

---

---

**Emaux vitrifiés — Appareils émaillés  
pour les installations industrielles —  
Partie 5:  
Présentation et caractérisation des  
défauts**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Vitreous and porcelain enamels — Glass-lined apparatus for process  
plants —  
(standards.iteh.ai)  
Part 5: Presentation and characterization of defects*

[ISO 28721-5:2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-  
bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016)



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 28721-5:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2016, Publié en Suisse

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  
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401  
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland  
Tel. +41 22 749 01 11  
Fax +41 22 749 09 47  
copyright@iso.org  
www.iso.org

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Défauts d'émaillage</b> .....	<b>2</b>
4.1 Lignes colorées.....	2
4.1.1 Généralités.....	2
4.1.2 Lignes de tension.....	2
4.1.3 Déchirements.....	3
4.1.4 Lignages de bulles.....	4
4.1.5 Lignes de séchage.....	5
4.1.6 Craquelures de séchage.....	6
4.2 Défaut de bouillonnement.....	7
4.2.1 Autres désignations.....	7
4.2.2 Description.....	7
4.2.3 Origine et causes.....	7
4.2.4 Classification.....	8
4.2.5 Suggestions pour le traitement du défaut.....	8
4.3 Surface d'émail rugueuse.....	8
4.3.1 Zones sous-cuites.....	8
4.3.2 Coquille d'œuf.....	9
4.4 Cuvette.....	10
4.4.1 Autres désignations.....	10
4.4.2 Description.....	10
4.4.3 Origine et causes.....	10
4.4.4 Classification.....	10
4.4.5 Suggestions pour le traitement du défaut.....	10
4.5 Piqûres.....	10
4.5.1 Autres désignations.....	10
4.5.2 Description.....	11
4.5.3 Origine et causes.....	11
4.5.4 Classification.....	11
4.5.5 Suggestions pour le traitement du défaut.....	11
4.6 Contamination.....	12
4.6.1 Chamotte/argile réfractaire.....	12
4.6.2 Calamine.....	12
4.6.3 Fibres céramiques.....	13
4.7 Variations de couleur.....	14
4.7.1 Traces d'eau.....	14
4.7.2 Taches de couleur.....	15
<b>5 Zones réparées</b> .....	<b>16</b>
5.1 Zone polie.....	16
5.1.1 Autres désignations.....	16
5.1.2 Description.....	16
5.1.3 Origine et causes.....	17
5.1.4 Classification.....	17
5.1.5 Suggestions pour le traitement du défaut.....	17
5.2 Zone émaillée après ponçage.....	17
5.2.1 Autres désignations.....	17
5.2.2 Description.....	17
5.2.3 Origine et causes.....	18
5.2.4 Classification.....	18
5.2.5 Suggestions pour le traitement du défaut.....	18

## 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](http://www.iso.org/directives)).

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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

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.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2e6d20e2-0771-4cc9-9161-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016).

L'ISO 28721 a été élaboré(e) par le comité technique CEN/TC 262, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, du Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

L'ISO 28721 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Emaux vitrifiés — Appareils émaillés pour les installations industrielles*:

- *Partie 1: Exigences de qualité relatives aux appareillages, composants, appareils et accessoires*
- *Partie 2: Désignation et spécifications de la résistance à l'attaque chimique et au choc thermique*
- *Partie 3: Résistance au choc thermique*
- *Partie 4: Exigences de qualité pour les tubes et raccords à brides en acier émaillé*
- *Partie 5: Présentation et caractérisation des défauts*

# Emaux vitrifiés — Appareils émaillés pour les installations industrielles —

## Partie 5: Présentation et caractérisation des défauts

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 28721 établit un système de classement pour les défauts des émaillages destinés à une utilisation chimique ou au stockage de produits chimiques. De plus, elle décrit certains types de zones sur lesquelles des défauts ont été traités et qui peuvent facilement être prises pour des défauts d'émaillage. Elle vise à permettre l'utilisation d'un langage cohérent en ce qui concerne la désignation et la caractérisation des défauts d'émaillage.

La présente partie de l'ISO 28721 se limite aux défauts détectables et ne prétend pas tenir pleinement compte de tous les types de défauts existants. Elle **ne** permet **pas** l'évaluation des défauts d'émaillage; la classification effectuée se fonde sur l'expérience et correspond, autant que possible, à l'ISO 28721-1.

NOTE En ce qui concerne l'acceptation des équipements émaillés destinés à être utilisés dans le génie des procédés, l'ISO 28721-1 s'applique.

### 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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 28721-1, *Emaux vitrifiés — Appareils émaillés pour les installations industrielles — Partie 1: Exigences de qualité relatives aux appareillages, composants, appareils et accessoires*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **défaut d'émaillage**

défaut apparaissant au cours de l'émaillage d'équipements et de canalisations destinés à être utilisés dans le génie des procédés

#### 3.2

##### **défaut d'émaillage réparable**

défaut d'émaillage pouvant être rectifié sans traitement thermique ultérieur

EXEMPLE Défaut pouvant être rectifié par polissage.

#### 3.3

##### **défaut d'émaillage irréparable**

défaut d'un revêtement d'émail qui rend un composant inadapté pour l'utilisation à laquelle il est initialement destiné

### 3.4

#### recuisson

nouvelle cuisson de l'émail (y compris locale), avec ou sans application supplémentaire

### 3.5

#### réémaillage

nouvelle application complète du revêtement d'émail

## 4 Défauts d'émaillage

### 4.1 Lignes colorées

#### 4.1.1 Généralités

Les défauts d'émaillage suivants sont étroitement liés: lignes de tension (4.1.2), déchirements (4.1.3) et lignages de bulles (4.1.4). Les causes de leur développement et de leur apparition sont similaires.

#### 4.1.2 Lignes de tension

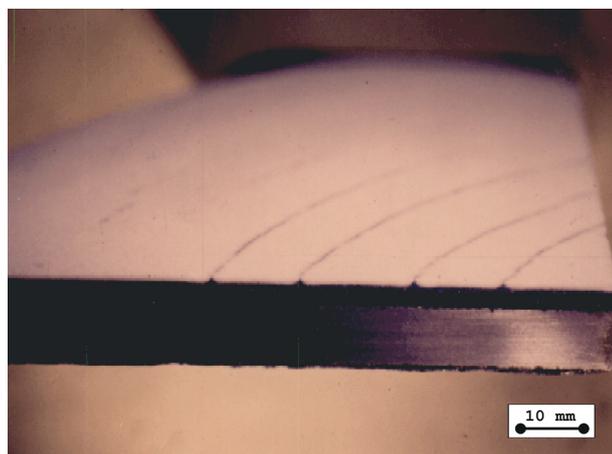
##### 4.1.2.1 Autres désignations

Lignes de tension fusionnées, remontée linéaire d'émail de masse fusionné et lignages.

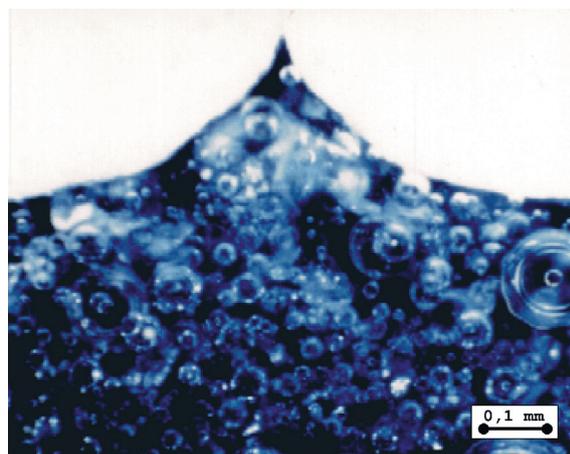
##### 4.1.2.2 Description

Les lignes de tension sont des lignes toujours sombres et se propageant de manière parallèle ou concentrique dans les émaux de couverture habituellement bleus ou blancs (voir Figure 1). Dans les cas importants de lignes de tension, un certain nombre de bulles ou bouillons peuvent apparaître sur une même ligne, formant un lignage de bulles (4.1.4).

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)



a) Émail de couverture blanc avec lignes de tension détectables au niveau macroscopique



b) Vue latérale, émail de couverture blanc laissant apparaître l'émail de masse sombre

Figure 1 — Lignes de tension

##### 4.1.2.3 Origine et causes

Les lignes de tension apparaissent au cours de l'émaillage en raison des contraintes induites thermiquement ou mécaniquement dans le composant. Lors du chauffage, le biscuit des émaux de

masse et couverture se fissure. Au cours de la cuisson, des parties de l'émail de masse pénètrent dans l'émail de couverture.

Les causes possibles sont:

- une mauvaise combinaison acier/émail de masse/émail de couverture;
- joint de soudure réalisé avec un matériau de remplissage inapproprié;
- zones de mélange dans le métal soudé;
- maîtrise de la température inadaptée au cours de l'émaillage de composants d'une structure défavorable, par exemple des composants présentant sur un même article des écarts de masse importants;
- déformation plastique du composant au cours de l'émaillage.

#### 4.1.2.4 Classification

Défaut d'émaillage irréparable.

#### 4.1.2.5 Suggestions pour le traitement du défaut

Réémaillage, en tenant compte des causes énoncées en [4.1.2.3](#).

### 4.1.3 Déchirements **ITeh STANDARD PREVIEW**

#### 4.1.3.1 Autres désignations **(standards.iteh.ai)**

Lignages.

[ISO 28721-5:2016](#)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016)

#### 4.1.3.2 Description

[bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe1854cbc80/iso-28721-5-2016)

Les déchirements sont, principalement, des lignes sombres se propageant de manière parallèle ou concentrique dans l'émail de couverture, c'est-à-dire des lignes qui sont toujours sombres dans l'émail bleu et soit sombres, soit claires et transparentes dans l'émail blanc. À l'inverse des lignages de bulles (voir [4.1.4](#)), ces lignes ne présentent pas de grands bouillons et sont étroitement liées aux lignes de tension (voir [4.1.2](#)). Contrairement aux lignes de tension, toutefois, ces lignes sont enfoncées (voir [Figure 2](#)).

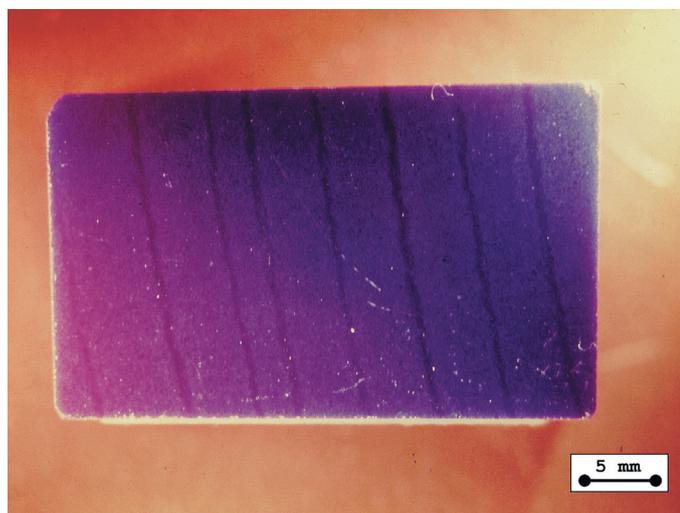


Figure 2 — Déchirements

#### 4.1.3.3 Origine et causes

Les déchirements apparaissent au cours de l'émaillage en raison des contraintes induites thermiquement ou mécaniquement dans le composant. Lors du chauffage, le biscuit d'émail et/ou le revêtement d'émail se fissure(nt). Ces fissures fusionnent à nouveau au cours de la cuisson. Si seul l'émail de couverture est affecté, des lignes sombres apparaissent. Si la fissure se propage jusqu'à la surface métallique, des bouillons sous forme de lignages de bulles (voir 4.1.4) apparaissent également le long de la fissure (voir 4.1.2.3 pour les causes).

#### 4.1.3.4 Classification

Défaut d'émaillage irréparable. Étant donné qu'on ne peut pas déterminer si des parties de l'émail de masse sont soulevées sans effectuer d'essais destructifs, il est généralement impossible, pour des raisons de sécurité, de tolérer ce défaut.

#### 4.1.3.5 Suggestions pour le traitement du défaut

Réémaillage, en tenant compte des causes énoncées en 4.1.3.3.

#### 4.1.4 Lignages de bulles

##### 4.1.4.1 Autres désignations

Lignes de bulles et lignes de bouillons.

##### 4.1.4.2 Description

Les lignages de bulles sont des bouillons alignés les uns par rapport aux autres, souvent accompagnés de lignes de tension (voir 4.1.1) ou de déchirements (voir 4.1.2 et Figure 3).

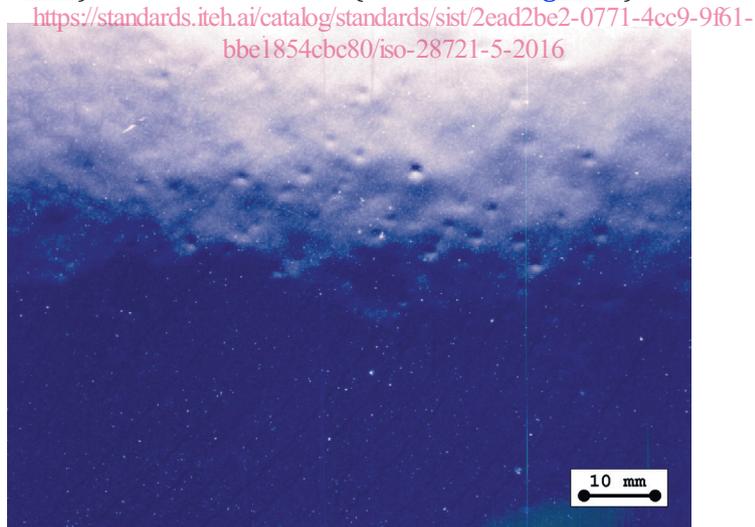


Figure 3 — Lignages de bulles, c'est-à-dire des séries de bouillons alignés, dans des zones présentant des lignes de tension (voir 4.1.2)

##### 4.1.4.3 Origine et causes

Les lignages de bulles apparaissent au cours de l'émaillage en raison des contraintes induites thermiquement ou mécaniquement dans le composant. Lors du chauffage, le biscuit d'émail et le revêtement d'émail se fissurent jusqu'à l'acier. Le métal s'oxyde au cours de la cuisson, un processus s'accompagnant, à l'interface, de réactions dégageant du gaz. Les lignes se propagent pour former des

lignes de tension (voir 4.1.2), le long desquelles apparaissent des bouillons et des pores formant comme un chapelet de perles (voir 4.1.2.3 pour les causes).

#### 4.1.4.4 Classification

Défaut irréparable.

#### 4.1.4.5 Suggestions pour le traitement du défaut

Réémaillage, en tenant compte des causes énoncées en 4.1.4.3.

### 4.1.5 Lignes de séchage

#### 4.1.5.1 Autres désignations

Aucune.

#### 4.1.5.2 Description

Les lignes de séchage sont un groupe de lignes parallèles ou presque parallèles apparaissant comme une variation de couleur (plus sombres dans l'émail bleu et plus transparentes dans l'émail blanc). Ces lignes, mesurant habituellement quelques millimètres de large et au moins un centimètre de long, peuvent apparaître n'importe où sur la surface de l'émail (voir Figure 4).

Les lignes de séchage sont généralement plus larges que les lignes de tension (voir 4.1.2), en raison d'une largeur plus importante et de bords irréguliers dans le sens longitudinal.

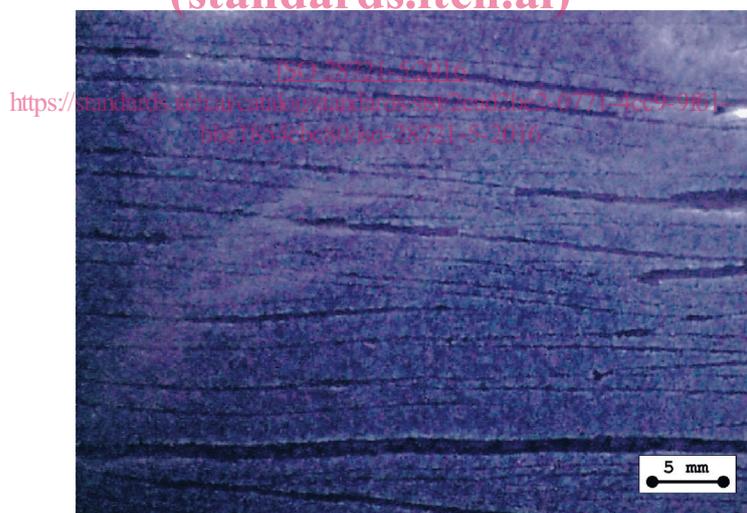


Figure 4 — Lignes de séchage bleu foncé sur une surface d'émail bleu

#### 4.1.5.3 Origine et causes

À la suite du séchage du biscuit, les particules d'émail plus petites se concentrent à la surface et forment une couche supérieure fine et plus claire après l'émaillage. Par conséquent, les défauts de cette couche apparaissent plus sombres. Afin d'enlever la poussière avant la cuisson, le biscuit d'émail est nettoyé à l'aide d'une balayette. Si la surface du biscuit s'endommage légèrement au cours de cette opération, les rayures apparaissent sous forme de lignes sombres après cuisson.

#### 4.1.5.4 Classification

Les lignes de séchage sont un défaut de coloration et n'altèrent pas la résistance, y compris la résistance mécanique.

#### 4.1.5.5 Suggestions pour le traitement du défaut

Pas nécessaire.

#### 4.1.6 Craquelures de séchage

##### 4.1.6.1 Autres désignations

Craquelé.

##### 4.1.6.2 Description

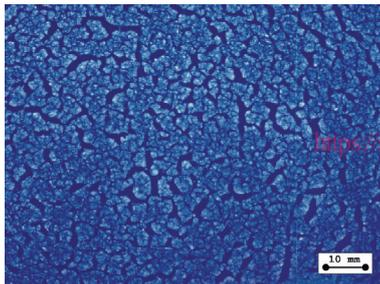
Les craquelures de séchage sont des lignes larges et souvent croisées dans l'émail, légèrement enfoncées dans la plupart des cas. La trajectoire enroulée et irrégulière des lignes est caractéristique de ces défauts. Sur la ligne elle-même, on n'observe généralement pas de bouillons dans l'émail. Dans les zones d'accumulation de masse de l'acier, les lignes peuvent également être disposées en ordre, à l'instar des lignes de tension (voir 4.1.2). La trajectoire irrégulière globale demeure toutefois inchangée. Le revêtement d'émail situé sous les craquelures de séchage est généralement exempt de défauts (voir Figure 5).

### iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 28721-5:2016

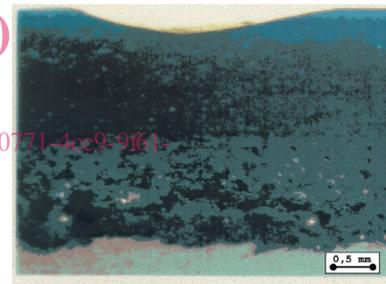
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2cad2be2-0771-4c99-9f61-bbe1854cbe80/iso-28721-5-2016>



a) Craquelure de séchage



b) Craquelure de séchage



c) Revêtement d'émail exempt de défauts sous craquelure de séchage

Figure 5 — Craquelures de séchage de nettetés différentes, ainsi qu'avec un revêtement d'émail sous-jacent exempt de défauts

##### 4.1.6.3 Origine et causes

À cause des fissures dans le biscuit d'émail, l'émail ne peut pas fusionner pour former un revêtement homogène dans les zones concernées au cours de la cuisson. La couche d'émail sous-jacente, qui est habituellement plus sombre, devient visible. En raison de la contraction de l'émail liquide, les bords sont, dans la plupart des cas, légèrement surélevés et présentent une proportion plus importante de petites bulles, rendues visibles par une couleur plus claire. Contrairement aux lignes de tension (voir 4.1.2), les craquelures de séchage ne sont pas causées par la construction. Quatre causes principales sont à l'origine de ces lignes:

- choc subi par le composant revêtu avant la cuisson;
- cuisson d'un biscuit incomplètement séché;

- structure de biscuit défavorable de la couche de barbotine d'émail appliquée, en raison d'erreurs d'application;
- dommages mécaniques sérieux subis par le biscuit.

#### 4.1.6.4 Classification

Les craquelures de séchage sont classées selon leur degré de netteté. Si elles ne sont que peu nettes, ce sont des caractéristiques superficielles qui n'altèrent ni la résistance chimique, ni la résistance mécanique: aux endroits les plus profonds de la ligne, l'épaisseur de couche minimale convenue est préservée et l'on n'observe pas de grands bouillons sur les bords des lignes. Le défaut peut être conservé en l'état. En cas de défauts plus nets, sont considérés comme défauts d'émaillage irréparables ceux qui s'étendent sur de grandes zones, les bouillons sur les bords ou les éclaircissements importants de l'émail.

#### 4.1.6.5 Suggestions pour le traitement du défaut

Dans le cas de défauts nets, réparation par ponçage et recuisson consécutive.

## 4.2 Défaut de bouillonnement

### 4.2.1 Autres désignations

Remontée de masse.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 4.2.2 Description

Un défaut de bouillonnement est une tache sombre et verdâtre située à la surface de l'émail, éventuellement accompagnée d'une légère dépression (voir Figure 6).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2ead2be2-0771-4cc9-9f61-bbe18546be80/iso-28721-5-2016>

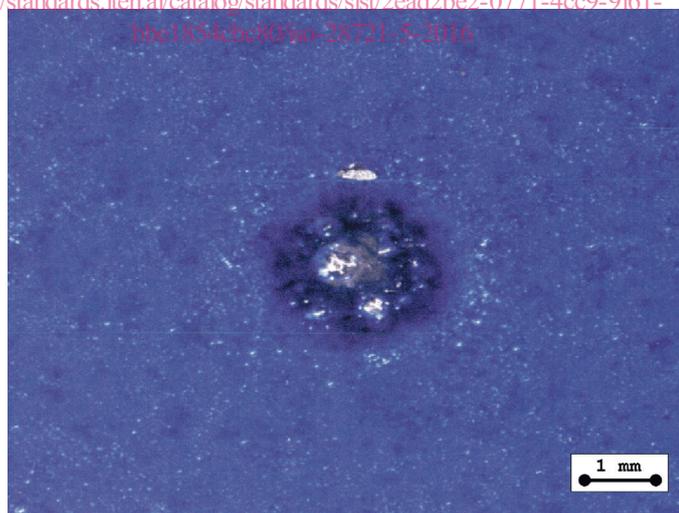


Figure 6 — Défaut de bouillonnement

### 4.2.3 Origine et causes

Un gros bouillon dans l'émail de masse remonte à la surface de l'émail et entraîne l'émail de masse derrière lui. Le bouillon se perce et fusionne à nouveau, partiellement ou complètement. L'émail de masse se trouve exposé de manière punctiforme sur le revêtement d'émail qui, hormis cela, est intact. Dans la plupart des cas, la réaction dégageant du gaz est due à une contamination de la surface de l'acier ou à une adaptation insuffisante entre la tension superficielle de l'émail de masse et celle de l'émail de couverture.