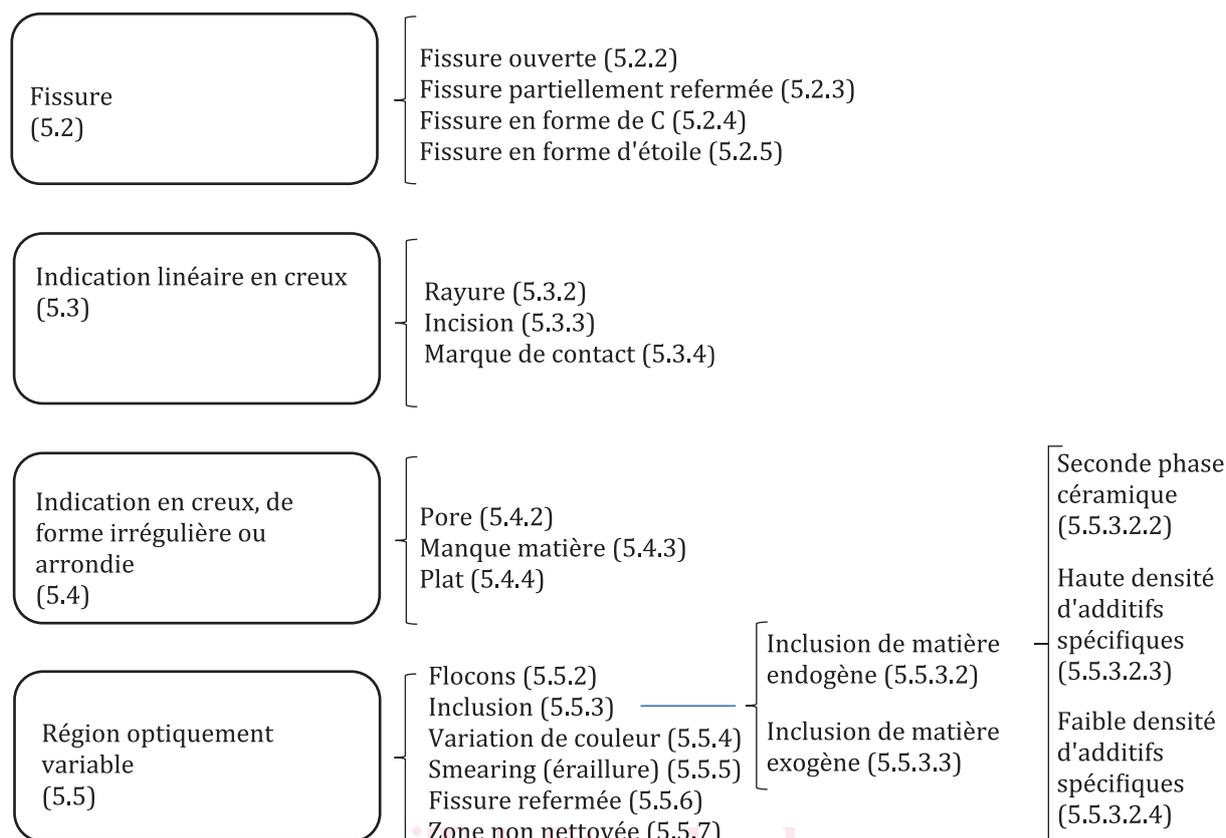


Figure 1 — Familles d'imperfections

5 Imperfections de surface

5.1 Généralités

Les alinéas suivants indiquent le nom, une description de ses caractéristiques et des images représentatives de l'imperfection sous différents grossissements. Les images sont obtenues par :

- un stéréomicroscope (également connu sous le nom de binoculaire) et un microscope à lumière réfléchie en champ clair [BF] ou en champ sombre [DF]; ces images sont nommées «vue optique [BF]» et «vue optique [DF]»;
- un microscope électronique à balayage (MEB) avec détection des électrons secondaires [SE] ou des électrons rétrodiffusés [BSE]; ce sont les images nommées «vue électronique [SE]» ou «vue électronique [BSE]».

Des descriptions de ces méthodes d'imagerie et d'éclairage sont données dans l'[Annexe A](#) et l'[Annexe C](#).

Pour chaque imperfection, plusieurs images du même type d'imperfection sont fournies pour illustrer les différents cas qui peuvent se produire. Les images sont affichées selon trois types comme suit :

- le type 1 montre une image prise sous la vue optique BF;
- le type 2 montre une image prise sous la vue optique DF;
- le type 3 montre une image prise au microscope électronique.

Pour certains termes, il existe des synonymes dans le domaine. À des fins de clarification et d'homogénéisation pour permettre une meilleure communication entre les différents acteurs du marché, les «termes déconseillés» sont mentionnés dans des NOTES.

5.2 Fissure

5.2.1 Généralités

Une fissure correspond à une mince discontinuité dans la surface. Sa forme est variable et dépend du type de fissure. Le fond de l'imperfection n'est pas visible par contrôle optique. Voir la [Figure 2](#) à la [Figure 9](#).

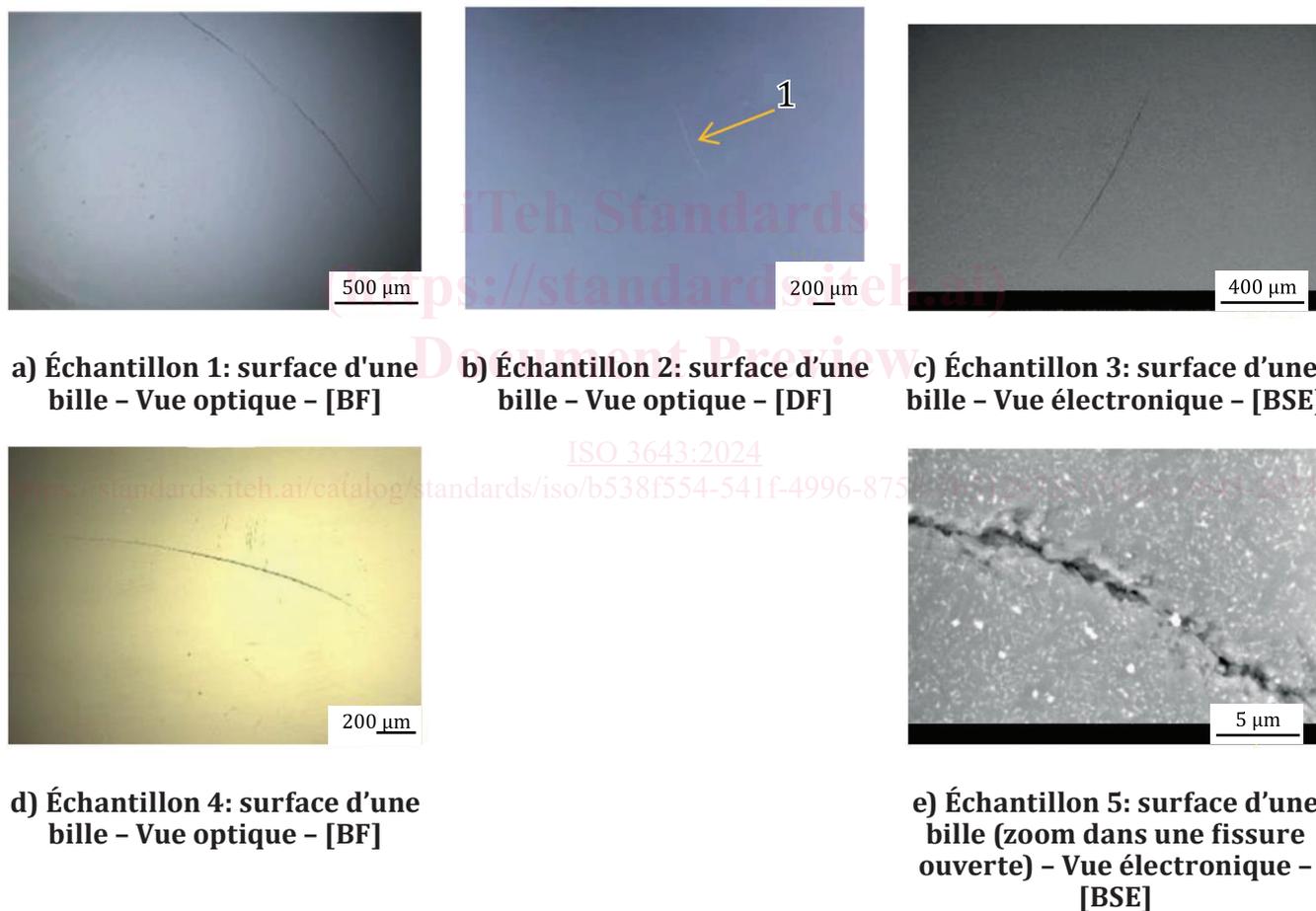
NOTE Il existe plusieurs types de fissures en fonction de la morphologie et de l'origine de l'indication (fissure générée pendant la fabrication de l'ébauche, pendant l'usinage ou la manutention).

5.2.2 Fissure ouverte

Une fissure ouverte est une rupture ouverte, irrégulière et étroite dans la surface de l'élément, avec des bords droits ou dentelés. Une fissure peut être linéaire ou non linéaire.

NOTE 1 Au MEB, les grains de Si_3N_4 peuvent être visibles à l'intérieur de la fissure.

NOTE 2 Les noms déconseillés pour fissure ouverte sont: «défauts de compression (pressing defect)» et «fissure créée sur le compact de poudre ou fissure créé avant frittage (green crack)».



Légende

1 fissure ouverte sans grains de Si_3N_4

Figure 2 — Exemples de fissure ouverte sans grains de Si_3N_4 visibles à l'intérieur de la fissure



a) Échantillon 1: surface d'une bille - Vue optique - [BF]

b) Échantillon 1: surface d'une bille, même qu'en a) - Vue optique - [DF]

c) Échantillon 2: surface d'une bille (zoom dans une fissure ouverte) - Vue électronique - [BSE]

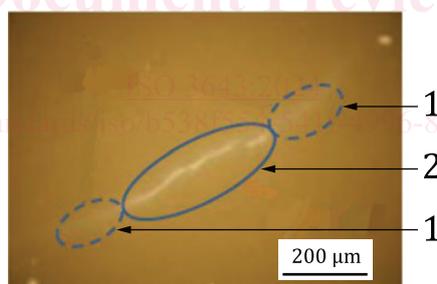
Figure 3 — Exemples de fissure ouverte avec grains de Si_3N_4 visibles à l'intérieur de la fissure

5.2.3 Fissure partiellement refermée

La fissure partiellement refermée est un mélange entre une fissure ouverte (5.2.2) et une fissure refermée (5.5.6). Ce type de fissure peut être linéaire ou ramifié.

NOTE 1 Dans une fissure partiellement refermée, des additifs de frittage [oxydes d'Al (aluminium), Y (yttrium), Mg magnésium), Ti (titane)...] peuvent être identifiés à l'intérieur de la fissure avec un MEB en utilisant le détecteur d'électrons rétrodiffusés (BSE). Dans ce cas, les additifs de frittage apparaissent plus sombres ou plus clairs que la matrice et l'analyse chimique confirme la nature de la zone.

NOTE 2 Les noms déconseillés pour fissure partiellement refermée sont «défauts de compression (pressing defect)» et «fissure créée sur le compact de poudre ou fissure créée avant frittage (green crack)».



Légende

- 1 fissure refermée
- 2 fissure ouverte

Figure 4 — Exemple de fissure partiellement refermée (surface d'une bille - Vue optique - [DF])

5.2.4 Fissure en forme de 'C'

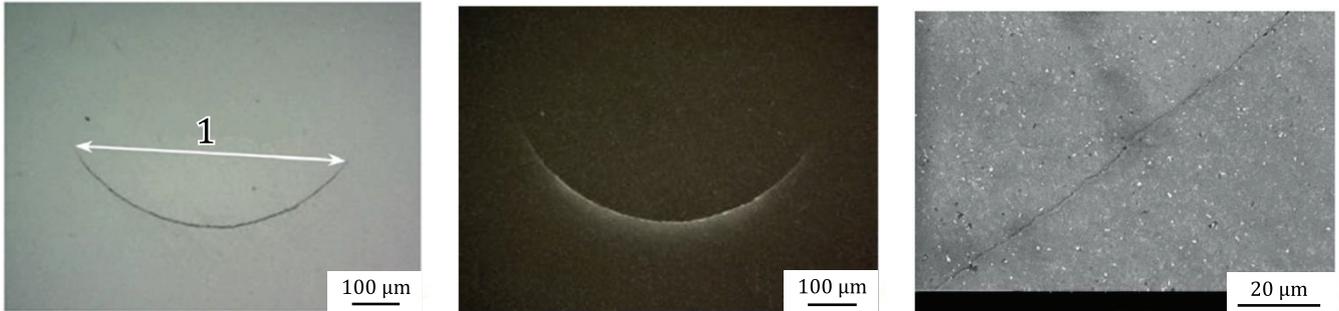
La fissure en forme de C est une fissure incurvée, qui peut prendre la forme d'un C ou d'un O lorsque la propagation de fissure est totale. Les fissures en forme de C peuvent aussi être empilées. Dans ce cas, plusieurs fissures en forme de C ou en O concentriques peuvent être observées.

NOTE 1 L'ouverture de ce type de fissure est très mince, généralement inférieure à $1 \mu\text{m}$, ce qui la rend difficile à détecter (une diffraction sur les lèvres de la fissure est nécessaire).

NOTE 2 Les fissures en C sont caractérisées par l'angle de la corde si il est inférieur à 180° ou par le diamètre pour les plus grande longueur de corde comme illustré à la [Figure 5 a\)](#) et à la [Figure 7 a\)](#) respectivement. Pour les fissures en C empilées, la plus grande est caractérisée.

NOTE 3 Lors de l'observation au MEB, aucun grain de Si_3N_4 n'est observé à l'intérieur de la fissure. La propagation de fissure se produit de manière transgranulaire et intergranulaire.

NOTE 4 Un manque matière ([5.4.3](#)) peut être observée dans le cas d'une fissure en forme de C.



a) Échantillon 1: surface d'une bille - Vue optique - [BF]

b) Échantillon 1: surface d'une bille, même qu'en a) - Vue optique - [DF]

c) Échantillon 2: surface d'une bille (zoom sur une fissure en forme de C) - Vue électronique - [BSE]

Légende

1 longueur de la corde

Figure 5 — Exemples de fissure en forme de C avec un angle de corde <180°

iTeh Standards
<https://standards.iteh.ai>
 Document Preview

ISO 3643:2024

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b538f554-541f-4996-8755-7b512972c178/iso-3643-2024>