



American  
Galvanizers  
Association

Guide de  
Conception

La Conception de Produits Devant être  
Galvanisés à Chaud après Fabrication



© 2020 American Galvanizers Association. Le présent document a été rédigé pour fournir des informations exactes et faisant autorité sur l'après-fabrication de l'acier galvanisé à chaud. Ce document fournit uniquement des informations d'ordre général et, en ce qui concerne sa pertinence et son applicabilité, il n'est pas destiné à remplacer les examens et les vérifications professionnels effectués par un personnel compétent. Les informations fournies ici ne devront être considérées ni comme une interprétation ni une garantie de la part de l'AGA. Quiconque faisant usage de

# Table des Matières

02	INTRODUCTION
02	LA COMMUNICATION EST LA CLÉ
02	MATÉRIAUX ADAPTÉS À LA GALVANISATION
04	COMBINAISON DE DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET SURFACES
05	TAILLES ET FORMES
06	TEMPÉRATURE ET CHALEUR DE PROCESSUS <ul style="list-style-type: none"><li>Propriétés mécaniques de l'acier galvanisé</li><li>Fragilisation tensothermique</li><li>Fragilisation par l'hydrogène</li><li>Surfaces de coupes</li></ul>
08	RÉDUCTION AU MINIMUM DE LA DISTORSION
10	AMÉNAGEMENT D'UN DRAINAGE APPROPRIÉ
10	VENTILATION DES ASSEMBLAGES TUBULAIRES ET DES PROFILÉS CREUX <ul style="list-style-type: none"><li>Main courante</li><li>Fermes en tubes rectangulaires</li><li>Fermes en tubes ronds</li><li>Colonnes, poutrelles tubulaires, lampadaires et poteaux de ligne de transmission</li><li>Sections rectangulaires</li><li>Bras indicateur aminci</li></ul>
16	VENTILATION ET DRAINAGE APPROPRIÉS DE FABRICATIONS FERMÉES ET SEMI-FERMÉES
17	PRÉCAUTIONS POUR LES SURFACES SE CHEVAUCHANT ET SE TOUCHANT
18	PROCÉDURES DE SOUDAGE ET ÉLIMINATION DU FLUX DE SOUDAGE
19	PIÈCES FILETÉES
20	PIÈCES MOBILES
21	CONSIDÉRATIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LA CONCEPTION <ul style="list-style-type: none"><li>Connexions structurelles</li><li>Systèmes Duplex</li><li>Acier de Construction à Exposition Architecturale (AESS)</li><li>Masquage</li><li>Marquage à des fins d'identification</li></ul>
23	UN SOMMAIRE
24	SPÉCIFICATIONS ASSOCIÉES

## INTRODUCTION

Comme le monde continue d'évoluer, il est important de construire un meilleur environnement pour le futur. Dans le monde entier, l'acier galvanisé à chaud a été utilisé pour fournir une protection hors pair contre les ravages de la corrosion. Les nouvelles technologies et la chimie créative continuent de faire progresser le processus de galvanisation, un pilier de l'industrie nord-américaine depuis les années 1870.

L'utilisation d'acier galvanisé à chaud continue de croître non seulement dans les marchés traditionnels existants, mais également dans les marchés neufs et émergents. Des boulons aux ponts robustes traversant des rivières tumultueuses, des sculptures et des façades de bâtiment ingénieuses aux mains courantes utiles et aux poteaux de lignes de transmission, la galvanisation à chaud est une partie importante de la vie quotidienne. Autrefois utilisée uniquement comme moyen de protection contre la corrosion, la galvanisation à chaud est aujourd'hui indiquée pour de nombreuses autres raisons, par exemple son faible coût (au départ et sur le cycle de vie), sa robustesse, sa longévité, sa polyvalence, sa durabilité et son esthétique.

Il y a certaines pratiques pour tous les matériaux et revêtements qui permettent d'obtenir des produits finis de meilleure qualité. Afin de répondre aux attentes et aux demandes de nombreux marchés différents, il est important de connaître les meilleures pratiques de conception quand on prévoit de galvaniser de l'acier. Souvent, aucun ajustement ou seulement des ajustements mineurs à la conception sont nécessaires et valent bien le temps et les efforts supplémentaires initiaux pour réduire certains problèmes futurs liés à l'utilisation d'autres systèmes de revêtement.

## LA COMMUNICATION EST LA CLÈ

La protection contre la corrosion commence au niveau de la planche à dessin, car tous les systèmes de protection contre la corrosion nécessitent certains détails de conception et une planification appropriée pour assurer un revêtement de la meilleure qualité. Par conséquent, quelle que soit la méthode de protection spécifiée, il faut la prendre en compte dans la conception du produit. Pour la galvanisation à chaud, un processus d'immersion total dans du zinc fondu, l'ingénieur d'études voudra s'assurer que toutes les pièces sont fabriquées convenablement pour le processus. La plupart des principes de conception nécessaires à la réussite de la protection de galvanisation entière sont facilement et volontiers suivis et, dans la plupart des cas, assurent une protection maximale contre la corrosion. En intégrant ces pratiques de conception à

celles énumérées dans la Pratique A385 de l'ASTM International de Mise en Place de Revêtements de Zinc (Galvanisé à Chaud)

de haute qualité, on ne produit pas uniquement des revêtements galvanisés de qualité optimale, mais on réduit également les coûts et on améliore les durées de traitement.

## COMMUNICATION ENTRE



**.. du début du produit à sa réalisation optimise le délai de livraison, minimise les coûts et garantit un acier galvanisé à chaud de qualité supérieure**

La clé pour fournir la meilleure conception pour le processus de galvanisation à chaud est la communication entre l'architecte, l'ingénieur, le fabricant et le galvaniseur. Ouvrir les lignes de communication tôt dans le processus de conception peut éliminer des embûches potentielles coûteuses plus tard dans le processus. Parmi les quelques thèmes de discussion qu'il est bon de couvrir pendant la phase de conception du projet figurent :

- ◇ La chimie de l'acier et l'état des surfaces
- ◇ La taille et la forme
- ◇ La température et la chaleur de processus
- ◇ La ventilation et le drainage
- ◇ Le soudage
- ◇ Les pièces et raccords filetés
- ◇ La conception/utilisation de la post-galvanisation

Comprendre ces aspects du processus de galvanisation et comment ils peuvent affecter le résultat pour le revêtement et le produit fini va aider à s'assurer que les attentes de chacun sont satisfaites.

## MATÉRIAUX ADAPTÉS À LA GALVANISATION

La plupart des matériaux (ferreux) contenant du fer sont adaptés à la galvanisation à chaud. L'acier ordinaire (sous 150 ksi ou 1 100 MPa) et les matériaux faiblement alliés, l'acier laminé à chaud, l'acier laminé à froid, l'acier moulé, la fonte ductile, la fonte, les pièces moulées, l'acier inoxydable et même l'acier vieilli peuvent être et sont galvanisés pour une meilleure protection contre la corrosion. Toutefois, la composition chimique des matériaux a une influence sur les caractéristiques du revêtement galvanisé.

Pendant la galvanisation, le fer dans l'acier réagit avec le zinc fondu pour former une série de couches d'alliage zinc-fer qui sont recouvertes d'une couche de zinc sans fer. Pour la plupart des aciers laminés à chaud, la partie du revêtement en alliage zinc-fer représentera entre 50 et 70 % de l'épaisseur totale du revêtement, la couche externe de zinc représentant le reste (Figure 1).

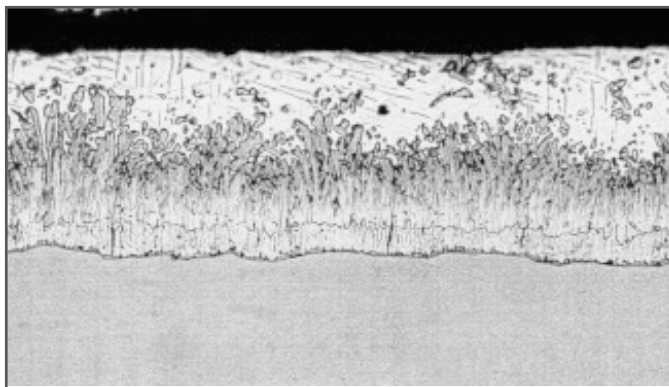


Figure 1: Couches alliage zinc-fer typiques

Les compositions de l'acier varient en fonction des contraintes de résistance et d'utilisation. Les éléments à l'état de traces dans l'acier (silicium, phosphore) affectent le processus de galvanisation aussi bien que la structure et l'aspect du revêtement galvanisé. Les aciers ayant des niveaux de silicium ou de phosphore en dehors des plages recommandées sont connus dans l'industrie de la galvanisation comme des aciers hautement réactifs et peuvent produire un revêtement composé entièrement, ou presque entièrement, de couches d'alliage zinc-fer (Figure 2).

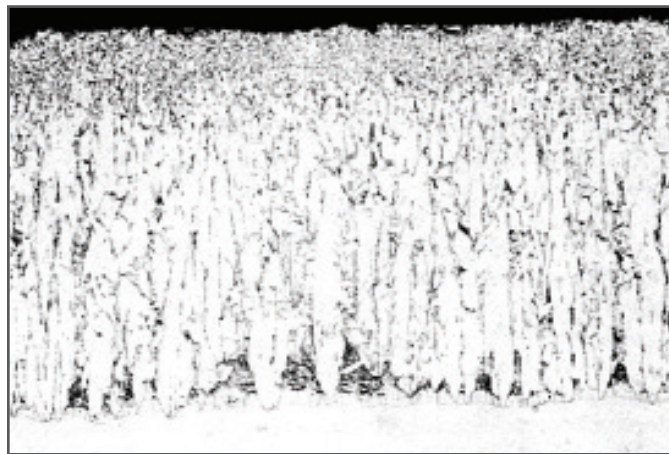


Figure 2: Couches d'alliage zinc-fer atypiques

Les revêtements atypiques produits à partir d'acier réactif présentent des caractéristiques de revêtement différentes des revêtements galvanisés typiques, par exemple:

- ◇ Aspect: le revêtement galvanisé atypique peut avoir un aspect gris mat et/ou une surface plus rugueuse en raison de l'absence de la couche sans zinc. La couche sans zinc présente sur les revêtements typiques confère un fini plus brillant à un revêtement galvanisé.

- ◇ Adhérence: le revêtement d'alliage zinc-fer a tendance à être plus épais qu'un revêtement galvanisé typique. Dans les rares situations où le revêtement est excessivement épais, il y a possibilité d'adhésion réduite sous contrainte externe (gradients géothermiques, choc tranchant).

Les aciers réactifs sont toujours galvanisés sur une base régulière et il est important de noter que les différences d'aspect n'ont aucun effet sur la protection contre la corrosion offerte par le revêtement galvanisé. La résistance du revêtement est déterminée d'après l'épaisseur du zinc; c'est pourquoi souvent les revêtements plus ternes (et plus épais) produits par des aciers réactifs durent plus longtemps. En outre, avec le temps, au fur et à mesure que les revêtements galvanisés vieillissent, ils présentent tous un aspect gris mat uniforme.

Il est difficile de fournir des recommandations précises dans le domaine de la sélection de l'acier sans qualifier toutes les classes d'acier commercialement disponibles. Toutefois, ces recommandations vous aideront à sélectionner des aciers qui fournissent de bons revêtements galvanisés:

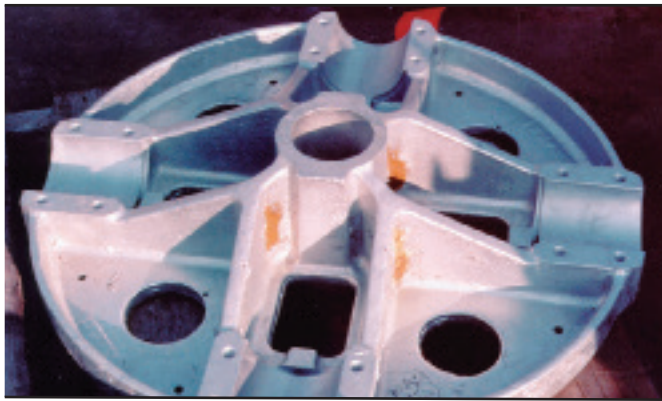
Les niveaux de carbone inférieurs à 0,25%, de phosphore inférieurs à 0,04% ou de manganèse inférieurs à 1,35% sont bénéfiques.

Les niveaux de silicium inférieurs à 0,04% ou entre 0,15% et 0,22% sont souhaitables.

Du silicium peut être présent dans de nombreux aciers communément galvanisés, même s'il ne fait pas partie de la composition contrôlée de l'acier; en effet, le silicium est utilisé dans le processus de désoxydation de l'acier et on en trouve toujours dans l'acier moulé. Le silicium comme le phosphore agissent tous les deux comme catalyseurs pendant le processus de galvanisation, ce qui donne lieu à une croissance rapide des couches d'alliage zinc-fer.

Même quand les deux éléments sont maintenus dans des limites souhaitées, l'effet combiné entre eux peut toujours produire un revêtement atypique formé entièrement ou majoritairement de couches d'alliage zinc-fer. Le cas échéant, vous devez avertir votre galvaniseur de la classe d'acier sélectionnée pour déterminer s'il y a lieu de recommander des techniques de galvanisation spécialisées.

Alternativement, les aciers avec de très faibles niveaux de silicium (moins de 0,02%), les aciers calmés à l'aluminium et les aciers contenant très peu de phosphore (moins de 0,020%) présentent régulièrement un défi pour développer l'épaisseur minimale de revêtement galvanisé requise selon les normes ASTM A123 / A123M ou A153 / A153M. Dans ces cas, le galvaniseur et l'acheteur doivent s'entendre sur un plan d'action tel que l'acceptation de l'épaisseur du revêtement inférieur, l'application d'un revêtement de peinture sur le revêtement galvanisé (système duplex), le nettoyage par sablage de l'acier avant la galvanisation à chaud, ou autres solutions possibles.



Surfaces non-galvanisées en raison de sable incrusté sur l'acier de fonte

## PIÈCES MOULÉES

Les pièces moulées et les pièces forgées de haute qualité sont communément galvanisées avec succès. Le revêtement galvanisé est fortement influencé par la qualité des pièces moulées. Comme pour tous les aciers devant être galvanisés, la propreté est très importante pour réussir complètement la galvanisation de pièces en fonte ou en acier. Toutefois, les processus conventionnels auxquels font appel les galvaniseurs ne nettoient pas de façon adéquate les pièces moulées, car le sable et d'autres inclusions de surfaces ne sont pas éliminés par le nettoyage chimique.

Un nettoyage abrasif soigneux, soit par grenailage, soit en combinant de la grenaille en morceaux et de la grenaille, est la méthode préférée et aussi la plus efficace pour retirer le sable de moulage et les impuretés de la pièce moulée.

Le nettoyage est traditionnellement effectué à la fonderie avant expédition au galvaniseur. Les pièces moulées saines et sans contrainte ayant de bons revêtements de surface produiront des revêtements galvanisés de haute qualité.

### CONCEPTION DES PIÈCES MOULÉES DESTINÉES À LA GALVANISATION

- ◇ Évitez les coins tranchants et les cavités profondes
- ◇ Utilisez de grands numéros de motifs et des rayons généreux pour faciliter le nettoyage abrasif
- ◇ Spécifiez des sections de paroi uniformes. Quand l'épaisseur des parois n'est pas uniforme dans certaines pièces moulées, elles peuvent se déformer et/ou se fissurer.
- ◇ Les fissures se forment suite à des contraintes qui se développent quand la température de la pièce moulée est augmentée pendant la galvanisation. Des sections de paroi uniformes et une conception équilibrée réduisent les contraintes.

## COMBINAISON DE DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET SURFACES

Quand on trouve à la fois des états de surface variés, des méthodes de fabrication différentes ou des métaux ferreux ayant des compositions chimiques spéciales, il est difficile de produire des revêtements ayant un aspect uniforme. Ces matériaux exigent des paramètres différents pour le décapage (temps d'immersion, concentration des solutions, température) et la galvanisation (température du bain, temps d'immersion) qui contribuent à des aspects variés. Différents paramètres sont exigés pour:

- ◇ Les revêtements, par exemple la peinture, le vernis, etc. sur l'acier
- ◇ Les surfaces excessivement rouillées
- ◇ Les surfaces usinées
- ◇ L'acier moulé
- ◇ La fonte malléable
- ◇ L'acier laminé à chaud
- ◇ L'acier laminé à froid
- ◇ La fonte, spécialement quand il y a des inclusions de sable
- ◇ Les surfaces présentant des cavités
- ◇ L'acier contenant du carbone, du phosphore, du manganèse ou du silicium en excès.

La plupart des revêtements, par exemple la peinture et le vernis, ne peuvent pas être retirés de l'acier par le processus de nettoyage chimique utilisé dans l'usine de galvanisation. Puisqu'il faut de l'acier propre pour que la réaction métallurgique se produise dans le bassin de galvanisation, ces contaminants de surface doivent être éliminés mécaniquement avant d'envoyer la fabrication au galvaniseur.

La combinaison d'acier ancien et neuf ou de pièces moulées avec de l'acier laminé dans la même fabrication doit être évitée (Figure 3).

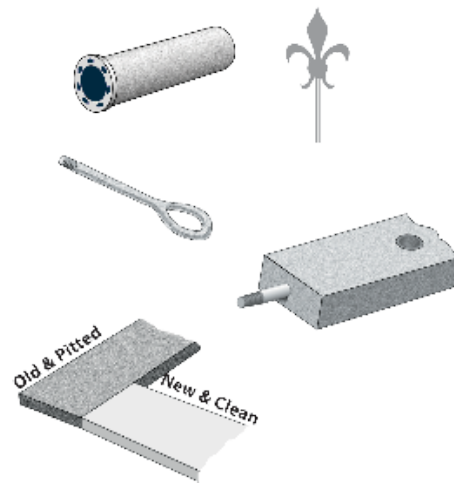


Figure 3: Les résultats ne seront pas uniformes si on combine ces types de métaux ou de revêtements

Quand il est inévitable d'avoir des assemblages de fonte, d'acier moulé, de fonte malléable ou d'acier laminé, la pièce entière doit être soigneusement décapée par projection d'abrasifs pour avoir les meilleures chances de produire un revêtement galvanisé à l'aspect uniforme.

De la même façon, les aciers excessivement rouillés, piqués ou forgés ne devraient pas être utilisés en combinaison avec des surfaces neuves ou usinées, car la différence de temps nécessaire au décapage à l'acide sulfurique peut entraîner le décapage excessif des surfaces neuves ou usinées. Quand cette combinaison est inévitable, le nettoyage par projection d'abrasifs de l'assemblage (normalement avant de procéder à l'usinage) fournit un revêtement galvanisé plus uniforme.

Si le nettoyage par projections d'abrasifs est utilisé pour préparer à la galvanisation une surface d'acier à faible concentration en silicium, un revêtement plus épais sera produit. Le nettoyage abrasif rend la surface de l'acier plus rugueuse et la surface de contact plus grande entraîne une plus forte réactivité avec le zinc fondu.

Quand on combine différents matériaux et surfaces, la pratique exemplaire consiste à galvaniser séparément et à procéder à l'assemblage après galvanisation. Ceci permettra d'obtenir des durées de traitement efficaces dans le processus, d'éviter le décapage excessif et d'obtenir des pièces dont l'aspect est le même partout. Que le processus de galvanisation soit exécuté séparément ou non, les différences d'aspect des assemblages contenant des aciers ayant des états de surface variés n'affectent pas la protection contre la corrosion. En outre, en se patinant au contact de l'air environnant, toutes les surfaces présenteront un aspect gris mat uniforme. Pour plus d'informations sur les différentes apparences de surface initiale de l'acier galvanisé à chaud et comment elles s'altèrent naturellement au fil du temps, référez-vous à la publication de l'AGA sur les aspects des revêtements galvanisés à chaud.

## LA TAILLE ET LA FORME

La taille et la forme de la fabrication constituent un autre facteur dont il faut tenir compte au cours du processus de conception. Puisque la galvanisation à chaud est un processus d'immersion totale, la conception doit tenir compte de la capacité de la cuve de galvanisation; c'est pourquoi il est sage de vérifier les contraintes de la cuve avec votre galvaniseur suffisamment tôt dans le processus de conception.

Presque tous les composants peuvent être galvanisés par conception et fabrication dans des modules adaptés aux usines de galvanisation disponibles. En Amérique du Nord, la longueur moyenne des cuves est de 12,19 m (40 pi) et il y a de nombreuses cuves entre 15,24 m et 18,28 m (50 et 60 pi). Les dimensions de cuves et les coordonnées de tous les membres galvaniseurs sont disponibles sur le site [www.galvanizeit.org/galvanizers](http://www.galvanizeit.org/galvanizers).

De larges structures sont galvanisées en concevant des modules ou sous-unités qui sont ensuite assemblées par soudage ou boulonnage au chantier après la galvanisation. Les techniques



Le trempage progressif augmente la dimension maximale qui peut être galvanisée à chaud.

d'architecture modulaire génèrent souvent des économies au niveau de la fabrication et l'assemblage puisqu'elles simplifient la manutention et le transport. Lorsque la taille d'un item empêche une immersion complète dans le bassin de zinc, mais que la moitié de celui-ci entre dans le bassin, la pièce peut être plongée de façon progressive. Au cours du trempage progressif, chaque extrémité de l'item est plongée consécutivement de manière à le couvrir en totalité. **Consultez votre galvaniseur avant de planifier un trempage progressif (double trempage).**

La prise en compte de la taille et de la forme ainsi que du poids est également importante en raison des différentes techniques de manutention de matériaux utilisées dans les usines de galvanisation. L'acier est déplacé tout le long du processus à l'aide de treuils et de ponts roulants. Les petites pièces, de longueur inférieure à 76 cm (30 po), sont fréquemment galvanisées dans des paniers perforés. Les paniers sont ensuite centrifugés ou tournent à grande vitesse pour éliminer le zinc en excès, ce qui produit des revêtements plus lisses. Les attaches, les petits supports et les agrafes sont typiquement des pièces galvanisées dans des paniers.

Les grands assemblages sont habituellement soutenus par des suspentes en chaîne ou des dispositifs de levage. On utilise également communément des gabarits et des montages spéciaux pour galvaniser simultanément un grand nombre de pièces similaires. En prévoyant au besoin des points de levage, on réduira, voire même éliminera, les marques de chaîne ou de câbles qui peuvent être laissées sur une pièce dépourvue de points de levage. Si aucun point de levage n'est prévu, toutes les marques, qui sont en général complètement galvanisées, peuvent être retouchées, le cas échéant, pour des raisons esthétiques. Une bonne pratique consiste également à discuter de la capacité de levage avec le galvaniseur pour s'assurer de cette capacité et/ou des meilleurs emplacements où prévoir les points de levage. Outre les points de levage, les grandes sections de tuyau, les réservoirs à chargement par le haut et les structures similaires peuvent bénéficier d'un renfort temporaire pour maintenir leur forme pendant la manutention.



## LA TEMPÉRATURE ET LA CHALEUR DE PROCESSUS

Durant le procédé de galvanisation à chaud, l'acier est chauffé à une température approximative de 443 C (830 F) afin que la réaction de la galvanisation se produise. Chaque fois que l'acier est chauffé et refroidi, un stress sera induit dans l'acier. Par conséquent, pour aider à réduire la fragilisation, il existe des considérations de conception à prendre en compte.

## PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE L'ACIER GALVANISÉ

Le processus de galvanisation à chaud ne produit aucun changement significatif au niveau des propriétés mécaniques des aciers profilés généralement galvanisés à travers le monde.

L'International Zinc Association (IZA) a commandité une enquête d'une durée de quatre ans sur les propriétés mécaniques de 19 aciers profilés provenant des principaux pays industrialisés. The University of Plymouth Enterprise LTD. a examiné les aciers incluant ceux conformes aux spécifications A36, A572 pour la classe 50 et A572 pour la classe 65 de la norme ASTM.

Suite à cette étude, il a été déterminé que la galvanisation à chaud ne produit aucun changement significatif en ce qui a trait à la chimie de l'acier, la résistance à la traction, la limite d'élasticité, les propriétés de pliage, les propriétés de résistance aux chocs ou à la micro-structure. **Contactez l'AGA pour les détails de l'étude menée.**

## FRAGILISATION APRÈS ÉCROUISSAGE

De nombreuses structures et pièces sont fabriquées en faisant appel aux techniques de l'acier laminé à froid ou écroui à froid. Dans certains cas, le fort écrouissage à froid peut entraîner l'acier à se fragiliser. Tandis que l'écrouissage à froid augmente la possibilité de fragilisation après écrouissage, il se peut que cette fragilisation ne soit évidente qu'après la galvanisation. Ceci se produit parce que la fragilisation est relativement lente à la température ambiante, mais plus rapide à la température élevée du bain de galvanisation.

Toute forme d'écrouissage réduit la ductilité de l'acier. Les opérations telles que le poinçonnage de trous, l'encoche, la production de bandes de métal de petits rayons, le cisailage ou le fort cintrage (Figure 4, page suivante) peuvent entraîner la fragilisation après écrouissage des aciers qui y sont susceptibles. Les aciers écrouis de moins de 3 mm (1/8 po) d'épaisseur qui sont ensuite galvanisés ont peu de chances de subir une fragilisation après écrouissage. Puisque l'écrouissage à froid est 1 facteur contribuant le plus à la fragilisation de l'acier galvanisé, il est recommandé de suivre les conseils suivants (page suivante) pour réduire l'incidence de la fragilisation après écrouissage.

## CONSEILS POUR RÉDUIRE LA FRAGILISATION APRÈS ÉCROUISSAGE

- ◇ Sélectionnez des aciers dont la concentration en carbone est inférieure à 0,25%.
- ◇ Choisissez des aciers ayant de températures de transition basses: l'écrouissage à froid élève la température de transition ductile-fragile et la galvanisation (chauffage) peut la faire grimper.
- ◇ Spécifiez des aciers calmés à l'aluminium: ils sont moins susceptibles à la fragilisation après écrouissage.
- ◇ Pour les aciers ayant une concentration en carbone entre 0,1% et 0,25%, maintenez un rayon de cintrage d'au moins trois (3) fois l'épaisseur de la section. Si le cintrage doit être inférieur à 3 fois l'épaisseur de la section, le matériau doit être soumis à un traitement pour l'élimination des contraintes à 595 C (1100 F) pendant une heure par pouce.
- ◇ (2,5 cm) d'épaisseur de section.
- ◇ Évitez les encoches, car elles augmentent les contraintes. Des encoches peuvent se former pendant les opérations de cisailage ou de poinçonnage. Il est préférable d'utiliser le coupage oxygène ou le sciage, spécialement quand il s'agit de sections lourdes.
- ◇ Percez des trous, plutôt que de poinçonner, dans les matériaux de plus de 19 mm (¾ po) d'épaisseur. Si les trous sont poinçonnés, ils doivent être poinçonnés à une taille inférieure, puis alésés de 3 mm (1/8 po) hors tout supplémentaires ou percés à la cote.
- ◇ Les matériaux entre 6,5 et 19 mm (¼ et ¾ po) d'épaisseur ne sont pas gravement affectés par le poinçonnage à froid si celui-ci est effectué selon les bonnes pratiques d'atelier.
- ◇ Les matériaux mesurant jusqu'à 6,5 mm (¼ po) d'épaisseur et écrouis à froid par poinçonnage ne nécessitent pas d'être traités pour l'élimination des contraintes avant leur galvanisation.
- ◇ Coupez les sections d'acier ayant des arêtes de plus de 16 mm (5/8 po) d'épaisseur assujetties à des efforts de tension en utilisant les procédures normales d'atelier. Les arêtes de sections mesurant jusqu'à 16 mm (5/8 po) d'épaisseur peuvent être coupées par cisailage.
- ◇ Dans les applications critiques, l'acier doit être écroui à chaud à plus de 650 C (1200 F) conformément aux recommandations du fabricant d'acier. Quand l'écrouissage à froid ne peut pas être évité, traitez la pièce pour éliminer les contraintes.



L'A143 de l'ASTM International Prévention de la Fragilisation des Produits d'Acier Profilé Galvanisé à Chaud et Marche à Suivre pour la Détection de la Fragilisation, ainsi que la Spécification G164 de la CSA Galvanisation à Chaud des Pièces Formées Irrégulièrement, fournissent des instructions sur l'écroutissage à froid et des procédures de traitement pour l'élimination des contraintes. Toutefois, il est préférable d'éviter de fortement écrouter à froid les aciers susceptibles d'être fragilisés. S'il y a un souci de perte possible de ductilité suite à la fragilisation après écroutissage, avertissez votre galvaniseur. Un échantillon de pièces écrouties à froid doit être galvanisé et testé avant de s'engager davantage.

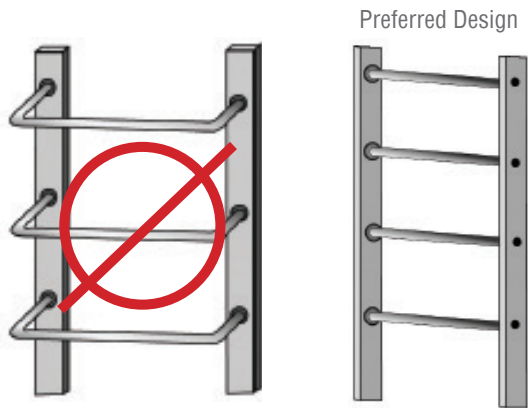


Figure 4 : Évitez un écroutissage à froid prononcé

## FRAGILISATION PAR L'HYDROGÈNE

La fragilisation par l'hydrogène est un changement ductile-fragile qui se produit dans certains aciers à haute résistance. La fragilisation par l'hydrogène peut se produire quand l'hydrogène libéré pendant le processus de décapage est absorbé par l'acier et emprisonné dans les joints de grain. Normalement, aux températures de galvanisation, l'hydrogène est expulsé de l'acier.

Normalement, aux températures de galvanisation, l'hydrogène est expulsé de l'acier. Cependant, dans les aciers dont la résistance à la traction est supérieure à 170 ksi (1 200 MPa), la structure des grains est si petite qu'une partie de l'hydrogène absorbé par le décapage restera piégée entre les grains de l'acier. L'acier d'une résistance ultime à la traction de l'ordre de 100 à 170 ksi (690 à 1 200 MPa), dont la fabrication ou les techniques de fabrication entraînent une zone de dureté accrue au-dessus du seuil de fragilisation par l'hydrogène (c'est-à-dire le soudage, le découpage thermique, le durcissement la trempe et le revenu, etc.) sont également sensibles. En cas de doute quant à savoir si un acier ou un produit peut être sensible à la fragilisation par l'hydrogène, le service technique de l'AGA peut être contacté pour plus d'information. Bien que la

fragilisation par l'hydrogène soit rare, des précautions doivent être prises pour l'éviter. Si des aciers sensibles doivent être galvanisés, une méthode de nettoyage alternative telle que le nettoyage par projection et le décapage rapide avant la galvanisation peut être utilisée pour minimiser les risques de fragilisation par l'hydrogène.

## SURFACES DE COUPES

Le découpage oxygaz sur des poutres peut être extrêmement sensible aux contraintes résiduelles dans l'acier et la surface du découpage peut être rugueuse. Ces deux facteurs peuvent contribuer à former des fissures dans les arêtes vives. Le potentiel de fissuration peut être significativement réduit en traitant thermiquement l'arête. Un cordon de soudure doit être appliqué dans la partie mise en évidence (Figure 5) des deux côtés du découpage. Une simple technique pour effectuer cette opération consiste à appliquer un cordon de soudure le long de l'arête vive, en réduisant ainsi les contraintes résiduelles et en évitant la fissuration.

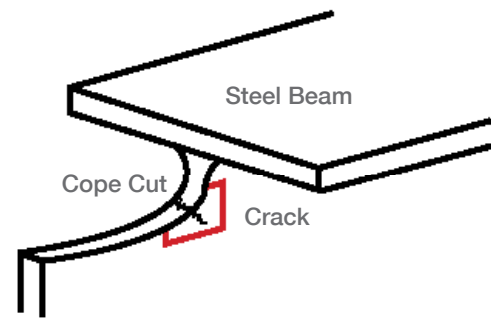
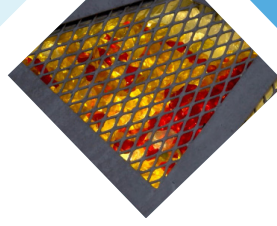


Figure 5: Fissure dans des poutrelles d'acier profilé après galvanisation

Il y a encore une faible possibilité de fissuration sur ces arêtes vives ainsi que sur les coins de la tuyauterie rectangulaire d'acier à haute résistance. Les deux zones doivent faire l'objet d'un examen visuel après la galvanisation pour détecter la présence de la moindre fissure. Toutes les fissures peuvent être réparées et le revêtement peut être ensuite retouché selon la pratique A780 de l'ASTM International pour La Réparation des Surfaces Endommagées, non Revêtues et non Galvanisées à Chaud avant que l'acier soit livré au chantier.



## RÉDUCTION AU MINIMUM DE LA DISTORSION

Certaines fabrications sont susceptibles de se déformer aux températures de galvanisation suite à la réduction des contraintes créées pendant la production d'acier et dans les opérations de fabrication ultérieures. Par exemple, une rigole profilée en U ayant une plaque devrait être galvanisée séparément et boulonnée ou soudée ensemble plus tard plutôt que de les souder ensemble avant la galvanisation.

La norme ASTM A384, Protection contre le Gauchissement et la Distorsion lors de la Galvanisation à chaud des Assemblages en acier, fournit des instructions pour réduire au minimum la déformation et le gauchissement dans la forme et / ou l'alignement. L'acier ne doit pas rester plus longtemps que nécessaire dans le bain de zinc en fusion, car une durée d'immersion plus longue peut augmenter la contrainte entre les pièces de l'assemblage.

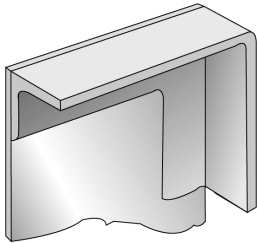


Figure 6: Évitez les épaisseurs inégales au niveau des joints



Figure 7: Galvanisez séparément les cadres épais des tôles/plaques minces

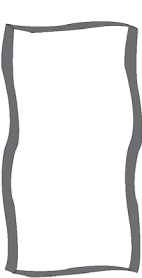


Figure 8: Ajoutez des raidisseurs aux feuilles plates non-supportées

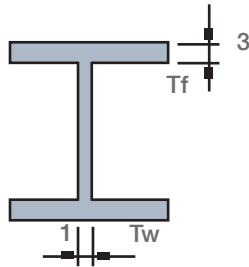


Figure 9: Conservez un ratio semelle/âme inférieur à 3

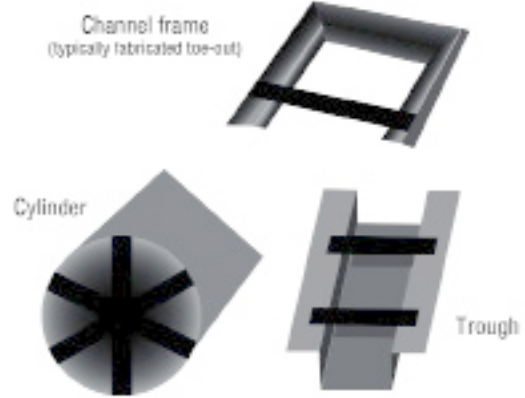


Figure 10: Contreventement temporaire

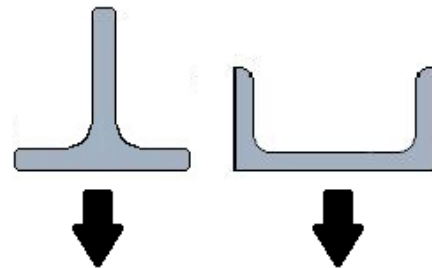
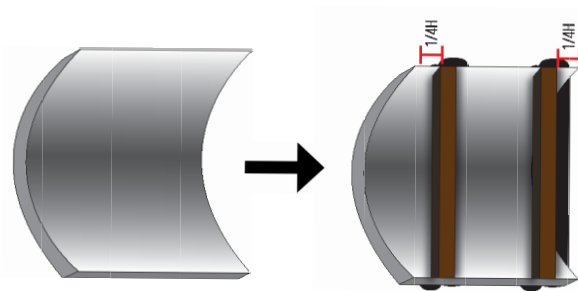


Figure 11: Trempez les poutres avec l'âme à la verticale et pour les longerons, l'âme à l'horizontal

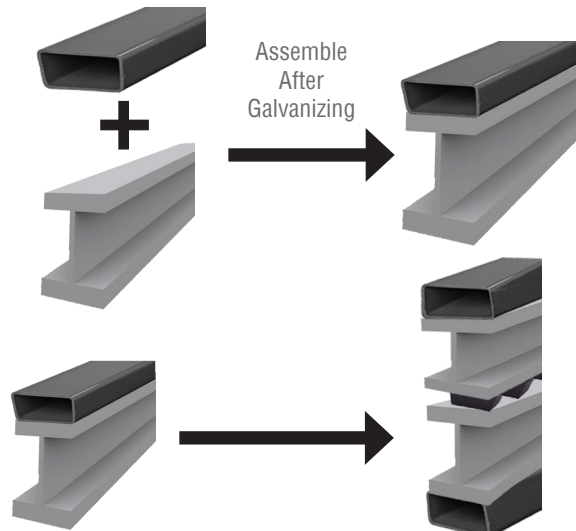


Figure 12: Assemblez les sections asymétriques dos à dos ou galvanisez-les séparément. Assemblez-les après la galvanisation

## CONSEILS POUR MINIMISER LA DISTORSION

- ◇ Utilisez des feuilles / plaques de calibre plus léger (1/4 de pouce d'épaisseur ou moins) avec prudence, car elles sont susceptibles de se déformer. Si nécessaire, la feuille / plaque peut souvent être remise à un état aplati à l'aide d'un gabarit ou en alourdissant le produit sur une surface plane pendant le refroidissement.
- ◇ Évitez ou minimisez les pratiques de fabrication qui induisent une concentration de contraintes locales telles que:
  - ◇ Trous perforés, roulage, rivetage, pliage et lissage
  - ◇ Continuez à vous plier aux plus grands rayons acceptables, et lorsqu'un rayon de courbure serré est requis, soulagez la zone selon les directives de la norme ASTM A143, section 6.
  - ◇ Préformez avec précision les éléments d'un assemblage de sorte qu'il n'est pas nécessaire de les forcer, de les faire ressortir ou de les plier en position pendant l'assemblage.
- ◇ Évitez les conceptions qui nécessitent une galvanisation par immersion progressive afin d'immerger rapidement les articles en une seule immersion, afin que l'ensemble de la fabrication puisse s'étendre et se contracter uniformément. Lorsqu'un trempage progressif est requis, consultez votre galvaniseur pour prendre en compte les variations de longueur de l'assemblage lors de la galvanisation afin de prévoir les conditions de dilatation thermique.
- ◇ Utilisez des pièces dans un assemblage d'épaisseur égale ou presque égale, en particulier essayez d'éviter:
  - ◇ Épaisseur inégale aux joints (Figure 6)
  - ◇ Entourer un matériau plus mince avec un encadrement épais (Figure 7)
  - ◇ Assemblages de feuilles plates non pris en charge (Figure 8)
  - ◇ Rapports d'épaisseur bride-âme supérieurs à 3 à 1 pour les poutres fabriquées (Figure 9)
- ◇ Utilisez un contreventement ou un renforcement temporaire sur les parois minces et dessins asymétriques (Figure 10)
  - ◇ Dans la mesure du possible, utilisez des sections laminées symétriquement de préférence aux cadres d'angle ou de profilé. Les poutres en I sont préférées aux angles ou aux canaux.
  - ◇ Plongez les tés du côté de la bride en premier et canalisez le côté de l'âme en premier avec une immersion la plus rapide possible au plus grand angle d'inclinaison possible, et refroidissez à l'air (Figure 11).
  - ◇ Assemblez deux sections asymétriques (Figure 12) dos à dos pour créer une section symétrique ou galvanisez en tant qu'éléments séparés et joignez ensuite.
- ◇ Souder en continu des sections épaisses, cependant, les sections minces peuvent bénéficier d'un soudage échelonné. Pour le soudage échelonné de 1/8 de pouce ou d'un matériau plus léger, les centres de soudure doivent être à moins de 4 pouces.
- ◇ Développez un plan de séquence de soudage pour vous assurer que les contraintes de soudage sont réparties uniformément sur toute la section transversale de l'assemblage:
  - ◇ Souder l'assemblage de l'intérieur vers l'extérieur à un éviter les contraintes de retrait élevées.
  - ◇ Évitez de forcer, de resserrer ou de retenir les composants pendant le soudage.
  - ◇ Évitez de sur-souder et utilisez aussi peu de soudure possible.
- ◇ Optimisez la ventilation, le drainage et le levage pour produits longs / élancés (Figure 13).
- ◇ Assurer une pose appropriée après la galvanisation, en particulier pour supporter les parties médianes de produits longs / élancés et pour soutenir l'axe fort d'une poutre de carrossage (Figure 14).

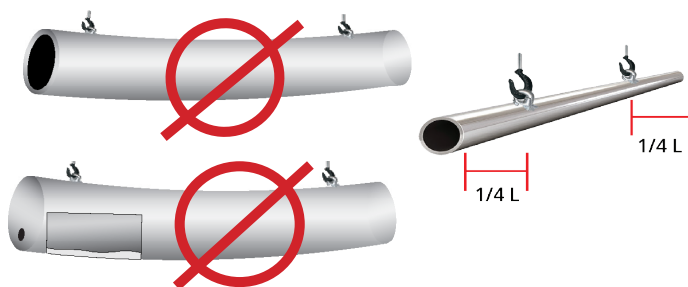


Figure 13: Optimisez la ventilation et le drainage pour éviter les accumulations de zinc et/ou poches d'air. Les points de levage pour la galvanisation doivent être situés à approximativement  $\frac{1}{4}$

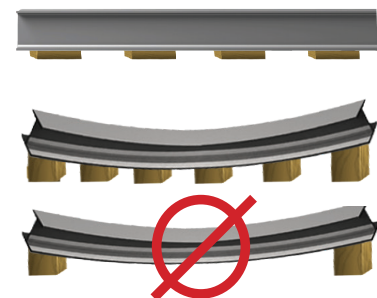


Figure 14: Utilisez des blocs de même dimension lors de l'entreposage de ces assemblages et placez des blocs comme pour l'accrochage (à 25% des extrémités) ou simplement en utilisant un plus grand nombre pour bien distribuer le poids de l'assemblage.

## AMÉNAGEMENT D'UN DRAINAGE APPROPRIÉ

Pour une galvanisation efficace, les solutions de nettoyage et le zinc fondu doivent s'écouler sans rencontrer de résistance inappropriée dans, sur, à travers et en dehors de la pièce fabriquée. S'il est impossible d'obtenir un écoulement libre et sans obstacle, il peut y avoir des complications pour le galvaniseur et le client. Une conception de drainage inappropriée donne lieu à un aspect médiocre, des zones mises à nu et une accumulation excessive de zinc. Tout ceci est inutile et coûteux et un magnifique exemple montrant pourquoi la communication est clé tout au long du projet.

Parmi les quelques fabrications communes où le drainage est important figurent les goussets, les raidisseurs, les plaques de bout et les renforts. En suivant ces pratiques exemplaires de conception, vous assurerez mieux la qualité élevée des revêtements :

- ◇ Quand des goussets sont utilisés, des coins généreusement éboutés fournissent un drainage libre. Quand il n'est pas possible d'ébouter les goussets, des trous d'au moins 13 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de diamètre doivent être percés dans les plaques aussi près que possible des coins (Figure 15).
- ◇ Pour assurer l'écoulement sans obstacle des solutions, tous les raidisseurs, goussets et renforts doivent être éboutés au minimum de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  po) (Figure 16). Prévoyez des trous d'au moins 13 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de diamètre dans les plaques de bout sur l'acier profilé laminé pour permettre d'accéder au zinc fondu pendant l'immersion dans le bain de galvanisation et le drainage pendant le retrait.
- ◇ Sinon, des trous d'au moins 13 mm ( $\frac{1}{2}$  po) de diamètre peuvent être placés dans la toile à moins de 6 mm ( $\frac{1}{4}$  po) de la plaque de bout. Pour faciliter le drainage, les plaques de bout doivent avoir des trous placés aussi près que possible des coins intérieurs (Figure 17).

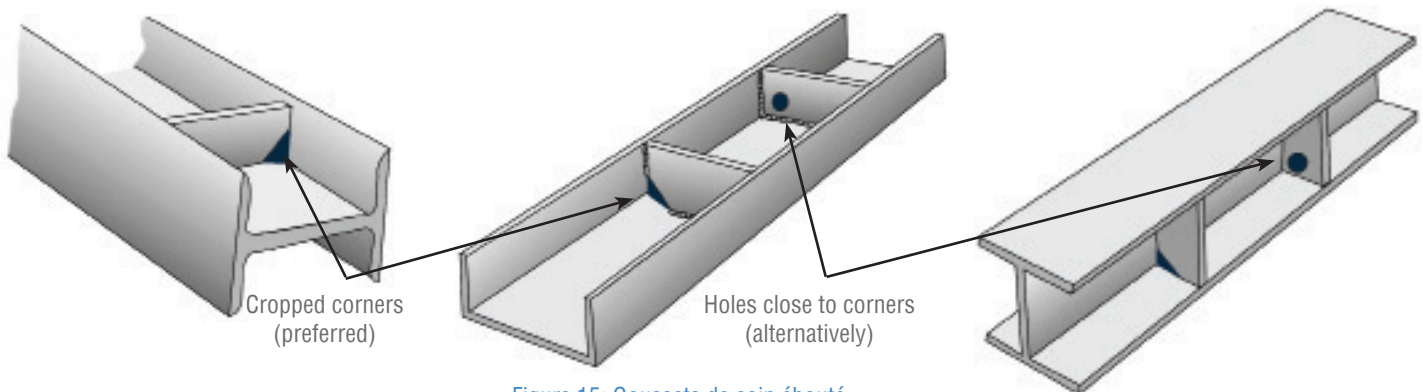


Figure 15: Goussets de coin ébouté

## VENTILATION DES FABRICATIONS TUBULAIRES ET DES PROFILÉS CREUX

Les assemblages tubulaires (mains courantes, colonnes, poutrelles tubulaires, lampadaires, poteaux de ligne de transmission, poutres à treillis, portiques de signalisation) sont communément galvanisés parce que l'intérieur et l'extérieur du produit sont protégés contre la corrosion. Pour fournir un revêtement galvanisé optimal, les produits creux doivent être correctement nettoyés, ventilés et drainés.

Comme pour tout ce qui est en acier, les tuyaux et les autres matériaux creux doivent être soigneusement nettoyés pour que le zinc fondu puisse adhérer métallurgiquement à l'acier. Les solutions de nettoyage doivent être libres de s'écouler sur toutes les surfaces de la fabrication et les mouiller complètement, et une fois écoulées, il ne doit rester aucune solution emprisonnée à l'intérieur. Les tuyaux peuvent présenter deux problèmes spéciaux de nettoyage. Premièrement, le revêtement de fonderie (verniss, vernis-laque et matériaux similaires) appliqué par les fabricants de tuyaux nécessite du temps et des efforts supplémentaires pour l'éliminer au niveau de l'usine de galvanisation. Certains galvaniseurs n'ont pas la capacité d'éliminer ce type de revêtement.

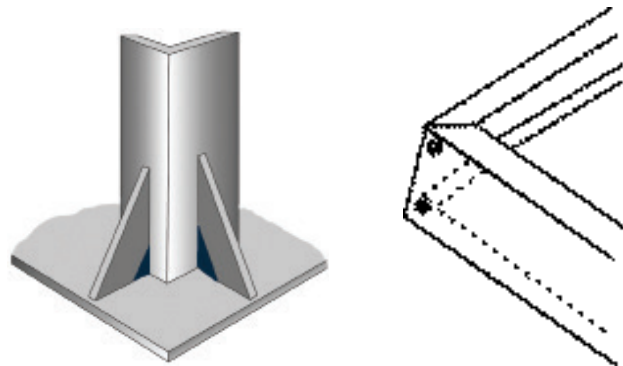


Figure 16: Renfort ébouté

Figure 17: Trous dans plaque de bout

Certaines formulations de revêtement de fonderie, étrangères ou nord-américaines, sont extrêmement difficiles à éliminer à l'aide de solutions de nettoyage et le décapage par projection d'abrasifs peut s'avérer nécessaire. Commander des tuyaux sans revêtement évite les tentatives coûteuses d'élimination de ces revêtements de fonderie. Dans certains cas, il peut s'avérer plus rentable de remplacer les tuyaux par des tubes.

Le second problème posé par le nettoyage des tuyaux est également lié au revêtement de fonderie. La soudure autour du revêtement de fonderie brûle et carbonise le vernis dans les zones l'entourant et ne peut pas être retirée par un traitement de nettoyage normal chez un galvaniseur. Cette suie doit être éliminée par projection d'abrasifs ou d'autres méthodes de nettoyage mécanique avant la livraison de l'acier à l'usine de galvanisation.

La principale raison d'être des trous de ventilation et de drainage est de permettre à l'air d'être évacué, permettant ainsi à la pièce d'être complètement immergée dans les solutions de nettoyage et le zinc fondu. Le dimensionnement et l'emplacement appropriés des trous rendent la galvanisation plus sûre et fournissent un revêtement optimal. La raison secondaire de la ventilation et du drainage est d'empêcher que les pièces soient endommagées. Toutes les solutions de décapage ou les eaux de rinçage qui pourraient rester emprisonnées dans un raccord aveugle ou fermé se transformeront en vapeur ou en gaz brûlants pouvant exercer une pression de 3 600 psi (1 100 MPa) lors de l'immersion dans le zinc fondu. Cette pression a non seulement la capacité d'endommager la fabrication à galvaniser, mais elle peut également mettre en danger le personnel et le matériel de galvanisation.

C'est pourquoi, pour fournir sans danger et efficacement une protection contre la corrosion sur la surface intérieure des pièces creuses, des passages amples permettant un écoulement sans obstacle vers l'intérieur et vers l'extérieur des pièces doivent être prévus dans les assemblages. Une bonne galvanisation est obtenue quand l'intérieur et l'extérieur d'un produit sont complètement nettoyés et recouverts de zinc.

Les pièces sont immergées et retirées de la cuve de galvanisation en formant un angle; ainsi, les trous de ventilation doivent se situer à l'endroit le plus élevé et les trous de drainage à l'endroit le plus bas. Toutes les sections de tuyaux fabriquées doivent être reliées entre elles par des raccords en T complètement ouverts ou des joints à onglet. Chaque section fermée doit comporter un trou de ventilation à chaque extrémité.

La plupart des galvaniseurs préfèrent identifier visuellement la ventilation depuis l'extérieur afin de vérifier si la ventilation est adéquate et également de déterminer que la ventilation n'a pas été oubliée par erreur. Certains galvaniseurs peuvent hésiter à traiter des assemblages compliqués de tuyaux à moins que toute la ventilation soit visible de l'extérieur et facilement accessible pour inspection (Figure 18).

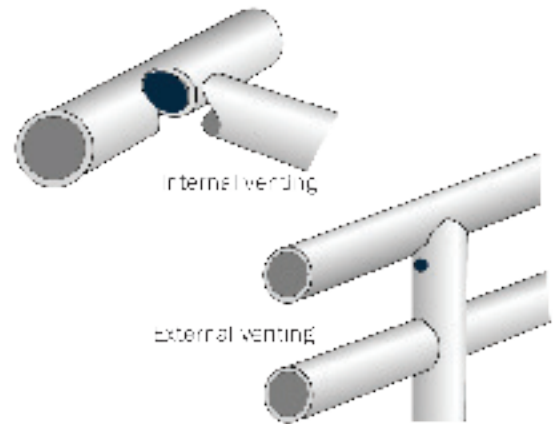


Figure 18: Ventilation

Les plaques d'assise et les plaques de bout doivent être conçues pour faciliter la ventilation et le drainage. Le découpage total de la plaque offre une obstruction minimale à une circulation libre et complète de l'intérieur et de l'extérieur du tuyau. Puisque ce n'est pas toujours possible, l'utilisation de trous de ventilation dans la plaque offre une solution.

Les trous de ventilation sont fréquemment laissés ouverts, mais peuvent être fermés à l'aide de capuchons à visser ou de bouchons après la galvanisation. Des méthodes variées de ventilation sont acceptables (Figure 19), mais il faut garder à l'esprit que ces trous soient ultérieurement fermés, au besoin ou le cas échéant.

Il est recommandé que les structures tubulaires soient complètement immergées en une seule fois dans la cuve de galvanisation. Ceci réduit au minimum les problèmes potentiels de revêtement intérieur qui, en raison de la taille et de la forme de la pièce, peuvent être difficiles à détecter pendant l'inspection.

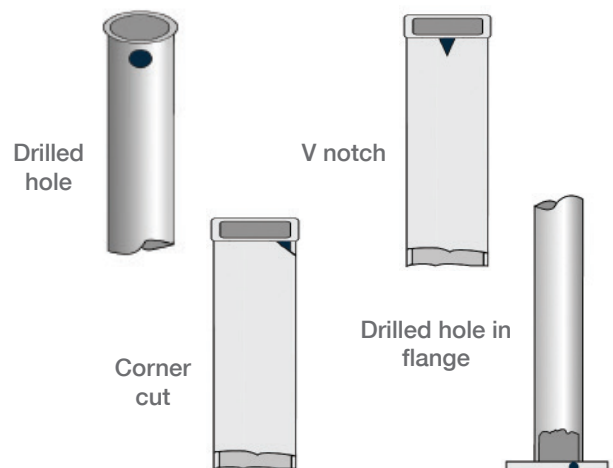


Figure 19: Options de trou d'évent



Les dessins suivants illustrent les conceptions recommandées pour les fabrications tubulaires et les structures creuses. Les dimensions des trous de ventilation sont les dimensions minimales requises.

## MAIN COURANTE (FIGURES 20 - 22)

La Figure 20 illustre la conception la plus souhaitable pour les fabrications de main courante destinées à la galvanisation. Elle montre la ventilation interne ainsi que la quantité minimale de trous de ventilation externes.

1. Les trous de ventilation externes doivent être aussi près que possible de la soudure et avoir un diamètre d'au moins 9,5 mm (3/8 po).
2. Pour obtenir la meilleure qualité de galvanisation et le plus faible coût de galvanisation, les trous internes doivent être du même plein diamètre intérieur que le tuyau.
3. Les trous de ventilation dans les sections d'extrémité ou dans des sections similaires doivent avoir un diamètre de 12,7 mm (1/2 po).
4. Les extrémités doivent être complètement ouvertes. Tout dispositif utilisé pour l'érection sur le chantier qui empêche l'ouverture complète aux extrémités des rails horizontaux et des pieds verticaux doit être galvanisé séparément et attaché après galvanisation.

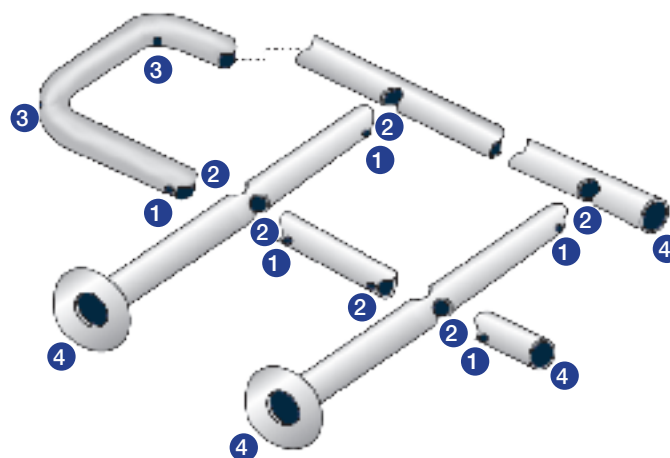


Figure 20: Les trous d'aération doivent être visibles à l'extérieur de tous les assemblages de tuyaux pour permettre la vérification de la ventilation interne

La Figure 21 illustre une alternative acceptable si des trous internes complets (le plein diamètre intérieur du tuyau) ne sont pas intégrés dans la conception de la main courante.

1. Chaque trou de ventilation externe doit être aussi près que possible des soudures et avoir un diamètre égal à 25 % du diamètre intérieur du tuyau, sans toutefois être inférieur à 10 mm (3/8 po). Les deux trous à chaque extrémité et à chaque intersection doivent être à 180° de part et d'autre et se situer à l'endroit approprié comme indique l'illustration.
2. Les trous de ventilation dans les sections d'extrémité ou dans des sections similaires doivent avoir un diamètre de 13 mm (1/2 po).
3. Les extrémités doivent être complètement ouvertes. Tout dispositif utilisé pour l'érection sur le chantier qui empêche l'ouverture complète aux extrémités des rails horizontaux et des pieds verticaux doit être galvanisé séparément et attaché après galvanisation.

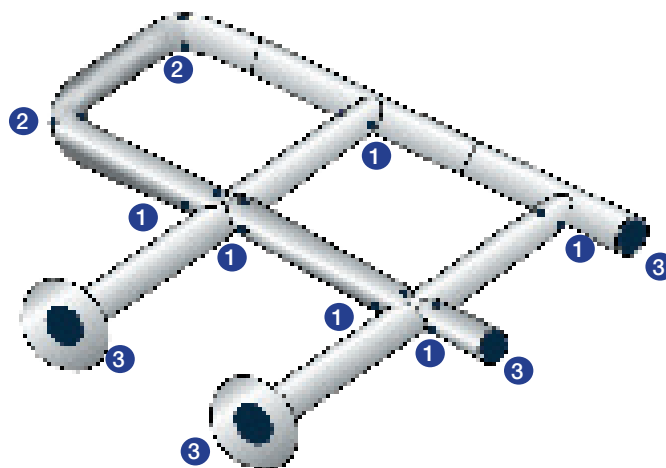


Figure 21: Les trous d'aération extérieurs doivent être visibles sur la paroi extérieure de l'assemblage de tuyaux

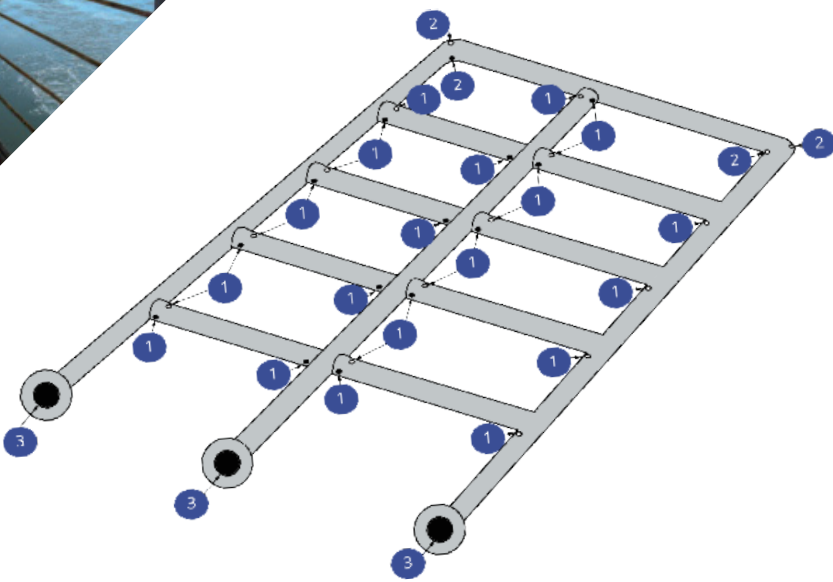
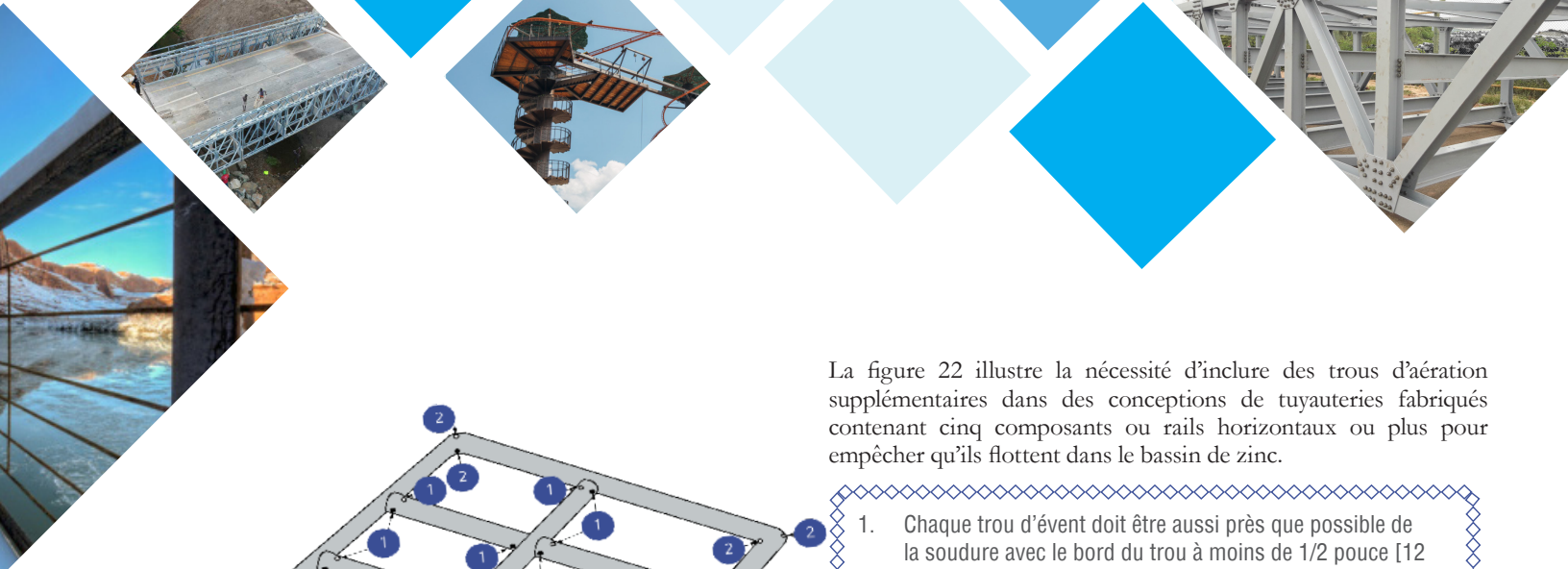


Figure 22: Ventilation pour les conceptions contenant cinq rails horizontaux ou plus

La figure 22 illustre la nécessité d'inclure des trous d'aération supplémentaires dans des conceptions de tuyauteries fabriqués contenant cinq composants ou rails horizontaux ou plus pour empêcher qu'ils flottent dans le bassin de zinc.

1. Chaque trou d'évent doit être aussi près que possible de la soudure avec le bord du trou à moins de 1/2 pouce [12,7 mm] du bord du cordon de soudure et au moins à 3/8 pouce [9,5 mm] de diamètre. Les deux trous à chaque intersection doivent être à une distance de 180 ° et au bon endroit, comme indiqué.
2. Les trous d'évent dans les sections d'extrémité ou dans des sections similaires doivent être d'au moins 1/2 pouce [12,7 mm] de diamètre, mais peuvent être considérés comme facultatifs selon l'orientation de levage pendant la galvanisation ou pour obtenir une qualité de revêtement supérieure.
3. Tout dispositif utilisé pour le montage sur le terrain qui empêche les ouvertures complètes sur les pieds verticaux doit être joint après la galvanisation à chaud.

## FERMES EN TUBES RECTANGULAIRES (FIGURE 23)

### Sections Verticales

Les exemples A et B de la Figure 22 illustrent les emplacements des trous pour les membrures verticales. Chaque membrure verticale doit avoir deux trous à chaque extrémité, à 180° de part et d'autre et alignés avec les membrures horizontales. De préférence, les trous doivent avoir la même taille et la surface occupée par les deux trous à chaque extrémité doit être égale à au moins 30 % de la surface de la section.

### Plaques de bout — horizontales

1. La fabrication la plus souhaitable est complètement ouverte.
2. D'après la figure 23, si  $H + L = 24$  pouces (61 cm) ou plus, la surface du trou, plus les clips, doit être égale à 25% de la surface du tube ( $H \times L$ ).
  - ◇ Si  $H + W =$  moins de 24 pouces (61 cm) mais plus de 16 pouces (41 cm), la surface du trou, plus les clips, doit être égale à 30% de la surface du tube.
  - ◇ Si  $H + W =$  moins de 16 pouces (41 cm) mais plus de 8 pouces (20 cm), la surface du trou, plus les clips, doit être égale à 40% de la surface du tube.
  - ◇ Si  $H + W =$  moins de 8 pouces (20 cm), laissez-le ouvert.

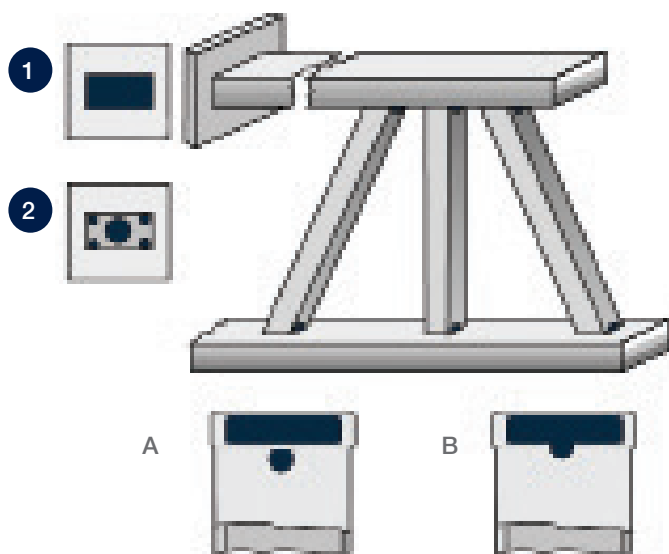


Figure 23: Les trous à chaque extrémité des fermes à tubes rectangulaires doivent être entièrement ouverts

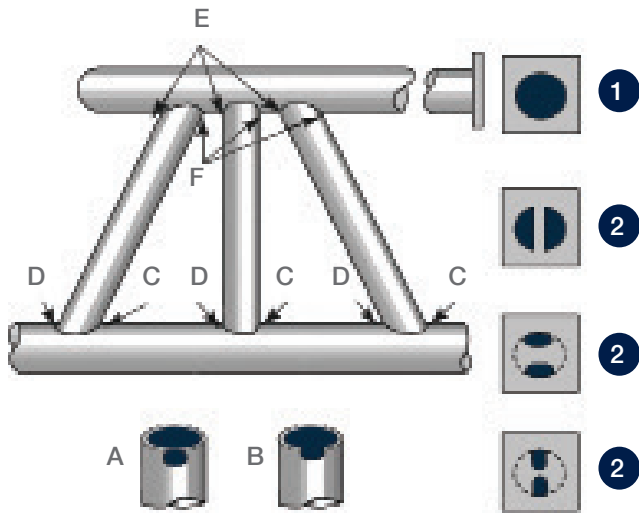
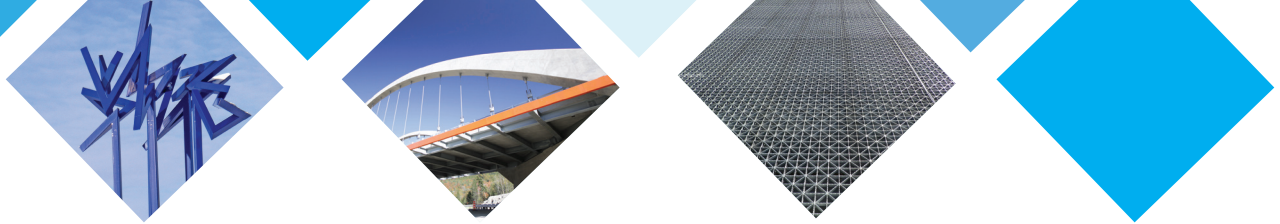


Figure 24: Les trous de ventilation et de drainage doivent avoir la même dimension que le tuyau, sinon choisir entre une des quatre alternatives possible

## FERMES EN TUBES RONDS 3" (7.6 CM) ET PLUS GRAND 3 (FIGURE 24)

### Sections verticales

Les emplacements des trous pour les membrures verticales doivent être comme indique l'illustration pour les exemples A et B de la Figure 23. Chaque membrure verticale doit avoir deux trous à chaque extrémité, à 180° de part et d'autre et alignés avec les membrures horizontales comme indiqué par les flèches. De préférence, les trous doivent avoir la même taille et la surface occupée par les deux trous à chaque extrémité des éléments verticaux (surfaces C et D ou surfaces E et F) doit représenter au moins 30 % de la surface de la section.

1. La fabrication la plus souhaitable est complètement ouverte, le diamètre des trous étant le même que le diamètre intérieur du tube.
2. Les substituts devraient être égaux, avoir des ouvertures comme indique l'illustration et représenter au moins 30 % du diamètre intérieur.

### Plaques de bout — horizontales

## COLONNES, POUTRELLES TUBULAIRES, LAMPADAIRES ET POTEAUX DE LIGNE DE TRANSMISSION (FIGURE 25)

Avec plaques d'assise et avec ou sans couronne

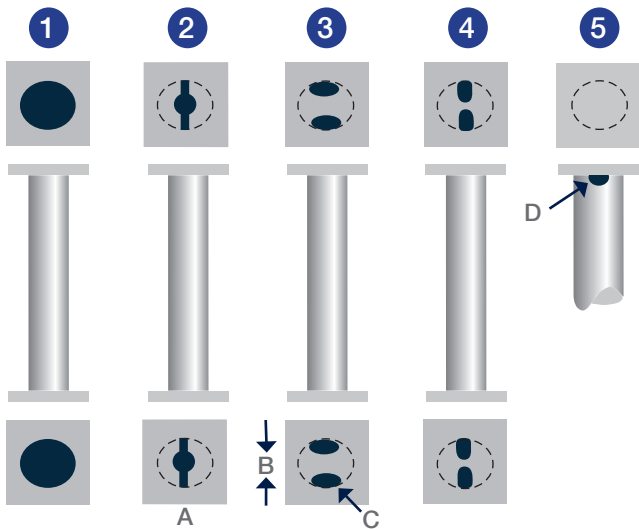


Figure 25: Colonnes, poutrelles tubulaires, lampadaires et poteaux de ligne de transmission

1. La fabrication la plus souhaitable est complètement ouverte à l'extrémité, le diamètre étant le même que celui de la section supérieure et inférieure.
2. Substitut égal si la pleine ouverture n'est pas permise.
3. Substitut égal si la pleine ouverture n'est pas permise.
4. Substitut égal si la pleine ouverture n'est pas permise.
5. Ceci doit être utilisé quand aucun trou n'est permis dans la couronne ou la plaque d'assise: deux demi-cercles à 180° de part et d'autre et aux extrémités opposées du poteau.

1. Extrémité complètement ouverte
2. Encoche A = 19 mm (¾ po), trou central B = 7,6 cm (3 po) de diamètre
3. Demi-cercle C = 4,4 cm (1¼ po) de rayon
4. Ouverture ovale = 4,4 cm (1¼ po) de rayon
5. Demi-cercle D = 4,1 cm (1- 5/8 po) de rayon

### Emplacement des ouvertures

#### Dimensions (Figure 25)

Pour les tuyaux de 7,6 cm (3 po) et plus grands, les ouvertures à chaque extrémité doivent être égales à au moins 30 % du diamètre intérieur du tuyau. Pour les tuyaux plus petits que 7,6 cm (3 po), l'ouverture doit être égale à au moins 45 % du diamètre intérieur. Ce qui suit est un exemple de dimensions pour une section de 15,2 cm (6 po) de diamètre:





## SECTION RECTANGULAIRES (FIGURE 26)

La Figure 26 montre l'emplacement des trous et des coins agrafés, qui doivent être alignés. En utilisant les formules suivantes, le Tableau 1 indique les dimensions typiques des trous pour des sections rectangulaires carrées uniquement. Pour la section rectangulaire, calculez la surface nécessaire et vérifiez avec votre galvaniseur pour le positionnement des ouvertures. Les goussets internes doivent être espacés d'au moins 36 pouces (91,4 cm).

### Sections rectangulaires

1.  $H + L = 61 \text{ cm (24 po)}$  ou plus, la surface du trou, plus les agrafes, doit être égale à 25% de la surface de la section ( $H \times L$ ).
2.  $H + L =$  moins de 61 cm (24 po), mais plus de 38,4 cm (16 po), la surface du trou, plus les agrafes, doit être égale à 30% de la surface de la section.
3.  $H + L =$  moins de 38,4 cm (16 po), mais plus de 19,2 cm (8 po), la surface du trou, plus les agrafes, doit être égale à 40% de la surface de la section.
4.  $H + L = 19,2 \text{ cm (8 po)}$ , laissez complètement ouvert, ni plaque de bout ni gousset interne.

## BRAS INDICATEUR AMINCI (FIGURE 27)

La petite extrémité "A" doit être complètement ouverte.

### Extrémité de plaque de poteau

1. La fabrication la plus souhaitable consiste à avoir l'extrémité complètement ouverte.
2. Les alternatives acceptables, les demi-cercles, les encoches et les trous ronds doivent avoir un diamètre égal à 30% du diamètre intérieur de l'extrémité du poteau du bras fuselé pour 7,6 cm (3 po) et plus. L'ouverture doit être égale à 45% de l'extrémité du poteau du bras évasé si le diamètre intérieur est inférieur à 7,6 cm (3 po).

Les goussets internes et les brides d'extrémité doivent également être fournis avec des trous de ventilation et de drainage. Pour les profilés creux et cylindriques, les emplacements des trous doivent être diamétralement opposés, au niveau des extrémités opposées de la membrure.

Pour les profilés creux et rectangulaires, les quatre coins des goussets internes doivent être éboutés. Les goussets internes de toutes les grandes sections creuses doivent être fournis avec une ouverture supplémentaire au centre. Quand il y a des brides ou des plaques de bout, il est plus économique de situer les trous dans les brides ou les plaques plutôt que dans la section.

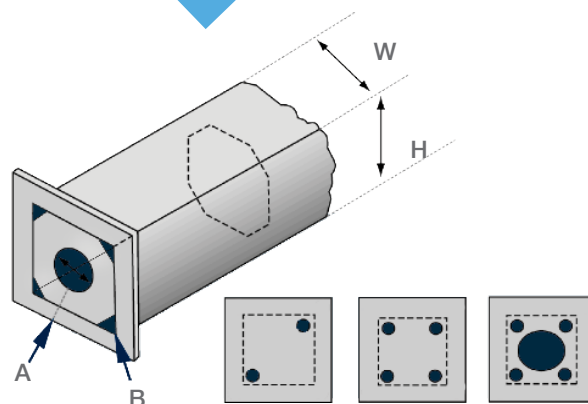


Figure 26: Section rectangulaires

Box Size (H+W)	Hole Diameter (A)	Clipped Corner Length (B)
48 inch (122 cm)	8 inch (203 mm)	6 inch (152 mm)
36 inch (91 cm)	6 inch (152 mm)	5 inch (127 mm)
32 inch (81.3 cm)	6 inch (152 mm)	4 inch (102 mm)
28 inch (71 cm)	6 inch (152 mm)	3 inch (76 mm)
24 inch (61 cm)	5 inch (127 mm)	3 inch (76 mm)
20 inch (50.8 cm)	4 inch (102 mm)	3 inch (76 mm)
16 inch (40.6 cm)	4 inch (102 mm)	2 inch (51 mm)
12 inch (30.5 cm)	3 inch (76 mm)	2 inch (51 mm)

Tableau 1: Tailles de trou typiques pour les sections de boîte

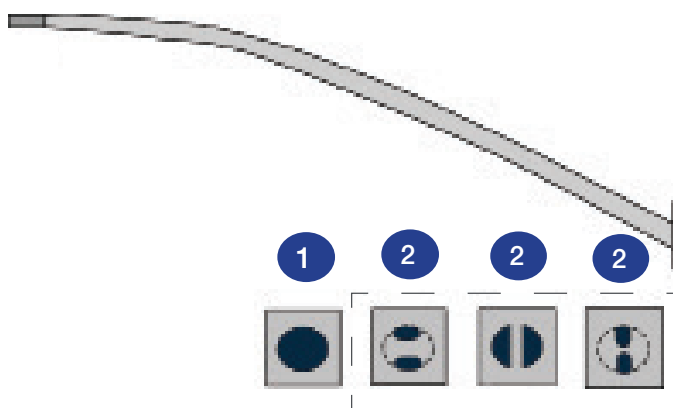


Figure 27: Bras indicateur aminci

## VENTILATION ET DRAINAGE APPROPRIÉS DE FABRICATIONS FERMÉES ET SEMI-FERMÉES

Les citernes et les cuves fermées doivent être conçues pour permettre aux solutions de nettoyage, aux flux et au zinc fondu de pénétrer au niveau du fond et à l'air de circuler vers le haut à travers l'espace clos et de ressortir par une ouverture au niveau du point le plus élevé. Ceci empêche l'air d'être emprisonné quand la pièce est immergée (Figure 28). La conception doit également prévoir le drainage complet des détails intérieurs et extérieurs pendant le retrait. L'emplacement et la taille des trous de remplissage et de drainage sont importants. En règle générale, plus le trou est gros, plus l'air et le zinc circulent facilement.

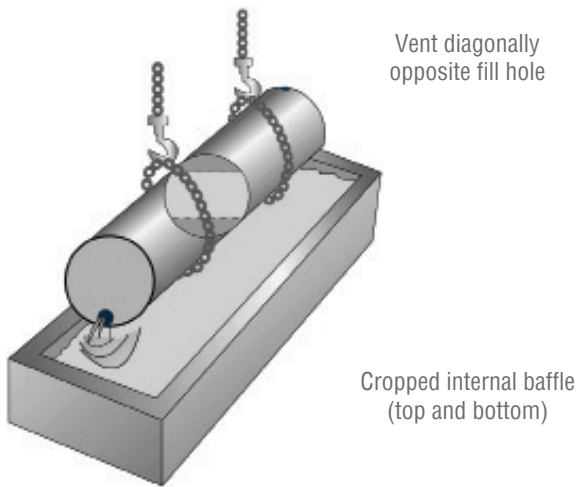


Figure 28: Ventilation de pièces fabriquées fermées

Quand les surfaces internes et externes doivent toutes les deux être galvanisées, il faut prévoir au moins un trou de remplissage/drainage et un trou de ventilation. Le trou de remplissage/drainage doit être aussi grand que le permet la conception, mais d'un diamètre d'au moins 3 po pour chaque verge cube (10 cm pour chaque mètre cube) de volume. Le diamètre minimal est de 5 cm (2 po). Prévoyez des trous de ventilation de la même taille et diagonalement opposés au trou de remplissage/drainage qui permettent à l'air de s'échapper.

Pour les citernes, les chicanes internes doivent être éboutées en haut et en bas ou fournies avec des trous de drainage adaptés pour permettre le libre écoulement du zinc fondu. Les trous d'homme, les trous de poing et les ouvertures doivent être alignés à l'intérieur pour éviter d'emprisonner du zinc en excès (Figure 29-30). Les ouvertures doivent être placées de telle sorte que le flux sur la cuve puisse flotter à la surface du bain. Ces ouvertures empêchent également la formation de poche d'air qui peuvent rendre impossible le nettoyage de l'intérieur de la cuve.

Les pièces telles que les cuves ou les échangeurs thermiques galvanisés uniquement à l'extérieur doivent être équipées de cols d'entrée d'air ou de rallonges de tuyau de ventilation. Ces ouvertures fournissent une sortie d'air de la cuve au-dessus du niveau du zinc fondu dans la cuve de galvanisation (Figure 31). Consultez votre

galvaniseur avant d'utiliser ces raccords temporaires, parce qu'il faut du matériel spécial.

La communication avec votre galvaniseur, notamment le passage en revue, avant la fabrication, des dessins des cuves fermées ou partiellement fermées, est essentielle. Les galvaniseurs peuvent recommander avant la fabrication des changements qui devraient fournir un meilleur produit galvanisé et demander moins de temps donc moins d'argent pour effectuer tous les changements pouvant être garantis.

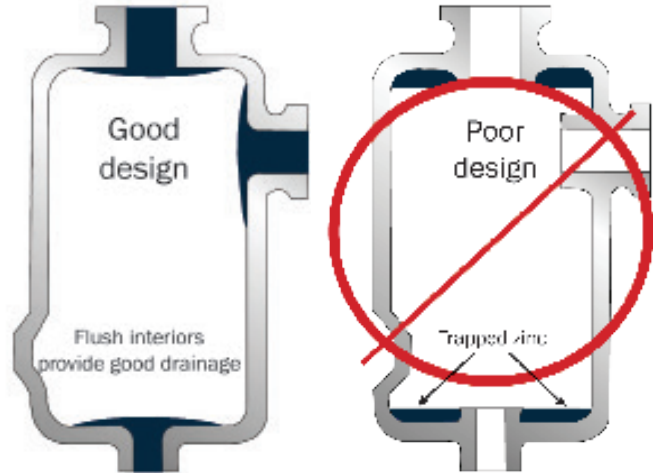


Figure 29: Ventilation correcte et inappropriée

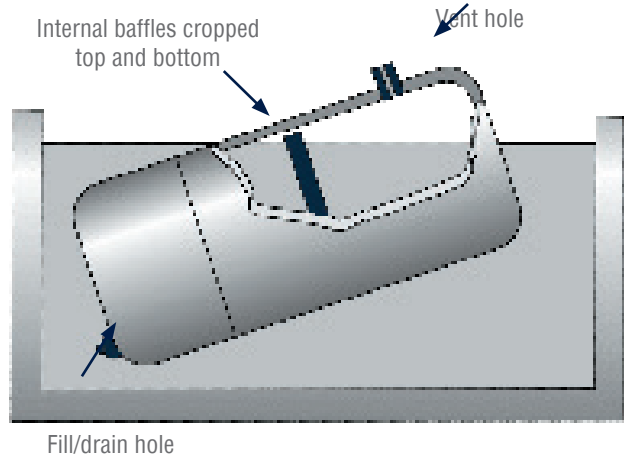


Figure 30: Citerne

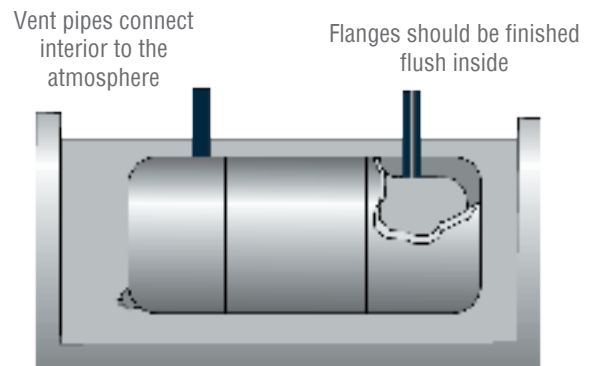


Figure 31: Citerne

## PRÉCAUTIONS POUR LES SURFACES SE CHEVAUCHANT ET SE TOUCHANT

Lors de la conception de pièces à galvaniser après la fabrication, il est préférable quand cela est possible d'avoir des espaces étroits entre les plaques, les surfaces se chevauchant, les angles dos à dos et les rigoles (Figure 32).

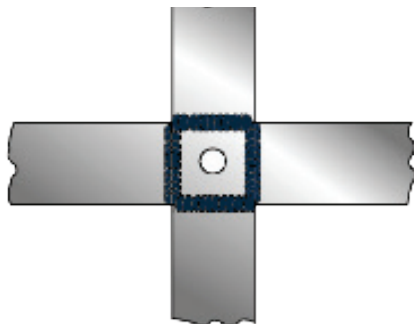


Figure 32: Surfaces se chevauchant

Quand le chevauchement de surfaces en contact ne peut pas être évité et que l'écart est de 2,5 mm (3/32 po) ou moins, toutes les arêtes doivent être complètement étanchéifiées par soudage. La viscosité du zinc l'empêche de pénétrer dans tout espace de moins de 2,5 mm (3/32 po). S'il y a une ouverture, les solutions de nettoyage moins visqueuses pénétreront, mais pas le zinc. Les solutions emprisonnées peuvent entraîner l'oxyde de fer à suinter du joint plus tard.

Il est important de communiquer avec votre galvaniseur avant de construire toute pièce qui comprendra des surfaces se chevauchant. Le choix entre un joint soudé complètement étanche et pouvant se dilater et se fissurer s'il est exposé aux températures de galvanisation et un joint soudé de façon discontinue pouvant suinter et couler plus tard est difficile à faire. L'expérience de votre galvaniseur peut être très bénéfique pour vous aider à prendre cette décision.

Quand un joint soudé est complètement étanche, il ne doit y avoir ni imperfections de soudage ni piqûres. La pénétration de l'humidité dans la cavité étanche pourrait être à l'origine de risques importants pour la sécurité pendant le processus de galvanisation à chaud, car l'air scellé se dilatera fortement quand la pièce atteindra la température de galvanisation. La dilatation des gaz peut forcer le zinc fondu à jaillir en éclaboussures hors du bain et mettre en danger les ouvriers galvaniseurs.

## PROBLÈMES CAUSÉS PAR LES SURFACES EN CHEVAUCEMENT

- ◇ Les acides de préparation de surfaces pourront pénétrer entre les surfaces de chevauchement et lors de la galvanisation, ces liquides seront vaporisés et pourront affecter la galvanisation au pourtour.
- ◇ Les sels de solution de nettoyage peuvent être retenus dans ces espaces exigus dans la mesure où un rinçage adéquat est impossible. Le revêtement galvanisé peut être de bonne qualité dans la zone adjacente, mais l'humidité rencontrée au courant des semaines ou même des mois plus tard, pourra réhydrater ces sels. Ceci contribuera à la formation de taches de rouille inesthétiques suintant sur le revêtement galvanisé.
- ◇ Les solutions de nettoyage n'élimineront pas efficacement les huiles et les graisses emprisonnées entre les surfaces étroites. Toutes les huiles et les graisses résiduelles se volatiliseront partiellement lors de l'atteinte de la température de galvanisation. Ceci donnera lieu à un revêtement de zinc insatisfaisant dans la zone entourant le joint de recouvrement.
- ◇ Les dimensions de ventilation pour les surfaces se chevauchant étroitement sont énumérées ci-dessous (Tableau 2).

Si la surface de chevauchement étanchéifiée par la soudure est grande, il devrait y avoir des trous de ventilation percés à travers un ou deux côtés de la surface de chevauchement. Ceci pour empêcher que l'humidité qui pénètre par une piqûre dans la soudure génère une pression excessive pendant l'immersion dans le bain de galvanisation. Plus la surface est grande, plus la ventilation devient importante. Consultez votre galvaniseur ou la publication de l'AGA Détails recommandés pour les structures galvanisées et concernant la taille et la quantité des trous de ventilation. Les trous de ventilation peuvent être scellés après galvanisation. La soudure étanche n'est pas obligatoire, mais elle empêche l'humidité d'être emprisonnée et de pouvoir entraîner la formation de taches et de coulures de rouille.

Superficie superposée en 2 (cm <sup>2</sup> )	Trous d'aération pour chevauchement Zones pour les aciers ½ po. (12,75 mm) ou moins d'épaisseur		Trous d'aération pour chevauchement Superficie des aciers supérieurs à ½ po (12,75 mm) d'épaisseur	
	Trous d'aération	Zone non soudée	Trous d'aération	Zone non soudée
sous 16 (103)	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun
16 (103) à moins de 64 (413)	Un 3/8 in (1 cm)	1 in (2.5 cm)	Aucun	Aucun
64 (413) à moins de 400 (2580)	Un ½ in (1.25 cm)	2 in (5.1 cm)	Un ½ in (1.25 cm)	2 in (5.1 cm)
400 (2580) et plus, chaque 400 (2580)	Un ¾ in (1.91 cm)	4 in (10.2 cm)	Un ¾ in (1.91 cm)	4 in (10.2 cm)

Tableau 2: Tailles de ventilation pour les surfaces superposées



Quand deux barres rentrent en contact en formant un angle, un écart d'au moins 2,5 mm (3/32 po) après soudage doit être prévu pour assurer que la zone est mouillée par le zinc fondu (Figure 33). Une soudure d'angle discontinue peut être utilisée. Elle peut être effectuée sur un côté de la barre uniquement, ou au besoin, des soudures d'angle alternées et discontinues peuvent être utilisées sur les deux côtés pour qu'une poche ne puisse pas se former. Toutefois, ce type de soudure peut ne pas être adapté pour les membrures porteuses.



Figure 33: Écart de 2,5 mm (3/32 po) après soudage

## PROCÉDURES DE SOUDAGE ET ÉLIMINATION DU FLUX DE SOUDAGE

Quand des pièces soudées sont galvanisées, la propreté de la surface de la zone soudée et la composition métallique de la soudure elle-même ont une influence sur les caractéristiques du revêtement galvanisé. Les matériaux galvanisés peuvent être soudés facilement et de façon satisfaisante en utilisant toutes les techniques communes de soudage. Les techniques spécifiques peuvent être obtenues de bonne source auprès de l'American Welding Society (aws.org ou 800-443-9353) ou de votre fournisseur de matériel de soudage. Des renseignements supplémentaires sur le soudage de l'acier galvanisé peuvent être obtenus auprès de l'AGA.

Les baguettes de soudage à forte concentration de silicium peuvent rendre les revêtements galvanisés qui se forment sur la soudure excessivement épais et/ou foncés. Pour les produits lisses soudés ensemble à l'aide de baguettes de soudage à forte concentration de silicium, le revêtement sur le matériau de soudage sera plus épais que le revêtement autour, formant ainsi une bosse isolée au sein d'un produit lisse. Une baguette à très faible concentration en silicium devrait être utilisée.

### CONSEJOS PARA SOLDAR ANTES DE GALVANIZAR

- ◇ Pour le soudage, une électrode non enrobée doit être utilisée le cas échéant pour empêcher les dépôts de flux sur l'acier ou le produit.
- ◇ Les résidus de flux de soudage sont chimiquement inertes dans les solutions de décapage communément utilisées par les galvaniseurs; c'est pourquoi leur présence produira des surfaces rugueuses et des vides de revêtement. Si on utilise une électrode enrobée, tous les résidus de flux de soudage doivent être éliminés par passage à la brosse métallique, burinage, meulage, pistolet pneumatique à aiguilles ou nettoyage par projection d'abrasifs (Figure 34).
- ◇ Les procédés de soudage, par exemple sous gaz inerte (MIG), à l'électrode de tungstène (TIG) ou sous dioxyde de carbone (CO) sont recommandés puisqu'ils ne produisent essentiellement aucun laitier. Toutefois, il peut y avoir de petits résidus ressemblants à du flux qui doivent être éliminés en les burinant.
- ◇ Dans le cas d'assemblages mécanosoudés, la méthode de soudage à l'arc sous flux en poudre est recommandée.
- ◇ Si aucune de ces méthodes n'est disponible, sélectionnez une baguette enrobée spécifiquement conçue pour "l'auto-décrassage", comme le recommandent les fournisseurs de matériel de soudage.
- ◇ Choisissez une baguette de soudage fournissant une composition de soudure déposée aussi proche que possible du métal parent. La composition et la compatibilité permettront d'obtenir un aspect du revêtement galvanisé plus uniforme.

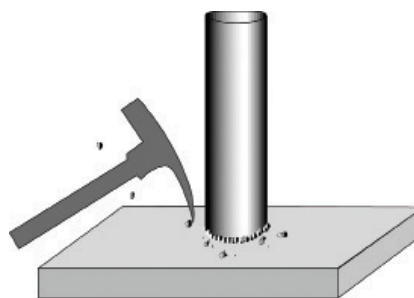


Figure 34: Résidus de flux de soudage retirés par burinage

Processus de Soudage	Lincoln Electric Électrode de soudage	Désignation AWS	Silicium (% en poids)
SMAW	Jetweld 2	E6027	0.22-0.26%
	Fleetwood 35 LS	E6011	0.10-0.18%
SAW	L60-860	F6A2-EL12	0.24%
FCAW	*NR-203 NiC+	E71T8-K2	0.06%
	NR 203 MP	E71T-8J	0.22-0.26%
	NR 233	E71T-8	0.19-0.20%
	NR 311	E70T-7	0.12-0.13%

Tableau 3: Directives pour le taraudage d'écrous et de filets intérieurs à une dimension supérieure



## PIÈCES FILETÉES

La galvanisation à chaud de la boulonnerie est recommandée pour une utilisation avec les sous-assemblages et les assemblages galvanisés à chaud. Les écrous, boulons et vis galvanisés sont disponibles dans toutes les tailles communes chez les fournisseurs. Les assemblages boulonnés devraient être envoyés démontés chez le galvaniseur. Les écrous, boulons et goujons à galvaniser doivent également être fournis démontés.

Puisque la galvanisation à chaud est un revêtement de zinc anticorrosion extrêmement résistant à l'abrasion sur de l'acier nu, l'acier d'origine devient légèrement plus épais. Quand il s'agit de trous et d'attaches taraudés, l'augmentation de l'épaisseur est importante.

Les boulons sont complètement galvanisés, mais les filets internes sur les écrous doivent être taraudés à une dimension supérieure après galvanisation pour tenir compte du plus grand diamètre des boulons. Tandis que le taraudage des écrous après galvanisation est le résultat d'un filet intérieur sans enduit, le revêtement de zinc sur le filet extérieur protégera les deux composants contre la corrosion. Par mesure d'économie, les écrous sont habituellement galvanisés en blanc et les filets taraudés à une dimension supérieure après galvanisation (Figure 34).

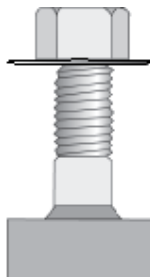


Figure 35: Filet taraudé à une dimension supérieure

Le tableau 3 (page suivante) indique le chevauchement recommandé pour les écrous et le filetage intérieur, comme indiqué dans la norme ASTM A563, Spécifications pour les écrous en acier au carbone et en acier allié. Sur les filets de plus de 38 mm (1-1 / 2-inch), il est souvent plus pratique, si la résistance de conception le permet, de couper le filetage mâle de 0,031 pouce (0,8 mm) avant la galvanisation afin qu'un taraud standard puisse être utilisé sur l'écrou. Dans la mesure du possible, il est recommandé de tarauder les trous filetés après la galvanisation afin d'éviter les coûts de double taraudage et la possibilité de filetage croisé.

Pour retirer l'excès de zinc et produire des revêtements plus lisses, les petites pièces, notamment les attaches, sont centrifugées dans une machine spéciale quand on les retire du bain de galvanisation. Les pièces trop longues ou trop grosses pour être centrifugées, par exemple les longues tiges filetées, peuvent être brossées quand elles sont chaudes pour retirer l'excès de zinc des filets. Les goujons soudés à des assemblages peuvent nécessiter d'être nettoyés une fois que l'assemblage s'est refroidi. Ceci nécessite un réchauffage à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique et d'un broyage pour retirer le zinc en excès. Au besoin, des alternatives doivent être envisagées pour les goujons soudés.

Le masquage pour empêcher la galvanisation des filets sur les tuyaux ou les raccords est très difficile. La pratique recommandée consiste à nettoyer et à tarauder après galvanisation. Il est parfois spécifié que les dispositifs d'arrimage (par exemple les tiges et les boulons d'ancrage filetés) soient galvanisés dans les zones filetées uniquement ou dans les zones qui seront exposées au-dessus du sol. En raison de la manutention supplémentaire nécessaire, ceci peut s'avérer plus cher que la galvanisation complète de la pièce. La galvanisation complète peut être spécifiée pour des pièces à arrimer dans le béton. La recherche a prouvé la forte adhérence et la résistance de l'acier galvanisé dans le béton.

Taille nominale de l'écrou (pouces) et pitch	Diamétral Allocation (pouces)
0.250-20	0.016
0.312-18	0.017
0.375-16	0.017
0.437-14	0.018
0.500-12	0.018
0.562-12	0.020
0.625-11	0.020
0.750-10	0.020
0.875-9	0.022
1.000-8	0.024
1.125-8	0.024
1.125-7	0.024
1.250-8	0.024
1.250-7	0.024
1.375-8	0.027
1.375-6	0.027
1.500-8	0.027
1.500-6	0.027
1.750-5	0.050
2.000-4.5	0.050
2.500-4.5	0.050
2.500-4	0.050
2.750-4	0.050
3.000-4	0.050
3.250-4	0.050
3.500-4	0.050
3.750-4	0.050
4.000-4	0.050

\* Pour la tolérance de dépassement métrique, voir ASTM A563M, section 7

Tableau 4: Dimensions des trous de dégagement à utiliser dans des conditions critiques de glissement



Selon le type de connexion structurelle, les trous traversants peuvent être surdimensionnés s'ils doivent contenir un boulon après assemblage. Section J3.2 du Manuel AISC de l'acier Construction: Conception à facteur de charge et de résistance (LRFD manuel) indique que les trous surdimensionnés ne doivent pas être utilisés dans le type de roulement Connexions. Par conséquent, cela peut nécessiter un déblocage ou alésage du trou après galvanisation lorsque les trous standard sont spécifiés pour les assemblages de roulements contenant des boulons de taille inférieure de 1 pouce de diamètre nominal.

Pour les connexions à glissement critique, un trou de dégagement de 1/8 pouce plus grand que le diamètre nominal du boulon peut être spécifié pour tous dimensions nominales des boulons pour fournir un trou de dégagement pour s'adapter un boulon galvanisé sans dégagement de trou. Par conséquent standard dimensions des trous de dégagement selon ANSI / AISC 360 Spécification pour les bâtiments en acier de construction ou AASHTO Les spécifications de conception du pont LRFD peuvent être spécifiées dans le bordereau les connexions critiques impliquant des boulons de un pouce ou plus, car le trou standard est déjà de taille 1/8 de pouce plus grand que le diamètre du boulon. Pour les connexions à glissement critique où le la taille du boulon est inférieure à 1 pouce, spécifiez des trous surdimensionnés 1/8 pouce de plus que le diamètre nominal du boulon (Tableau 5).

Diamètre nominal du boulon (db) [in]	Diamètre du trou de dégagement standard [po]	Diamètre du trou pour minimiser l'alésage après HDG [po]	Diamètre de trou de dégagement maximal [po]
1/4	5/16	3/8	3/8
1/2	9/16	5/8	5/8
5/8	11/16	6/8	13/16
3/4	13/16	7/8	15/16
7/8	15/16	1	1-1/16
1	1-1/8	1-1/8	1-1/4
$d_b \geq 1-1/8$	$d_b + 1/8$	$d_b + 1/8$	$d_b + 5/16$

Tableau 5: Tailles des trous de dégagement à utiliser dans des conditions critiques de glissement

Lorsque des trous surdimensionnés sont utilisés, le concepteur doit évaluer la réduction de la capacité de glissement due à la réduction de la zone de connexion afin d'éviter tout glissement. Pertinent les spécifications exigent que la résistance au glissement de la conception soit réduite de 15% pour les connexions utilisant des trous traversants surdimensionnés pouvant conduire à des boulons supplémentaires dans la conception de la connexion. De plus, l'utilisation de trous surdimensionnés peut ne pas être autorisée pour certaines conceptions tels que les épissures boulonnées des poutres de pont.

Pour les autres types de connexions nécessitant plus de dégagement des trous pour des raisons d'alignement, les dimensions maximales du surdimensionnement sont indiquées dans la section J3.1, le tableau J3.3 du manuel AISC LRFD ou dans le Tableau 5.

Pour retirer l'excès de zinc et produire des revêtements plus lisses, les petites pièces, incluant les attaches, sont centrifugées dans une machine spéciale quand on les retire du bassin de galvanisation. Les pièces trop longues ou trop larges, par exemple les longues tiges filetées, peuvent être brossées quand elles sont chaudes pour retirer l'excès de zinc des filets. Les goujons soudés à des assemblages peuvent nécessiter d'être nettoyés une fois que l'assemblage s'est refroidi. Ceci nécessite un réchauffage à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique et d'un broyage pour retirer le zinc en excès. Dans la mesure du possible, des alternatives aux goujons soudés doivent être considérées.

Les fabricants de pièces filetées reconnaissent que des procédures spéciales doivent être respectées en usine lorsque vient le temps de galvaniser certaines pièces. En voici quelques exemples:

- ◇ Il est recommandé d'utiliser des barres à faible concentration de carbone puisqu'une concentration élevée de carbone ou de silicium entraîne la création d'un revêtement plus lourd et plus régulier au niveau du filetage.
- ◇ Le refoulement ou le pliage à chaud exige que le fabricant procède au nettoyage en usine pour enlever le tartre avant d'effectuer le filetage. Si ce n'est pas le cas, un décapage excessif des filets sera nécessaire au moment de retirer le tartre.
- ◇ Des outils de fabrication tranchants sont requis. Des filets irréguliers et déchirés s'ouvriront au cours des processus de décapage et de processus de galvanisation. L'utilisation d'outils usés augmente également le diamètre de boulons. Des vérifications fréquentes sont nécessaires lors d'une fabrication en grandes séries.
- ◇ Les filets de dimension standard sont découpés en fonction du boulon, tandis que les écrous de taille standard sont taraudés de nouveau à une dimension supérieure après la galvanisation.

## PIÈCES MOBILES

Lorsqu'un assemblage galvanisé comprend des pièces mobiles (telles que des poignées, des maillons et des arbres), un jeu radial supérieur à 1,5 mm (1/16 po) doit être permis afin de garantir une liberté de mouvement complète une fois le zinc ajouté au cours de la galvanisation (Figure 36). Dans la mesure du possible, le travail doit être conçu de manière à ce que les charnières puissent être boulonnées aux structures, couvercles, boîtiers et autres objets après la galvanisation.

Les charnières doivent être galvanisées séparément, puis assemblées après la galvanisation. Toutes les charnières devant être galvanisées doivent être de type broche. Avant la galvanisation, toutes les arêtes adjacentes doivent être aplanies pour permettre un jeu d'au moins 0,8 mm (1/32 po) (Figure 37). Excès de zinc peut être retiré des trous de cheville au cours de l'assemblage.

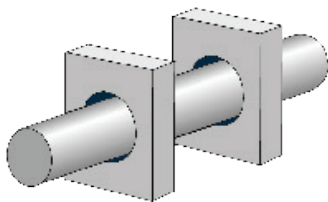


Figure 36: Arbre

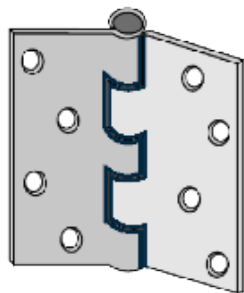


Figure 37: Charnière

Une fois les charnières galvanisées, il est recommandé d'utiliser une cheville de taille inférieure afin de compenser pour le zinc retiré durant la galvanisation. Au besoin, les trous de cheville des charnières peuvent être alésés de 0,8 mm (1/32 po) après la galvanisation pour permettre l'utilisation de chevilles de taille régulière. Sur les charnières, toutes les surfaces adjacentes doivent être réduites de 0,8 mm (1/32 po) sur les deux pièces pour tenir compte de l'épaisseur accrue. Il est nécessaire de procéder au meulage des deux pièces.

Les pièces mobiles doivent parfois être réchauffées afin qu'elles puissent se mouvoir librement. Bien que le chauffage puisse causer une décoloration du revêtement galvanisé à proximité de la zone ayant été réchauffée, cette décoloration n'a aucun impact sur la protection contre la corrosion dont est enduite la surface galvanisée.

## CONSIDÉRATIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LA CONCEPTION

### CONNEXIONS STRUCTURELLES

La présence d'un revêtement galvanisé à chaud sur les surfaces de roulement à billes, ne nuit pas aux performances, ce qui signifie que la galvanisation à chaud peut être utilisée sans affecter les considérations de résistance de conception. Pour la conception de connexions critiques de glissement galvanisées à chaud, le coefficient de glissement des surfaces de contact galvanisées doit être pris en compte. Pour les surfaces de contact non préparées qui ont été galvanisées à chaud, il est actuellement admis que la

surface ait les propriétés de frottement d'une surface de classe A (coefficient de glissement moyen,  $\mu = 0,30$ ). Une brosse métallique ne doit pas être utilisée pour rendre la surface rugueuse. Un coefficient de glissement plus élevé ( $\mu = 0,45$  ou  $\mu = 0,50$ ) peut être obtenu en appliquant des peintures riches en zinc sur des surfaces de contact galvanisées à chaud préparées avec un revêtement de prétraitement / conversion chimique. De plus, pour les produits de ponts et de routes, les surfaces de classe D (surfaces nettoyées par jet, comprenant la galvanisation à chaud peinte avec des revêtements de classe D,  $\mu = 0,45$ ) peuvent être spécifiées. Pour obtenir des informations détaillées sur l'augmentation du coefficient de glissement des surfaces d'aération galvanisées à chaud, contactez le service technique de l'AGA ou reportez-vous au document de l'AGA sur la résistance au glissement des surfaces galvanisées avec des peintures riches en zinc.

Pour obtenir des informations détaillées sur l'augmentation du coefficient de glissement des surfaces d'aération galvanisées au trempé à chaud, contactez le service technique d'AGA ou Reportez-vous au Document AGA sur la Galvanisation.

Indépendamment du type de joint ou des exigences de tension, une rondelle doit être spécifiée sous les pièces tournantes pour éviter d'endommager le revêtement galvanisé à chaud pendant la mise en tension et pour garantir une relation couple-tension cohérente.

### SYSTÈMES DUPLEX

Un système duplex consiste à appliquer une peinture ou un revêtement en poudre sur le revêtement galvanisé à chaud pour obtenir l'esthétique souhaitée ou une longévité accrue. Avant de réussir un système duplex, la communication entre le fabricant, le rédacteur de devis, le peintre et le galvaniseur est essentielle avant la galvanisation à chaud. Les différentes parties peuvent souhaiter un traitement spécial ou exiger des modifications de la conception pour faciliter le processus de galvanisation et l'application du système de peinture / revêtement en poudre. De plus, si le galvaniseur est informé que la pièce sera peinte après la galvanisation, des précautions peuvent être prises pour éviter tout processus pouvant gêner l'adhérence du système de peinture.

Bien que certaines conditions de surface présentes sur les revêtements galvanisés à chaud n'affectent pas la protection contre la corrosion et sont généralement acceptables selon les normes





ASTM A123 / A123M (rugosité, petites inclusions d'écume, coulures de zinc, etc.), ces mêmes conditions de surface peuvent affecter l'adhérence du revêtement et présentent des défis lorsque la pièce est duplexée. Lorsque toutes les parties sont au courant de la spécification du système duplex, toute rugosité de surface ou inclusions peuvent être éliminées ou rectifiées à plat avant le revêtement supérieur. Fournir une ventilation et un drainage accru et/ou optimisé, minimise considérablement le temps et le coût de lissage de la surface galvanisée en vue de la peinture ou du revêtement en poudre.

Si le galvaniseur et l'appliqueur de peinture ou du revêtement en poudre sont composés de deux parties différentes, il est important de clarifier la responsabilité et l'obligation de tenir compte des étapes suivantes avant l'application des revêtements:

- ◇ S'abstenir de post-traitements de HDG tels que la trempe à l'eau / au chromate
- ◇ Lissage de surface
- ◇ Nettoyage de surface
- ◇ Profiler la surface
- ◇ Dégazage (revêtement en poudre uniquement)

## ACIER DE CONSTRUCTION À EXPOSITION ARCHITECTURALE (AESS)

Il existe une idée fausse qu'il n'est pas possible d'obtenir de l'acier de construction galvanisé de la qualité et de l'esthétique requise pour les projets impliquant l'AESS parce que l'apparence initiale de l'acier galvanisé à chaud varie considérablement et parce que de nombreuses conditions de surface normalement acceptables pour les produits galvanisés selon la norme ASTM A123 standard (c.-à-d. coulures, écrémages, rugosité, inclusions, excès de zinc) peut ne pas être acceptable pour les éléments architecturaux exposés.

Cependant, des exigences esthétiques accrues pour les éléments AESS galvanisés peuvent être spécifiées et réalisées de manière rentable grâce aux efforts combinés du prescripteur, du concepteur, du fabricant et du galvaniseur. Les meilleures pratiques de conception suivantes maximiseront l'esthétique des éléments AESS galvanisés à chaud tout en minimisant les coûts associés à la réparation ou au lissage de la surface après la galvanisation:

- ◇ Optimiser l'emplacement, la quantité et la taille des trous de ventilation / drainage par rapport à l'orientation de manipulation à utiliser dans l'usine de galvanisation
- ◇ Fournir des points de levage temporaires / désignés pour minimiser l'apparence des marques de chaîne et de fil
- ◇ Évitez de combiner des aciers de différentes épaisseurs de matériau, des compositions chimiques de l'acier différentes ou des conditions de surface initiales différentes qui donneront une apparence non-uniforme après la galvanisation à chaud.
- ◇ Décapez l'acier selon la norme SSPC-SP 6 avant la galvanisation
- ◇ Utilisez les matériaux de soudage recommandés (Tableau 3, page 18) ou des matériaux de soudure avec une composition chimique proche de l'acier de base
- ◇ Meulez l'entièreté des surfaces des bords coupés thermiquement de 1/16 de pouce pour éviter une mauvaise esthétique sur les bords durcis.

## MASQUAGE

Au cours du procédé de galvanisation, toutes les surfaces sont nettoyées et recouvertes de zinc. Selon l'utilisation, certaines régions ne sont pas galvanisées intentionnellement. Un masquage, c'est-à-dire le traitement d'une partie de la surface pour que la zone reste non galvanisée, peut être effectué à cette fin. Le masquage n'est pas une science exacte; ainsi, des travaux supplémentaires peuvent être nécessaires pour éliminer le zinc non désiré. Dans la plupart des cas, il est plus facile de meuler le revêtement de zinc après la galvanisation que de masquer le matériau.

Il existe quatre catégories principales de matériaux de masquage:

1. Des bandes résistantes à l'acide et aux hautes températures
2. Des pâtes à base d'eau et formulations de peinture
3. Des peintures à base de résine, résistantes aux hautes températures
4. Des graisses et des composés de filets résistants aux hautes températures

L'AGA a réalisé une étude pour évaluer l'efficacité de divers produits communs pouvant être utilisés comme matériaux de masquage. Ces informations sont disponibles en les téléchargeant ou en communiquant avec le Service technique de l'AGA.







## MARQUAGE À DES FINS D'IDENTIFICATION

Les marques d'identification sur les pièces fabriquées doivent être soigneusement préparées avant la galvanisation de manière à être lisibles après la galvanisation sans contrevenir à l'intégrité du revêtement de zinc. Les solutions de nettoyage utilisées au cours du processus de galvanisation n'élimineront pas les peintures à base d'huile, les crayons marqueurs ou les marqueurs à base d'huile. Ces produits ne doivent donc pas être utilisés pour inscrire des adresses, des instructions d'expédition ou des bons de travail. Si ces produits sont utilisés, il pourrait en résulter des surfaces non galvanisées.



Surfaces de contact masquées utilisées dans les connexions structurelles à haute résistance.

Les étiquettes métalliques détachables ou les marqueurs hydrosolubles doivent être utilisés pour une identification temporaire. De même les étiquettes de code-barre sont fabriquées pour survivre au processus de galvanisation à chaud et permettent de conserver facilement l'identification.

Lorsqu'une identification permanente est requise, il existe trois alternatives appropriées au marquage des pièces fabriquées en acier à galvaniser à chaud. Chacune permet aux pièces d'être rapidement identifiés après la galvanisation et sur le chantier (Figure 38).

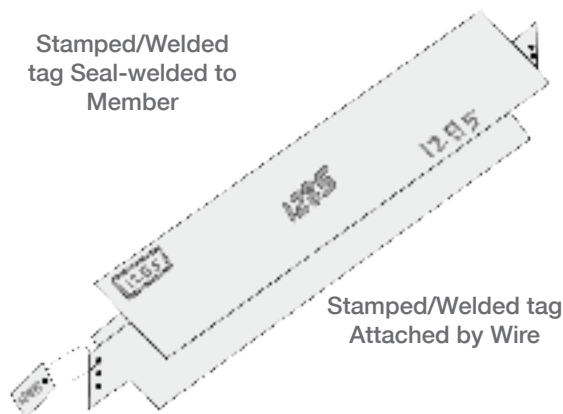


Figure 38: Identification Permanente

L'estampillage de la surface de la pièce à l'aide de pochoirs coupés à l'emporte-pièce ou d'une série de pointeaux. Ces marques doivent être placées dans une position standard sur chaque membrure, de préférence au centre. Elles doivent être d'une hauteur minimale de 13 mm (1/2 po) et d'une profondeur minimale de 0,8 mm (1/32 po) afin d'en garantir la lisibilité après la galvanisation. Cette méthode ne doit pas être utilisée pour marquer des membrures dont la rupture est critique.

Une série de cordons de soudure peut également être utilisée pour marquer des lettres ou des nombres directement sur la pièce fabriquée. Il est essentiel que le flux de soudure soit retiré pour obtenir un revêtement galvanisé de qualité (Figure 39).

Marquer au pochoir une étiquette d'acier (calibre n° 12 ou plus) et l'apposer fermement sur la pièce fabriquée à l'aide d'un fil d'acier de calibre n° 9 ou plus est une autre option pour l'identification (Figure 40). L'étiquette doit être attachée, sans trop la serrer, à la pièce de manière à ce que la surface se trouvant sous le fil puisse être galvanisée et que le fil n'adhère pas à la pièce au moment où le zinc fondu se solidifie. Au besoin, les étiquettes peuvent tre soudées directement sur le matériau.

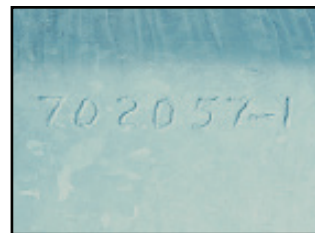


Figure 39: Des cordons de soudure peuvent être utilisés pour identifier la pièce fabriquée



Figure 40: Les étiquettes de codes à barres métalliques conçues pour résister au processus HDG peuvent être facilement retirées

## UN SOMMAIRE

La galvanisation à chaud est un système de protection contre la corrosion qui, avec le temps, a fait ses preuves. Suivre les pratiques exemplaires de conception pour les pièces à galvaniser à chaud facilite le développement d'un revêtement de haute qualité et permet de mieux garantir la robustesse et la longévité de l'acier. Le développement de l'environnement en construction à l'aide de matériaux durables, par exemple l'acier galvanisé à chaud, permet d'assurer la subsistance de l'environnement et de maintenir votre qualité de vie.



## OTRAS PUBLICACIONES DE AGA RECOMENDADAS/RELACIONADAS

*Duplex Systems: Painting Over Hot-Dip Galvanized Steel, 2012*

*Hot-Dip Galvanized Coatings and Appearance, 2016*

*Hot-Dip Galvanized Fasteners, 2009*

*Hot-Dip Galvanized Rebar It Works, 2016*

*Hot-Dip Galvanized Reinforcing Steel: A Specifier's Guide, 2011*

*Hot-Dip Galvanized Steel Bridges: A Practical Design Guide, 2013*

*Hot-Dip Galvanizing for Corrosion Protection, A Specifier's Guide, 2011*

*Hot-Dip Galvanizing for Sustainable Design, 2017*

*The Inspection of Hot-Dip Galvanized Steel Products, 2016*

*Performance of Hot-Dip Galvanized Steel Products, 2010*

*Recommended Details for Galvanized Structures, 2012*

*Welding & Hot-Dip Galvanizing, 2009*

## ASTM INTERNATIONAL

ASTM A36	Spécification de l'Acier Ordinaire Profilé
ASTM A123	Spécification pour Revêtements (Galvanisés à Chaud) de Zinc sur les Produits de fer ou d'acier
ASTM A143	Pratique de Prévention de la Fragilisation des Produits d'Acier Profilé Galvanisés à Chaud et Marche à Suivre pour la Détection de la Fragilisation
ASTM A153	Spécification pour Revêtements de Zinc (Galvanisés à Chaud) sur la Quincaillerie d'Acier et de fer
ASTM A384	Pratique de Prévention du Gauchissement et de la Déformation durant la Galvanisation à Chaud d'Assemblages en Acier
ASTM A385	Pratique de mise en Place de Revêtements de Zinc (Galvanisation à Chaud) de haute Qualité
ASTM A563	Spécifications pour écrous en Acier allié et Carbone
ASTM A572	Spécifications pour Matériaux à haute Résistance en acier Faiblement allié au Niobium-Vanadium
ASTM A767	Spécification pour Revêtements de Zinc (Galvanisé) sur des Armatures d'Acier en Barres pour Béton
ASTM A780	Pratique de Réparation de Revêtements Galvanisés à Chaud Endommagés ou Dénudés
ASTM B6	Spécification pour le Zinc
ASTM D6386	Pratique de Réparation de fer Recouvert de Zinc (Galvanisé à Chaud) et de Surfaces de Produits et de Quincailleries en fer et en Acier à des Fins de Vernissage
ASTM D7803	Pratique de Préparation de Surfaces de Produits et de Quincailleries de fer et d'Acier Recouverts de Zinc (Galvanisé à Chaud) à des fins de Thermolaquage
ASTM E376	Pratique de Mesure de l'épaisseur du Revêtement à l'Aide des Méthodes d'Essai par Champ Magnétique ou Courant de Foucault (électromagnétique)





[galvanizeit.org](http://galvanizeit.org)



**AGA** American Galvanizers Association  
*Protecting Steel for a Sustainable Future*  
6881 South Holly Circle, Suite 108  
Centennial, CO 80112