

FICHE TECHNIQUE #25

PATINE DU ZINC : ORIGINE ET PROTECTION

La formation de patine de zinc affecte-t-elle
la durée de vie de l'acier galvanisé à chaud?

ZINC
INFO
ZINK



MISSION STATEMENT

Nous voulons que les parties prenantes d'aujourd'hui et de demain reconnaissent généralement la galvanisation à chaud comme la forme la plus efficace et la plus durable de prévention de la corrosion pour l'acier.

La galvanisation à chaud est un procédé unique qui, depuis plus de 150 ans, est le « champion du monde de la prévention de la corrosion ». Aucune autre méthode ne se rapproche autant de cette protection complète de l'acier. De plus, c'est aussi le choix le plus intelligent et le plus responsable. La construction circulaire a un rôle important à jouer dans la lutte contre le réchauffement climatique. Le fil conducteur est de mieux utiliser et réutiliser les matières premières rares. Grâce à la galvanisation à chaud, nous optons pour un acier 100 % circulaire. La meilleure protection et le choix le plus responsable.

ABSOLUMENT ZINC

Cette Fiche Technique n'est qu'une parmi tant d'autres. Pour plus d'informations, consultez le site www.infozincbenelux.com



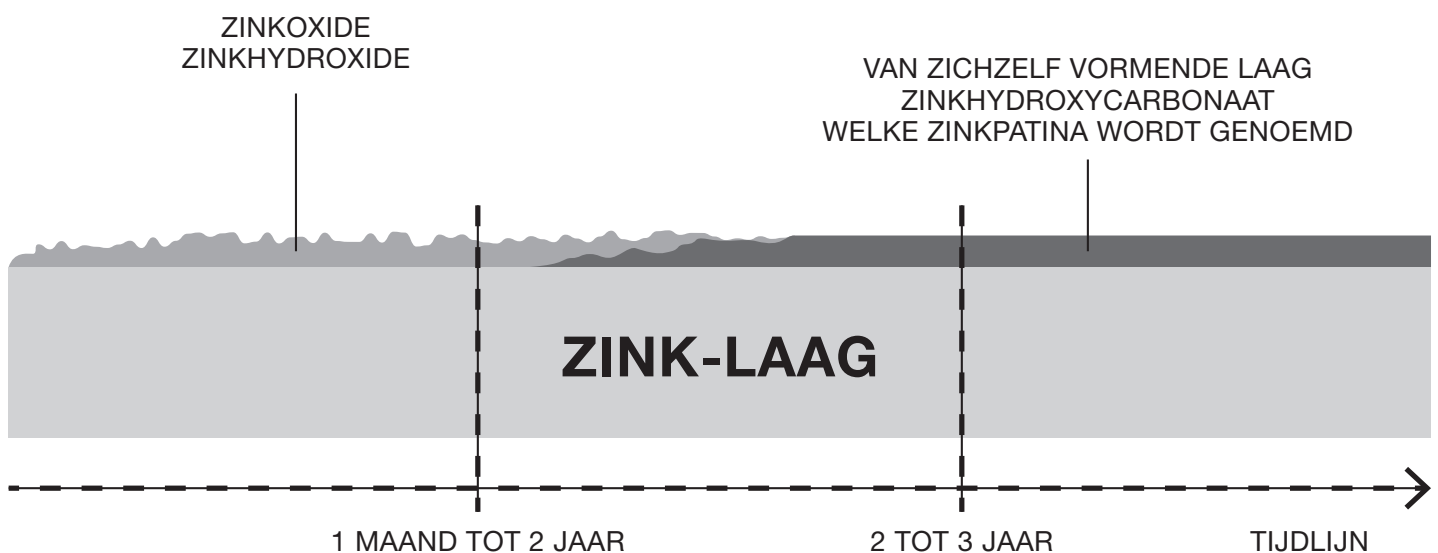
Vous souhaitez en savoir plus sur la galvanisation à chaud ?
Contactez Hans Boender à l'adresse hans@zinkinfobenelux.com.
Hans est notre expert technique.

Il n'y a rien de plus sûr qu'un « système fiable »

ABSOLUMENT ZINC

La galvanisation est un terme souvent utilisé, mais il existe différentes méthodes d'application du zinc, chacune ayant ses propres avantages et inconvénients. Il est donc important de comprendre ce que ces différences peuvent signifier pour l'application. Pour plus d'informations, voir également "Galvanisation à chaud - Confusion sur la galvanisation - Les différentes techniques de galvanisation" et la fiche d'information technique 11 : Méthodes d'application du zinc.

Rien n'offre plus de sécurité que l'acier galvanisé à chaud. Il ne présente aucun défaut caché et est le champion incontesté de la résistance à la corrosion depuis plus de 150 ans. Pourtant, même une couche galvanisée à chaud finit par avoir sa durée de vie, mais nous savons que ce moment n'est atteint qu'après plusieurs décennies. Avec un investissement unique, plus aucun entretien n'est nécessaire, ce qui en fait un choix logique pour beaucoup. Mais pourquoi la couche de zinc disparaît-elle avec le temps ? C'est ce que nous expliquons dans cette fiche technique.



La galvanisation à chaud est un procédé métallurgique qui consiste à immerger de l'acier dans du zinc en fusion. Le revêtement se forme par diffusion Fe-Zn à la surface de l'acier, suivie par la formation d'alliages Zn-Fe qui sont "métallurgiquement ancrés" à la surface de l'acier. Il en résulte une excellente adhérence et une grande résistance à l'usure. Après avoir été fabriquée dans l'atelier de construction, la pièce est acheminée vers une installation de galvanisation à chaud, où elle est entièrement immergée dans un bain de zinc à 450°C. Au cours de ce processus, plusieurs couches d'alliage zinc-fer se forment, qui sont recouvertes d'une fine couche de zinc pur par la solidification du zinc lors de son extraction. Lorsque la surface galvanisée entre en contact avec l'air, des produits d'oxydation se forment sous forme d'oxydes de zinc (ZnO). Les substances présentes dans l'atmosphère et l'humidité de l'environnement entraînent alors la formation d'autres produits de réaction. En fonction de ces conditions atmosphériques, une couche de patine de zinc assez typique se forme. La composition chimique de cette couche détermine le degré de protection de la couche de zinc sous-jacente. Ces réactions dites topo-chimiques dépendent des conditions locales. Ces réactions dites topo-chimiques dépendent des conditions locales. Si la couche de patine est légèrement poreuse, la couche de zinc se détériore plus rapidement. En revanche, avec une couche de patine fermée, il n'y a pratiquement pas de dégradation. En bref, les conditions atmosphériques déterminent la durée pendant laquelle le zinc protège efficacement l'acier sous-jacent.

Distinction entre les différentes couches de patine de zinc et leurs caractéristiques Source : Neue Erkenntnisse zur Deckschichtbildung von Zink an der Atmosphäre - Martin Babutzka (ISBN 978-3-8440-7626-4)

COMPOSÉ CHIMIQUE	CLASSIFICATION	FORMULE CHIMIQUE	CARACTÉRISTIQUE
Oxyde de zinc (Zincite)	Oxyde et hydroxyde	ZnO	Se forme spontanément immédiatement après le zingage
Hydroxyde de zinc (notamment Wülfingite)	Oxyde et hydroxyde	Zn(OH) ₂	Environnement humide et état immergé avec une charge de CO ₂ nulle ou quasi nulle
Carbonate de zinc (smithsonite)	Composés carbonatés	ZnCO ₃	Atmosphère sans teneur élevée en chlorure et en SO ₂
Hydrozincite	Composés carbonatés	Zn ₅ (CO ₃) ₂ (OH) ₆	Environnement humide sans pollution importante et avec une charge en CO ₂
Hydroxycarbonate de zinc	Composés carbonatés	Zn ₄ CO ₃ (OH) ₆ · H ₂ O	Environnement humide sans pollution importante et avec une charge en CO ₂
Sulfate de zinc hydraté	Composés sulfatés	ZnSO ₄ · nH ₂ O	Conditions atmosphériques dominées par les sulfates
Hydroxyde de zinc (Simonkolleite)	Composés chlorés	Zn ₅ (OH) ₈ Cl ₂ · H ₂ O	Conditions atmosphériques dominées par le chlorure

L'aperçu de la page précédente montre quelques-unes des nombreuses possibilités de composition de la couche de patine de zinc. La base est que l'oxyde de zinc (Zincit) se modifie sous l'influence de l'atmosphère. En l'espace de quelques jours, une couche de patine de zinc se forme sous la forme d'hydrozincite. D'autres facteurs entrent ensuite en ligne de compte, comme le fait que l'atmosphère soit dominée par les sulfates ou les chlorures. Après quelques mois, d'autres composés se forment, en fonction de l'évolution des conditions (climatiques). La vitesse de formation de ces composés dépend en partie de l'exposition ou non de la surface à la pluie. Dans les zones rurales, la patine de zinc se forme plus rapidement sur les surfaces arrosées et plus lentement sur les surfaces couvertes. Cela s'explique par le fait que la pluie élimine de la surface les composés qui initient la corrosion. Les paramètres suivants sont importants pour estimer la durée de protection de la couche de zinc à un endroit donné :

- Humidité (%)
- Précipitations (mm/an)
- Gemiddelde temperatuur (°C)
- Teneur en chlorure (Cl)
- Teneur en dioxyde de soufre (SO₂)
- Surface irriguée/surface non irriguée

Les niveaux de chlorure font souvent penser aux sels apportés de la mer du Nord par les vents côtiers. Cependant, les sels utilisés pour la lutte contre le verglas jouent également un rôle important à l'intérieur des terres. Des recherches ont montré que jusqu'à 40 % du poids de ces sels peuvent se précipiter jusqu'à 100 mètres de la route. Cependant, ces sels routiers peuvent être plus agressifs que ceux transportés par voie aérienne depuis la mer. En effet, la teneur plus élevée en sels de magnésium de l'eau de mer inhibe la corrosion du zinc, parfois de 2,5 à 9 fois plus lentement que les sels de voirie.

Jusqu'à la fin des années 1980, le dioxyde de soufre (SO₂) jouait un rôle majeur dans la corrosion du zinc. Aujourd'hui, grâce à des mesures environnementales plus strictes, la quantité de SO₂ dans l'atmosphère a été considérablement réduite. Par conséquent, la teneur en chlorure est devenue le facteur le plus important. C'est surtout dans les zones côtières d'Iran et d'Amérique du Sud que l'on mesure les taux de corrosion du zinc les plus élevés, causés par les chlorures. Par contre, dans le Benelux, avec son climat maritime tempéré, les sels marins ont peu d'influence sur la formation de la couche de zinc.

Le carbonate de zinc joue un rôle crucial dans le ralentissement de la corrosion du zinc en formant une couche de zinc peu soluble. La teneur en CO₂ de l'atmosphère en est responsable. Le zinc est le seul métal pour lequel ce dioxyde de carbone joue un rôle important.

Les surfaces non saupoudrées se comportent parfois comme des surfaces saupoudrées, surtout lorsque l'humidité est élevée et que le renouvellement de l'air est suffisant. Pour les surfaces aspergées, il est important que l'eau de pluie puisse s'écouler facilement. Lorsque des flaques se forment, par exemple dans des coins ou des cavités, la corrosion du zinc se déroule différemment en raison de la formation localisée d'une patine de zinc plus perméable.

Dans le cas de l'acier galvanisé à chaud "frais" placé à l'intérieur ou exposé à des émissions directes de gaz de combustion, la corrosion du zinc peut se produire plus rapidement que prévu. Par exemple, l'atmosphère intérieure peut contenir du formaldéhyde, une substance nuisible à la formation de la couche de patine de zinc souhaitée. Le formaldéhyde est libéré par les matériaux de construction tels que les panneaux, les revêtements de sol, les meubles, les peintures et les tissus d'ameublement, et s'évapore continuellement. Dans certaines conditions, cela peut entraîner la formation d'acides à la surface du zinc, tels que l'acide formique ou l'acide acétique.

TOUTES LES COUCHES DE ZINC SONT-ELLES IDENTIQUES ?

Bien que le bain de zinc soit composé à 98% de zinc pur, les 2% d'additifs restants peuvent influencer le processus de galvanisation. En principe, chaque usine de galvanisation peut utiliser un alliage de zinc légèrement différent, en fonction des additifs utilisés. Ces additifs influencent sans aucun doute la formation et les propriétés de la couche de patine de zinc. Les recherches montrent que l'aluminium et le vanadium réduisent considérablement l'oxydation du zinc dans des conditions atmosphériques normales. C'est pourquoi l'aluminium est souvent ajouté au bain de zinc.

Couche de zinc exposée à l'eau de pluie immédiatement après son application



RÉSUMÉ

Le développement de la patine de zinc est au moins aussi important que la formation du revêtement galvanisé. Si les pièces galvanisées sont placées dans un environnement chargé en zinc, il est conseillé de les stocker d'abord pendant quelques semaines dans un environnement à l'atmosphère neutre. Il est préférable de le faire sous un auvent, à l'air libre, afin que le CO₂ puisse circuler librement et que l'eau de pluie ne s'accumule pas dans des flaques qui pourraient perturber le processus. Il est également important d'assurer une bonne ventilation entre les objets empilés. Une fois que la couche de patine souhaitée est formée, le transport vers l'emplacement final peut se faire sans problème. En effet, la couche de patine protège la couche de zinc des conditions plus agressives qui règnent sur le site final.

RÉFÉRENCE NORMATIVE

EN ISO 1461

Revêtement galvanisé à chaud sur des objets en fer et en acier - Spécifications et méthodes d'essai.

EN ISO 9223

Corrosion des métaux et alliages - Corrosivité des atmosphères - Sensibilité à la corrosion des métaux et alliages - Classification, détermination et estimation

EN ISO 9224

Corrosion des métaux et alliages - Corrosivité des atmosphères
Valeurs indicatives pour les catégories de corrosivité

PUBLICATIONS

FICHE TECHNIQUE 10

Résistance à la corrosion de l'acier galvanisé à chaud

TECHNISCH INFOBLAD 20

Kathodische bescherming en het effect van scherpe randen

**LA GALVANISATION À CHAUD - LA CONFUSION DES LANGUETTES
DANS LA GALVANISATION - LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE
GALVANISATION**

FICHES TECHNIQUES

FT11 - Taches causées par un stockage humide

FT2 - Procédure de retouche

FT3 - Déformation thermique due à la galvanisation

FT4 - Corrosion par contact et prévention

FT5 - Soudage avant galvanisation à chaud

FT6 - Soudage après galvanisation

FT7 - État de la surface de l'acier avant la galvanisation à chaud

FT8 - Identification des pièces à galvaniser à chaud

FT9 - Inspection de l'acier galvanisé à chaud de manière discontinue

FT10 - Résistance à la corrosion de l'acier galvanisé à chaud

FT11 - Méthodes d'application du zinc

FT12 - Les propriétés mécaniques de l'acier galvanisé à chaud

FT13 - Augmentation du poids de l'acier lors de la galvanisation à chaud

FT14 - Pourquoi un test au brouillard salin est-il demandé pour l'acier galvanisé à chaud

FT15 - Différence entre la galvanisation à chaud discontinue et continue

FT16 - Différence entre la galvanisation à chaud discontinue et la projection de zinc

FT17 - Différence entre la galvanisation à chaud discontinue et la galvanisation électrolytique

FT18 - Influence de la composition chimique sur la formation de la couche de zinc

FT19 - Galvanisation à chaud discontinue vs systèmes de peinture

FT20 - Protection cathodique et effet des arêtes vives

FT21 - Galvanisation à chaud de l'acier MC

FT22 - Galvanisation à chaud des arêtes de coupe

FT23 - Trous de galvanisation invisibles / trous borgnes

FT24 - Acier galvanisé dans le sol

FT25 - Patine de zinc : formation et protection

FT26 - Certitude quant à l'adhérence de la couche de zinc

FT28 - Réalisation de trous de galvanisation

FT29 - Différence entre la galvanisation thermique discontinue et la galvanisation à froid

FT30 - Regalvanisation : rénovation de l'objet galvanisé

FT35 - Comparaison entre ISO 1461 (:2022) et ASTM A123 (:2024)