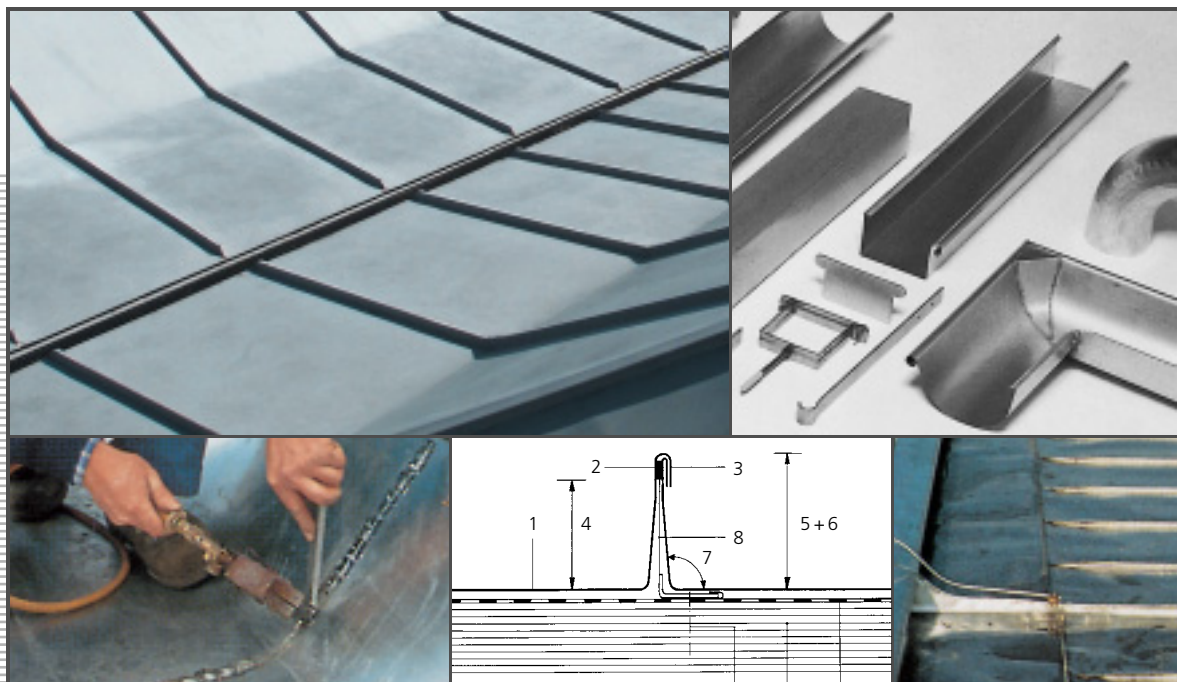


Guide technique de la couverture en acier inoxydable



Euro Inox

Euro Inox est l'association européenne de développement de l'acier inoxydable. Ses membres sont :

- Les producteurs d'acier inoxydable,
- Les associations nationales de développement de l'acier inoxydable,
- Les associations de développement des principaux éléments d'alliages utilisés dans l'acier inoxydable.

L'un des objectifs d'Euro Inox est de s'assurer que les propriétés quasi-unicas des aciers inoxydables sont bien connues et de développer leur utilisation aussi bien dans les marchés existants que dans de nouvelles applications. Pour atteindre cet objectif, Euro Inox organise des conférences et des séminaires et met à la disposition des architectes, des concepteurs, des maîtres d'œuvre et des utilisateurs finaux des supports écrits ou sous forme électronique afin de familiariser ces différents groupes avec le matériau inoxydable. Euro Inox a également pour vocation d'apporter son concours à des recherches techniques et à des études de marché.

Editorial

Guide technique de la couverture en acier inoxydable
Première édition 2004 (Série Bâtiment, Vol. 5)

ISBN 2-87997-086-5

© Euro Inox 2004

Editeur

Euro Inox

Siège de l'organisation :

241 route d'Arlon

1150 Luxembourg, Grand Duché du Luxembourg

Tél. +352 26 10 30 50 Fax +352 26 10 30 51

Bureaux administratifs :

Diamant Building, Bd. A. Reyers 80,

1030 Bruxelles, Belgique

Tél. +32 2 706 82 67 Fax +32 2 706 82 69

E-mail info@euro-inox.org

Internet www.euro-inox.org

Auteur

Willem De Roover, Gand, Belgique (contenu, texte)
circa drei, Munich, Allemagne
(mise en page, iconographie)

Membres Titulaires

Acerinox

www.acerinox.es

Outokumpu Stainless

www.outokumpu.com/stainless

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.com

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

UGINE & ALZ Belgium

UGINE & ALZ France

Groupe Arcelor

www.ugine-alz.com

Membres Associés

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

Informationsstelle für nichtrostende Stähle

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Sommaire

1	Pourquoi utiliser de l'acier inoxydable en couverture	2	3.4 Les configurations de toit adéquates	21
1.1	Les capacités d'auto-réparation de l'acier inoxydable	3	4 Le soudage en continu	22
1.2	L'économie de la couverture en acier inoxydable	3	4.1 Technique de soudage	22
1.3	Propriétés physiques	5	4.2 Technique de pliage	23
1.4	Propriétés mécaniques	5	4.3 Etanchéité	24
1.5	Propriétés environnementales	6	4.4 Toits plantés	25
1.6	Qualités architecturales	7	4.5 Fixation des toits à soudure continue	26
2	Les grandes options	8	4.6 Les nuances et finitions adéquates	27
2.1	Nuances d'acier inoxydable	8	4.7 Accessoires spéciaux	28
2.2	Finitions de surface	8	4.8 Pourquoi choisir le système soudé	29
2.3	Résistance à la corrosion et protection de surface	12	5 Les autres systèmes	30
2.4	Compatibilité avec les autres matériaux	12	6 Normes européennes	32
2.5	Outillage	14		
2.6	Accessoires	15		
2.7	Braser l'acier inoxydable	16		
3	La méthode traditionnelle de l'assemblage par agrafage sur bord relevé	17		
3.1	Types de toit	17		
3.2	Boulonnerie	18		
3.3	Pliage	19		

Euro Inox s'est efforcé de s'assurer que l'information présentée ici est techniquement correcte. Cependant nous devons attirer l'attention du lecteur sur le fait que l'information donnée dans ce document n'a qu'une portée générale. De ce fait, elle ne saurait en aucune façon engager la responsabilité d'Euro Inox qu'il s'agisse de ses membres, de son personnel ou des consultants ayant été associés à la réalisation de cet ouvrage.

Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)

www.idinox.com

International Chromium Development Association (ICDA)

www.chromium-asoc.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.com.pl

1 Pourquoi utiliser de l'acier inoxydable en couverture

L'acier inoxydable est un beau matériau souvent employé pour des applications architecturales dont les façades, les placages intérieurs, les ascenseurs et escalators, les garde-corps et les balustrades ne sont que quelques exemples typiques. Or, la famille des aciers inoxydables a plus à offrir que son apparence. Ses propriétés techniques en font le choix idéal pour de nombreuses autres applications du bâtiment qui réclament une durabilité supérieure.

Pour le propriétaire d'un bâtiment, une couverture en acier inoxydable présente des avantages dans trois grands domaines principaux.

Une durée de vie maximum

Avec la pollution présente dans l'air, les matériaux de construction se doivent d'être résistants à la corrosion. L'acier inoxydable est la réponse idéale à cette exigence, preuve en est le Chrysler Building à New York. Construit entre 1929 et 1932, il témoigne de façon éclatante de la validité de l'acier inoxydable pour les couvertures et les parements de façade. La nuance employée à l'époque est l'équivalent du 1.4301 actuel.



Bien qu'il n'ait été nettoyé qu'une fois, le toit du Chrysler Building est toujours en excellent état après plus de soixante-dix années d'existence.

Un entretien minimum

Les frais d'entretien ne cessent d'augmenter, il est donc important de les avoir en tête dès la phase de planification d'un bâtiment. Du fait de leur résistance prolongée à la corrosion et de leur finition lisse de surface, la plupart des toits en acier inoxydable nécessitent très peu d'entretien pour peu qu'ils aient été conçus et construits avec soin.

Un faible poids

Avec les excellentes performances mécaniques de l'acier inoxydable, son épaisseur type est généralement inférieure à celle de la plupart des matériaux métalliques utilisés en couverture. Le poids total après assemblage s'en trouve ainsi réduit et l'ossature, plus légère, s'avère plus économique.

Il existe tout un éventail de techniques pour la fabrication des couvertures en acier inoxydable, de la méthode traditionnelle d'assemblage par agrafage sur bord relevé aux techniques soudées spéciales. En tout état de cause, plus de trente années d'expérience démontrent l'excellence de la solution à l'acier inoxydable en matière de durabilité.



Photos : Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, extraits de la brochure "Höchste Zeit für Edelstahl"

1.1 Les capacités d'auto-réparation de l'acier inoxydable

L'acier inoxydable est un alliage qui contient au moins 10,5 % de chrome, ce qui lui confère la capacité inhérente à se protéger contre la corrosion¹⁾. Le chrome présent dans l'acier réagit à l'oxygène présent dans l'air et/ou l'eau auquel la surface du matériau est exposée. Il forme alors un film protecteur invisible formé d'un oxyde riche en chrome.

Si cette couche subit une agression chimique ou mécanique, elle se reconstitue spontanément en présence d'oxygène. Plus la teneur en chrome est élevée avec, de surcroît, une adjonction de molybdène à l'alliage, meilleure est la résistance à la corrosion.

La présence de molybdène améliore l'aptitude à la déformation et la soudabilité. Les aciers inoxydables qui contiennent du nickel sont écrouis par formage à froid, conférant à la pièce façonnée une fonction structurale supplémentaire.

Les aciers inoxydables les plus communément employés présentent une teneur en



L'acier inoxydable produit une couche invisible de protection. Lorsque celle-ci est endommagée, elle se reconstitue spontanément sous l'effet de la présence d'oxygène dans l'air ou dans l'eau.

chrome d'environ 17 à 18 % et une teneur en nickel de 8 à 10,5 %. C'est pour cela qu'on les désigne par les expressions « 18/8 » ou « 18/10 ». Ces nuances au nickel-chrome s'appellent les « aciers inoxydables austénitiques ».

Il existe une autre famille d'aciers inoxydables, principalement alliée au chrome et éventuellement à d'autres éléments comme le titane. Ce sont les nuances dites « ferritiques ». Pour les couvertures, ce sont les nuances avec 12 à 17 % de chrome avec revêtement organique ou métallique qui conviennent.

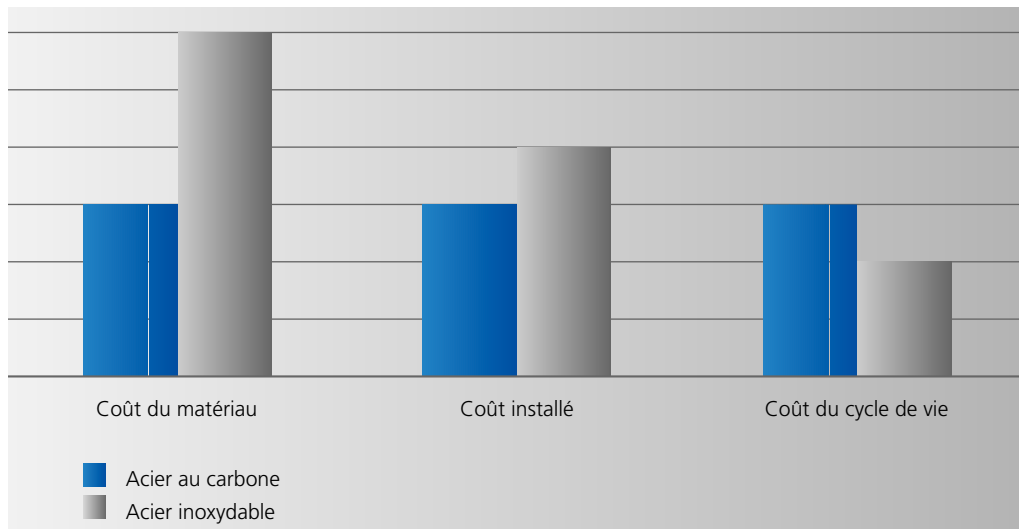
1.2 L'économie de la couverture en acier inoxydable

Pour calculer le coût du cycle de vie d'une toiture avec un matériau donné, il convient d'intégrer les coûts initiaux ainsi que les coûts projetés sur toute la durée de vie prévue pour ledit toit. L'exercice réclame l'intégration des coûts des matériaux, de la fabrication, de l'installation, de l'exploitation, de l'entretien, des immobilisations, du remplacement pour usure ainsi que la valeur résiduelle. Un logiciel de calcul détaillé sur

PC est disponible auprès d'Euro Inox.

Bien que le coût initial de l'acier inoxydable soit parfois supérieur à celui d'autres matériaux métalliques, le coût installé (matériau + installation) n'est, quant à lui, guère différent. Néanmoins, le coût de l'option inox sur tout le cycle de vie peut s'avérer nettement plus faible que l'acier au carbone galvanisé à revêtement organique.

¹⁾ Voir EN 10088 : les aciers inoxydables se définissent par une teneur minimum de 10,5 % de chrome et une teneur maximum en carbone de 1,2 %



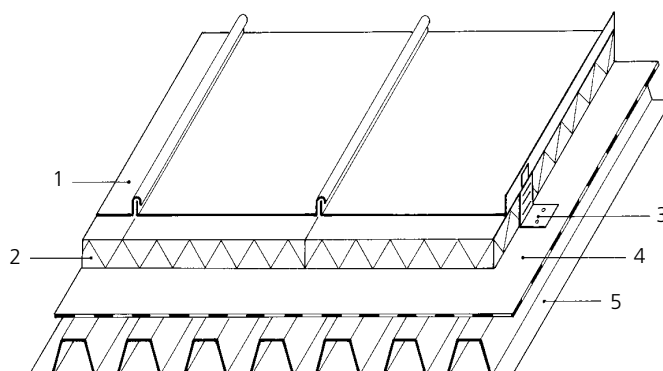
Comparatif des coûts entre l'acier au carbone galvanisé revêtu 0,6 mm et la nuance 1.4401 d'acier inoxydable 0,4 mm. Du fait des propriétés mécaniques des aciers inoxydables, l'épaisseur du matériau peut être réduite à 0,5 ou 0,4 mm pour un poids réduit (3,2 kg/m² pour de l'acier inoxydable de 0,4 mm et 4,7 kg/m² pour de l'acier au carbone revêtu de 0,7 mm). L'acier au carbone revêtu a une espérance de vie de 15 à 20 ans alors que la durée de vie d'une couverture en acier inoxydable sera généralement celle du bâtiment.

Une structure porteuse moins coûteuse

L'acier inoxydable est normalement résistant à l'effet corrosif de l'humidité sous le parement, il n'est donc pas forcément nécessaire de prévoir une structure porteuse ventilée. On peut ainsi choisir un toit chaud et com-

pact souvent moins coûteux et, s'il est correctement installé, qui présente de meilleures caractéristiques physiques de construction. Dans ce cas là, le bon montage d'un pare-vapeur est une nécessité absolue.

Pour l'acier inoxydable, une structure porteuse ventilée peut s'avérer superflue.



Vue en coupe d'une toiture chaude compacte
 1 Acier inoxydable
 2 Isolation
 3 Tasseau mobile
 4 Pare-vapeur
 5 Structure porteuse

1.3 Propriétés physiques

Outre les avantages esthétiques et la durabilité de l'acier inoxydable, les architectes, maîtres d'ouvrage et promoteurs peuvent aussi opter pour ce matériau en raison de ses propriétés physiques.

Réflexion thermique

Avec sa surface lisse et réfléchissante, l'acier inoxydable possède d'excellentes propriétés de réflexion de la chaleur.



Photo : Outokumpu Stainless, Espoo

Conductivité électrique

Avec la membrane continue d'une couverture inoxydable soudée en continu, plus besoin de paratonnerre supplémentaire. Il suffit souvent de relier l'ensemble de la toiture à une bonne terre. Les toits en acier inoxydable peuvent aussi contribuer au blindage électromagnétique parfois nécessaire sur certains bâtiments renfermant des équipements électroniques sensibles.

Résistance au feu

Le point de fusion de l'acier inoxydable est à environ 1500°C, soit une température nettement supérieure à celle des autres matériaux de couverture, dont, par exemple : l'aluminium (660°C), le zinc (419°C) et le cuivre (1083°C).

L'acier inoxydable peut réfléchir la chaleur, servir de paratonnerre, de blindage contre les ondes électromagnétiques et contribuer à la sécurité anti-incendie du bâtiment.

1.4 Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques de l'acier inoxydable sont particulièrement intéressantes pour le couvreur qui va devoir fabriquer la toiture. La facilité de façonnage est étroitement liée au temps passé et donc au coût du montage.

L'acier inoxydable est facile à façonner, même à basse température



Photo : Willem De Roover, Gand

Aptitude au façonnage

Les aciers inoxydables communément employés en couverture sont faciles à façonner et assembler. Ils ne sont pas sensibles même aux très faibles températures d'extérieur. La bonne construction ou le bon montage dépendent ainsi moins des conditions climatiques.

Propriétés mécaniques

L'acier inoxydable possède une excellente résistance, ductilité et ténacité sur une plage très ouverte de températures. Il est très difficile à détruire. Sa résistance est si élevée qu'il est souvent possible de réduire l'épaisseur du parement ou des éléments de construction. On peut, en outre, accroître la rigidité du matériau par façonnage à froid.

Fiche technique	Qualités				
	EN 1.4510	EN 1.4301	EN 1.4404	EN 1.4436	EN 1.4432
Limite élastique $\sigma_{0,2}$ (N/mm ²)	Min. 230	Min. 230	Min. 240	Min. 240	Min. 240
Résistance à la traction N/mm ²	420 à 600	540 à 750	530 à 680	550 à 700	550 à 700
Allongement (%)	Min. 23	Min. 45	Min. 40	Min. 40	Min. 40
Dureté (Vickers)	Max. 220	Max. 220	Max. 220	Max. 220	Max. 220
Coefficient d'allongement longitudinal (m/m/°C)	10×10^{-6}	16×10^{-6}	16×10^{-6}	16×10^{-6}	16×10^{-6}
Densité (kg/dm ³)	7,7	7,9	7,9	7,9	7,9

1.5 Propriétés environnementales

C'est à présent le facteur durabilité qui influence le plus fortement le choix des matériaux :

- Les matériaux de construction doivent être sûrs à l'emploi pour les ouvriers.
- Pendant toute la durée de vie du produit, le matériau de construction doit rester neutre pour l'environnement et ne pas relarguer de substances toxiques dans l'atmosphère ou dans les eaux de ruissellement.
- A la fin de sa vie utile, le produit de construction ne doit pas représenter un problème de gestion des déchets. Il doit être entièrement recyclable.

Teneur recyclable et recyclabilité

L'acier inoxydable est produit à partir de matériau recyclé (jusqu'à 60 %) et il est lui-même recyclable à 100 %. Alors que certains autres matériaux de couverture doivent suivre les filières des matières dangereuses, l'acier inoxydable peut même représenter une valeur positive en ferrailage à la fin de la durée de vie utile du bâtiment.

Neutralité à l'égard des eaux pluviales

L'acier inoxydable comprend une couche passive homogène spéciale destinée à garantir que le matériau n'affecte pas les eaux de pluie qui finissent par se retrouver dans la nappe phréatique.

1.6 Qualités architecturales

Il existe peu d'éléments aussi capables de dominer une architecture que la forme d'un toit. L'acier inoxydable s'adapte aussi bien

à la toiture-terrasse, qu'au toit en pente ou aux géométries courbes.

Il n'y a que peu de limites à la richesse de création de formes et de pentes.



Photo : Akibadai Cultural Gymnasium, Fujisawa

Création

Les produits en acier inoxydable sont disponibles dans de nombreuses finitions de surface différentes qui vont de la sobriété du gris au poli-miroir le plus brillant et évoluent sans cesse en fonction des changements même les plus discrets des conditions de lumière.

Toits plantés

Résistants aux racines et aux algues, les toits-terrasse en acier inoxydable représentent un excellent support pour les toits « plantés ». Pour peu que l'on choisisse la bonne nuance et une couche de drainage adaptée entre l'acier et la couche organique ou tout autre substrat, on dispose d'un jardin pour toutes les saisons.



Photo :
Binder und Sohn GmbH,
Ingolstadt

Le toit vert s'intègre à la philosophie d'une construction durable.

2 Les grandes options

L'architecte et le couvreur se doivent de prendre un certain nombre de décisions créatives en relation avec l'effet visuel recherché, la technique de couverture et l'environnement.

2.1 Nuances d'acier inoxydable

Plusieurs nuances sont utilisées en fonction différents environnements:

	Nuance selon EN 10088	Cr	Ni	Mo	Classification environnementale
Ferritique (typiquement étamé)	1.4510	18	–	–	Basse
Austénitique	1.4301	17,0-19,5	8,0-10,5	–	Basse
Austénitique	1.4401	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	Moyenne
Austénitique	1.4404	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	Moyenne
Austénitique	1.4436	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	Moyenne
Austénitique	1.4432	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	Moyenne
Austénitique	1.4439	16,5-18,5	12,5-14,5	4,0-5,0	Haute

De manière générale, un toit-terrace doit au minimum être conçu avec des nuances au molybdène.

Classe	Description de l'environnement	Nuance type
Basse	Zones rurales, forte pluviométrie et/ou forte température. Zones urbaines à faible activité industrielle et faiblement polluées.	1.4510 (typiquement étamé) 1.4301
Moyenne	Zones urbaines plus polluées, zones industrielles et côtières à plus forte pluviosité.	1.4401, 1.4404, 1.4435, 1.4436, 1.4432
Haute	Zones à plus fort risque avec chlorure, dioxyde de soufre, fluorure, etc. Zones industrielles ou côtières avec forte température. Un soin tout particulier doit être apporté pour éviter toute fissure dans laquelle des matières corrosives, des chlorures, etc. risquent de s'accumuler.	1.4439, 1.4539, 1.4547 1.4462 (Duplex)

Finition	Assemblage par agrafage sur bords relevés	Toit à soudure continue
2B	X	X
Mat (grenailé, laminé)	X	X
Texturée	X	–
Ternée	X	–
PVDF	X	X Produit seulement partiellement peint
A coloration électrolytique	X	X Couleur détruite au soudage

Finitions de surface

A l'évidence, le choix est aisé lorsqu'il suffit que le toit soit fonctionnel : la finition la plus classique est le 2B qui présente une surface plate, lisse et plutôt réfléchive.

On peut, de manière générale, affirmer que plus la finition est lisse et brillante, plus grande est la résistance à la corrosion et plus facile est l'entretien. Pour un contraste complet, de nombreuses finitions mates et

colorées sont également disponibles. Le choix se fait en fonction de l'environnement, du voisinage et du concept architectural. Pour plus de détails, consulter la brochure « Le guide des finitions de l'acier inoxydable » d'Euro Inox.

Pour les couvertures traditionnelles, ce sont souvent les matériaux laminés mats ou faiblement réfléchissants qui sont choisis. Les finitions laminées du type 2B ou 2R (recuit blanc) peuvent aussi être employées si un pouvoir réfléchissant plus grand est acceptable ou souhaitable.



Toits en finition réfléchissante 2B.

Photos : Willem De Roover, Gand (ci-dessus)
EDILTECOS, Mottalciata VC (au centre)

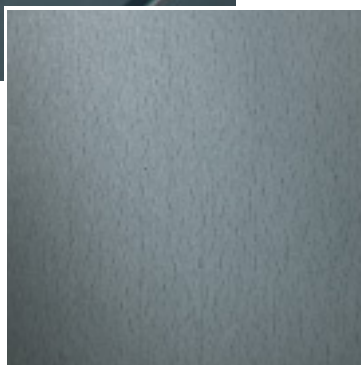
*Finition laminée 2B (gauche)
et 2R (droite).*





Photo: UGINE & ALZ/RCC GmbH, Sersheim

Les deux faces sont étamées par électrolyse d'une couche très fine de 100 % d'étain qui non seulement présente l'avantage d'une finition gris mat mais qui, de surcroît, simplifie le brasage des pièces de finition du type gouttière, découpures de toit, bandes de zinc. On trouve très facilement les accessoires dans cette finition.



Surface étamée

Il existe plusieurs procédés pour produire les matériaux faiblement réfléchissants.



Finitions mates produites par laminage à froid

Le laminage à froid permet d'obtenir une finition mate et plusieurs fabricants offrent des gammes très larges de finitions différentes.

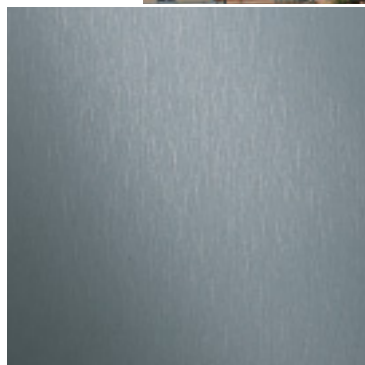
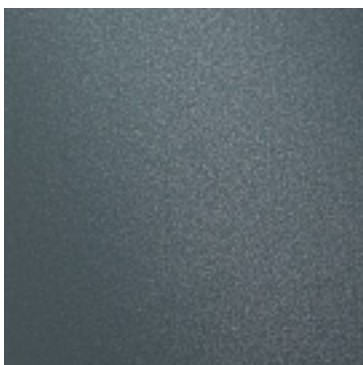
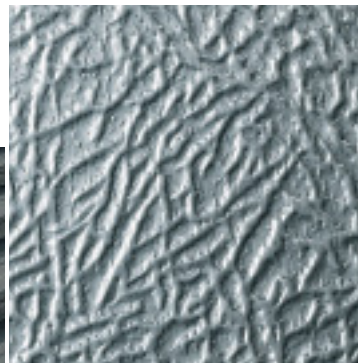


Photo : Rudolf Maierhofer, Neuötting

Il existe également des finitions texturées spéciales pour couverture.



Surface texturée

Photo: Martina Helzel, Munich

Le sablage (par grenailage ou projection de billes de verre) aux granulats bénins non ferriques donne une finition mate. Le procédé, une fois modifié, permet de produire une gamme étendue de textures unies, réfléchissantes ou mates, toutes séduisantes et durables. Mais il peut néanmoins donner lieu à des déformations surtout si une seule des deux faces a été sablée.

L'emploi des aciers inoxydables de couleur est fort apprécié dans certains pays. Certains fabricants proposent des produits revêtus d'une couche de PVDF d'une épaisseur type de 35 μm . Il existe également des revêtements acryliques disponibles dans de riches palettes de couleurs assorties à celles des aciers au carbone peints.

D'autres fournisseurs utilisent un procédé chimique électrolytique qui épaissit la couche d'oxyde pour donner un aspect métallique de couleur or, bleue, bronze, vert, noir et rouge.

Surface grenailée

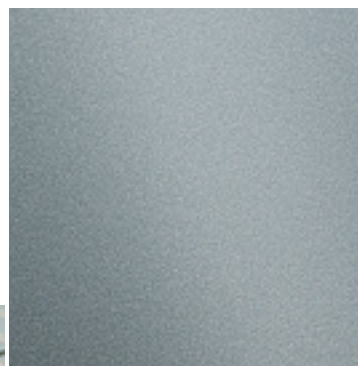


Photo :
Rudolf Maierhofer, Neuötting



2.3 Résistance à la corrosion et protection de surface

La résistance globale à la corrosion de l'acier inoxydable n'est normalement pas affectée par les procédés de finition mais n'oublions pas que plus la microstructure de surface est lisse, meilleure sera la résistance à la corrosion pour la nuance concernée.

Notamment dans les régions fortement polluées, les salissures et l'humidité peuvent s'accumuler sur les surfaces plus rugueuses et ainsi tacher ou endommager l'inox. Il est important de s'assurer, dès la conception,

que les eaux de pluie vont bien s'écouler et s'évacuer de la surface.

Nombre des produits décrits ci-dessus peuvent être livrés avec un film pelable qui protège contre les rayures, les taches et les dégâts de surface pendant la fabrication et le montage.

2.4 Compatibilité avec les autres matières

L'acier inoxydable est souvent installé au contact d'autres matériaux. Pour la couverture, c'est classiquement du feutre bitumé. Alors que certains autres métaux ou matériaux de construction peuvent développer une corrosion grave en présence de feutre bitumé et d'eau de ruissellement provenant de ce type de surface, l'acier inoxydable est, quant à lui, extrêmement résistant. C'est pour cette raison que l'inox est souvent la solution la plus économique pour les projets de rénovation : des couches endommagées de feutre bitumé qu'il faudrait normalement déposer et éliminer comme déchets dangereux peuvent rester en place en toiture pour peu qu'on les recouvre d'une couche d'acier inoxydable.

On a pu constater que le bois et le béton dégagent parfois une certaine humidité contenant des résines et des conservateurs qui provoquent la corrosion des matériaux de

construction. L'expérience démontre que l'acier inoxydable résiste à ces attaques.

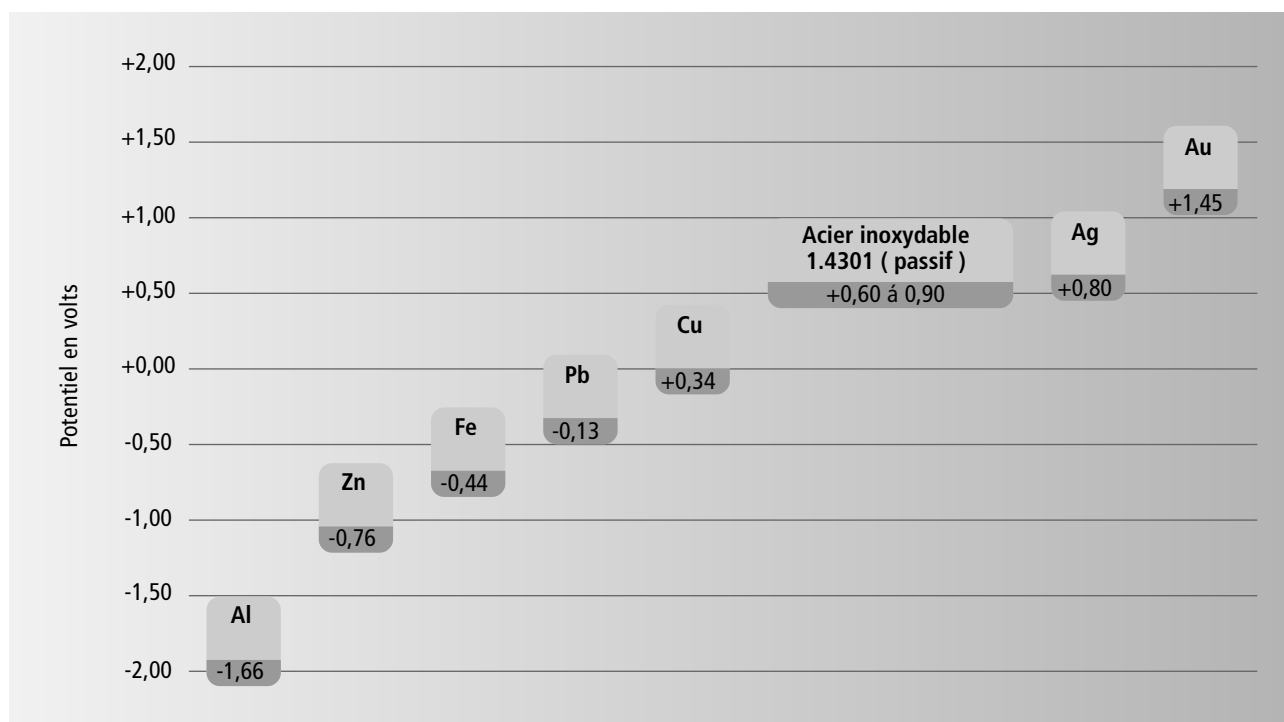
Un soin tout particulier doit être apporté dans le cas des associations de matériaux métalliques. Ceux-ci peuvent faire l'objet d'une corrosion galvanique. C'est le même processus qui entre en jeu dans les piles : une conduction électrique s'établit entre deux métaux (l'un relativement noble et l'autre beaucoup moins) au travers d'un électrolyte. Dans ce cas, quand le courant passe d'un matériau noble à un matériau moins noble, c'est le premier qui est consommé. L'acier inoxydable a un potentiel similaire à celui de l'argent. C'est généralement l'agent noble. L'eau de pluie, voire même l'humidité présente dans l'air, peuvent suffire à former un électrolyte. S'il n'est pas protégé, le matériau de contact peut développer de la corrosion alors que l'acier inoxydable reste intact. Plus grande est la proportion de

matériaux nobles et plus le potentiel normal des métaux est différent (voir le schéma en page ci-dessous), plus le risque est élevé. Une erreur fort répandue consiste à utiliser de la boulonnerie qui n'est pas en inox, par exemple, des vis galvanisées, des rivets en aluminium, etc., sur des éléments en acier inoxydable dont la surface en toiture est très grande alors que celle des accessoires est très réduite. C'est alors que s'installe la corrosion galvanique qui va très rapidement ronger les éléments de fixation moins nobles. L'emploi de boulonnerie en acier inoxydable est donc très fortement recommandé.

Le contact entre l'acier inoxydable et d'autres matériaux métalliques est souvent inévitable, voire même voulu par l'architecte pour

créer un effet visuel spécial. Dans ce cas, l'effet galvanique peut être réduit si les éléments en inox sont nettement moins grands que ceux faits en d'autres métaux (par exemple, de l'acier au carbone peint ou galvanisé). De ce fait, une boulonnerie en acier inoxydable ne devrait pas présenter de problème sur des toitures en acier, en aluminium, en zinc ou en cuivre.

Néanmoins, si les éléments en acier inoxydable sont de surface assez importante (plus de 10 % de la surface des autres métaux, selon la règle empirique), il est important d'assurer l'isolation électrique des métaux entre eux. On peut, pour ce faire, recourir aux revêtements, couches d'isolation et/ou rondelles, etc. pour éviter la création de l'effet galvanique.

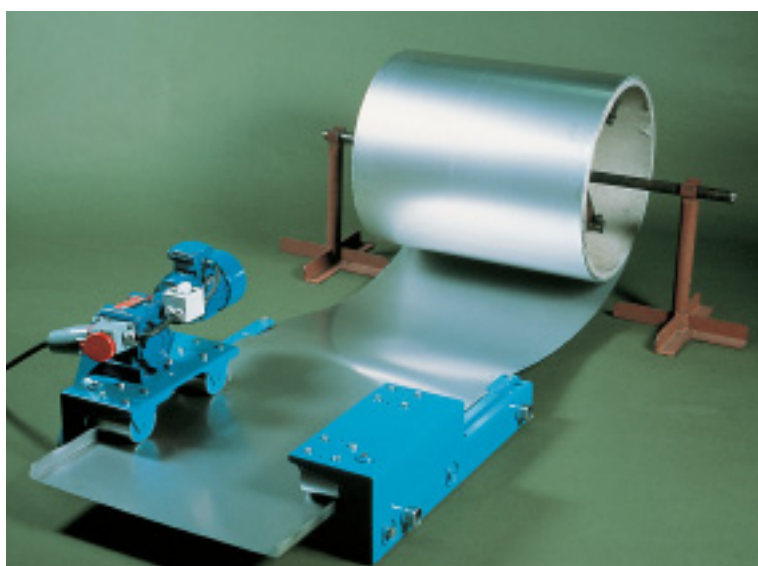


Potentils normaux des métaux de construction et de certains métaux nobles comparés à une électrode d'hydrogène

2.5 Outillage

De manière générale, la plupart des outils à main ou équipements de façonnage, de pliage et de cintrage utilisés en couverture peuvent être utilisés mais, pour éviter les

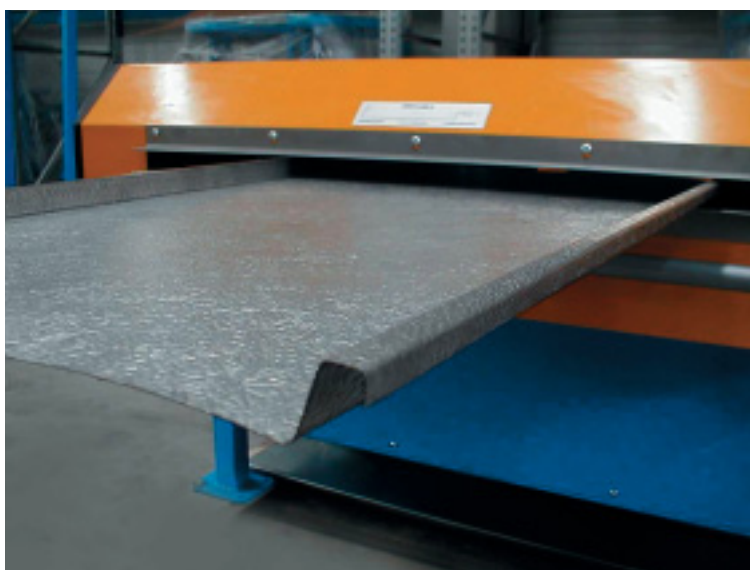
taches de rouille ou les rayures, l'emploi d'outils et de pièces d'équipement chromés, en plastique ou en inox est recommandé.



Machine simple à façonner principalement utilisée sur les système à souder.



Les toits en acier inoxydable peuvent être assemblés à l'aide des outils habituels sous réserve d'éviter toute contamination par des particules d'acier au carbone.



Machine à façonner pour toits à simple ou double agrafage.

Photos :
Rostfria Tak AB, Fagersta
(en haut à gauche),
Willem De Roover, Gand
(en haut à droite),
Battisti GmbH, Sulz (en bas)

2.6 Accessoires

Les tasseaux, les tasseaux mobiles, la boulonnerie, la tuyauterie d'évacuation, les avaloirs, les conduites de ventilation, etc. doivent aussi être en acier inoxydable. Si le revêtement comprend d'autres métaux de couverture, il est important de s'assurer de leur position sur l'échelle galvanique. Le cas échéant, l'isolation des matériaux permet d'éviter la corrosion galvanique.



Cheminée

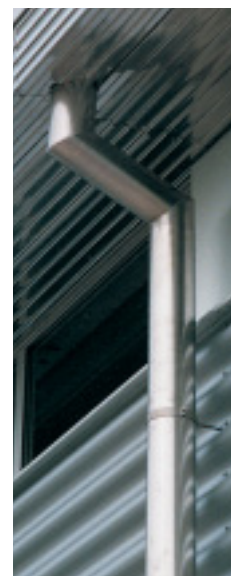


Tasseau mobile



Visserie en acier inoxydable

Photos :
Willem De Roover, Gand,
Brandt Edeldach GmbH,
Cologne (ci-dessous)



Gouttière et tuyau de descente



Une gamme complète d'accessoires est disponible

L'acier inoxydable est facile à travailler si l'on utilise le bon décapant et le bon matériau de brasage.



Photo :
Brandt Edelstahldach GmbH,
Cologne



2.7 Braser l'acier inoxydable

Les couvreurs qui ont l'habitude de travailler avec d'autres matériaux métalliques hésitent parfois à recourir à l'acier inoxydable parce qu'ils doutent de ses propriétés au brasage. A l'évidence, le brasage de l'acier inoxydable réclame un peu plus de savoir-faire mais l'apprentissage n'est pas difficile et l'on peut aisément construire son expérience.

Pour obtenir de bons résultats, il convient d'utiliser le bon décapant de soudage. Les décapants à base d'acide orthophosphorique donnent d'excellents résultats et permettent d'éviter les risques liés aux chlorures. En tout état de cause, les surfaces en acier inoxydable doivent être parfaitement nettoyées et rincées après brasage pour éliminer toute trace de décapant. Les décapants utilisés pour les autres matériaux comme le cuivre ou le zinc ne sont pas adaptés à l'acier inoxydable. Les outils de soudage peuvent être nettoyés avec du décapant à inox mais il convient d'éviter la pierre à aiguiser.

Différents types de métaux d'apport de brasage tendre peuvent être utilisés :

- étain haute pureté avec un point de fusion à 230°C
- alliages étain-argent et étain-plomb avec une plage de fusion comprise entre 215 et 250°C.

Si les pièces à joindre par brasage sont susceptibles d'être soumises à de fortes contraintes mécaniques, elles doivent tout d'abord être fixées à l'aide de rivets-pop en acier inoxydable ou par soudage à points avant brasage normal.

Photos :
Informationsstelle Edelstahl
Rostfrei, Düsseldorf
(au centre et en bas)

3 La méthode traditionnelle de l'assemblage par agrafage sur bord relevé

Le feuillard d'acier inoxydable, généralement d'une épaisseur de 0,4 ou 0,5 mm, peut être livré en bobines de largeurs allant de 350 mm à 670 mm. Ces épaisseurs peuvent être façonnées sur site mais elles sont le plus souvent transformées en atelier à l'aide d'équipements spécialisés.



Vue en coupe de la forme type du bac d'assemblage par agrafage sur bord relevé

3.1 Types de toit

Un bac préfabriqué nécessite l'installation d'une sous-couche continue sur le toit. Pour la structure traditionnelle de couverture froide et ventilée, le support est généralement réalisé en madriers de bois fixés avec un entrefer d'environ 3 mm entre eux. On peut également recourir à des panneaux de planchéage sous réserve de prévoir une ventilation appropriée.

L'épaisseur du planchéage de bois doit être d'au moins 22 mm¹⁾ pour garantir la bonne fixation des vis ou des clous inox. Une membrane est habituellement installée entre l'acier et le bois pour des raisons de protection ou d'isolation acoustique. Cette couverture traditionnelle est souvent moins coûteuse que la solution compacte chaude du fait

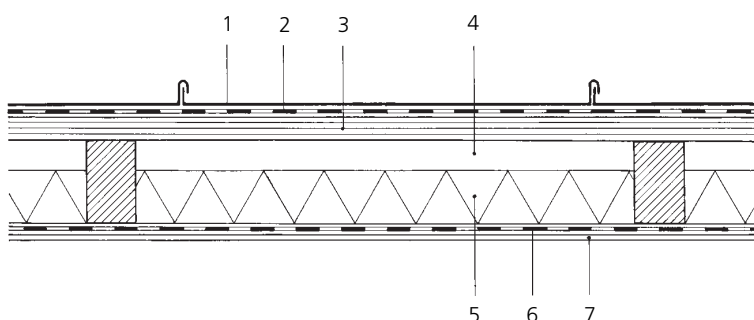
de sa double structure. On peut, par ailleurs, employer des tasseaux tout simples et moins onéreux.

La structure chaude et compacte est recommandée parce qu'elle présente de meilleures caractéristiques physiques de construction. La sous-couche continue peut, dans ce cas, être formée d'une structure de bois posée immédiatement sur la couche d'isolation. Il est pourtant plus courant, de nos jours, de mettre en œuvre une couche d'isolation dure du type laine minérale compactée ou verre cellulaire.

Il est très important d'assurer une bonne installation du pare-vapeur entre la structure porteuse et l'isolation thermique.

Structure type de la couverture froide ventilée

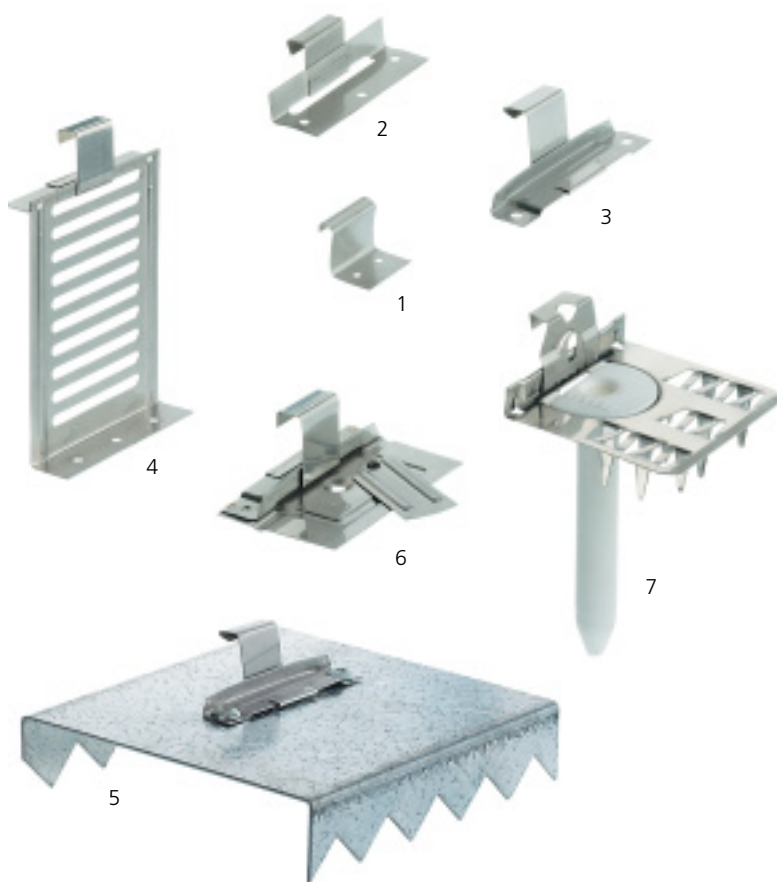
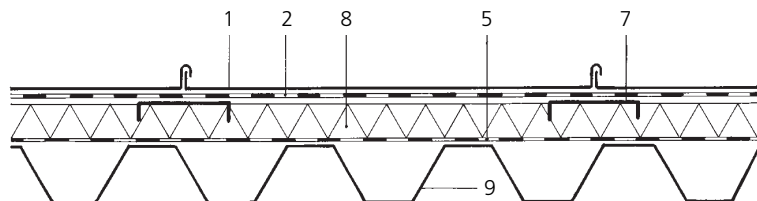
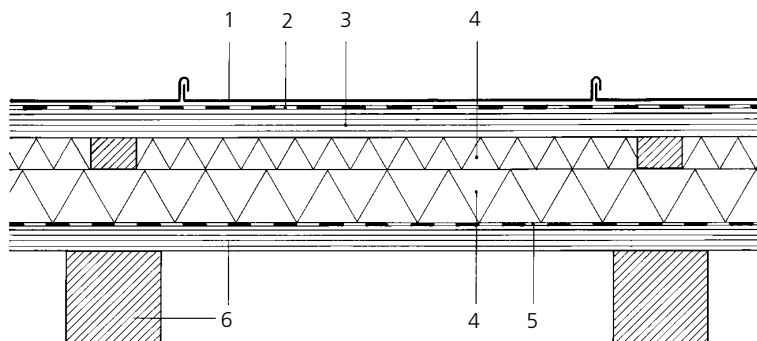
- 1 Peau en acier inoxydable
- 2 Membrane acoustique/de protection
- 3 Support en bois
- 4 Zone ventilée de 4 à 6 cm
- 5 Isolation
- 6 Pare-vapeur
- 7 Revêtement intérieur



¹⁾ Cette valeur peut différer selon le pays.

Structure type des toits chauds compacts

- 1 Peau en acier inoxydable
- 2 Membrane acoustique/de protection
- 3 Support de bois
- 4 Isolation
- 5 Pare-vapeur
- 6 Structure porteuse de bois
- 7 Plaque ou profilés d'acier inoxydable ou galvanisé
- 8 Isolation dure
- 9 Sous-toiture porteuse



3.2 Boulonnerie

Le bac du toit en acier inoxydable est fixé à la sous-couche à l'aide de tasseaux. Il existe plusieurs types de tasseaux :

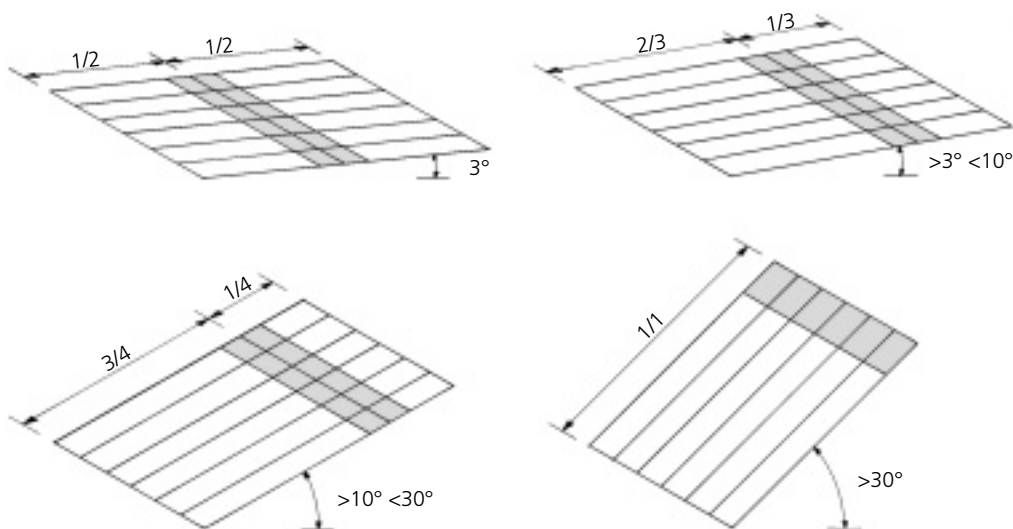
- Tasseaux fixes ou mobiles
- Tasseaux pour fixation directe dans le bois pour toits froids ou dans les plaques ou profilés de métal
- Pour une fixation entre panneaux d'isolation ou directement au travers des blocs durs, il existe des tasseaux spéciaux dont, par exemple, le profil en Z, le tasseau GP ou le tasseau Krabban.

Différents types de tasseaux :

- 1 Tasseau fixe
- 2, 3, 5 Tasseaux mobiles
- 4 Profil en Z
- 6 Tasseau GP
- 7 Tasseau Krabban

Pour calculer le nombre de tasseaux par mètre carré de toit, il convient de consulter les normes nationales avant de procéder à l'évaluation spécifique du bâtiment individuel. On tiendra compte de la hauteur, de la pente, des zones de bordure, de l'exposition, de la

charge pour le vent et pour la neige ainsi que de la région géographique. Le nombre de tasseaux fixes ou mobiles ainsi que leur position dépendent de la longueur des bacs et de la pente du toit.



Le nombre et la position des tasseaux dépendent de la pente du toit. Les tasseaux fixes sont positionnés dans les zones grisées.

3.3 Opération de pliage

Quand le premier bac est monté, le deuxième est accroché à celui-ci et le joint est bloqué par pliage simple ou double de l'agrafure. C'est ainsi que l'on obtient un assemblage étanche par agrafage sur bord relevé. Les plis

simples ne sont acceptables que pour des pentes supérieures à 75° . Les doubles plis sont recommandés pour les toits à deux versants dont la pente minimum est définie par les normes nationales.

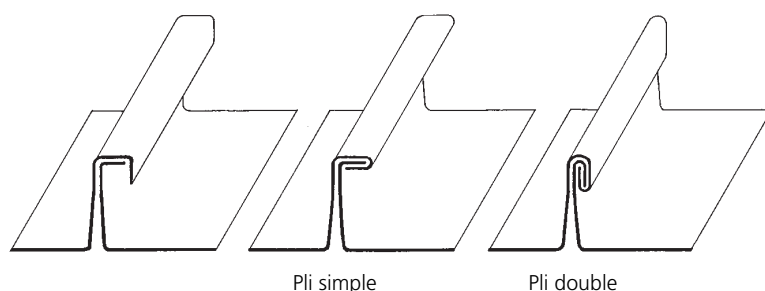


Schéma de pliage pour la toiture traditionnelle avec assemblage par agrafage sur bord relevé



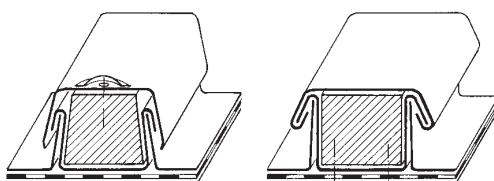
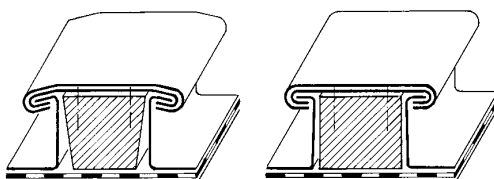
Machines à plier et outils à main utilisés pour le pliage

Le pliage peut être effectué à l'aide d'outils à main mais l'opération est plus communément réalisée à l'aide d'une machine spécialisée. Les parties de la machine qui entrent en contact avec l'acier inoxydable doivent être en inox elles-mêmes ou en acier ou alliage spécial trempant qui ne laisse pas de résidu sur le feuillard.

Photos :
Willem De Roover,
Gand



Photo : Martina Helzel, Munich



Variantes de la méthode sur liteau de bois

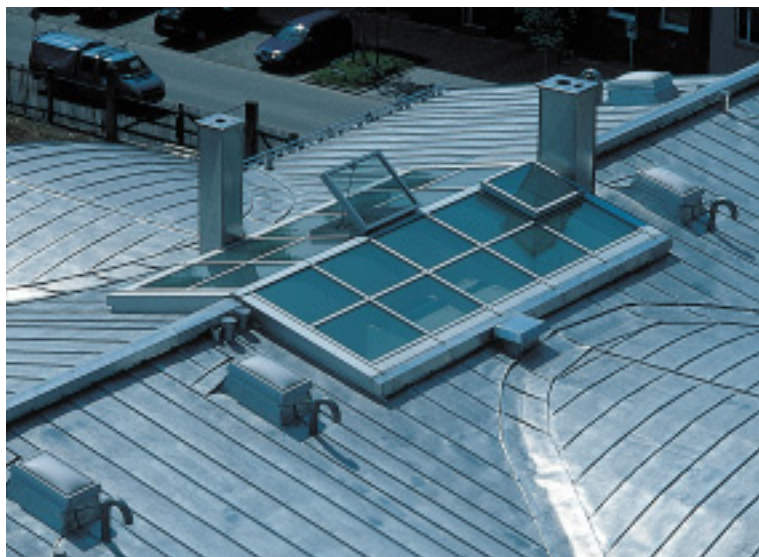
Il existe une autre méthode traditionnelle en couverture, celle du liteau ou de la latte de bois, dont on rencontre de nombreuses variantes dont certaines sont illustrées ici. Ces systèmes reposent sur des tasseaux de bois moins employés de nos jours.

L'acier inoxydable peut également être utilisé avec la méthode sur liteau de bois que l'on rencontre désormais moins souvent.

3.4 Les configurations de toit adéquates

Les méthodes traditionnelles d'assemblage par agrafage sur bord relevé peuvent être utilisées avec des configurations de toiture très variées :

- les toits normaux à pente dotés du gradient minimum de pente (tel que défini dans les normes nationales)
- les toits courbes, cylindriques, sphériques.



L'assemblage par agrafage sur bord relevé est adapté aux toitures à pente et courbes.



Photos :
UGINE & ALZ, La Défense

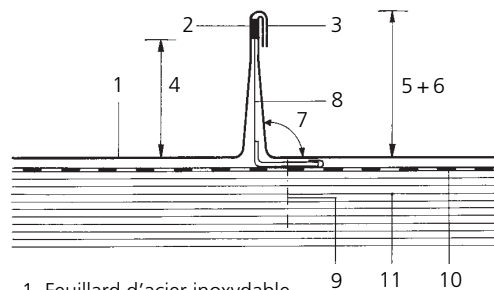
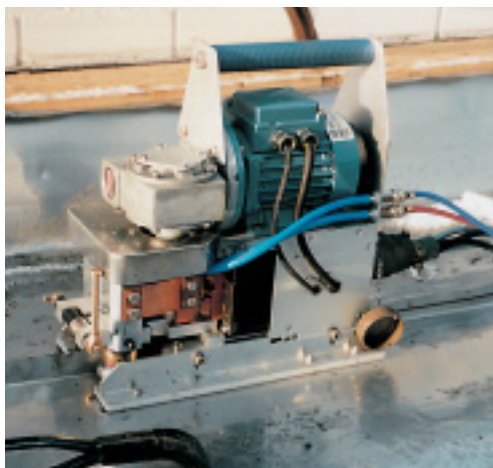
4 Le soudage en continu

Ce système a été mis au point il y a pratiquement 40 ans en Suède et son usage a été adopté dans le monde entier. Des millions de mètres carrés de toitures ont ainsi été couverts.

Le feuillard d'inox utilisé pour ce système est toujours dans une nuance austénitique soudable, par exemple EN 1.4404. On utilise normalement un matériau en bobine ou en tôle d'une épaisseur de 0,4 ou 0,5 mm, dans des largeurs variées pouvant aller jusqu'à 1250 mm pour les toits sous charge.

4.1 Technique de soudage

Un poste spécial est nécessaire pour le soudage des feuillards de couverture à joints continus simples (~ 30 mm). Le procédé employé est le soudage à résistance en ligne continue sans matériau d'apport. La soudure est produite par des électrodes en forme de roue qui tournent d'un côté ou de l'autre du joint continu tandis que la machine se déplace sur la longueur à la vitesse d'environ 3,5 m/minute.



- 1 Feuillard d'acier inoxydable
- 2 Soudure en continu
- 3 Sommet replié du joint
- 4 La hauteur de la soudure est d'environ 16 mm
- 5 La hauteur du joint avant pliage est d'environ 30 mm
- 6 La hauteur du joint après pliage est d'environ 20 mm
- 7 Angle d'environ 92°
- 8 Tasseau mobile
- 9 Fixation en inox
- 10 Membrane acoustique/de protection
- 11 Structure porteuse



Poste à souder à résistance en ligne continue utilisée en couverture.

Les électrodes et le transformateur sont refroidis par un jet d'eau.

Photos :
Willem De Roover,
Gand (à gauche),
Rostfria Tak AB,
Fagersta (en haut)

Dans la zone de chaleur de la soudure, la modification de la microstructure reste très minime du fait de la faiblesse de l'oxydation de surface. La soudure refroidit rapidement parce que le soudage est très rapide, le matériau est très fin (deux fois 0,4 ou 0,5 mm) et les roues sont refroidies à l'eau.

Pour les toitures à fixation mécanique, la partie mobile très fine (0,15 mm) du tasseau est soudée entre les deux joints continus. Pour les soudures qu'une machine normale ne peut pas atteindre, on utilisera un poste à souder secondaire ou une machine portable à souder par points.



Équipement portable à souder par points

Poste à souder secondaire



Bien que ce ne soit pas nécessaire pour l'étanchéité à l'eau, la soudure est pliée pour renforcer la zone et éliminer les arêtes coupantes.

4.2 Technique de pliage

Après soudage, une deuxième machine entre en jeu pour assurer le pliage du point continu par simple pli juste au dessus de la ligne de soudure. Le joint est ainsi renforcé et l'opération permet de redresser la soudure.

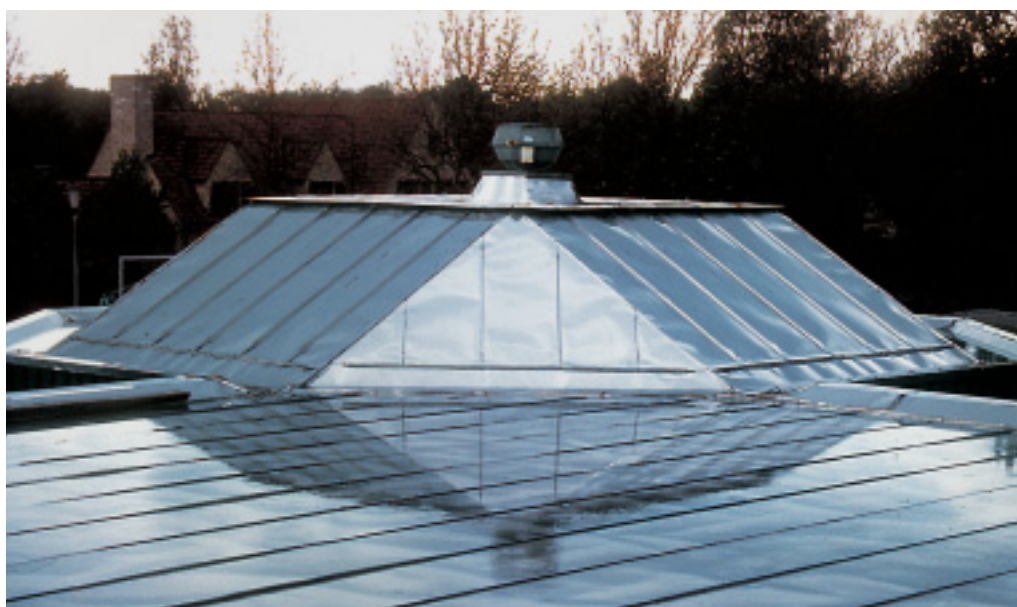


Photos : Willem De Roover, Gand

4.3 Etanchéité

Les soudures en continu produites selon cette méthode sont étanches même lorsqu'elles sont submergées.

Les applications les plus courantes pour cette méthode sont les toits complètement plats ou en pente douce sur lesquels des mares peuvent se former. On emploie souvent le feutre ou un matériau similaire qui ne



La technique de soudage pour la couverture est semblable à celle employée pour le revêtement des réservoirs d'eau.

Photos :
Outokumpu Stainless,
Espoo (en haut),
Willem De Roover, Gand
(à gauche)

Les joints soudés apportent une étanchéité même sur les toits à gradient zéro qui risquent d'être submergés.

se dégrade pas avec le temps. La méthode de soudage est aussi adaptée aux petites toitures et aux bâtiments pour particuliers qu'aux grands projets du type école, clinique, musée où la sécurité revêt une grande importance pour la durée de vie.

Ce système est particulièrement approprié pour les constructions neuves car l'espérance de vie de la toiture s'adapte ainsi facilement à celle du bâtiment lui-même. La rénovation des toits anciens plaît aussi de plus en plus,

là où d'autres matériaux ont failli. En outre, l'acier inoxydable résiste aux matériaux bitumés, il n'est donc pas nécessaire de déposer les vieux feutres.

Une couverture soudée en acier inoxydable offre également une bonne solution pour les sols de balcon et les marquises.



Photos: Willem De Roover, Gand



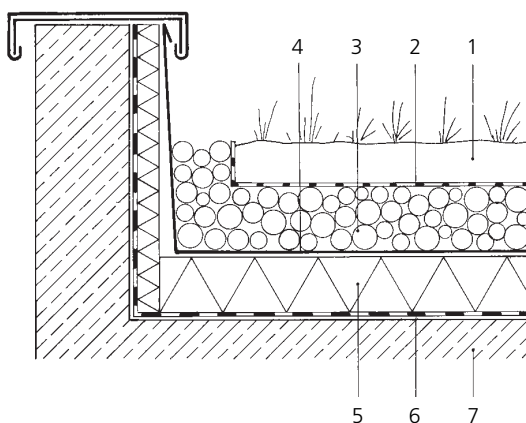
L'acier inoxydable soudé est typiquement employé en toit-terrace présentant peu ou pas de pente pour lequel aucune autre solution métallique n'est adaptée.

4.4 Toits plantés

L'acier inoxydable soudé est idéal pour les toits « plantés » du fait de sa résistance à la corrosion, à la contrainte mécanique ainsi qu'aux racines et aux algues. Seules les nuances alliées au molybdène doivent être utilisées pour ce type d'application..

L'acier inoxydable résiste aux racines et aux algues sur les toits plantés.

Photo : Binder und Sohn GmbH, Ingolstadt



- 1 Fleurs et plantes sur substrat – 5 à 8 cm d'épaisseur
- 2 Membrane filtre
- 3 Couche de drainage – 5 à 8 cm
- 4 Toit inox soudé – 0,4 mm
- 5 Isolation thermique
- 6 Pare-vapeur
- 7 Structure porteuse – béton, bois, acier



4.5 Fixation des toits à soudeure continue

La fixation mécanique d'un toit-terrasse se fait à l'aide de tasseaux mobiles spécialement conçus pour permettre la dilatation thermique. Ce genre de toit peut également être fixé sous charge à l'aide d'une couche de gravier, de pierres spéciales de charge, de tuiles, d'un platelage en bois ou d'éléments spécifiques pour toits plantés.



La fixation peut être assurée soit à l'aide de tasseaux, soit à l'aide d'une charge.

Une couche de gravier est amenée sur le toit par pompage.



Différents types de tasseaux mobiles pour le système soudé.

Photos :
 Rudolf Schmid GmbH,
 Großkarolinenfeld
 (en haut, au centre)
 Willem De Roover, Gand
 (à droite)

4.6 Les nuances et finitions adéquates

Pour un toit-terrasse, la nuance recommandée est toujours un acier inoxydable allié au molybdène, par exemple de type 1.4404 ou 1.4436. La largeur de bobine type est 625 ou 650 mm pour les toits à fixation mécanique et 800 à 1250 mm pour les toits sous charge. Pour les surfaces soumises à une forte action du vent ou pour s'adapter à l'existant, il existe des largeurs de 400 à 600 mm.

La finition la plus communément mise en œuvre pour le toit-terrasse et le toit sous charge est la 2B mais on peut aussi opter pour une finition mate non réfléchissante obtenue par grenailage ou laminage à froid quand l'esthétique prend plus d'importance.



Une finition standard 2B représente une solution particulièrement rentable pour le toit-terrasse.

Il existe également des finitions mates obtenues par grenailage ou laminage.



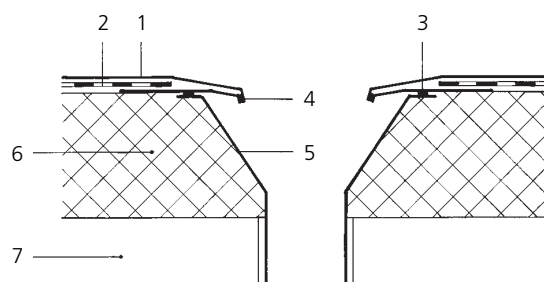
Photos:
Willem De Roover, Gand (en haut),
Lotharmaria Keiner, Fürstentfeldbruck / Florian Stauer, Munich (en bas)

4.7 Accessoires spéciaux

Le système soudé nécessite des accessoires inox spécifiques. Outre les tasseaux, il existe des pièces faites à façon comme les avaloirs avec ou sans crépine pour toit-terrasse ainsi que les tubes de ventilation.



*Avaloir fait à façon (en haut).
Avaloir installé avec crépine (en bas).*



Vue en coupe d'un avaloir installé

- 1 Toit-terrasse en acier inoxydable soudé en continu
- 2 Couche de séparation (facultative)
- 3 Soudage par points en continu (en atelier)
- 4 Soudage par points en continu (pendant l'installation sur le toit)
- 5 Avaloir
- 6 Isolation thermique rigide
- 7 Structure porteuse

Photos : Willem De Roover, Gand



Ventilation

4.8 Pourquoi choisir le système soudé

- Il n'y a pratiquement pas de limite à la pente ou au plat de la terrasse. On peut associer les courbes aux pentes et aux parties à plat.
- Le risque est réduit sur les zones quasiment plates des toitures cylindriques ou sphériques.
- Les toits soudés sont étanches.
- Les bacs peuvent être montés en perpendiculaire à la forme générale du toit.
- L'intégralité de la toiture constitue une peau continue qui offre une meilleure protection contre les éclairs, le rayonnement électromagnétique (effet de cage de Faraday).
- Les toits soudés sont difficiles à pénétrer sans équipements spéciaux tout en assurant une sécurité maximum contre l'intrusion et la fuite.



Photos : Willem De Roover, Gand



Les toits soudés peuvent être mis en œuvre sur la plupart des géométries de couverture

5 Les autres systèmes

Tôles de toiture profilées

Ces tôles profilées trapézoïdales ou sinusoïdales sont employées pour assurer l'étanchéité des toits à pente et se fixent normalement à l'aide d'une boulonnerie visible en acier inoxydable.

Elles ne nécessitent pas de structure porteuse

continue. Des poutres de bois ou d'acier espacées régulièrement servent à la fixation et au soutien des tôles de toiture. C'est une méthode que l'on emploie souvent pour les bâtiments industriels, en revêtement comme en couverture.

Différents types de tôles ondulées en acier inoxydable.

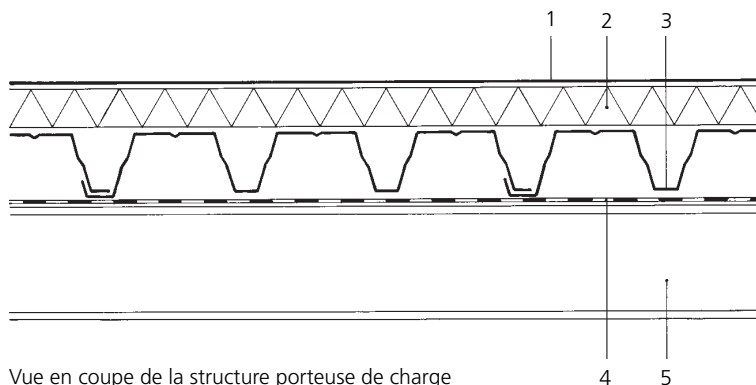


L'acier inoxydable profilé convient à l'intégralité de l'enveloppe d'un bâtiment.

Photos :
Outokumpu Stainless, Espoo
(en haut à gauche)
©2003, Samyn and Partner,
Bastin & Evrard, Sofam,
Brussels, Belgique (à droite).



Les tôles profilées en acier inoxydable de plus grande profondeur de profil sont utilisées pour le platelage porteur de couverture employé pour différents types toits à pente ou en terrasse dans des environnements corrosifs comme les papeteries, les stations d'assainissement des eaux, les brasseries ou les usines de compostage.



Vue en coupe de la structure porteuse de charge en acier inoxydable

- 1 Membrane de toiture étanche, inox ou autres systèmes
- 2 Isolation thermique
- 3 Platelage porteur en acier inoxydable
- 4 Couche de protection
- 5 Poutre porteuse

Systèmes à joint plié

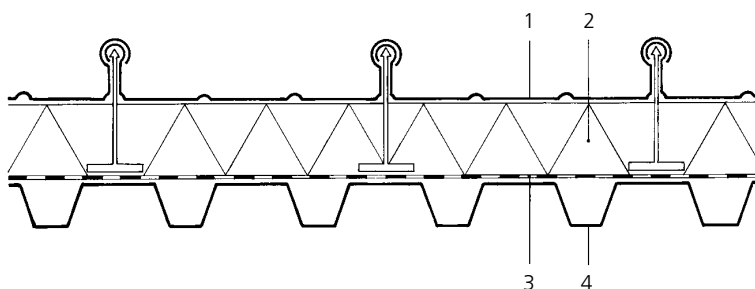
Ces tôles de toiture préformées sont normalement disponibles dans des largeurs comprises entre 300 et 600 mm avec joint debout d'une hauteur maximum de 65 mm. Les tôles sont suspendues sur des tasseaux spéciaux, fixées à chaque poutre puis agrafées entre elles sur la tête du tasseau à l'aide d'une machine spéciale à plier.



Photo :
Corus Bausysteme GmbH, Koblenz

Vue en coupe d'un système à joint plié

- 1 Système de toiture à joints pliés et tasseaux
- 2 Isolation thermique
- 3 Pare-vapeur
- 4 Platelage d'acier



6 Normes européennes

- EN 502 Produits de couverture en tôle métallique – Spécifications pour les plaques de couverture en tôle d’acier inoxydable
- EN 508-3 Produits de couverture en tôle métallique – Spécifications pour les produits auto-portés en tôle d’acier inoxydable, aluminium ou acier
– 3ème partie : acier inoxydable
- EN 10088 Aciers inoxydables. Liste des aciers inoxydables
- EN 10088-2 Aciers inoxydables. Conditions techniques de livraison des tôles et bandes pour usage général
- EN 10088-3 Aciers inoxydables. Conditions techniques de livraison des produits semi-finis, barres, tiges et profils pour usage général
- EN 612 Gouttières pendantes et descentes d’eau pluviale en métal laminé

ISBN 2-87997-086-5