



FICHE  
TECHNIQUE

#18

---

INFLUENCE DE LA COMPOSITION  
CHIMIQUE SUR LA FORMATION DE  
LA COUCHE DE ZINC

---

COMMENT COMMANDER DE L'ACIER CONVENANT  
À LA GALVANISATION À CHAUD ?

Pour les parties prenantes d'aujourd'hui et de demain, nous voulons que la galvanisation à chaud discontinue soit largement reconnue comme la méthode la plus efficace et la plus durable de prévention de la corrosion de l'acier.

La galvanisation à chaud est un procédé unique et est le "champion du monde de la prévention de la corrosion" depuis plus de 150 ans. Aucune autre méthode ne s'approche de cette protection la plus complète de l'acier. En outre, c'est aussi le choix le plus intelligent et le plus responsable. La construction circulaire a un rôle majeur à jouer dans la lutte contre le réchauffement climatique. Une meilleure utilisation et réutilisation des matières premières rares est le principe directeur ici. Grâce à la galvanisation à chaud, on passe à un acier 100% circulaire. La meilleure protection et le choix le plus responsable.

## ABSOLUMENT ZINC

Cette fiche technique fait partie d'une série de fiches. D'autres publications peuvent être consultées sur [WWW.INFOZINCBENELUX.COM](http://WWW.INFOZINCBENELUX.COM).



VOUS SOUHAITEZ EN SAVOIR PLUS ?

Envoyez un e-mail à [HANS@ZINKINFOBENELUX.COM](mailto:HANS@ZINKINFOBENELUX.COM). Hans Boender est notre expert technique.

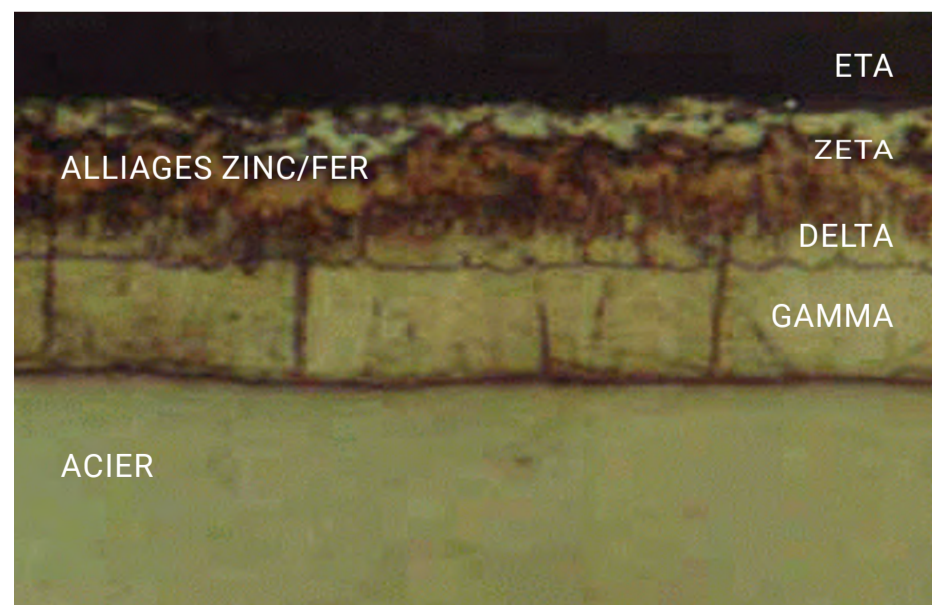


*La grande majorité des aciers peuvent être galvanisés conformément à la norme EN-ISO 1461. Mais des substances telles que le silicium et le phosphore contenus dans l'acier affectent les propriétés du revêtement de zinc, l'épaisseur du revêtement, la rugosité et l'aspect de l'acier galvanisé. D'autres éléments jouent également un rôle. C'est l'objet de cette fiche technique.*

#### **FORMATION ET COMPOSITION DE LA COUCHE DE GALVANISATION**

Contrairement à la peinture et au revêtement par poudre, entre autres, la galvanisation à chaud forme la couche protectrice de zinc à partir d'un composé chimique de fer et de zinc. Pendant l'immersion dans le bain de zinc (à une température de 450° Celsius), trois couches d'alliage fer-zinc (Fe-Zn) dures et gris foncé se forment sur la surface de l'acier par un processus dit de diffusion. Lorsque l'acier est retiré du bain de zinc, le zinc qui s'écoule et se solidifie simultanément (figure 1) adhère à ces couches d'alliage. Cette couche de zinc solidifiée par refroidissement forme une couche argentée et brillante. Les épaisseurs minimales de la couche de zinc sont indiquées dans la norme internationale EN-ISO 1461.

FIGURE 1 - COUPE TRANSVERSALE D'UNE COUCHE GALVANISÉE À CHAUD



## RÉACTIVITÉ DE L'ACIER VIS-À-VIS DU ZINC FONDU

En principe, tous les aciers faiblement alliés peuvent être galvanisés à chaud. Toutefois, la composition chimique de l'acier peut influencer les propriétés suivantes de la couche de galvanisation à chaud : l'épaisseur du revêtement, l'aspect (brillance, uniformité, rugosité), la résistance aux dommages mécaniques locaux (résistance aux chocs) et la structure de la couche de galvanisation.

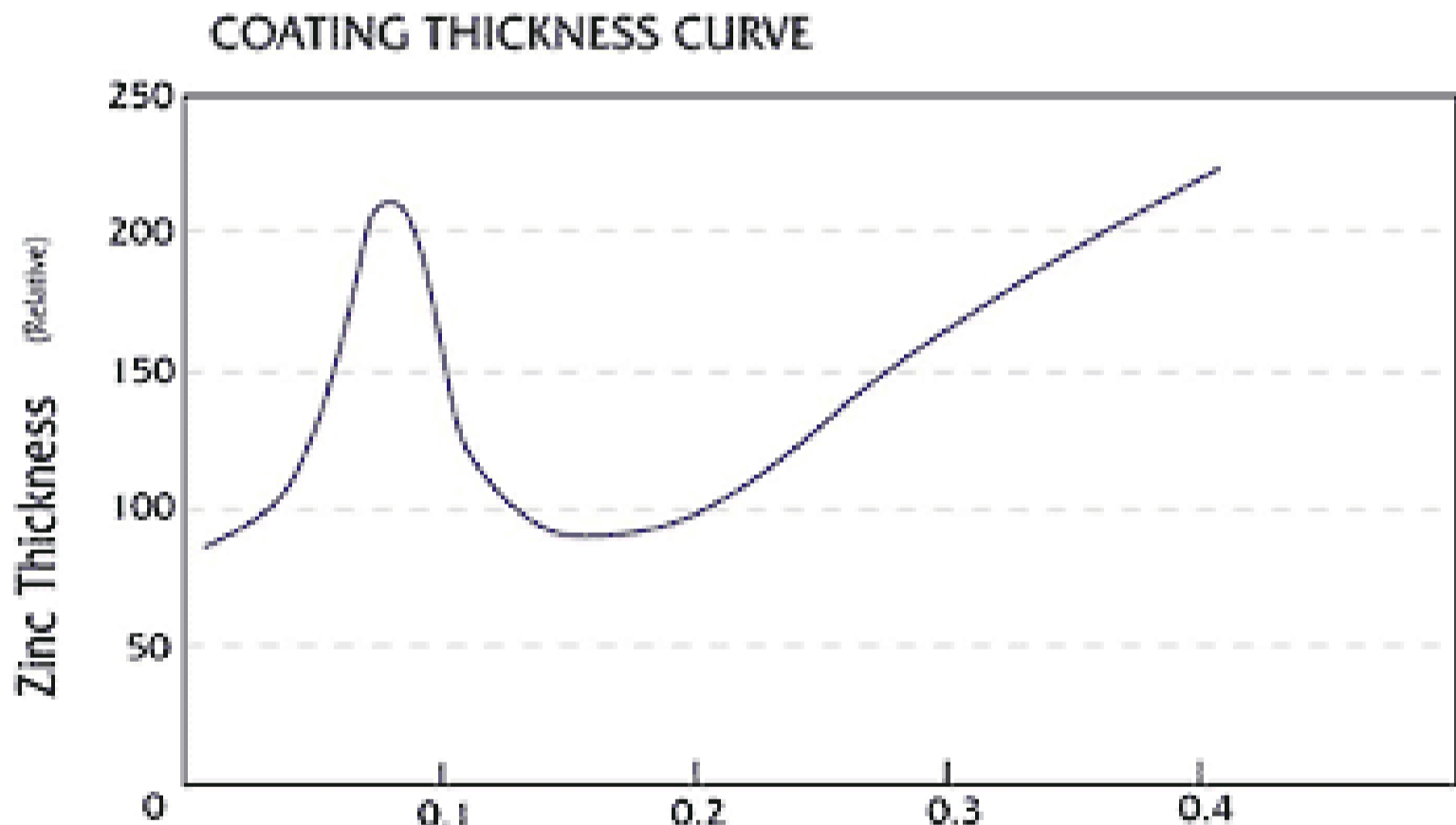
Pour certaines teneurs en silicium de l'acier, la réaction entre le zinc liquide et l'acier est très intense. On parle alors d'acier réactif. Plus la réactivité est élevée, plus l'accrétion des couches d'alliage Fe-Zn est rapide. Pour les aciers réactifs, la proportion de couches d'alliage dans la couche de galvanisation totale est plus élevée que pour les aciers non réactifs ou moins réactifs. Dans certains cas, la couche de galvanisation se compose même exclusivement d'alliages Fe-Zn. Dans le cas des aciers réactifs, l'épaisseur de la couche de galvanisation est relativement importante et l'on risque d'obtenir un aspect moins attrayant en raison de la présence de taches gris clair et gris foncé. De nombreuses études ont montré que la

teneur en silicium et (dans une moindre mesure) la teneur en phosphore influencent fortement la réactivité de l'acier.

## INFLUENCE DU SILICIUM (SI)

Lors de la fabrication de l'acier, on utilise du Si ou de l'Al (aluminium) pour éliminer l'oxygène de l'acier. C'est ce qu'on appelle la «trempe» de l'acier. Dans la pratique, le Si est principalement utilisé pour la trempe, de sorte qu'une certaine quantité de Si est toujours présente dans l'acier. Les aciers dont la teneur en Si augmente le niveau d'accrétion du zinc sont réactifs. Ce phénomène a été étudié par Sandelin, qui lui a donné son nom. Comme le montre la figure 2, nous obtenons des épaisseurs de revêtement plus importantes pour des teneurs en Si comprises entre 0,03 % et 0,14 % et supérieures à 0,25 %. Les valeurs mentionnées ne sont pas absolues, différentes valeurs limites sont mentionnées dans la littérature (voir table 1). De plus en plus d'aciers trempés dans l'aluminium arrivent sur le marché. En général, ces aciers ont une très faible teneur en Si.

FIGURE 2 - COURBE DE SANDELIN



## INFLUENCE DU PHOSPHORE

Lorsque la teneur en Si de l'acier atteint 0,03 %, la teneur en P entre également en ligne de compte :  $Si + 2,5P$  doivent alors être inférieurs ou égaux à 0,09 % pour limiter la réactivité de l'acier laminé à chaud. Pour les aciers à plus haute teneur en Si, les teneurs normales en P n'affectent pas la réactivité de l'acier. Quelle que soit la teneur en Si, la règle suivante s'applique :  $P < 0,035\%$ .

## INFLUENCE D'AUTRES ÉLÉMENTS DE L'ACIER

Outre les teneurs en Si et en P, la teneur en C (carbone) doit être inférieure à 0,25 % et la teneur en Mn (manganèse) inférieure à 1,35 %. L'aluminium (Al), le nickel (Ni) et le soufre (S) peuvent également influencer la formation des couches d'alliage. Par exemple, une teneur en Al supérieure à 0,045% combinée à des teneurs en Si inférieures à 0,02% augmentera la réactivité. En revanche, une teneur en Si inférieure à 0,01 % et une teneur en Al supérieure à 0,035 % risquent de produire une épaisseur de couche (trop) faible. Si la teneur en manganèse est supérieure à 1,35 %, il est nécessaire de sabler les matériaux avant de les galvaniser.



## COMMANDER DE L'ACIER

La composition de l'acier est donc très importante pour le résultat de la galvanisation. La norme EN-ISO 14713-2:2019 indique le résultat attendu d'un acier ayant une certaine teneur en Si ou en P. Le table 1 est tirée de cette norme. Si vous achetez de l'acier, vous pouvez vous y fier, étant entendu qu'en raison des processus de laminage, les teneurs énumérées dans le tableau peuvent différer. La norme relative aux conditions techniques de livraison des aciers de construction non alliés (EN 10025-2:2019) fait également référence à la classification selon la norme EN-ISO 14713.

Pour une apparence uniforme d'un projet, il est important de passer la commande d'acier auprès du même atelier sidérurgique. En outre, vous pouvez exiger dans votre commande que les pièces d'acier commandées proviennent du même lot ou, si cela n'est pas possible, qu'elles soient au moins équivalentes en termes de composition chimique. L'indication de la résistance de l'acier ne donne pas une bonne indication de la composition chimique de l'acier.

TABLE 1 - PROPRIÉTÉS DU REVÊTEMENT EN FONCTION DE LA COMPOSITION DE L'ACIER (SELON EN ISO 14713 PARTIE 2)

CATÉGORIE	LES NIVEAUX TYPQUES D'ÉLÉMENTS RÉACTIFS % (EN POIDS)	INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	CARACTÉRISTIQUES CARACTÉRISTIQUES DU REVÊTEMENT
a	$\leq 0,03\%$ Si et $0,02\%$ P	Voir REMARQUE 1 et REMARQUE 4	La couche de finition a un aspect brillant et une texture plus fine. La couche externe de zinc fait partie de la structure du revêtement.
b	$\geq 0,14\%$ Si jusqu'à $\leq 0,25\%$ Si	D'autres éléments peuvent également affecter la réactivité de l'acier. En particulier, les teneurs en phosphore supérieures à $0,035\%$ augmentent la réactivité.	Un revêtement peut avoir un aspect brillant ou mat. Selon la composition de l'acier, la couche extérieure de zinc peut faire partie de la structure du revêtement ou un alliage fer-zinc peut s'étendre à la surface du revêtement.
c	$> 0,03\%$ Si jusqu'à $< 0,14\%$ Si	Des couches trop épaisses peuvent se former.	Le revêtement a un aspect plus sombre et une texture plus grossière.  Les alliages de fer/zinc dominant la texture du revêtement et s'étendent souvent à la surface du revêtement, ce qui réduit la résistance aux dommages dus à la manipulation.
d	$> 0,25\%$ Si	L'épaisseur du revêtement augmente avec la teneur en silicium.	

REMARQUE 1 Les aciers dont la composition répond à la formule  $Si \leq 0,03\%$  et  $Si + 2,5P \leq 0,09\%$  sont présumés avoir ces propriétés. Pour les aciers laminés à froid, ces propriétés sont également attendues, à condition que la composition de l'acier réponde à la formule  $Si + 2,5P \leq 0,04\%$ .

REMARQUE 2 La présence d'éléments d'alliage (par exemple, le nickel ou l'aluminium) dans le zinc fondu peut affecter considérablement les propriétés du revêtement, comme indiqué dans ce table. Les indications de ce table 1 ne sont pas applicables à la galvanisation à haute température (c'est-à-dire le trempage dans le zinc fondu de  $530\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $560\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

REMARQUE 3 Les compositions d'acier indiquées dans ce table varient sous l'influence d'autres facteurs (par exemple le laminage à chaud) et les limites de chaque gamme seront donc différentes.

REMARQUE 4 Les aciers dont la composition est  $< 0,01\%$  de silicium et dont la teneur en aluminium est  $> 0,035\%$  peuvent présenter une réactivité plus faible, ce qui peut se traduire par une épaisseur de revêtement inférieure à celle attendue. Pour ces aciers, le revêtement peut présenter une cohésion réduite.

REMARQUE 5 La conception de la pièce à galvaniser peut également influencer les caractéristiques du revêtement.

## POUR CONCLURE

Bien que la procédure de galvanisation habituelle ait été appliquée, il peut arriver que l'épaisseur de couche de zinc prescrite, telle que décrite dans la norme EN-ISO 1461, ne soit pas atteinte pour un lot d'acier. Cela peut être dû, par exemple, à un acier très faiblement allié ou à un acier dont la rugosité de surface est très faible. Cela s'applique en particulier à l'acier de la catégorie des aciers de construction soudables à grain fin obtenus par laminage thermomécanique tel que défini dans la norme EN 10025-4. Dans ce cas, le client et l'entreprise de galvanisation doivent se consulter. Une épaisseur insuffisante de la couche de zinc obtenue après galvanisation de ces aciers n'est pas un motif de rejet.

# RÉFÉRENCES NORMATIVES



## **EN-ISO 1461**

Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier –  
Spécifications et méthodes d'essai.

## **EN-ISO14713-2**

Revêtements de zinc - Directives et recommandations pour la protection du fer  
et de l'acier dans les constructions contre la corrosion - Partie 2 : Galvanisation  
à chaud

## **EN 10025-2**

Produits de construction en acier laminés à chaud - Partie 2 : Conditions tech-  
niques de revêtement pour les aciers de construction non alliés

## **EN 10025-4**

Produits de construction en acier laminés à chaud - Partie 4 : Conditions tech-  
niques de revêtement pour les aciers de construction à grains fins soudables  
laminés thermomécaniquement

# LA GALVANISATION À CHAUD

## VOTRE ASSURANCE CONTRE LA CORROSION



01

### LA GALVANISATION À CHAUD, PLUS DE 150 ANS DE STABILITÉ

Il n'y a rien de plus sûr qu'un « mariage naturel ». Depuis plus de 150 ans, le mariage naturel entre l'acier et le zinc prouve qu'il constitue sans aucun doute la méthode la meilleure et la plus durable pour se protéger contre la corrosion. Nous garantissons la durabilité et la fiabilité dans toutes les circonstances.

02

### WHAT YOU SEE IS WHAT YOU GET

Il n'y a rien de plus sûr qu'un « système fiable ». Avec la galvanisation à chaud, vous voyez immédiatement si le travail a été bien fait, il est impossible de cacher les défauts.

03

### CLASSE E / CLASSE F & UN DIALOGUE STANDARDISÉ

Il n'y a rien de plus sûr qu'une « bonne compréhension mutuelle ». Il est crucial de promouvoir le dialogue entre le prescripteur, le constructeur et le galvanisateur. Le choix entre classe E (esthétique) et classe F (fonctionnelle) est un des outils qui stimuleront l'échange d'information entre les parties concernées, ce qui permettra au résultat final de mieux répondre à vos attentes.

04

### GARANTIE

Il n'y a rien de plus sûr que « 30 ans de garantie ». Quelle pensée rassurante, que de pouvoir compter sur nous pendant 30 ans, sans entretien et sans souci. Tous les galvanisateurs membres d'InfoZinc (IZB) offrent jusqu'à 30 ans de garantie, en fonction du produit et du milieu dans lequel il va se retrouver.

05

### RICHE TRADITION

Il n'y a rien de plus sûr qu'une « longue tradition ». Quasiment tous les galvanisateurs du Benelux trouvent leurs racines dans des entreprises familiales belges et néerlandaises. Elles connaissent leurs clients, savent ce qu'ils veulent et ceci depuis des générations.

06

### AMÉLIORATION LOGISTIQUE & CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Il n'y a rien de plus sûr que la « volonté de progresser ». Tous les membres d'IZB s'engagent à adapter encore mieux la logistique et le contrôle de la qualité aux besoins et exigences de leurs clients.

07

### 100% CIRCULAIRE

Rien n'offre plus de sécurité que la "réutilisation sans fin". Grâce à une conception intelligente, l'acier est le matériau de construction réutilisable par excellence et grâce à la galvanisation à chaud, il peut être réutilisé à l'infini.