

---

---

**Revêtements de zinc — Lignes  
directrices et recommandations pour la  
protection contre la corrosion du fer et de  
l'acier dans les constructions —**

Partie 2:

**Galvanisation à chaud**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)  
*Zinc coatings — Guidelines and recommendations for the protection  
against corrosion of iron and steel in structures —*

*Part 2: Hot dip galvanizing*

ISO 14713-2:2009

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-  
febb7f95223b/iso-14713-2-2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-febb7f95223b/iso-14713-2-2009)



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 14713-2:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-febb7f95223b/iso-14713-2-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-febb7f95223b/iso-14713-2-2009>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2009

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
<b>1</b> <b>Domaine d'application .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Conception pour la galvanisation à chaud .....</b>	<b>2</b>
4.1    Généralités .....	2
4.2    Préparation de surface.....	2
4.3    Procédures relatives à des considérations de conception.....	3
4.4    Caractéristiques de conception.....	3
4.5    Tolérances.....	4
<b>5</b> <b>Conception pour le stockage et le transport.....</b>	<b>4</b>
<b>6</b> <b>Effet de l'état de la pièce sur la qualité de la galvanisation à chaud .....</b>	<b>4</b>
6.1    Généralités .....	4
6.2    État de surface.....	6
6.3    Influence de la rugosité de surface de l'acier sur l'épaisseur du revêtement galvanisé à chaud .....	6
6.4    Influence des procédés de découpe thermique.....	6
6.5    Effet des contraintes internes dans l'acier de base.....	6
6.6    Objets de grande dimension ou aciers de forte épaisseur.....	8
6.7    Pratique de galvanisation à chaud.....	8
<b>7</b> <b>Effet du processus de galvanisation à chaud sur la pièce .....</b>	<b>8</b>
7.1    Tolérances dimensionnelles des filetages .....	8
7.2    Effet de la température du procédé .....	9
<b>8</b> <b>Post-traitements .....</b>	<b>9</b>
<b>Annexe A (informative) Conceptions recommandées des pièces pour galvanisation à chaud .....</b>	<b>10</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>19</b>

## 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 14713-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, sous-comité SC 4, *Revêtements par immersion à chaud (galvanisation, etc.)*.

Cette première édition, conjointement avec l'ISO 14713-1 et l'ISO 14713-3, annule et remplace l'ISO 14713:1999, qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 14713 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions*:

- *Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion*
- *Partie 2: Galvanisation à chaud*
- *Partie 3: Shérardisation*

Les principales modifications dans la présente partie de l'ISO 14713 par rapport à l'ISO 14713:1999 sont les suivantes.

- La présente partie de l'ISO 14713 donne uniquement des lignes directrices relatives à la conception des produits galvanisés à chaud.
- La liste des références normatives (Article 2) a été mise à jour afin de prendre en compte les toutes dernières normes disponibles pour les lecteurs.
- Des lignes directrices supplémentaires sur l'effet de la composition de la surface de l'acier/du fer sont fournies (6.1.1, Tableau 1).
- Des informations supplémentaires sont fournies sur l'effet des procédés de découpe thermique (6.4) et l'influence des contraintes dans l'acier de base pendant la galvanisation à chaud (6.5).

# Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions —

## Partie 2: Galvanisation à chaud

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14713 donne des lignes directrices et des recommandations concernant les principes généraux de conception appropriés aux pièces à galvaniser à chaud pour la protection contre la corrosion.

La protection assurée par le revêtement galvanisé à chaud appliqué sur la pièce dépend de la méthode d'application du revêtement, de la conception de la pièce et de l'environnement spécifique auquel la pièce est exposée. La pièce galvanisée à chaud peut également être protégée par l'application de revêtements supplémentaires (non couverts par le domaine d'application de la présente partie de l'ISO 14713) tels que des revêtements organiques (peintures et revêtements poudre). Lorsqu'elle est appliquée aux pièces galvanisées à chaud, cette combinaison de revêtements est souvent appelée «système duplex».

[ISO 14713-2:2009](#)

Les lignes directrices et recommandations données dans la présente partie de l'ISO 14713 ne traitent pas de l'entretien de la protection contre la corrosion en service assurée pour l'acier par des revêtements galvanisés à chaud. Des lignes directrices correspondantes sont fournies dans l'ISO 12944-5.

Des exigences spécifiques relatives aux produits (par exemple pour les revêtements galvanisés à chaud sur les tubes et les éléments de fixation, etc.) prévalent sur les présentes recommandations générales.

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier — Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 4964, *Aciers — Conversions de dureté*

ISO 8044, *Corrosion des métaux et alliages — Termes principaux et définitions*

ISO 10684, *Éléments de fixation — Revêtements de galvanisation à chaud*

ISO 12944-5, *Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture — Partie 5: Systèmes de peinture*

EN 10210-1, *Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins — Partie 1: Conditions techniques de livraison*

EN 10219–1, *Profils creux pour la construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins — Partie 1: Conditions techniques de livraison*

EN 10240, *Revêtements intérieur et/ou extérieur des tubes en acier — Spécifications pour revêtements de galvanisation à chaud sur des lignes automatiques*

EN 10346, *Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud — Conditions techniques de livraison*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 8044 ainsi que les suivants s'appliquent.

#### 3.1 galvanisation à chaud

formation d'un revêtement de zinc et/ou d'alliages de zinc-fer sur des produits en fer et en acier par immersion de l'acier ou de fontes préparés dans le zinc en fusion

#### 3.2 revêtement galvanisé à chaud

revêtement obtenu par galvanisation à chaud

NOTE Le terme «revêtement» est utilisé dans le reste du texte avec le sens de «revêtement galvanisé à chaud».

### 4 Conception pour la galvanisation à chaud

#### 4.1 Généralités

ISO 14713-2:2009  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-febb7f95223b/iso-14713-2-2009>

Il est essentiel que la conception de toute pièce destinée à recevoir un revêtement tienne compte non seulement de la fonction de la pièce et de sa méthode de fabrication, mais également des limites imposées par le revêtement. L'Annexe A illustre quelques caractéristiques importantes de la conception, dont certaines sont spécifiques à la galvanisation à chaud.

Certaines contraintes internes dans les pièces à galvaniser font l'objet d'une relaxation pendant le processus de galvanisation à chaud, ce qui peut déformer ou endommager la pièce revêtue. Ces contraintes internes sont dues aux opérations de finition au stade de la fabrication, telles que le formage à froid, le soudage, l'oxycoupage ou le perçage, et aux contraintes résiduelles issues du laminage. Il convient que l'acheteur consulte le galvaniseur avant de concevoir ou de fabriquer un produit à galvaniser à chaud, car il peut s'avérer nécessaire d'adapter la construction de la pièce au processus de galvanisation à chaud.

Il convient que l'acheteur soit informé des deux types distincts de galvanisation à chaud et en tienne compte pour la conception des pièces:

- a) galvanisation à chaud après fabrication: après un traitement préalable approprié, les pièces en fer ou en acier fabriquées sont immergées dans un bain contenant du zinc en fusion (voir l'ISO 1461);
- b) galvanisation en continu: après un traitement préalable approprié, les tôles sont en continu baignées dans du zinc en fusion et, une fois galvanisées à chaud, elles sont utilisées pour fabriquer une pièce (voir l'EN 10346).

#### 4.2 Préparation de surface

Il convient que la conception et les matériaux utilisés permettent une bonne préparation de surface, phase essentielle de la réalisation d'un revêtement de grande qualité (voir 6.2). Il convient que les surfaces soient exemptes de défauts pour garantir un revêtement dont l'aspect et l'aptitude à l'emploi sont satisfaisants.

Le graphite débouchant en surface des pièces de fonte interfère avec leur mouillage par le métal fondu. En outre, les pièces de fonte qui ont été recuites peuvent présenter en surface des particules de silice que l'on retirera pour obtenir un revêtement par galvanisation à chaud de bonne qualité. Un grenailage est conseillé à la fois avant et après le recuit.

### 4.3 Procédures relatives à des considérations de conception

Il convient que la capacité du bain de galvanisation à chaud et des installations connexes soit suffisante pour traiter les pièces à revêtir de zinc par galvanisation à chaud. De préférence, il convient que les pièces soient conçues pour recevoir le revêtement en une seule opération d'immersion. Les pièces trop volumineuses pour les bains existants peuvent être partiellement immergées et ensuite retournées en longueur ou en hauteur afin d'obtenir un revêtement complet. Une immersion partielle (puis une seconde immersion pour terminer le revêtement) est moins courante que l'opération d'immersion complète en une seule fois.

Pendant l'immersion, tout le matériel doit être accroché. Les trous prévus pour le passage des boulons peuvent être utilisés à cet effet. Des anneaux de levage sont souvent intégrés pour faciliter la manutention. Les pièces peuvent être disposées sur des palonniers ou dans des montages; dans ces cas, quelques marques de contact peuvent être visibles après galvanisation à chaud. L'opération d'immersion implique un mouvement vertical hors du bain, mais les pièces qui sont retirées peuvent être inclinées. Les étapes du traitement impliquent la libre circulation de l'air, des liquides de prétraitement et du zinc sur toutes les surfaces de la pièce. Les poches d'air empêchent localement la préparation de surface et sont à l'origine de surfaces non revêtues; les liquides piégés se vaporisent à la température de galvanisation à chaud d'environ 450 °C et la pression qui en résulte peut provoquer un flambage ou des explosions; tout excès de zinc peut être à l'origine d'une adhérence médiocre, est peu esthétique et constitue un gaspillage.

Certaines pièces, par exemple des échangeurs de chaleur et des conteneurs de gaz, ne sont galvanisées à chaud qu'à l'extérieur. Cela implique une technique et un équipement particuliers (par exemple pour enfoncer la pièce dans le bain malgré la poussée d'Archimède créée par le zinc en fusion) et il convient de consulter un spécialiste de la galvanisation au préalable.

### 4.4 Caractéristiques de conception

L'Annexe A indique les caractéristiques de conception préconisées pour les pièces destinées à être galvanisées à chaud.

**AVERTISSEMENT — Il est essentiel d'éviter les parties fermées ou de les ventiler, pour prévenir tout risque d'explosion susceptible de gravement blesser les opérateurs. Il convient d'accorder une attention toute particulière à cet aspect de la conception qui constitue par ailleurs un facteur essentiel au maintien de normes satisfaisantes en matière d'hygiène et de sécurité des opérateurs.**

Le fait de prévoir des trous pour l'aération et la vidange de pièces tubulaires permet également d'obtenir un revêtement sur les surfaces intérieures et, par conséquent, assure une meilleure protection de la pièce. Occasionnellement, lorsque les niveaux de contrainte résiduelle dans un élément sont suffisamment élevés, la température de galvanisation à chaud peut entraîner une relaxation des contraintes. Cela est une des principales causes de déformation ou de fissuration imprévue de l'élément en acier. Choisir de préférence des profils symétriques et éviter autant que possible tout écart important dans l'épaisseur ou la section en soudant, par exemple, une tôle fine à des cornières épaisses; il convient de choisir les techniques de soudage et de fabrication avec l'objectif d'éviter d'introduire des contraintes asymétriques et il convient de réduire au minimum la dilatation thermique différentielle pendant le soudage et le traitement. Un traitement thermique peut s'avérer nécessaire avant la galvanisation à chaud. Il convient que l'acheteur consulte le galvaniseur pour définir l'ordre dans lequel les éléments fabriqués doivent être assemblés. Les sous-ensembles compacts (qui occupent un faible volume dans le bain) sont plus économiques à galvaniser. Il est préférable de procéder au soudage avant la galvanisation à chaud afin d'assurer un revêtement de galvanisation à chaud continu sur la soudure.

Il convient de concevoir les pièces en vue de faciliter l'accès et l'écoulement du métal en fusion et d'éviter la formation de poches d'air. Un profil lisse, sans arêtes et recoins inutiles, facilite la galvanisation à chaud; cela, ainsi que le boulonnage après galvanisation, améliore également la résistance à la corrosion à long terme.

Les trous nécessaires au processus de galvanisation à chaud sont de préférence pratiqués dans les pièces avant l'assemblage, en découpant ou en meulant les coins des profilés; cela empêche la formation de «poches» dans lesquelles le zinc en fusion peut se solidifier. Lorsque les pièces sont déjà assemblées, le meilleur moyen de pratiquer les trous est le chalumeau, étant donné que l'espace disponible pour le perçage ne permet généralement pas que le trou soit assez près de l'arête ou des coins.

#### 4.5 Tolérances

La nature et l'épaisseur de l'acier sont les deux facteurs qui déterminent l'épaisseur du revêtement galvanisé à chaud. Sur les surfaces de contact et pour les trous, il convient de prévoir un jeu supplémentaire pour tenir compte de l'épaisseur du revêtement métallique. Généralement, pour des revêtements obtenus par galvanisation à chaud sur des surfaces planes, une tolérance d'au moins 1 mm est jugée satisfaisante. Voir l'ISO 1461 pour les définitions de surfaces significatives et les critères d'acceptation du revêtement.

Pour les pièces filetées, la situation est plus complexe. Par exemple s'agissant d'écrous et boulons galvanisés à chaud et centrifugés, les pratiques courantes diffèrent selon les pays.

Les boulons sont

- a) soit filetés aux tolérances établies dans la spécification appropriée sans tenir compte de la galvanisation à chaud et les écrous sont ensuite taraudés après revêtement,
- b) soit sous-cotés (voir par exemple la norme suédoise SS 3194) pour pouvoir utiliser les filetages normalisés sur les écrous galvanisés à chaud dans tous les cas.

L'ISO 10684 fournit également quelques lignes directrices.

STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

#### 5 Conception pour le stockage et le transport

Il convient de toujours empiler solidement les pièces galvanisées à chaud afin de pouvoir les stocker et les transporter en toute sécurité.

S'il existe un besoin spécifique de réduire le développement de taches d'humidité dues au stockage (principalement à base d'oxydes de zinc ou d'hydroxydes de zinc formés à la surface du revêtement galvanisé pendant le stockage des pièces dans des conditions humides), il convient que l'acheteur le dise au galvaniseur au moment de la commande et que des mesures de contrôle appropriées soient convenues. De telles mesures peuvent comprendre, par exemple, un stockage des pièces permettant la libre circulation de l'air entre surfaces des pièces, l'utilisation d'entretoises afin de réduire les zones de contact sur la pièce ou l'évitement d'un emboîtement serré des pièces (lorsque leur conception le permet).

Conformément à l'ISO 1461, le développement de taches d'humidité dues au stockage ne doit pas conduire au rejet, pour autant que l'épaisseur du revêtement demeure au-dessus des exigences minimales spécifiées.

#### 6 Effet de l'état de la pièce sur la qualité de la galvanisation à chaud

##### 6.1 Généralités

La plupart des aciers, y compris les aciers au carbone non alliés (voir par exemple l'EN 10025-2), les aciers à grain fin (voir par exemple l'EN 10025-3 et l'EN 10025-4), les aciers trempés et revenus, les sections creuses finies à chaud (voir par exemple l'EN 10210-1), les sections creuses finies à froid (voir par exemple l'EN 10219-1), les aciers d'armature (voir par exemple l'EN 10080), les aciers d'éléments de fixation (voir par exemple l'ISO 898) et la fonte grise (voir par exemple l'EN 1561) et la fonte grise malléable (voir par exemple l'EN 1562) peuvent être galvanisés à chaud conformément à l'EN ISO 1461. Lorsque d'autres métaux ferreux doivent être galvanisés, il convient que l'acheteur fournisse des informations appropriées ou des échantillons au galvaniseur pour lui permettre de décider si ces aciers peuvent être galvanisés de manière satisfaisante. Les aciers de décolletage contenant du soufre sont en général inappropriés.



### 6.1.1 Composition du matériau

Certains éléments, notamment le silicium (Si) et le phosphore (P), sur la surface de l'acier peuvent affecter la galvanisation à chaud en prolongeant la réaction entre le fer et le zinc en fusion. Par conséquent, certaines compositions d'acier peuvent produire des revêtements plus cohérents en termes d'aspect, d'épaisseur et de régularité de surface. Les antécédents de l'acier (par exemple laminé à chaud ou à froid) peuvent également affecter sa réaction avec le zinc en fusion. Lorsque des questions d'esthétique priment ou qu'il existe des critères relatifs à l'épaisseur ou à la régularité de surface du revêtement, il convient de consulter un spécialiste pour le choix de l'acier avant la fabrication de la pièce ou la galvanisation à chaud.

Le Tableau 1 donne des lignes directrices simplifiées sur les compositions des aciers associés à certaines caractéristiques types du revêtement lorsque la galvanisation est réalisée à des températures allant de 445 °C à 460 °C.

**Tableau 1 — Caractéristiques du revêtement associées à la composition de l'acier**

Catégorie	Niveaux types d'éléments de réaction	Informations supplémentaires	Caractéristiques types du revêtement
A	$\leq 0,04$ % Si et $< 0,02$ % P	Voir Note 1	Revêtement brillant à texture plus fine. La structure du revêtement comprend une couche extérieure de zinc.
B	0,14 % Si à 0,25 % Si	L'alliage Fe-Zn peut s'étendre à la surface du revêtement. L'épaisseur du revêtement augmente en fonction de l'augmentation de la teneur en silicium. D'autres éléments peuvent également affecter la réactivité de l'acier. Notamment, des niveaux de phosphore supérieurs à 0,035 % augmentent la réactivité.	
C	$> 0,04$ % Si à $\leq 0,14$ % Si	Risque de formation de revêtements d'épaisseur trop importante.	Revêtement d'aspect plus sombre à texture plus grossière. La structure du revêtement comporte principalement des alliages de fer-zinc qui s'étendent le plus souvent à la surface du revêtement, sans réduction de la résistance au dommage dû à la manutention.
D	$> 0,25$ % Si	L'épaisseur du revêtement augmente en fonction de l'augmentation de la teneur en silicium.	

NOTE 1 Les aciers dont les compositions satisfont à la formule  $Si + 2,5P \leq 0,09$  % peuvent également présenter ces caractéristiques. Pour les aciers laminés à froid, ces caractéristiques peuvent être observées lorsque la composition de l'acier satisfait à la formule  $Si + 2,5P \leq 0,04$  %.

NOTE 2 La présence d'éléments d'alliage (par exemple du nickel) dans le zinc en fusion peut avoir un effet significatif sur les caractéristiques du revêtement indiquées dans le présent tableau. Le présent tableau ne fournit pas de lignes directrices pertinentes pour la galvanisation à température élevée (c'est-à-dire immersion dans le zinc en fusion à une température entre 530 °C et 560 °C).

NOTE 3 Les compositions des aciers indiquées dans le présent tableau dépendent de l'influence d'autres facteurs et les limites de chaque plage varient en conséquence.

### 6.1.2 Pièces

Il convient que les pièces soient, dans la mesure du possible, exemptes de porosité de surface et de trous de retrait; il convient de les nettoyer par grenailage, décapage électrolytique ou autres méthodes spécialement appropriées aux pièces. Le décapage habituel dans l'acide chlorhydrique n'enlève pas le sable déposé par le moule, ni le graphite ou le carbone du revenu présent sur la surface de la fonte. Un grenailage est nécessaire pour enlever ces corps étrangers. Le nettoyage des pièces de formes complexes peut être effectué avec de l'acide chlorhydrique par des sociétés spécialisées dans la galvanisation. Il convient de prendre certaines précautions pour la conception des pièces en fonte. La galvanisation des petites pièces de forme simple ayant une coupe transversale pleine ne pose pas de problème particulier à condition que le matériau et l'état de surface s'y prêtent. Il convient de veiller à ce que les pièces plus grandes aient une forme symétrique et

présentent des sections d'épaisseur uniforme pour éviter des déformations et une fissuration sous l'effet de contraintes thermiques. Il convient que les rayons d'arrondi intérieurs soient suffisamment importants et que les marquages se fassent en relief ou en creux. Il convient également d'éviter les angles vifs et les renforcements profonds.

La surface rugueuse que présentent souvent les pièces de fonderie peut être à l'origine d'un certain épaissement des revêtements de galvanisation par rapport à ceux obtenus sur des pièces laminées.

NOTE Les pièces peuvent avoir différentes formes:

- pièces en fonte grise: la fonte grise a une teneur en carbone supérieure à 2 %, la majorité étant constituée de graphite sous forme de lamelles;
- pièces en fonte à graphite sphéroïdal (GS): de composition semblable à la fonte grise sous de nombreux aspects, mais le carbone est présent principalement sous forme sphéroïdale, en raison d'additions de magnésium ou de cérium;
- pièces en fonte malléable: à cœur noir, à cœur blanc et perlitique; la ténacité et l'usinabilité leur sont conférées par les traitements de recuit, mais la présence de graphite primaire n'est pas admissible.

## 6.2 État de surface

Il convient que la surface du métal de base soit propre avant immersion dans le zinc en fusion. Il est recommandé de procéder au dégraissage et au décapage à l'acide pour nettoyer la surface. Il convient d'éviter un décapage excessif. Il convient, avant le décapage, d'éliminer les souillures de surface, y compris celles qui ne peuvent pas être retirées par décapage, par exemple les films de carbone (tels que résidus d'huile de laminage), l'huile, la graisse, la peinture, les scories de soudage, les marques, les colles, les matériaux de marquage, les huiles de fabrication et impuretés similaires. Cela permet d'utiliser avec plus d'efficacité et d'efficience les matériaux de traitement préalable. L'acheteur est tenu de retirer ces altérations, sauf autres dispositions convenues entre le galvaniseur et l'acheteur.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea732e8a-de7e-488f-a33a-15014713-2-2009>

## 6.3 Influence de la rugosité de surface de l'acier sur l'épaisseur du revêtement galvanisé à chaud

La rugosité de la surface de l'acier a une influence sur l'épaisseur et la structure du revêtement. L'effet de l'irrégularité de surface du métal de base reste généralement visible après galvanisation. Une surface rugueuse obtenue par grenailage, meulage grossier, etc., avant décapage, donne un revêtement plus épais qu'une surface obtenue par décapage uniquement.

## 6.4 Influence des procédés de découpe thermique

L'oxycoupage à la flamme et le découpage au laser et au plasma modifient la composition et la structure de l'acier dans la zone et autour de la surface découpée, ce qui rend plus difficile l'obtention d'une épaisseur minimale du revêtement. Le revêtement ainsi obtenu peut présenter une réduction de cohésion/adhérence au substrat en acier. Afin d'obtenir les épaisseurs de revêtement appropriées et de garantir une bonne cohésion/adhérence du revêtement, il convient que les surfaces découpées à la flamme, au laser et au plasma soient meulées par le fabricant et que les coins coupants soient retirés.

## 6.5 Effet des contraintes internes dans l'acier de base

### 6.5.1 Généralités

Le processus de galvanisation à chaud implique d'une part l'immersion de pièces en acier propres, prétraitées dans le bain de zinc en fusion/alliage de zinc à une température d'environ 450 °C et d'autre part leur émergence à l'issue de la réaction métallurgique générant le revêtement. Une relaxation de contraintes importantes ou asymétriques dans la pièce peut se produire pendant le processus d'immersion. Le galvaniseur ne peut être tenu pour responsable d'une quelconque déformation associée de la structure en acier survenant au cours de la galvanisation (car l'état spécifique de contrainte dans la pièce au moment de l'immersion n'est pas sous son

contrôle), sauf si la déformation est due à une mauvaise manutention (par exemple dommage mécanique ou suspension incorrecte de la pièce).

### 6.5.2 Fissuration due à la déformation

Une fissuration due à la déformation peut se produire dans de rares occasions lorsque la contrainte résiduelle interne de fabrication dépasse la résistance à la traction de l'acier utilisé dans la fabrication de la pièce. Ces problèmes sont généralement évités par une bonne conception pour la galvanisation.

Pendant le cycle de chauffage et de refroidissement auquel la pièce est soumise, la dilatation thermique différentielle des éléments au sein de la pièce ajoute des contraintes qui interagissent avec les contraintes préexistantes de fabrication. L'importance du champ de contraintes qui en résulte dans la pièce n'est pas facile à estimer. Pendant le cycle de chauffage et de refroidissement, des contraintes asymétriques peuvent favoriser une relative déformation. Tout risque de déformation peut être réduit au minimum par une bonne conception pour la galvanisation et de bonnes pratiques de fabrication. Lorsque l'expérience montre que des aciers spécifiques, des traitements préalables, des traitements thermiques et mécaniques et des processus de décapage et de galvanisation à chaud sont satisfaisants, cette information sert d'indicateur de l'absence de risque de fragilisation pour la même combinaison d'aciers, de traitements préalables, de traitements thermiques et mécaniques et de processus de galvanisation.

Les aciers trempés et/ou à haute résistance à la traction (aciers à limite d'élasticité supérieure à 650 MPa) peuvent comprendre des contraintes internes dont l'importance en termes de décapage et de galvanisation à chaud peut augmenter le risque de fissuration de l'acier lorsqu'il est immergé dans le bain de galvanisation à chaud. En dépit du faible risque d'occurrence de problèmes de cette nature, certaines configurations géométriques critiques de structures lourdes peuvent permettre de réduire ces effets en réalisant une relaxation des contraintes avant le décapage et la galvanisation à chaud. Il convient de consulter des spécialistes pour ce qui concerne la galvanisation à chaud des aciers de ce type.

### 6.5.3 Fragilisation à l'hydrogène

ISO 14713-2:2009

Les aciers de construction ne sont généralement pas fragilisés par l'absorption d'hydrogène pendant le décapage et l'hydrogène résiduel (s'il existe) n'affecte généralement pas les aciers de construction. Pour les aciers de construction, l'hydrogène absorbé est libéré pendant la galvanisation à chaud. Si la dureté des aciers est approximativement supérieure à 34 HRC, 340 HV ou 325 HB (voir l'ISO 4964), il est nécessaire de réduire au minimum l'absorption d'hydrogène pendant la préparation de surface. Les soudures et la zone affectée thermiquement (ZAT) des aciers de construction ne dépassent généralement pas une valeur de dureté de 340 HV. Par conséquent, il convient que ces zones ne soient pas fragilisées par l'absorption d'hydrogène pendant le décapage.

### 6.5.4 Fragilisation par écrouissage

Pour réduire le risque de fragilisation, il convient de réduire au minimum la déformation locale à froid dès le stade de la conception et de la fabrication. Lorsque cette dernière condition ne peut pas être remplie, il est possible d'appliquer un traitement thermique de relaxation des contraintes à la zone déformée avant décapage et galvanisation à chaud et/ou d'utiliser un acier non sensible à l'écrouissage.

Le phénomène métallurgique de base que représente la fragilisation par écrouissage à froid affecte toutes les nuances d'acier. Selon l'étendue de la déformation due à l'écrouissage à froid, la résistance de l'acier augmente tandis que la ténacité et la ductilité diminuent simultanément. Les risques inhérents à la fragilisation par écrouissage à froid peuvent être réduits en choisissant une nuance d'acier présentant des caractéristiques de ténacité élevées. Compte tenu de l'énergie d'impact initiale et de la température de transition de l'acier non déformé, il convient de compenser chaque pourcentage de déformation due à l'écrouissage à froid en réduisant de 3 °C la température de transition.

NOTE 1 La sensibilité à l'écrouissage et le risque correspondant de fragilisation sont principalement dus à la teneur en azote de l'acier qui, à son tour, dépend largement du processus de fabrication de l'acier. En règle générale, les pratiques modernes de fabrication de l'acier ne posent pas ce genre de problème. Les aciers calmés à l'aluminium ou les aciers contenant suffisamment d'autres éléments de liaison avec l'oxygène (tels que V, Nb et Ti), sont les moins sensibles à l'écrouissage.