

9 LA PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Lorsqu'il est soumis à des atmosphères humides, à des agressions chimiques, à la condensation, qu'il est en contact avec l'eau ou les sols, l'acier, comme tous les métaux, tend à s'oxyder et à se corroder. C'est un phénomène électrochimique qui entraîne la formation d'oxyde (rouille). Dans le cas de l'acier ordinaire non protégé, la rouille est une matière pulvérulente, sans résistance mécanique et poreuse, ce qui permet la progression du phénomène à l'intérieur de la pièce et sa dégradation progressive.

Par rapport au nickel, au plomb, au cuivre et à l'argent, le fer et l'acier se comportent comme des anodes. Le contact avec ces métaux entraîne la corrosion de l'acier. Par rapport au chrome, au zinc ou à l'aluminium, au cadmium ou à l'étain, le fer et l'acier se comportent comme des cathodes. Ainsi, le contact électrolytique entre des pièces d'acier et l'aluminium, en présence d'eau impure (électrolyte) provoque la corrosion de l'aluminium. On emploie couramment des revêtements de zinc ou d'aluminium pour protéger l'acier car ils forment alors une couche d'oxyde imperméable. Cette protection est surfacique. Il faut donc surveiller les parties découpées ou percées qui ne sont plus protégées par la galvanisation ou l'aluminiage. Pour les faibles épaisseurs (inférieures au 2 mm) la protection se reconstitue naturellement dans le cas de la galvanisation. Le chrome est quant à lui essentiellement employé sous forme d'alliage avec l'acier (acier inoxydable) et rarement sous forme de protection surfacique (mobilier, visserie, robinetterie,...).

En fonction du degré d'agressivité auquel est soumis l'ouvrage, de la durée de protection envisagée, des possibilités de mise en œuvre et d'entretien, et du coût, l'acier recevra une protection plus ou moins poussée selon ses fonctions dans la construction :

- enveloppe : l'acier devra résister aux agressions extérieures (environnement) et éventuellement intérieures (condensation) ;
- éléments porteurs : généralement peu exposés s'ils sont à l'intérieur des ouvrages, ils ne nécessitent pas de protections importantes. À l'extérieur, il faut en revanche assurer leur pérennité ;
- esthétique : pour les éléments visibles, même si la corrosion n'est pas redoutée, il peut parfois être nécessaire d'appliquer des revêtements pour des raisons esthétiques et d'aspect.

Les pièces métalliques exposées (extérieures) doivent être étudiées pour éviter les rétentions d'eau, particulièrement aux liaisons poteaux/poutres et aux scellements sur des parois verticales ou sur des socles d'assise. Les pénétrations de structure dans la maçonnerie ou le béton sont particulièrement vulnérables et doivent être protégées avec soin. Les eaux de ruissellement, de lavage ou de condensation peuvent séjourner aux points de pénétration et attaquer les sections métalliques. Dans ce cas de figure, il convient d'éviter de faire transiter les efforts principaux par ces structures.

Bardage à ondes horizontales en acier prélaqué. Atelier-relais à Chanteloup-les-Vignes. C. Lauvergeat et P. Cremonini architectes.



Les revêtements métalliques

Quelle que soit la manière dont on forme le revêtement de zinc ou d'aluminium sur la surface d'acier, son pouvoir protecteur contre la corrosion s'exerce avec la même efficacité ; il est avant tout fonction de l'épaisseur de métal déposée.

La galvanisation ou l'aluminage au trempé

Les objets sont immergés dans un bain de zinc ou d'aluminium en fusion et sont recouverts d'une masse de métal protecteur dont la valeur peut varier de 350 à 1000 g/m² (50 à 140 µm d'épaisseur). Les objets ainsi protégés sont variés, depuis ceux formés d'une seule pièce (la boulonnerie, les ferrures...) jusqu'à ceux formés par assemblage (éléments de charpente métallique, pylônes...), en passant par les profils creux (tubes), les fils d'acier et les articles ménagers.

La galvanisation ou l'aluminage en continu

Les produits sidérurgiques recouverts sont essentiellement les tôles minces et moyennes. Elles sont livrées à l'état de bobines ou de feuilles. La tôle d'acier galvanisée est utilisée en particulier pour les éléments de couverture, de bardage ou de façade, de plancher, les conduits d'aération ou de ventilation. On peut également trouver sur le marché des éléments d'ossature légère en tôle d'acier galvanisée, des menuiseries, des cornières et autres profilés ainsi que des tubes et des fils. La masse nominale de zinc peut varier de 100 à 725 g/m² double face (7 à 42 µm sur chaque face). L'évolution des processus de fabrication de la galvanisation en continu fait qu'il n'y a aujourd'hui quasiment plus de fleutage sur les tôles zinguées.

La couche d'aluminium protège bien l'acier contre l'action des atmosphères humides et en particulier de celles qui sont acides (atmosphères industrielles). Elle résiste bien aux températures élevées (cheminées). Elle peut être peinte, moyennant certaines précautions de préparation de surface. On emploie aussi des alliages zinc-aluminium (aluzinc) moins chers et très efficaces.

La métallisation au pistolet

Cette technique consiste à projeter sur les surfaces d'acier, préalablement préparées, du zinc ou de l'aluminium en fusion au moyen d'un pistolet métalliseur. Comme pour le zinc, l'aluminium ainsi projeté peut être colmaté et peint.

Le zingage électrolytique (électrozingage)

Les revêtements électrolytiques sont appliqués soit sur des pièces d'acier de dimensions réduites (serrurerie, visserie, par exemple) compatibles avec celles des cuves d'électrolyse, soit sur des feuilles ou des bobines d'acier, en usines sidérurgiques. Les épaisseurs de zinc déposées sont plus faibles que par trempe à chaud. Les pièces ainsi protégées conviennent pour l'intérieur.



Ligne de galvanisation de tôle mince en continu.

Structure en acier galvanisé de la cuisine-relais et restaurant à Artigues-près-Bordeaux, France. P. Hernandez et P. Tavernier architectes.



Les peintures

Le rôle de la peinture

Les peintures n'ont pas qu'un rôle de décoration. Elles jouent aussi un rôle de revêtement protecteur. Cette protection est assurée soit par l'isolation de l'acier par rapport au milieu corrosif (de l'humidité et de l'oxygène), soit par une réaction électrochimique déclenchée par les pigments ou leurs produits de réaction avec l'acier.

Les premières couches (« primaires ») ont en effet un pouvoir inhibiteur. Les peintures antirouille usuelles sont le minium de plomb, le chromate de zinc, la poudre de zinc. L'oxyde rouge ferrique (dit improprement « minium de fer ») et la poudre d'aluminium sont aussi employés en primaires, bien que sans pouvoir antirouille spécifique. Dans le cas des tôles minces, la peinture doit être appliquée sur une base déjà galvanisée. Lorsque l'application se fait en usine en continu, on parle de « prélaquage ». La peinture joue alors un rôle protecteur pour la galvanisation qui elle-même protège l'acier.

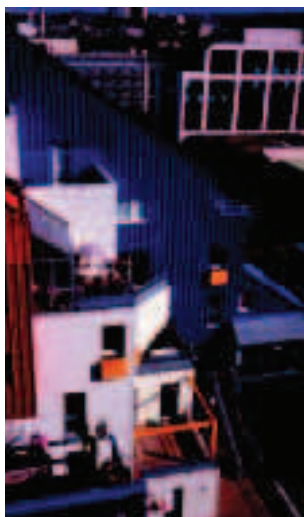
La préparation des surfaces avant peinture a une importance capitale. En effet, les supports en acier doivent être « décapés » au préalable par sablage ou grenailage. Il existe quatre types de sablage : léger (SA1), soigné (SA2), très soigné (SA2.5), à blanc (SA3). Le sablage n'est autorisé à l'air libre que selon certaines précautions ; le grenailage n'est possible économiquement qu'en atelier (récupération des grenailles). On applique quelquefois avant la peinture des produits de « passivation » améliorant la protection. La calamine qui peut subsister en plaques sous la peinture rend celle-ci inefficace. Une méthode économique et efficace consiste à laisser les ossatures brutes exposées aux intempéries (soit au stockage sur parcs à fers, soit après fabrication ou montage) ; après un début de corrosion, la calamine part facilement à la brosse métallique.

Les surfaces d'acier protégées par galvanisation peuvent être peintes avec des peintures compatibles avec le zinc mais doivent être soigneusement dégraissées pour éviter le décollement de plaques de peinture. Il faut noter que la peinture ne doit pas être appliquée sur certaines surfaces (cas des assemblages par boulons HR précontraints certifiés à serrage contrôlé).

Les produits grenailés et peints

Les produits grenailés et peints (telles que les poutrelles) subissent dans les ateliers de construction métallique ou dans les ateliers spécialisés en peinture un traitement comprenant un nettoyage des surfaces d'acier très poussé par grenailage qui élimine toutes les impuretés (calamine, rouille,...) suivi immédiatement de l'application d'une couche de peinture antirouille. Ce traitement effectué en usine n'assure qu'une protection temporaire et doit être complété par un revêtement définitif.

Bardage prélaqué en façade de l'immeuble de logements Marcel-Dassault à Boulogne-Billancourt. É. Dubosc et M. Landowski architectes.



Les critères de garantie sont fixés en France par l'Office national d'homologation de garantie des peintures industrielles (ONHGPI). Ces critères sont étalonnés par dix photographies qui montrent dix degrés de corrosion. Par exemple un critère de 5 ans cliché 7 signifie que la corrosion au terme de 5 ans devra correspondre à la photo de référence n° 7.

Les tôles prélaquées et plastifiées

Il existe un grand choix de tôles minces (0,4 à 1,5 mm d'épaisseur) recouvertes de peinture en continu cuite au four, appelées tôles prélaquées ou prépeintes. La peinture (« ou revêtement organique ») est appliquée sur une tôle déjà galvanisée et comporte un primaire et une couche de finition. Ces tôles peuvent être « plastifiées » quand elles sont recouvertes d'une feuille de matière plastique par contre-collage. Ce procédé dit « skin-plate » permet une grande variété d'aspect, jusqu'au faux bois ! Le film plastique n'a cependant qu'une résistance limitée en extérieur, notamment à cause de l'action des UV.

Les tôles prélaquées sont produites par les usines sidérurgiques et présentent une grande variété quant à la nature des peintures qui leur sont appliquées, à leur épaisseur et à leurs coloris. Des nuanciers standard existent chez tous les fabricants, mais il est possible d'obtenir n'importe quelle teinte désirée lorsque la quantité de panneaux dépasse 2 000 m². De nombreuses textures de peinture sont également disponibles, mate ou brillante, nacré, pailletée, etc. Il est possible de ne pas appliquer le même traitement sur les deux faces de la tôle.

La résistance à la corrosion des tôles prélaquées est supérieure à celle des tôles galvanisées. Le choix du revêtement qu'elles reçoivent dépend du milieu dans lequel elles seront exposées. Des revêtements à base de polyvinyle difluorure (PVDF) augmentent encore la durabilité de la protection. Tous ces revêtements ont bénéficié des progrès accomplis dans le domaine de l'automobile et leur tenue dans le temps est excellente, au-delà de vingt ans.

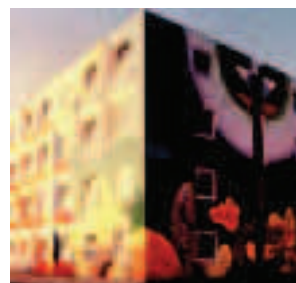
Les tôles émaillées

L'émaillage des tôles en acier leur assurent une protection très efficace et très durable contre toute source de corrosion, aux UV et aux graffitis. Une couche d'émail est déposée par divers procédés sur la surface de la tôle de nuance spéciale. La cuisson au four à 830 °C permet de vitrifier l'émail et de créer une liaison indissociable entre l'émail et son support. On peut obtenir des couleurs très variées et reproduire facilement des motifs ou des images. L'acier émaillé est aussi utilisé en signalétique, en industrie et en salles blanches.

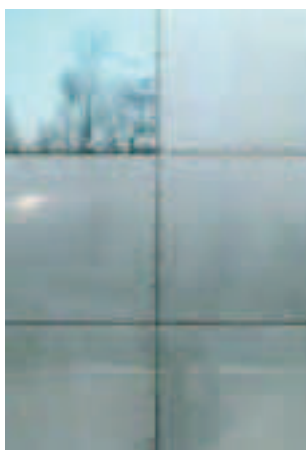
Exemples de nuanciers de peinture pour tôles prélaquées.



Façade de logements d'étudiants à Rüsselheim, Allemagne. Wendeling Wolf arch. ; Herbert Martius, artiste.



Les aciers inoxydables



Plaques d'acier inoxydable dont une poli miroir en façade. UFR de géographie, Villeneuve-d'Ascq, France. Legendre, Desmazières et Larrondo architectes.



Écaillés en losange d'acier inoxydable sur la façade de la médiathèque de Sélestat, France. J. Orth et Ch. Schouvey architectes.

Façade en acier inoxydable teinté. Experience Music Hall à Seattle, États-Unis. F. O. Gehry & Associates architectes.



L'acier inoxydable est un alliage d'acier contenant au minimum 10,5 % de chrome et moins de 1,2 % de carbone. Sa résistance à la corrosion est obtenue grâce à la réaction du chrome à l'oxygène qui crée en surface une très fine couche passive autoprotectrice. Cette résistance à la corrosion peut être encore améliorée par l'addition de composants tels que le nickel, le molybdène, le titane,...

Il existe plus de cent nuances d'acier inoxydable. Elles sont classées en cinq grandes « familles » qui (norme européenne NF EN 10088-2) :

- martensitiques : 0,1 % de carbone, 12 à 18 % de chrome ;
- ferritiques : de 0,02 à 0,06 % de carbone, de 0 à 4 % de molybdène et de 11 à 29 % de chrome ;
- austénitiques : de 0,015 à 0,10 % de carbone, de 0 à 4 % de molybdène, de 7 à 25 % de nickel et de 17 à 20 % de chrome ;
- austénitiques réfractaires : de 0,2 % maximum de carbone, de 11 à 22 % de nickel et de 19 à 26 % de chrome ;
- austéno-ferritiques (duplex) avec par exemple : de 0,02 % de carbone, de 3 % de molybdène, de 5,5 % de nickel et de 22 % de chrome.

À chacune correspond des caractéristiques mécaniques spécifiques : degré de dureté, limite d'élasticité, résistance à la rupture, capacité d'allongement,...

Les nuances d'acier inoxydable sont désignées en Europe par une série de chiffres de type 1.4000 et aux États-Unis par trois chiffres. Par exemple, 1.4301 (ou 304) correspond à un inox austénitique qui comprend 18 % de chrome et 10 % de nickel. En outre, la lettre L dans l'appellation américaine indique un très faible taux de carbone qui garantit une meilleure résistance aux milieux agressifs, à l'instar de la nuance 304 L (ou 1.4306).

Le choix de la nuance appropriée à l'environnement dans lequel se trouve l'élément à protéger (environnement industriel, maritime, inox alimentaire...) sera de préférence le fait de spécialistes.

L'acier inoxydable s'utilise sous forme de tôle en couverture, en façade, en habillage, en luminaire, en revêtement de sols, en serrurerie, dans les conduits de fumée, etc. Il s'utilise sous forme de tubes pour les structures et les canalisations, de fils pour les câbles ou les mailles tissées. Il existe même des armatures pour béton armé en inox pour améliorer la durabilité du béton.

L'inox peut aussi se polir et se colorer de multiples façons avec une très grande variété d'aspects de surface.

Il existe également et uniquement pour la couverture de bâtiments, des nuances d'aciers inoxydables revêtus d'étain sur les deux faces. Ce revêtement a pour fonction essentielle de faciliter le brasage effectué par le couvreur et de donner un aspect « mat » à la surface obtenue par une patine naturelle au fil des ans.

Les aciers patinables

Il existe aussi des aciers faiblement alliés, dits patinables ou autopatinables qui sont protégés contre la corrosion par leur couche d'oxyde. Ce sont des aciers qui contiennent un faible pourcentage de cuivre (de l'ordre de 1 %). Ils sont plus connus sous leur nom de marque, tel que Corten, Indaten ou Paten.

La protection est réalisée une fois que le produit est exposé à l'atmosphère et à la pluie et qu'une couche brune foncée d'oxyde, qu'on appelle aussi patine, s'est formée. Cette couche d'oxyde est résistante et relativement étanche. Elle constitue donc un frein à la corrosion qui ne peut plus se poursuivre en profondeur. Toutefois, elle a tendance à s'user et ne fait que ralentir la corrosion. Il faut donc « surdimensionner » les pièces en acier patinable afin de tenir compte de cette perte de matière qui peut atteindre des valeurs de l'ordre de 1 mm ou plus en 50 ans, par surface exposée. On peut aussi appliquer une peinture antirouille après sablage, notamment sur les parties cachées, ce qui améliore encore la durabilité du matériau.

L'utilisation de ce genre d'acier est interdite dans des milieux agressifs et pour des constructions en contact permanent avec de l'eau ou de l'humidité condensée. Il faut aussi très soigneusement éviter toute possibilité de rétention d'eau qui finirait par provoquer une altération du matériau. Par ailleurs, la formation de la couche protectrice qui peut durer plusieurs années, s'accompagne d'un dégagement de rouille qui peut salir les parties non ferreuses de la construction. Il conviendra par conséquent de récolter toutes les eaux de ruissellement qui auront été en contact avec l'acier patinable. Afin que cet acier ait une teinte plus ou moins uniforme, il sera préférable de procéder à un léger sablage des pièces avant leur mise en place. Là encore, il est conseillé de consulter des spécialistes pour la mise en œuvre.



Belvédère de Mizoen, France. I. Hérault et V. Arnod architectes.



Centre universitaire RVU à Hilversum, Pays-Bas. MVRDV architectes.

Centre hispano-portugais à Zamora, Espagne. M. de las Casas architecte.

