

La Finition Mécanique des Surfaces Décoratives en Acier Inoxydable



Euro Inox

Euro Inox est l'association européenne pour le développement de l'acier inoxydable.

Les membres d'Euro Inox sont :

- les producteurs européens d'acier inoxydable,
- les associations nationales de développement de l'acier inoxydable,
- les associations représentant les producteurs d'éléments d'alliage.

Euro Inox a pour principal objectif de faire connaître les caractéristiques spécifiques des aciers inoxydables. L'association vise également une utilisation accrue de l'acier pour les applications déjà existantes et la promotion de nouveaux marchés. Euro Inox organise des conférences et des séminaires et publie des guides techniques sous forme imprimée et électronique. Elle s'adresse aux architectes, auteurs de projet, responsables des matériaux, transformateurs et utilisateurs pour les familiariser avec ce matériau. Euro Inox promeut et soutient également des recherches techniques et des études de marché.

Limite de responsabilité

Euro Inox a fait de son mieux pour que les informations présentées dans cette publication soient techniquement correctes. Cependant, le lecteur est avisé que son contenu n'a qu'un but d'information générale. Euro Inox, ses membres, son personnel et ses consultants, rejettent expressément toute responsabilité juridique ou financière en cas de perte, dommage ou blessure résultant de l'utilisation des informations contenues dans ce document.

Droit d'auteur

Cet ouvrage est protégé par le droit d'auteur. Euro Inox détient tous les droits de traduction dans toute langue, de réimpression et de réutilisation des illustrations, citations et radio- et télédiffusion. Il est interdit de reproduire une partie quelconque de cette publication, stocker dans un système d'archivage, ou de la transmettre sous une forme quelconque par n'importe quel moyen, électronique,

La Finition Mécanique des Surfaces Décoratives en Acier Inoxydable

Deuxième édition, 2006

(Série Matériaux et Applications, Volume 6)

© Euro Inox 2006

Éditeur

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

Direction générale

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

Site Web : www.euro-inox.org

Auteur

Benoît Van Hecke, Bruxelles (B), avec l'aide gracieuse de Marc Thijs, Tildonk (B)

Remerciements

Photographies :

- *AID (1, 5.2, 6.1) / Genk (B)*
- *CIBO (couverture, 3, 4, 5.1) / Tildonk (B)*
- *Suhner (4, 6.1) / Brugg (CH)*
- *Cavale (5.4) / Diepenbeek (B)*
- *Wolters (6.2) / Diest (B)*
- *Engineering (6.3) / Drogenbos (B)*

mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans l'autorisation écrite préalable du propriétaire des droits de reproduction, Euro-Inox, Luxembourg. Les contraventions peuvent être passibles de poursuites judiciaires et du versement de dommages et intérêts ainsi que des dépens et frais juridiques, et sont passibles de poursuites aux termes de la législation du Luxembourg sur le droit d'auteur et de la réglementation de l'Union Européenne.

Table des matières

1	Introduction	2
2	Spécification des surfaces à finition mécanique d'objets en acier inoxydable	3
3	Méthodes de finition courantes	4
4	Abrasifs et outils mécaniques courants	7
4.1	Contrôle de processus pendant la finition avec des outils manuels	7
4.2	Abrasifs	8
4.3	Outils et équipement de finition	11
5	Pratiques optimales de la finition	17
5.1	Comment réduire le travail de finition	17
5.2	Choix des méthodes de finition adaptées aux méthodes de conception et de fabrication	18
5.3	Précautions pour la finition d'objets décoratifs en acier inoxydable	19
5.4	Recommandations pour le stockage, la fabrication, la finition et l'installation de produits décoratifs en acier inoxydable	21
6	Études de cas	23
6.1	Rampes	23
6.2	Mobilier urbain	26
6.3	Équipement de restauration	29
7	Aspects liés à la santé, la sécurité et l'environnement	33
7.1	Santé et finition des aciers inoxydables	33
7.2	Méthodes de travail sûres pour les outils de finition mécanique et les abrasifs	34
7.3	L'environnement, le travail sur l'acier inoxydable et l'élimination des déchets	34

Membres à part entière

Acerinox

www.acerinox.es

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaitermi.it

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

UGINE & ALZ Belgium

UGINE & ALZ France

Groupe Arcelor

www.ugine-alz.com

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

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

www.idinox.com

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.com.pl

SWISS INOX

www.swissinox.ch

ISBN 978-2-87997-235-0

2-87997-162-4 version anglaise

2-87997-163-2 version néerlandaise

2-87997-164-0 version finlandaise

978-2-87997-051-6 version allemande

2-87997-167-5 version polonaise

978-2-87997-231-2 version espagnole

978-2-87997-232-9 version suédoise

978-2-87997-238-1 version italienne

978-2-87997-234-3 version tchèque

978-2-87997-239-8 version turque

Membres associés

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

1 Introduction

Les aciers inoxydables ont de nombreuses propriétés qui les rendent très adaptés aux applications décoratives et structurelles dans le bâtiment et les secteurs apparentés. Ils sont par exemple :

- modernes et attrayants
- hygiéniques et faciles à nettoyer
- résistants à la corrosion
- durables
- faciles à entretenir
- faciles à mettre en oeuvre
- entièrement recyclables.

C'est pour ces raisons que les architectes, les concepteurs et les entrepreneurs aiment spécifier et utiliser les aciers inoxydables dans une grande variété d'industries dont la construction, les ouvrages métalliques architecturaux (rampes et balustrades), le

meublier urbain, l'industrie alimentaire, l'équipement de restauration collective et privée, les appareils domestiques etc.

Ces projets concernent en général des PME, qui doivent de plus en plus suivre et intégrer l'évolution des matériaux, des finitions et des technologies, comme le travail de la tôle ou les nouvelles techniques de soudage. Les opérations de finition comme le meulage, le polissage et le brossage exigent un soin particulier pour obtenir un niveau optimal de service et de durée d'utilisation des pièces en acier inoxydable. Cette partie du processus de fabrication peut même être considérée comme le « label de qualité » du métallier et elle donne une excellente occasion, si elle est réalisée correctement, de démontrer les avantages de l'acier inoxydable.



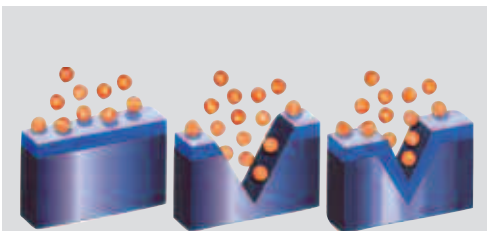
Cette publication présente les méthodes de finition mécanique applicables aux pièces en acier inoxydable. Elle décrit et illustre les « pratiques optimales » actuelles et souligne certaines des différences entre les pratiques liées à l'acier au carbone et celles liées à l'acier inoxydable.

Les pièces en acier inoxydable destinées à des applications esthétiques sont souvent réalisées par des PME du secteur de la construction. Elles peuvent être confrontées à des évolutions des matériaux, des finitions et des technologies (façonnage des tôles, soudage au laser etc.) qui sont nouvelles pour elles. Les opérations de finition comme le meulage, le polissage et le brossage sont des exemples de ces technologies.

2 Spécification des surfaces à finition mécanique d'objets en acier inoxydable

La spécification claire et précise de la finition mécanique dans la fabrication des pièces en acier inoxydable est une étape essentielle pour profiter des avantages de ce matériau. Définir la taille de grain de l'abrasif pour les opérations de finition mécanique n'est qu'une partie du processus de spécification. Si l'on vise précisément une finition existante ou prévue, la meilleure approche consiste à utiliser des échantillons comparatifs de fini de surface. Le fabricant ou le sous-traitant de finition, pour obtenir la finition voulue, doit utiliser des échantillons choisis au cours de la spécification. Les descriptions écrites (qualitatives) ou numériques (quantitatives), par ex. les valeurs R_a de rugosité de surface, ne suffisent pas à elles seules à spécifier entièrement la finition mécanique d'une surface d'acier inoxydable.

Le choix de la nuance d'acier est également important du point de vue de la finition de la surface, notamment lorsqu'il faut obtenir des finitions polies très lisses et très brillantes. Les nuances d'acier inoxydable les plus souvent utilisées pour les applications en extérieur sont EN 1.4301/1.4307 et, dans les environnements plus corrosifs, EN 1.4401/1.4404. Dans certains pays et certains segments d'utilisateurs finaux, on utilise les nuances EN 1.4541 et 1.4571 pour leur résistance à la corrosion intercrystalline, au lieu des nuances correspondantes 1.4307 et 1.4404 à faible teneur en carbone. Toutes deux contiennent du titane et sont moins adaptées au polissage décoratif car elles peuvent produire un aspect irrégulier. Il est déconseillé d'utiliser ces types d'acier pour la réparation de pièces (si le fournisseur les propose en dépannage) car en pareil cas il peut être difficile d'obtenir une correspondance avec la finition existante.



L'acier inoxydable possède une caractéristique unique : l'autoréparation. Grâce aux composants de son alliage, il se forme à sa surface une mince « couche passive » transparente. Même si la surface de l'acier inoxydable est rayée ou endommagée d'une autre manière, cette couche passive, qui n'a que quelques atomes d'épaisseur, se reforme instantanément sous l'influence de l'oxygène de l'air ou de l'eau. C'est pourquoi l'acier inoxydable n'a pas besoin de revêtement ou d'autre protection anti-corrosion pour son utilisation.

3 Méthodes de finition courantes

Les termes de meulage, polissage, avivage et brossage sont fréquemment utilisés dans la spécification des finitions de surface des pièces en acier inoxydable. Pour réaliser la finition prévue par le concepteur, les donneurs d'ordre, les fabricants, les fournisseurs et le client final doivent avoir une idée claire de ces termes et des façons de réaliser les finitions.

Le tableau ci-dessous illustre les grains utilisés pour obtenir diverses finitions meulées et polies sur de l'acier inoxydable. De façon générale, plus l'abrasif est fin, plus la finition est lisse.

Meulage et polissage

Le « meulage » et le « polissage » sont un type

d'usinage dans lequel on enlève une couche de métal par abrasion avec des particules dures (agglomérées entre elles ou fixées sur un support). La finition de surface ainsi obtenue dépend de divers facteurs, dont la taille des particules (grain) de l'abrasif utilisé.

Dans cette publication, le terme « meulage » sera utilisé pour décrire l'élimination de matériau de surface tels que les oxydes de soudure. Le terme « polissage » sera utilisé pour décrire les opérations de finition déco-

Cette classification ne vise qu'à illustrer l'effet des grains d'abrasif sur les finitions de produits d'acier inoxydable réalisés en usine (bobines et tôles). Ce n'est pas un système de classement universel applicable à toutes les méthodes de polissage de l'acier inoxydable dont le polissage à la main.

Les finitions obtenues avec un grain donné dépendent du type d'équipement et de son utilisation. Il convient de demander aux fournisseurs d'abrasifs et d'équipement de polissage quels sont les équipements de polissage et les abrasifs appropriés pour obtenir des finitions données sur les objets en acier inoxydable.

Opération	Taille typique
• élimination des dépôts de soudure (qui exige une finition ultérieure)	36
• meulage de matériau inoxydable laminé à chaud « 1D »	36/60
• pré-polissage de l'acier inoxydable laminé à froid	80/120
• polissage de finition ou de préparation	120/180/240
• polissage fin (étapes finales)	320/400

Les particules dures sur support (en général un tissu pour la finition de l'acier inoxydable) ont un effet abrasif allant de l'élimination de dépôts de soudure à des finitions esthétiques.

Ces abrasifs peuvent être utilisés avec divers outils mécaniques dont les meuleuses à bande, les limes électriques, les meuleuses à angle, les meuleuses droites etc.



Avivage

À la différence du meulage et du polissage, l'avivage ne vise pas à éliminer délibérément une partie de la surface de l'acier inoxydable. C'est un lissage qui rend la surface plus brillante et plus réfléchissante, effectué parfois avec des produits d'avivage (pâtes, liquides ou solides) pour améliorer la finition. La finition obtenue par avivage dépend en partie de la finition réalisée à l'étape précédente. L'avivage est réalisé en une seule étape (polissage à abrasif de grain moyen) ou en plusieurs étapes (polis-

sage à grain fin). L'avivage à l'abrasif de grain moyen est en principe moins coûteux mais ne donne pas le niveau de nuance d'une surface obtenue par polissage à grain fin suivi d'un avivage.

Comme l'avivage produit toujours des finitions lisses et très brillantes, c'est une technique de finition souvent utilisée pour l'équipement pharmaceutique. La finition par « avivage immédiat » (sans pré-polissage) sert par exemple à réaliser certains types de couverts (couteaux, fourchettes, cuillers etc.).

L'avivage se fait avec des chiffons de coton ou de feutre, à sec ou avec des pâtes d'avivage.

La surface des tubes peut être lustrée sur des machines à axe long fixées au sol pour obtenir des finitions « poli miroir ». On utilise aussi des disques à lamelles montés sur des outils manuels, avec des pâtes d'avivage.



Brossage

Le brossage, comme le meulage et le polissage, est un processus abrasif. On confond souvent les termes de « brossage » et « polissage ». Dans la finition par brossage, on utilise des abrasifs doux servant à « texturer » la surface plutôt qu'à ôter des couches de métal. Le brossage a un effet abrasif minime sur l'acier inoxydable. Parmi les produits de brossage figurent diverses bandes, tampons ou roues « Scotch-Brite™ ».

« Scotch-Brite™ » est un nom déposé mais ce terme est très utilisé par les spécialistes

de la finition du métal pour divers matériaux en tissu de nylon en trois dimensions imprégné de particules abrasives. Ces matériaux de finition sont classés, non selon le grain ou la qualité de l'abrasif, mais selon une échelle : gros, moyen, fin, très fin et super fin. Pour simplifier, cet ouvrage utilise le terme « Scotch-Brite » lorsqu'il est question de l'application de ces matériaux de finition.

Il est très important d'utiliser des échantillons représentatifs de la finition de surface lors de la spécification des finitions brossées.



Exemple de brosse à lamelles en Scotch-Brite™. Ici la roue en Scotch-Brite™ brosse la zone ternie par la chaleur de soudage pour homogénéiser le joint soudé avec le métal environnant. Cette opération de finition ne vise pas à aplatir le joint (ce qui exigerait une opération initiale de meulage).

4 Abrasifs et outils mécaniques courants

L'aspect final et la qualité de la surface des objets en acier inoxydable après finition mécanique dépendent de plusieurs facteurs, dont les suivants :

- type d'abrasif : support, grain, forme et dureté
- nombre d'étapes de finition
- équipement utilisé
- type d'alimentation de l'énergie
- support de l'abrasif (bande ou disque ; type et flexibilité de la roue)
- vitesse de rotation et pression appliquée.

Le choix de l'équipement, des consommables et des méthodes de finition dépend de :

- l'état des surfaces à traiter
- l'accessibilité des zones où doit être effectuée une finition
- l'aspect visuel final voulu.

4.1 Contrôle de processus pendant la finition avec des outils manuels

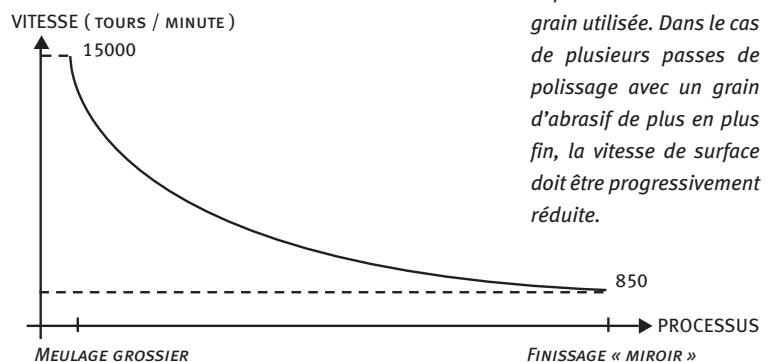
Lors de la finition manuelle, il faut contrôler la pression appliquée et donc la température de la pièce sur laquelle on travaille pour éviter que l'abrasif ne pénètre, ce qui produirait des irrégularités de surface difficiles à corriger par la suite.



Lors de la finition manuelle, il faut contrôler la température et la pression. Le résultat de la finition dépend de l'effet combiné des mouvements de l'opérateur, de la pression exercée et de la vitesse périphérique de l'abrasif

Les lubrifiants (huiles et graisses) peuvent prolonger la durée d'utilisation des abrasifs car ils ont un effet refroidissant et ils contribuent à éliminer la poussière de meulage. L'aspect visuel général après polissage « humide » est différent de celui obtenu après polissage « à sec ».

Comme il est souvent difficile d'assurer un approvisionnement constant et régulier de lubrifiant sur la surface abrasif / métal pendant le polissage des objets, le polissage humide n'est pas très utilisé dans ce cas.



La vitesse de rotation acceptable de l'abrasif dépend de la taille de grain utilisée. Dans le cas de plusieurs passes de polissage avec un grain d'abrasif de plus en plus fin, la vitesse de surface doit être progressivement réduite.

4.2 Abrasifs

Les abrasifs pour le meulage et le polissage de pièces en acier inoxydable, utilisés en atelier et sur site, sont généralement différents de ceux utilisés pour la finition des bobines, des feuilles ou des tôles dans les aciéries et les centres de service, qui recourent surtout aux abrasifs à l'alumine ou au carbure de silicium. Pour la finition de pièces, on utilise le plus souvent des abrasifs à l'oxyde de zirconium d'un grain allant de 24 à 120. Ces types d'abrasifs sont plus durables dans ces conditions difficiles que les abrasifs à l'alumine ou au carbure de silicium. Pour une finition avec un abrasif plus fin on peut utiliser l'alumine ou le carbure de silicium. Les propriétés des abrasifs qui déterminent les résultats du polissage final sont :

- la taille de grain de l'abrasif
- le diamètre des disques ou roues de soutien et leur vitesse périphérique
- le type et la rigidité du support.

- l'utilisation de toute graisse ou huile lubrifiante avec l'abrasif (ce qui n'est pas une pratique normale dans le meulage et le polissage manuels).

Contrairement à la gamme d'abrasifs utilisés pour le polissage de bobines et de feuilles, l'usure de l'abrasif (et donc les différences d'aspect de la bobine finie) n'importe guère quand il s'agit des abrasifs utilisés pour les opérations manuelles. Non seulement les opérations manuelles comportent beaucoup d'étapes de finition avec du Scotch-Brite™ (qui masquerait l'effet d'une usure lors du pré-polissage), l'usure des abrasifs utilisés (par ex. des roues) a un comportement différent de celui des grandes bandes d'abrasif utilisées pour le polissage de bobines et de feuilles.

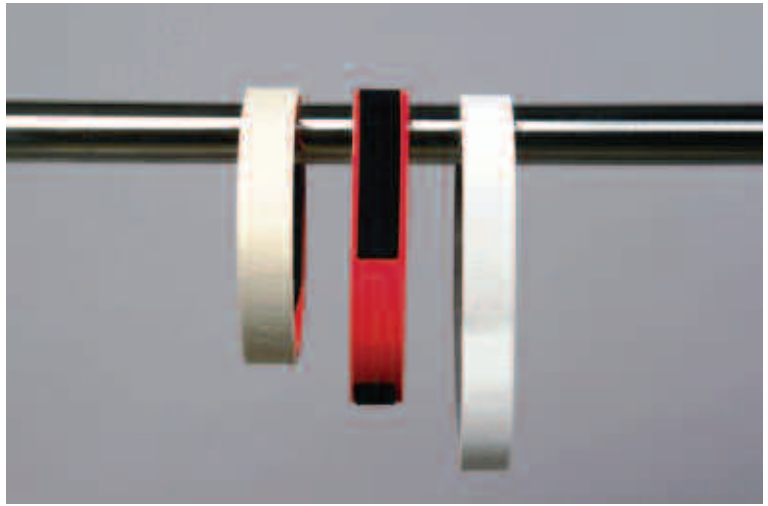
Les abrasifs les plus courants sont : les bandes abrasives, les non-tissés, les disques à lamelles, les disques à fibres et les disques d'avivage.



Les abrasifs les plus communément utilisés sont décrits ci-dessous :

Bandes abrasives

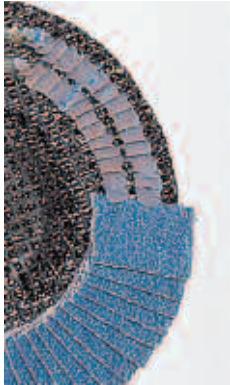
Diverses largeurs et divers supports sont disponibles pour le polissage de l'acier inoxydable, en particulier la toile flexible et le coton-polyester résistant. Le type de support influe sur l'efficacité de la bande ; le bon choix de flexibilité du support pour un grain donné est important pour obtenir la finition désirée. La technologie des bandes abrasives produit depuis peu des tissus abrasifs à additifs refroidissants incorporés. Ceci réduit la chaleur produite pendant le polissage et prolonge la durée d'utilisation des bandes.



Tampons Scotch-Brite™

L'effet abrasif du Scotch-Brite™ est minime par rapport aux abrasifs à grains. Les matériaux Scotch-Brite™ servent principalement à l'homogénéisation des finitions existantes des parties en acier inoxydable semi-finies. Ils sont disponibles en tampons (feuilles), bandes et roues, avec différents degrés de rugosité : gros, moyen, fin, très fin et super fin.





Disques à lamelles

Du fait de leur structure, ces abrasifs durables sont très utilisés dans les étapes initiales de la finition mécanique des pièces en acier inoxydable. La structure de base d'un disque à lamelles est illustrée ci-contre. Les « lamelles » abrasives sont collées sur un support en fibre de verre. Si une plus grande surface de contact est souhaitable,

les lamelles des disques peuvent être collées sur un cône. Ceci diminue les risques de défauts de meulage et permet d'obtenir des finitions plus fines.



Disques à fibres

Il s'agit d'un type d'abrasif similaire aux disques à lamelles, mais d'un seul tenant. On les appelle parfois « disques de ponçage ». Les abrasifs en disques à fibres sont moins agressifs que les disques à lamelles et, bien que plus chers à l'utilisation, présentent moins de risques de « creusement » local ou de morsure. Ils sont utiles pour le travail des joints de soudage sur les objets en acier inoxydable.



Roues à tissu de fibres comprimées

Ces disques abrasifs sont réalisés par pressage à chaud d'un nylon imprégné et aggloméré (du type Scotch-Brite™). Pour le travail manuel, on trouve des roues allant jusqu'à 150 mm de diamètre et de divers niveaux de densité et de souplesse.

Ces abrasifs ont une longue durée d'utilisation et permettent de réaliser des finitions uniformes. Ils sont particulièrement utiles pour enlever les colorations dues au soudage et les joints de soudage.

Roues à tissu de fibres pelotées

Elles sont similaires aux roues à tissu de fibres comprimées, mais sont obtenues en tassant et en agglomérant des couches d'abrasif autour d'un noyau dur pour former une roue. Elles sont moins flexibles mais moins agressives que les roues à tissu de fibres comprimées.

Il faut contrôler soigneusement la vitesse de surface de ces deux types de roues selon les indications du fournisseur.

Abrasifs spéciaux

Cette nouvelle génération d'abrasifs de pointe multicouche en relief est particulièrement utile pour le polissage de l'acier inoxydable. Ils donnent une finition très homogène et, contrairement aux abrasifs conventionnels sur bande, ils sont très solides, même dans les conditions les plus difficiles lors de la finition de l'acier inoxydable.

Les particules d'abrasif sont agglomérées en formes régulières en trois dimensions (par exemple en forme de pyramides) disposées régulièrement sur le support. L'usure progressive du composite constituant les pyramides fait disparaître l'abrasif usé et expose de nouvelles particules d'abrasif, ce qui maintient l'efficacité de l'abrasif et offre donc une plus grande durée d'utilisation de la bande, des capacités de coupe plus élevées, une finition plus homogène et une moindre consommation d'énergie qu'avec les abrasifs classiques sur bande.

Les abrasifs spéciaux contiennent aussi en général des refroidissants incorporés, qui, associés au renouvellement automatique de l'abrasif, réduisent la création locale de chaleur et le risque de surchauffer la surface (ternissement).

4.3 Outils et équipement de finition

Parmi les outils et les équipements utilisés dans la finition d'objets en acier inoxydable figurent les appareils fixes (en atelier) et les outils électro-portatifs et pneumatiques.

Équipement fixe

Pour certaines opérations de finition, par exemple la préparation de raccords en T aux extrémités de tubes ou l'ébavurage, les machines de finition fixes sont préférables.



Les meuleuses fixes à bande (au centre) sont idéales pour l'ébavurage.

La machine illustrée au premier plan fonctionne avec divers outils de meulage interchangeables installés sur un axe flexible. Ces machines sont bien adaptées au polissage difficile en atelier. Comme il n'y a pas de gros moteur près de la tête de travail, elles peuvent réduire la fatigue de l'opérateur et n'entraînent que peu de risque de choc électrique dans la zone de travail.

La polisseuse « à arbre long » (sur la photo à la page précédente) permet d'utiliser diverses roues de polissage et d'avivage.

La grugeuse illustrée à gauche sert à préparer les extrémités de tubes pour réaliser des raccords en T. Cette méthode permet d'obtenir des profils de préparation de soudage précis et reproductibles qui réduisent l'effort de meulage après soudage pour la phase finale de fabrication.

La bande abrasive passe sur une roue métallique et confère le profil requis à l'extrémité du tube.

Le fonctionnement de cette machine est illustré en détail ci-dessous :



Outils électro-portatifs et pneumatiques

Il existe un large éventail d'outils portables pour les opérations manuelles de meulage, de polissage et de finition sur des pièces en acier inoxydable. Les outils portables sont particulièrement polyvalents et utiles pour la finition de zones peu accessibles. En les choisissant bien, on peut limiter la quantité d'outils nécessaires. Il est important de connaître pour quels usages chaque outil a été conçu, car en employant un outil inadapté on risque d'endommager les surfaces planes, ce qui peut être difficile et long à rectifier.

Les perceuses électriques portables à têtes abrasives montées sur l'arbre pour la finition de l'acier inoxydable sont à éviter, car la structure des roulements de l'arbre de ces machines est inadaptée. Si une meuleuse est nécessaire, il faut utiliser des meuleuses (droites) spécifiquement conçues.

Il convient de demander conseil aux fournisseurs d'outils pour le choix d'outils portables de finition de pièces en acier inoxydable.



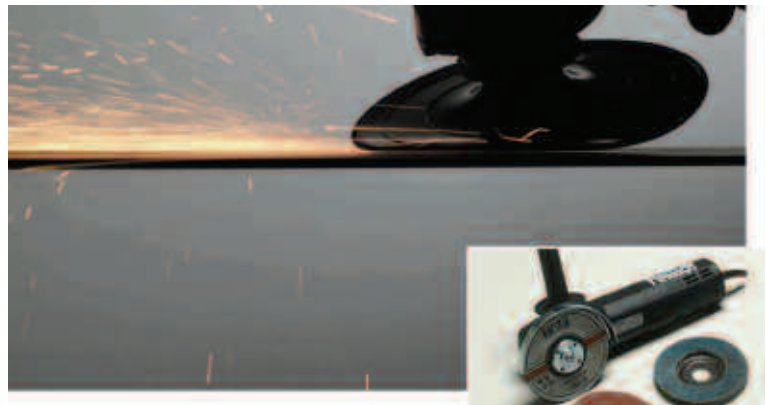
Meuleuse portable

Ces outils polyvalents peuvent servir à la finition de tôles et de tubes, avec éventuellement divers abrasifs faciles à changer. Ici on utilise une brosse Scotch-Brite™. Grâce à une vitesse réduite, on évite un échauffement excessif et des dommages de surface difficiles à réparer, ainsi que l'usure excessive des abrasifs.

Parmi les outils portables les plus utilisés pour la finition d'objets en acier inoxydable figurent par exemple les meuleuses à bandes, les meuleuses à angle, les outils de finition d'angles internes, les polisseuses de tubes et les limes électriques.

Meuleuse à angle variable

Ces outils utilisent des disques abrasifs flexibles pour le traitement de l'acier inoxydable. Un moteur à vitesse variable est préférable, cela les rend très polyvalents pour le meulage et le polissage.





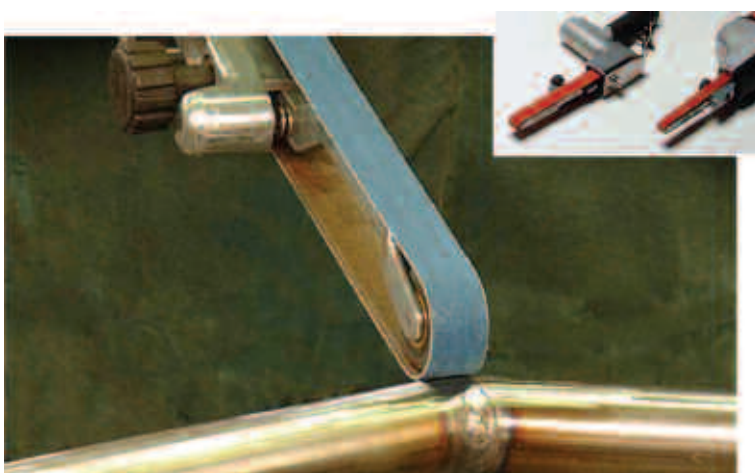
Outil de finition d'angles internes

L'utilisation manuelle de ces outils s'applique à la finition de raccords soudés en angle, où l'accès avec des outils est limité par les angles aigus. On peut effectuer le meulage du cordon de soudure, l'élimination du ternissement et la finition finale du raccord avec divers disques abrasifs de différents degrés de rigidité.



Polisseuses de tubes

Ces outils sont utilisés pour la finition d'assemblages tubulaires comme les rampes. Leur principale caractéristique est une bande abrasive flexible qui passe autour du tube avec des angles couvrant jusqu'à 270°. Ainsi ces outils peuvent servir à la finition d'assemblages « fermés ».



Limes électriques

Ces meuleuses à bande étroite facilement portables permettent d'enlever les joints de soudage. Elles doivent être utilisées avec attention pour ne pas endommager la surface de métal environnante, et il faut en général un polissage final pour homogénéiser les finitions.

Alimentation des outils de finition

L'alimentation des outils de finition de l'acier inoxydable est électrique ou pneumatique. Le choix du type d'alimentation n'influe pas directement sur le résultat.

L'air comprimé peut être utilisé pour l'alimentation de l'équipement d'atelier de finition pourvu que le système dispose d'assez de pression et de débit d'air. La finition de l'acier inoxydable peut exiger plus de puissance, donc davantage d'air que pour les autres métaux de forme et de taille identiques. En outre, comme la finition mécanique de l'acier inoxydable fait en général intervenir des vitesses plus variées que pour l'acier au carbone, les outils à air doivent être munis de variateurs de vitesse. Les outils de finition pneumatiques, bien

qu'étant plus chers à l'achat et à l'utilisation que les outils électriques de même capacité, sont parfois préférables pour la finition à l'intérieur de conteneurs, de citernes, de navires etc.. Ils apportent en effet une solution sans danger dans les situations où il n'est pas possible d'assurer une mise à la terre sécurisée pour l'équipement électrique 220 V ou 380 V et où on ne dispose pas d'équipement électrique à basse tension.

La tension d'alimentation pour les divers appareils électriques de finition nécessaires à la finition de pièces en acier inoxydable peut être le 220/240 V monophasé et le 380 V triphasé. Un atelier de finition entièrement équipé aura sans doute besoin des deux.



Les machines à arbre flexible ont en général un moteur électrique puissant fonctionnant en 380 V. Ceci permet d'utiliser diverses têtes de finition puissantes mais légères. L'utilisation d'unités très puissantes mais plus lourdes limite la portabilité de l'appareil.

Ce tableau résume l'applicabilité et les limitations des divers types d'alimentation :

Type d'alimentation	Avantages	Inconvénients
Appareils électro-portatifs	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisent normalement le secteur monophasé (220/240 V), facilement disponibles • Appareils généralement faciles à utiliser, polyvalents et mobiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque éventuel d'électrocution en cas de mauvaise utilisation • Sensibilité aux surcharges
Appareils pneumatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Outils normalement légers et compacts • Possibilité de haute vitesse de rotation • Pas de risque d'électrocution des opérateurs • Pas de risque de surchauffe de moteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Coût plus élevé de l'énergie • Coûts d'investissement plus élevés pour l'installation des compresseurs et du système de distribution • Coût d'achat plus élevé de l'équipement de finition • Éventuellement plus bruyants lors du fonctionnement
Appareils électriques à arbre flexible	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation unique et fiable permettant une grande variété d'opérations de polissage • Permettent un travail répétitif en réduisant la fatigue de l'opérateur • Une même alimentation offre plusieurs vitesses d'outil • L'éloignement du moteur par rapport à la tête de travail réduit le risque d'électrocution des opérateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • La faible longueur de l'arbre peut réduire l'accessibilité sur les objets de grandes dimensions • L'utilisation optimale de cette alimentation polyvalente exige une grande compétence de l'opérateur.

5 Pratiques optimales de la finition

5.1 Comment réduire le travail de finition

L'acier inoxydable est très utilisé pour les applications décoratives, qui exigent une finition de surface de très bonne qualité.

Le travail final de meulage, de polissage et/ou d'avivage peut être minimisé si les opérations antérieures (comme le découpage, le pliage et le soudage) ont été effectuées correctement.

Lors de la fabrication d'objets décoratifs en acier inoxydable, il est important de :

- se procurer autant que possible des composants déjà prépolis
- protéger ces parties « finies » à haute valeur durant toutes les étapes de la fabrication et du stockage.

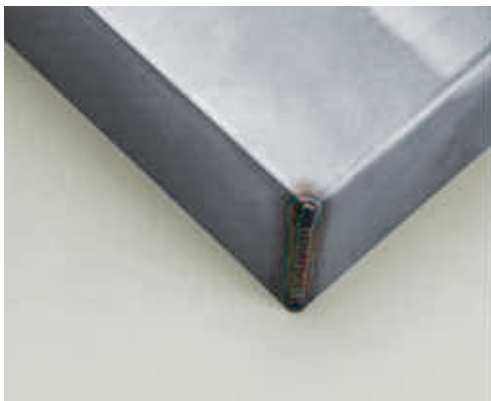
Autres points importants dans le choix de procédures correctes de soudage et de l'équipement approprié :

- Le soudage TIG, bien que nettement plus lent que le soudage MIG, est préférable

pour les objets décoratifs exigeant une finition de haute qualité.

- Même en version automatisée, la précision du procédé TIG, due à l'usure limitée des électrodes et à la stabilité de l'arc, peut être maintenue.
- Il faut éviter les cordons de soudure trop épais, qui peuvent causer une déformation et des efforts inutiles et coûteux de meulage et de finition.

Bien que l'équipement de finition soit polyvalent et qu'on puisse effectuer avec un petit nombre d'outils la plupart des travaux de finition, il est important d'utiliser des outils adaptés à la finition considérée. La plupart des ateliers de fabrication et de finition sont équipés de machines fixes, telles que les meuleuses à bande, les grugeuses de tubes et les polisseuses à « arbre long ». Il faut aussi un assortiment suffisant d'outils portables pour la finition de pièces et objets décoratifs en acier inoxydable.



Les coins de ce plan de travail doivent être finis soigneusement pour les rendre homogènes avec les surfaces environnantes. Un coin fini, bien qu'il ne soit pas une partie essentielle de l'objet du point de vue structurel, améliore la perception que les concepteurs et les utilisateurs de l'acier inoxydable devraient toujours avoir de ce matériau : élégance et hygiène. Le souci de détails comme celui-ci est essentiel dans les « pratiques optimales » de la finition.

5.2 Choix des méthodes de finition adaptées aux méthodes de conception et de fabrication

Les joints mécaniques et par soudage sont très utilisés pour la fabrication d'objets en acier inoxydable. Les assemblages de tubes sont très communs dans les objets en acier inoxydable tels que les rampes. Ils permettent d'illustrer les techniques de finition appropriées.

Les exemples illustrés montrent la finition de deux raccords en angle.

La première illustration représente un assemblage de tubes « souple » avec un coude préformé. Pour terminer l'assemblage il ne faut que deux raccords droits bout à bout. Ceci a l'avantage de permettre un accès facile pour le soudage et la finition de l'assemblage.

L'exemple de droite montre un raccord biseauté bout à bout formant un angle « vif » entre les parties droites. L'accès pendant le soudage et la finition est plus restreint dans ce cas. L'intérieur du raccord doit être meulé et poli avec une meuleuse d'angle interne. L'angle extérieur peut cependant être fini avec des abrasifs en disque à lamelles, qui sont plus rapides.

Dans les deux cas, le pourtour des zones proches du raccord soudé peut être homogénéisé à la main ou avec un outil tenu à la main avec un abrasif de type Scotch-Brite™.

Bien que la solution à coude puisse être plus facile du point de vue de la fabrication et de la finition, elle exige des stocks de diverses tailles de coudes (en diamètre extérieur et en tolérances).



Angle formé avec un coude.



Absence d'angle vif à l'intérieur.



Tout le pourtour du raccord peut être prétraité avec uniquement des abrasifs à disque à lamelles.



Finition manuelle homogénéisant l'ensemble du rail en une seule finition où les deux tubes ont un raccord lisse.



Angle préformé en biseau avec un seul raccord soudé.



Traitement de l'angle intérieur avec un outil de finition des angles internes.



Traitement de l'angle extérieur avec des abrasifs à disque à lamelles.



Opération de finition avec un outil électrique facile à utiliser. L'angle aigu du raccord est encore visible, avec la soudure entièrement homogénéisée à la surface.

5.3 Précautions pour la finition d'objets décoratifs en acier inoxydable

Limiter le plus possible le travail de finition

On trouve facilement des feuilles, des tubes et barres pré-finis (polis, brossés et plastifiés) d'acier inoxydable pour la fabrication de produits décoratifs.

En choisissant bien les matériaux pré-finis, les efforts de finition du produit assemblé peuvent normalement être limités à l'homogénéisation des raccords.

S'il faut une retouche localisée, il est conseillé de ne pas utiliser un abrasif de grain trop grossier, car il risquerait d'enlever trop de matériau en surface, et d'y laisser des creux non désirés avec le risque d'aller en sous-épaisseur.

Pour la finition d'objets constitués de plusieurs feuilles soudées, il convient d'utiliser des abrasifs en disque plutôt que le meulage par bande, pour limiter le plus possible la taille de la zone affectée autour de la soudure. Le diamètre du disque abrasif doit être aussi petit que possible pour que la zone meulée soit elle-même la plus petite possible.

Éviter l'échauffement local

Les nuances d'acier inoxydable les plus communément utilisées dans le secteur du bâtiment sont les alliages Cr-Ni, dont le nom technique est aciers inoxydables « austénitiques » (généralement EN 1.4301/1.4307 et, dans un environnement plus corrosif, EN 1.4401/1.4404). Ils ont

des coefficients de dilatation thermique plus élevés et une conductivité thermique plus faible que l'acier inoxydable à alliage de chrome (« ferritique ») EN 1.4016, qui devrait être limité aux applications intérieures. Les aciers inoxydables ferritiques ont des propriétés physiques similaires à celles des aciers au carbone.

Ainsi, la chaleur dégagée pendant le meulage et le polissage de composants d'acier inoxydable austénitique ne peut pas se dissiper dans le métal environnant aussi vite que dans les aciers ferritiques. Il faut régler la vitesse de l'outil et la pression appliquée pour compenser cela, faute de quoi il peut apparaître des ternissements excessifs et des déformations.

Travailler sur les finitions polies existantes

Pendant le polissage, les rayures créées dépendent du grain de l'abrasif et de sa direction d'application. Lors de l'homogénéisation de surfaces par des méthodes manuelles de polissage, par exemple avec du Scotch-Brite™, il est important de travailler dans la direction originale de polissage. Ceci devrait minimiser le temps et l'effort nécessaires pour obtenir la finition voulue.

En résumé, les principaux points à se rappeler lors de la finition mécanique d'objets décoratifs en acier inoxydable sont :

- Limiter autant que possible l'apport de chaleur pour éviter la déformation et le ternissement.
- Être attentif aux effets potentiels de l'augmentation de la vitesse de l'outil ou de la pression appliquée, lorsqu'il est nécessaire d'augmenter la productivité.
- En changeant de grain entre les différentes étapes de la finition, il est conseillé de nettoyer le plan de travail et l'équipement de finition, pour éviter que la nouvelle surface soit endommagée par des particules plus grosses, provenant des étapes précédentes du polissage.
- Lors de l'homogénéisation, toujours suivre la même direction de polissage que dans les étapes précédentes. Adopter un geste le plus long possible dans les étapes finales du polissage manuel.
- S'il y a un doute quant au grain d'abrasif à adopter pour la finition manuelle, il vaut mieux commencer avec un abrasif trop fin plutôt que trop gros. Un abrasif trop gros peut endommager la surface, ce qui peut être long voire impossible à corriger. À titre indicatif, le grain de 120 est en général le plus gros grain utilisé dans le traitement de surface de l'acier inoxydable de ce type.
- Contrairement aux pièces en acier au carbone, qui sont peintes, il est difficile de corriger ou de dissimuler les erreurs de finition en acier inoxydable.
- Pour obtenir des surfaces polies à finition fine (miroir), il est important de bien choisir les grains successifs d'abrasif. À titre indicatif, le grain d'un abrasif donné doit être au maximum le double du grain précédent. S'il y a une trop grande différence de grain, des traces des abrasifs plus gros peuvent être visibles sur la surface finie.
- Lors de l'avivage, il est conseillé de changer la direction de 90 degrés entre les étapes.

5.4 Recommandations pour le stockage, la fabrication, la finition et l'installation de pièces décoratives en acier inoxydable

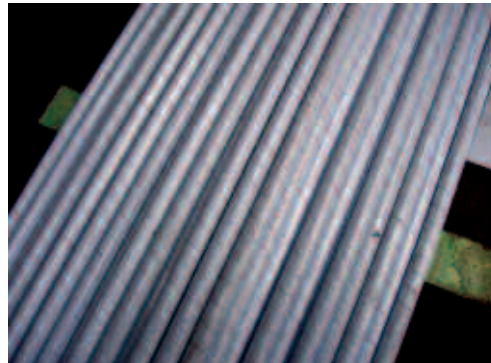
Dans beaucoup d'ateliers, il est courant d'utiliser différents métaux, par exemple des aciers structuraux au carbone et des aciers inoxydables. La fabrication peut même exiger une combinaison de pièces métalliques, avec à la fois des éléments en acier au carbone et des éléments en acier inoxydable. Dans ces situations, certaines précautions de base et de bonnes méthodes de travail sont essentielles pour éviter les problèmes de rouille pendant la durée d'utilisation de telles pièces. Il est également important de veiller à éviter les dommages mécaniques aux surfaces semi-finies ou finies en acier inoxydable.

Il convient de prendre les précautions suivantes pour éviter le risque de contamination par le fer ou de dommages mécaniques des surfaces en acier inoxydable :

- Utiliser si possible des revêtements plastiques pour protéger les surfaces des pièces. Les feuilles, tubes et barres tels qu'ils sont fournis par les aciéries ou les centres de service en sont souvent pourvus. Il est recommandé de laisser ces revêtements sur l'acier aussi longtemps que possible pendant les diverses étapes de fabrication et de les remplacer quand la fabrication est terminée et la pièce est prête à être expédiée. Vu le prix des aciers inoxydables qui est environ 2,5 à 5 fois plus élevé que les produits d'acier au carbone, les revêtements plastiques ne

doivent pas être considérés comme un luxe.

- Les abrasifs utilisés pour l'acier au car-



bone ne doivent pas être mélangés avec les abrasifs utilisés pour de l'acier inoxydable, ce pour éviter le risque de contamination par le fer de ces derniers.

- Dans l'atelier de fabrication, réserver si possible des zones distinctes, selon les différents métaux, pour le stockage et le travail. Idéalement, lorsque cela est réalisable, séparer complètement les ateliers. Ceci devrait éliminer la contamination directe par redéposition de poussière de meulage d'acier au carbone, et la contamination croisée par l'utilisation d'outillage commun.



Lors de leur achat, toutes les matières premières utilisées pour la fabrication d'ensembles décoratifs (par exemple escaliers, rampes et rambardes) doivent être si possible déjà prépolies et revêtues de plastique.

Ces revêtements de protection réduisent le risque de dommage mécanique et de contamination par le fer.

Sur deux marches d'un escalier en cours de fabrication, on voit les surfaces avant (à droite) et après (à gauche) la finition des soudures. On a laissé le film plastique d'origine autant que possible sur l'acier afin de protéger la finition initiale.

- Les racks de stockage, les chariots élévateurs etc. devraient être revêtus de matériaux appropriés comme le plastique, le caoutchouc ou le bois. Il est aussi conseillé d'utiliser pour les appareils élévateurs d'autres matériaux que ceux utilisés dans les ateliers de fabrication d'acier au carbone. Il est bon d'utiliser des élingues en tissu ou en corde plutôt que des chaînes d'acier. Les tapis roulants doivent être conçus et utilisés de façon à éviter d'endommager et de contaminer l'acier inoxydable. S'ils servent aussi pour l'acier au carbone, il faut en éliminer toutes les particules de fer avant de commencer le travail de l'acier inoxydable (et il en va de même pour les outils tels que les cisailles, les presses et tous les outils manuels).
- Il est important que l'atelier de fabrication soit géré et utilisé de façon à éviter que les ouvriers ne marchent sur les feuilles d'acier inoxydable. C'est souvent ainsi que se produit la contamination par les particules d'acier au carbone, la graisse et l'huile.
- Les matériaux et méthodes d'emballage doivent contribuer à éviter les dommages de surface. Il ne faut pas laisser de cerclages en acier au carbone au contact de surfaces en acier inoxydable.



Avec des techniques de mise en oeuvre et de finition appropriées et un bon entretien de l'atelier, on aurait pu éviter les défauts visibles sur cet objet. Les problèmes sont :

- *mauvaise qualité du joint de soudage : il est irrégulier et a une mauvaise résistance à la corrosion*
- *utilisation d'écrous en alliage moins noble et peu résistant à la corrosion*
- *nombreuses tâches de rouille sur les tubes carrés polis en acier inoxydable.*

Ces problèmes sont aggravés dans une atmosphère agressive (par ex. en bord de mer).

Pour éviter ces problèmes, penser aux points suivants :

- *soudage plus soigneux pour éviter les cordons de soudure inégaux et les éclaboussures*
- *finition correcte du joint de soudage*
- *utilisation de fixations en acier inoxydable de la nuance correspondante*
- *protection adéquate de tous les composants en acier inoxydable dans l'atelier du métallier*
- *nettoyage avec des produits sans chlore.*

6 Études de cas

6.1 Rampes

Les rampes et balustrades ont surtout une fonction de sécurité, mais elles peuvent aussi servir à rehausser l'aspect architectural dans une grande variété d'applications dans le domaine du bâtiment.

Les avantages de l'utilisation de l'acier inoxydable dans ces applications sont :

- une solution durable qui ne demande que très peu d'entretien,
- le maintien de l'allure d'origine pendant toute la durée d'utilisation du bâtiment,
- un très bon rapport résistance/poids.

S'ils sont à l'air libre, les objets en acier inoxydable ont en principe une excellente résistance à la corrosion, pourvu qu'on ait respecté les points suivants :

- choisir une nuance adaptée à l'environnement d'utilisation,
- choisir une finition de surface (rugosité) qui ne compromette pas la résistance à la corrosion de la nuance choisie,
- lors de la conception, prévoir un bon système d'écoulement et d'évacuation de l'eau et veiller à permettre d'atteindre une haute qualité de fabrication et de finition.

C'est en particulier le dernier point qui est illustré dans cette étude de cas. Bien que les rampes et les balustrades fassent souvent intervenir des techniques d'assemblage mécanique (dont la fixation par boulons ou par emboîtement), par collage, etc., on utilise en général surtout des raccords soudés, qui exigent une attention particulière pendant les processus de fabrication et de finition pour obtenir la finition et l'esthétique désirées.

Plusieurs méthodes d'assemblage par soudage et de finition fréquemment utilisées pour les rampes et les balustrades sont illustrées ici.



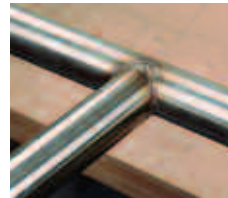
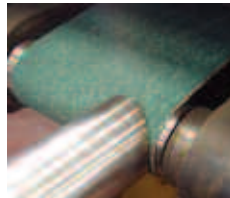
Le choix de l'acier inoxydable pour réaliser des rampes représente :

- une solution durable et qui n'exige que très peu d'entretien,
- la permanence de l'aspect d'origine pendant toute la durée d'utilisation du bâtiment,
- un très bon rapport résistance/poids.

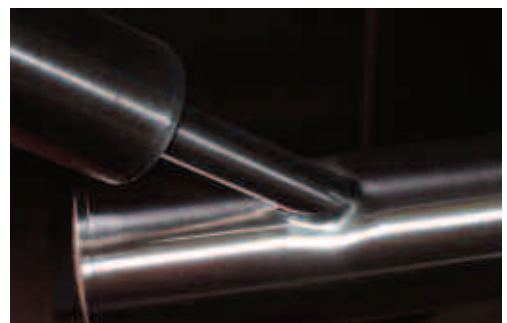
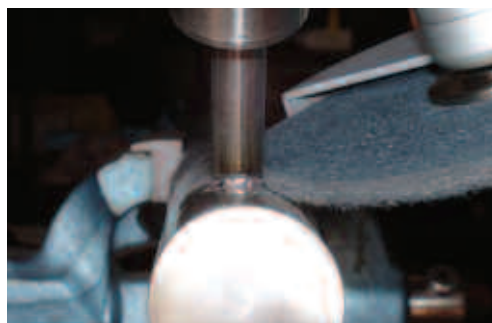
Les tubes, profilés et barres en acier inoxydable nécessaires pour l'assemblage peuvent en général être achetés avec la finition décorative voulue ; on réduit ainsi le travail de finition sur la pièce assemblée. Pendant le stockage et la manutention, les tubes et barres en acier inoxydable doivent être protégés par leur emballage d'origine. Les surfaces de stockage sur racks doivent aussi être protégées avec des matériaux mous tels que du plastique ou du caoutchouc pour éviter d'endommager la finition.



Les raccords de tubes en angle biseauté exigent un travail de découpe et d'ébavurage précis pour assurer un ajustement net avant soudage et réduire le risque de blessures par coupure. Après avoir enlevé les bavures de sciage des bords externes à l'aide d'une meuleuse fixe à bande, on peut effectuer de bonnes soudures plus facilement et minimiser les retouches après le soudage.



Les raccords en T à l'extrémité des tubes peuvent être préparés avec une grugeuse. Ceci devrait permettre d'effectuer plus facilement de bonnes soudures et de minimiser la finition après soudure nécessaire dans ces types de raccords.



Des entretoises constituées de barres fines raccordant deux tubes sont souvent utilisées pour les rampes et balustrades. Ce type de raccord réduit les efforts de soudage nécessaires et peut aussi offrir un meilleur accès pour la finition qu'un raccord du diamètre des tubes.



Lors de l'assemblage des sections de rampes et de balustrades, l'accessibilité pour les dernières opérations de la finition peut être réduite. Ceci rend parfois impossible d'obtenir la finition voulue. La finition ultime des sous-ensembles doit être incorporée au plan de fabrication.

Dans ces cas, les surfaces des ensembles prépolis doivent être protégées par un film plastique pour réduire le risque de dommage pendant l'assemblage final. Le recours à des sections prépolies réduit l'effort total de finition, sa durée et le coût pour le fabricant.

Pour homogénéiser correctement le raccord soudé fini avec la section en inox prépolies, il ne faut alors qu'un travail minimum.

Il est important d'utiliser une combinaison appropriée d'outils et d'abrasif. Les bandes abrasives de type Scotch-Brite™ sont souvent utilisées pour ces travaux de finition.



Lorsque toutes les opérations de finition sont terminées, une protection adéquate pendant les dernières étapes de manutention, de stockage et d'expédition est requise pour éviter d'endommager et de contaminer les produits. Ici on a utilisé un emballage simple mais efficace par film plastique.

6.2 Mobilier urbain

L'utilisation de l'acier inoxydable pour l'architecture urbaine d'aujourd'hui offre des produits durables, sans danger et élégants tels que :

- bancs
- poubelles
- racks à bicyclettes
- bornes.

Cette étude de cas illustre la fabrication de bornes de rue, en soulignant la finition.

Pour ces produits, l'acier inoxydable a plusieurs avantages qui offrent une longue durée d'utilisation et une esthétique unique :

- caractéristiques mécaniques élevées. Ceci permet l'utilisation de poteaux légers sans compromettre la sécurité des piétons ou des bâtiments que les bornes sont conçues pour protéger.
- un choix de finitions lisses qui optimisent la résistance à la corrosion, minimisent l'adhérence de la saleté et favorisent le nettoyage sur place par l'eau de pluie.

Les objets ayant un couvercle convexe ont plusieurs avantages :

- *La surface lisse réduit le risque de blessures pour les passants.*
- *La forme convexe tend à faire tomber les corps étrangers ou les déchets placés sur la borne.*
- *Il n'y a pas d'accumulation de déchets ni de saleté à l'intérieur du tube.*

Le couvercle est pointé dans sa position avant de fixer le cordon de soudure sur la circonférence par soudage à la molette.



L'utilisation d'acier inoxydable offre :

- *une résistance mécanique élevée, permettant d'utiliser des objets légers sans compromettre la sécurité des utilisateurs dans la rue.*
- *des surfaces lisses en acier inoxydable assurent une excellente résistance à la corrosion et réduisent l'adhérence de la saleté.*



Les tubes en acier inoxydable peuvent être fournis dans des longueurs standard ou prédécoupés par les distributeurs à la longueur demandée. Ils peuvent aussi être sciés à la longueur voulue dans l'atelier de fabrication. On trouve un assortiment de tubes 2B laminés à froid en usine et diverses finitions polies.

L'utilisation de tubes pré-polis peut économiser beaucoup de travail à la fin du processus de fabrication.



Le soudage continu assure la résistance et l'étanchéité nécessaires. Ce type de raccord peut être réalisé par soudage manuel GTAW (TIG) ou selon un processus semi-automatique (orbital). Le soudage manuel est plus lent, mais permet d'obtenir des raccords lisses et fiables pourvu qu'il y ait un bon ajustement initial. Dans les cas où un soudage plus rapide est nécessaire ou lorsqu'on ne peut placer le raccord que de façon approximative, on a recours au soudage semi-automatique. Ce processus est plus rapide mais il a l'inconvénient d'exiger un meulage après le soudage. Plus on effectue avec soins les opérations de soudage, moins il y aura besoin de finition.



On pré-polit toute la circonférence du tube près de l'endroit où le couvercle a été soudé à son emplacement. L'outil de polissage du tube utilisé permet de traiter une grande section radiale du tube à partir de n'importe quelle position, d'où une finition polie plus régulièrement.

En appuyant le tube sur une paire de bobines à un bout et en le maintenant dans la bonne position dans un mandrin autocentreur à trois mors à l'autre bout, on assure un bon contrôle de l'outil de polissage.

Le cordon est meulé avec un outil manuel à disque à lamelles. L'abrasif du disque à lamelles offre une zone de contact plus grande que les abrasifs de meulage à bande. Ceci réduit le risque de laisser sur la zone traitée des marques de meulage et de pénétration qui seraient difficiles à homogénéiser ensuite.



Une finition de haute qualité exige des opérateurs qualifiés. Il est également important d'avoir une position ergonomique pour chaque tâche.



Après les étapes de meulage initiales, on réalise un polissage mécanique avec un grain de plus en plus fin avant l'avivage final, qui se fait avec une lustreuse fixe à arbre long.

L'avivage d'une surface qui n'a pas été correctement pré-polie ne produira pas la finition miroir désirée.

À la fin, le diamètre extérieur de la borne est traité avec un abrasif en bande Scotch-Brite™. Ces abrasifs produisent des finitions régulières avec peu de marques. En associant un bon dispositif de maintien et de soutien de la pièce sur l'outil de polissage et une bande à abrasif Scotch-Brite™, on assure une finition régulière sur toute la surface de la borne.



Avec un petit nombre d'outils manuels polyvalents, un équipement de manutention approprié et de bonnes méthodes de travail, on obtient une finition élégante où l'on ne distingue pas de raccord soudé. Il est important de veiller, à toutes les étapes du stockage, de la fabrication et de l'expédition, à ce que les surfaces en acier inoxydable ne soient pas mécaniquement endommagées ni soumises à l'absorption de fer ou à la contamination. Pour obtenir la meilleure résistance possible à la corrosion, il faut éliminer des raccords soudés les traces de ternissement par le soudage et leur donner une finition aussi lisse que possible et correspondant à l'aspect visuel voulu.

Le résultat visuel de la qualité de ce travail est un témoin éloquent de la durabilité, de la sécurité et de l'élégance de l'acier inoxydable dans les applications de mobilier urbain.

Les surfaces à finition mécanique permettent aussi d'enrichir l'aspect : objets sur mesures, logos ou inscriptions.



6.3 Équipement de restauration

Les cuisines professionnelles modernes des restaurants, des hôpitaux, des écoles etc. exigent que les matériaux utilisés pour tout leur équipement et leurs surfaces de travail non seulement soient esthétiques mais satisfassent aussi des normes exigeantes d'hygiène. L'acier inoxydable remplit ces conditions car il est :

- visuellement attrayant dans les objets modernes,
- adapté à des exigences hygiéniques et sanitaires strictes,
- facile à nettoyer,
- résistant à la corrosion,
- doté d'un rapport résistance/poids élevé,
- facile à mettre en oeuvre.

L'acier inoxydable est donc tout naturellement le matériau idoine dans le secteur de la restauration.

Une bonne conception tient soigneusement compte des étapes de fabrication et de finition nécessaires pour la réalisation de l'équipement. Il faut avoir à l'esprit les facteurs suivants :

- limitation du nombre d'étapes de polissage au strict nécessaire,
- exécution compétente des techniques de pliage, de découpage et de soudage,
- protection adéquate des surfaces finies à toutes les étapes de la fabrication.

Cette étude de cas illustre la fabrication d'un évier de cuisine de restauration en acier inoxydable, en soulignant la bonne pratique de finition.



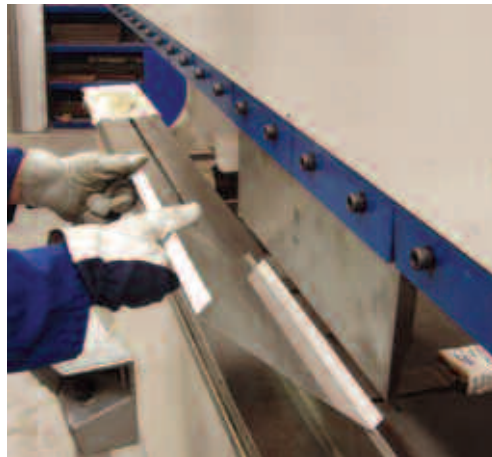
Ce genre d'évier est typique de ceux utilisés par les traiteurs professionnels. L'acier inoxydable répond aux exigences d'hygiène, de résistance à la corrosion et d'attrait visuel de la conception de cuisines professionnelles, tout en étant facile à mettre en oeuvre. Ces caractéristiques en font le matériau de choix pour les concepteurs et les utilisateurs dans la restauration professionnelle.



L'évier peut être fabriqué à partir d'une feuille d'acier inoxydable poli revêtue de plastique. Les feuilles et tubes revêtus de plastique sont facilement disponibles auprès des distributeurs de métaux. Les pièces embouties comme la cuve de l'évier s'obtiennent de préférence auprès d'ateliers d'emboutissage spécialisés.



Le creux en haut de l'évier doit être découpé avec soin, en laissant le moins possible de bavures sur les bords, pour permettre un ajustement net du raccord avec la cuve. Ces opérations de découpe sont réalisées de préférence sur des machines automatiques pour obtenir des soudages nets auxquels on peut facilement appliquer une finition conforme aux normes exigeantes d'hygiène.



Il convient d'utiliser si possible des revêtements ou emballages de protection en plastique pour éviter que la surface soit endommagée ou contaminée par le dépôt de fer provenant des outils et de l'équipement de manutention. Le coût de cette protection essentielle doit être incorporé au calcul de prix de la matière première et non considéré comme un « extra ».

Dans les ateliers multi-métaux, il est conseillé de disposer d'équipement de découpe et de formage séparés pour l'acier au carbone et l'acier inoxydable.

Si ce n'est pas possible, il faut nettoyer à fond tout l'équipement en contact avec les pièces entre les cycles de production d'aciers différents.



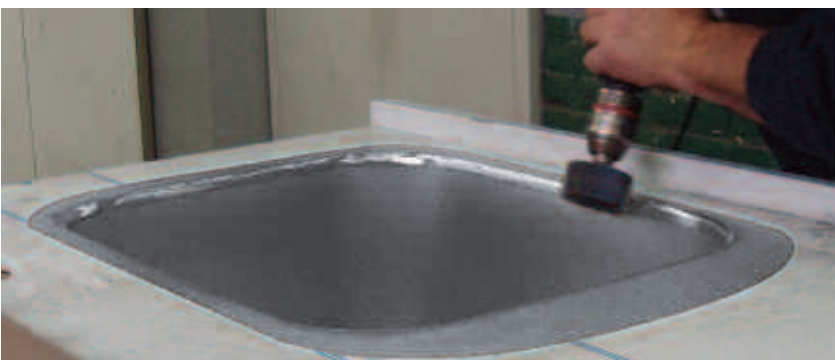
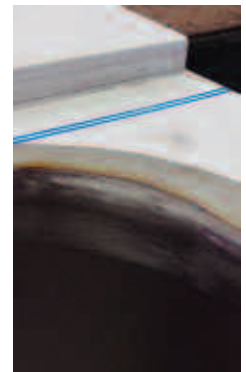
S'il n'y a pas de raison particulière d'enlever en partie ou totalement le revêtement ou emballage plastique, on peut éviter d'endommager ou de salir les surfaces en le laissant sur les surfaces en acier. Il convient d'utiliser des racks, des chariots et autres appareils de stockage spécialement conçus (comme le chariot en acier inoxydable montré ici pour le stockage de tubes), pour éviter d'endommager et de contaminer les surfaces.



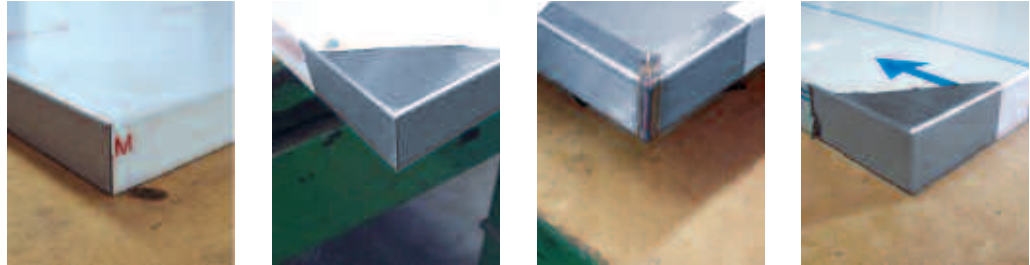
La cuve et la découpe du plan de travail sont soigneusement ajustées pour minimiser le soudage nécessaire. On consolide cet ajustage par pointage avant le soudage. Une barre de cuivre sert de dissipateur de chaleur pour évacuer aussi vite que possible la chaleur de la zone soudée, afin de minimiser le risque de déformation et le ternissement excessif autour de la soudure (voir aussi 5.3.).

Après le soudage, le cordon de soudure doit être meulé pour enlever la couche ternie par la chaleur et pour qu'il suive le contour du raccord. Ainsi le raccord aura une finition conforme aux normes exigeantes de résistance à la corrosion et d'hygiène requises pour l'utilisation.

On utilise un disque à fibres flexible pour que le meulage puisse suivre le contour du raccord courbe.



Après le meulage initial, on utilise une série d'abrasifs à roue à lamelles montés sur une meuleuse droite pour polir le raccord. L'homogénéisation finale du raccord sur la cuve et le plan de travail se fait manuellement à l'aide de tampons Scotch-Brite™.



Après un pliage soigneux, le raccord en angle est fermé par soudage. Ainsi on obtient un raccord qui peut être fini conformément à une norme d'hygiène exigeante et ne présente qu'un faible risque de blessure par contact, plutôt que de viser des objectifs de résistance ou d'étanchéité, qui ne sont pas nécessaires dans ce cas. Plus le soudage est net, moins il faut d'effort de finition, ce qui réduit le coût.



Si le coût des matières premières en acier inoxydable utilisées pour fabriquer l'objet fini représente une partie notable du coût total, la fabrication et la finition bien réalisées lui ont ajouté une valeur significative. La valeur du produit final doit être protégée en l'emballant soigneusement avant de l'expédier.



Toutes les opérations de manutention après la mise en oeuvre doivent aussi veiller à éviter d'endommager les produits. Parmi les sources et causes de dommage figurent :

- *des surfaces de contact non protégées sur les chariots élévateurs et autres appareils de levage,*
- *l'utilisation de racks de stockage ou d'appareils de manutention ne disposant pas d'une protection adaptée au contact avec l'acier inoxydable.*

7 Aspects liés à la santé, la sécurité et l'environnement

La publication d'Euro Inox « L'acier inoxydable – Un matériau sain. Série L'Homme et son Environnement – Volume 1 » décrit en détail les questions de santé humaine et d'environnement liées à l'acier inoxydable. Elle conclut que les effets sur la santé de la diffusion de nickel ou de chrome dans la plupart des situations sont négligeables. Cependant, des précautions spéciales sont nécessaires car les opérations de finition de produits en acier inoxydable peuvent dégager une poussière fine qu'il faut contrôler et limiter correctement répondre au besoin de protéger la santé des travailleurs.

L'utilisation incorrecte d'appareils de finition mécanique et l'élimination inadéquate de déchets peuvent aussi affecter la santé et l'environnement.

7.1 Santé et finition des aciers inoxydables

Comme indiqué plus haut, la finition de l'acier inoxydable produit de la poussière. Pour protéger la santé des ouvriers, la concentration de poussière sur le lieu de travail ne doit pas être excessive, en particulier sur des périodes prolongées, et doit être maintenue en-dessous des limites d'exposition professionnelle fixées par les réglementations de santé et de sécurité européennes et nationales. Pour cela il convient d'assurer une ventilation et une extraction de la poussière de façon générale et locale.

Il n'y a pas de limites d'exposition professionnelle pour l'acier inoxydable. Bien que l'acier inoxydable, en tant qu'alliage, ne puisse pas être considéré comme la simple

somme de ses constituants, il est important d'avoir conscience que des limites d'exposition professionnelle s'appliquent à certains de ses constituants (par exemple Ni, Cr, Mn et Mo) et certains de leurs composés.

Un contact étroit et prolongé avec le nickel peut sensibiliser la peau et entraîner une dermatite allergique. Le nickel étant présent à des taux significatifs dans la plupart des aciers inoxydables, certains auteurs ont évoqué un risque potentiel de sensibilisation de la peau lors de la finition d'aciers inoxydables. Cependant, des tests certifiés sur le contact étroit et prolongé avec la peau montrent que les nuances habituelles d'acier inoxydable 1.4301 (304), 1.4541 (321) et 1.4401 (316) n'entraînent pas de sensibilisation au nickel. Cependant, un contact proche et prolongé avec des nuances d'acier inoxydable re-sulfurées comme le 1.4305 (303) peut entraîner des réactions allergiques (déclenchement) chez des personnes déjà « sensibilisées au nickel ». Il est important de noter que la sensibilisation au nickel n'est pas la seule cause d'apparition de dermatites chez les personnes sensibles. Le contact avec des liquides de refroidissement ou de coupe (par exemple ceux utilisés dans les scies et d'autres appareils), et les chiffons ou vêtements sales peuvent contribuer aux dermatites chez les personnes sensibles à ces genres de problèmes de peau.

Le fournisseur de l'acier inoxydable est tenu de délivrer sur demande une Fiche de données de sécurité (Anglais : Material Safety Data Sheet ou MSDS) indiquant tous les risques connus associés à ses produits et recommandant des pratiques de travail sûres.

On trouvera davantage d'informations sur les effets de l'acier inoxydable sur la santé dans une publication intitulée « Manufacture, processing and use of stainless steel: A review of health effects » rédigée pour Eurofer par H.J. Cross, J. Beach, S. Sadhra, T. Sorahan, C. McRoy (Institute of Occupational Health, University of Birmingham, 1999).

7.2 Méthodes de travail sûres pour les outils de finition mécanique et les abrasifs

Les divers outils de finition et abrasifs utilisés pour la finition mécanique des objets en aciers inoxydables ne sont pas plus dangereux que ceux utilisés pour des opérations de finition similaires sur d'autres types d'acier et de métaux.

Les procédures d'évaluation du risque doivent donc tenir compte des effets des éléments suivants :

- contact avec des abrasifs en mouvement ou en rotation,
- rupture ou fragmentation d'abrasifs,
- diffusion de particules de meulage et de poussière,
- vibrations,
- bruit,
- chaleur.

La Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs (FEPA) fournit des renseignements détaillés sur la manutention sécurisée des équipements de polissage.

7.3 L'environnement, le travail sur l'acier inoxydable et l'élimination des déchets

L'acier inoxydable est recyclable à 100%. Les déchets d'acier peuvent être éliminés sans danger dans des décharges, mais ils ont une certaine valeur et les fabricants préfèrent les recycler.

Les chutes de grande taille et les petits morceaux d'acier (par exemple les chutes de tournage et les copeaux de sciage) sont recyclés pour être refondus par les fabricants d'acier, au travers de marchands de ferraille. La poussière de meulage, qui contient des proportions notables de poussière d'abrasif, est en général jetée dans une décharge (selon des réglementations européennes sur les déchets, qu'il convient de vérifier).

La législation européenne sur la « fin de vie » des emballages et les déchets d'emballage, les véhicules et les appareils électroniques et électriques usagés impose des restrictions sur la teneur des matériaux en plomb, en cadmium, en mercure et en chrome hexavalent. Bien que ces restrictions aient peu de chances de concerner l'utilisation d'aciers inoxydables dans les produits finaux (car les concentrations de ces éléments dans les aciers inoxydables commerciaux sont loin de pouvoir être considérées comme dangereuses), il est bon de vérifier.

Références

- [1] Surface Finishing of Stainless Steel products, Brugg : Suhner
- [2] BURKART, Walter, Handbuch für das Schleifen und Polieren, Bad Saulgau : Eugen G. Leuze Verlag, ⁶1991
- [3] BOVENSIEPEN, Egon, Geländer und Treppen aus Edelstahl Rostfrei (Dokumentation 871), Düsseldorf : Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, ¹1998
- [4] CIBO Time Saving Abrasives, Tildonk : CIBO, ⁴2003
- [5] STEINHART, Hans-Joachim, « Damit Edelstahl rostfrei bleibt », Mitteilungen 1/2004, Düsseldorf : Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
- [6] Code de sécurité pour les abrasifs agglomérés et les superabrasifs de précision, Paris : Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs (FEPA), 2001

ISBN 978-2-87997-235-0