

Electropolissage des Aciers Inoxydables



Euro Inox

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

Ses membres sont :

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

L'objectif d'Euro Inox est de promouvoir les utilisations existantes de l'acier inoxydable et de susciter de nouvelles applications en mettant à disposition des concepteurs et des utilisateurs des informations pratiques sur les propriétés des aciers inoxydables ainsi que les éléments nécessaires pour assurer une mise en œuvre dans les règles de l'art. A cet effet :

- Euro Inox édite des supports imprimés ou électroniques,
- organise des conférences et des séminaires,
- initie et soutient des projets dans les domaines de la recherche appliquée et des études de marché.

ISBN 978-2-87997-313-5

978-2-87997-310-4	version anglaise
978-2-87997-311-1	version allemande
978-2-87997-312-8	version finlandaise
978-2-87997-314-2	version italienne
978-2-87997-315-9	version néerlandaise
978-2-87997-316-6	version polonaise
978-2-87997-317-3	version espagnole
978-2-87997-318-0	version suédoise
978-2-87997-319-7	version tchèque
978-2-87997-320-3	version turque

Membres titulaires

Acerinox

www.acerinox.es

ArcelorMittal Stainless Belgium

ArcelorMittal Stainless France

www.arcelormittal.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Membres associés

Acroni

www.acroni.si

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

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.pl

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Electropolissage des Aciers Inoxydables
 Première édition 2010
 (Série Matériaux et Applications, Volume 11)
 © Euro Inox 2010

Editeur

Euro Inox
 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

Alenka Kosmač, Bruxelles (B)

Traduction

Chantal Pradines, Trampot (F)

Remerciements

Euro Inox tient à remercier M. Siegfried Pieslinger-Schweiger, Poligrat (D) et M. John Swain, Anopol (UK) pour leur contribution et leur lecture critique de la présente brochure.

Photos

Photo de couverture : Packo Surface Treatment, Diksmuide (B)

Limite de responsabilité

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

Sommaire

1. Introduction	2
2. Le principe	4
3. Le processus	6
3.1 Préparation du métal	7
3.2 Electropolissage	7
3.3 Post-traitement	8
4. Comparaison avec les autres techniques de traitement de surface	9
4.1 Polissage mécanique	9
4.2 Electrodeposition	10
5. La spécification des finitions électropolies	11
6. Les applications emblématiques	12
7. Glossaire	15
8. Bibliographie	17

Mention de copyright

Ce travail est soumis à droits d'auteur. Euro Inox se réserve tous les droits de traduction, de réimpression, de réutilisation, d'illustrations, de présentation orale et de radio- ou télédiffusion. La publication ne saurait, même partiellement, être reproduite, archivée dans une base de données ou diffusée, sous quelque forme que ce soit – audio, électronique, par photocopie ou autre – sans l'accord écrit préalable du propriétaire des droits d'auteur, Euro Inox. La violation de ces droits tombe sous le coup de la loi luxembourgeoise sur les droits d'auteur et des réglementations applicables dans l'Union européenne. Elle fera l'objet d'une procédure judiciaire, exposant le contrevenant au paiement de dommages et intérêts ainsi qu'au remboursement des frais judiciaires correspondants.

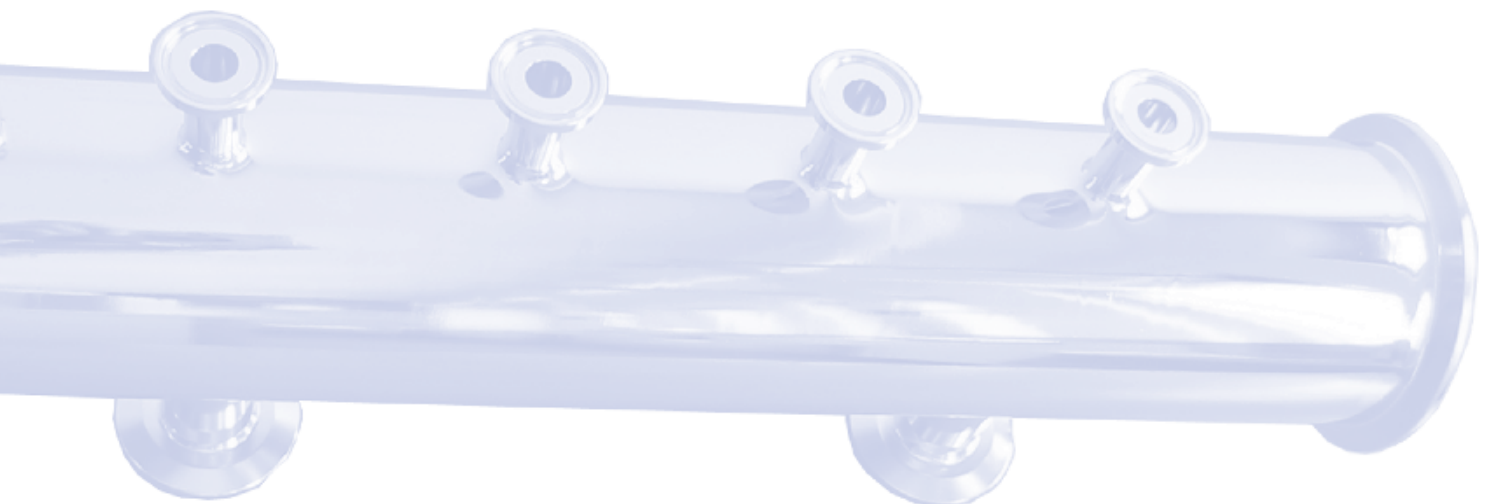
1 Introduction

L'électropolissage est une technique chimique de traitement de surface par action électrolytique (voir encadré) consistant à retirer ion par ion le métal de la surface d'un objet métallique [1]. L'objectif premier est de réduire au maximum la microrugosité et ainsi de limiter radicalement le risque d'adhérence de salissures ou autres dépôts, ce qui a pour effet d'améliorer la nettoyabilité des surfaces. L'électropolissage est également utilisé pour l'ébavurage, le brillantage et la passivation.

Le procédé met à nu une surface métallurgiquement propre et intacte. Il permet de s'affranchir des éventuels effets indésirables des traitements mécaniques – contraintes mécaniques et thermiques, inclusion de particules et rugosité – et, par là, de tirer au mieux parti de la résistance

à la corrosion propre à chaque nuance d'acier inoxydable. Ceci explique pourquoi l'électropolissage est devenu un procédé courant dans les industries ayant des exigences de résistance à la corrosion et de nettoyabilité particulièrement élevées. Il est ainsi employé par excellence dans les industries pharmaceutique, biochimique et agroalimentaire.

Dépourvu d'incidence mécanique, thermique ou chimique, l'électropolissage peut être employé pour des pièces de petite taille et des pièces fragiles. En fait, il convient pour pratiquement toutes les formes et tailles de pièces.



Les traitements de surface chimiques : à chacun ses particularités et son application spécifique

Il existe plusieurs types de traitements de surface chimiques. Tous contribuent à produire des surfaces métalliques propres avec, globalement, des effets comparables. Toutefois, chacun de ces traitements a une visée bien spécifique.

Décapage chimique

Le décapage chimique élimine les oxydes, notamment les colorations thermiques (soudage) et autres colorations ainsi que les produits de corrosion. Il produit une surface métallique propre, condition nécessaire à l'auto-passivation naturelle de l'acier inoxydable. Pour ce faire, on utilise typiquement de l'acide nitrique et de l'acide fluorhydrique. La durée du traitement dépend à la fois de la température de la solution et du degré de contamination.

Passivation

L'auto-passivation de l'acier inoxydable prend normalement place spontanément en présence de l'oxygène de l'air ou de l'eau. Mais le processus peut prendre plusieurs jours. Le traitement de passivation chimique accélère la formation de la couche passive, assurant qu'elle atteint

son épaisseur finale dans un délai restreint et dans des conditions contrôlées. La passivation s'effectue dans l'acide nitrique dilué. Le traitement dure entre 15 minutes et une heure.

Décontamination ou nettoyage acide

Lorsque les pièces en acier inoxydable ont été exposées à des contaminants ferreux (poussière de meulage, particules de rouille provenant de travaux sur des pièces voisines en acier au carbone, abrasion des outils, etc.), le nettoyage acide élimine les particules ferreuses qui se corroderaient si on les laissait à la surface de l'acier inoxydable¹.

Electropolissage

L'électropolissage est employé pour nettoyer les surfaces métalliques, réduire la microrugosité et produire un certain nombre d'autres effets particulièrement recherchés, décrits dans la présente publication. Le procédé repose sur le principe de l'électrolyse et implique l'écoulement d'un courant au travers d'un électrolyte, le plus souvent une solution d'acide sulfurique et d'acide phosphorique. Les temps de traitement sont habituellement compris entre 2 et 20 minutes.

¹ cf. CROOKES, Roger, Le décapage et la passivation de l'acier inoxydable, Luxembourg : Euro Inox, 2^e édition 2007 (Série Matériaux et Applications, Volume 4) – http://www.euro-inox.org/pdf/map/Passivating_Pickling_FR.pdf

2 Le principe

L'électropolissage consiste à enlever du métal d'une pièce immergée dans un électrolyte d'une composition donnée, dans lequel on fait passer un courant électrique. C'est, pour l'essentiel, l'inverse de l'électrodéposition : dans l'électrodéposition, des ions métalliques de la solution sont déposés sur la pièce alors que dans l'électropolissage, la pièce est érodée et fournit des ions métalliques à l'électrolyte.

Une installation d'électropolissage type ressemble à une ligne d'électrodéposition. Un redresseur convertit un courant alternatif en courant continu à faible tension. Les cuves utilisées pour contenir le bain acide sont des cuves en matière plastique ou des cuves revêtues de plomb. On y plonge une série de cathodes en plomb, cuivre ou acier inoxydable, reliées au pôle négatif (-) de la source électrique tandis qu'une pièce ou un ensemble de pièces sont suspendues à un montage en titane, cuivre ou bronze, relié au pôle positif (+) de la source.

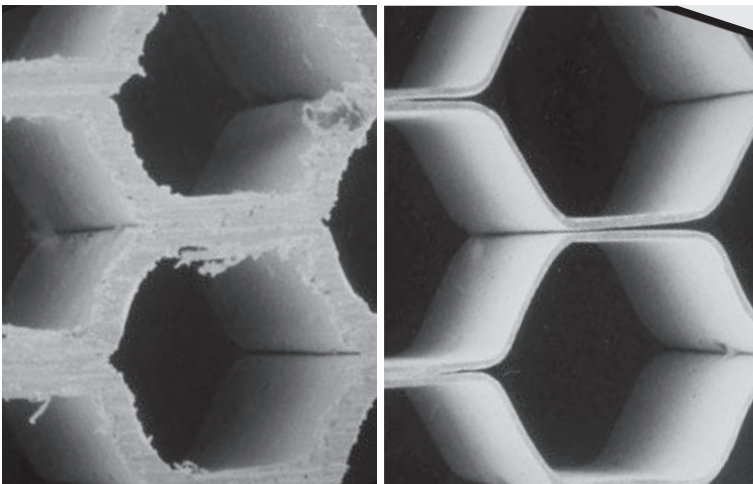
La ou les pièces sont donc connectées à l'anode tandis que la cathode est connectée

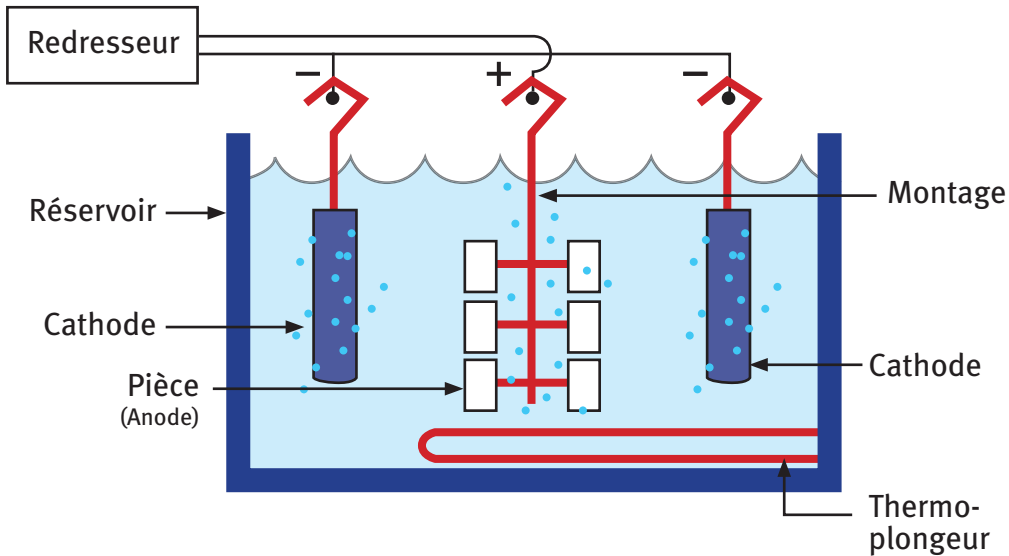
à un conducteur approprié. Le circuit électrique est complété par un électrolyte dans lequel sont immergés les deux pôles. Le courant appliqué est un courant continu.

Comme le montre l'illustration en regard, la pièce métallique plongée dans le bain électrolytique est chargée positivement (anode). Lorsqu'on applique le courant, l'électrolyte, conducteur, agit comme un « outil » qui retire des ions métalliques de la pièce. Les ions sont attirés par la cathode mais la plus grande partie des métaux dissous reste en solution. Certains ions se déposent sous forme de boue sur les cathodes, ce qui impose un nettoyage régulier pour maintenir le rendement de l'installation. Un dégagement d'oxygène à la surface du métal renforce encore l'action électrolytique.

La quantité de métal retirée de la pièce est proportionnelle au courant appliqué, à l'efficacité de l'électrolyte et au temps d'exposition. Les bavures et autres aspérités, qui sont des zones de très haute densité de courant, sont érodées préférentiellement. Le réglage des paramètres s'effectue pour chaque pièce de manière à contrôler la quantité de métal retirée et respecter ainsi les tolérances dimensionnelles.

*L'électropolissage constitue une méthode d'ébavurage efficace - y compris des pièces qui seraient difficiles à traiter mécaniquement.
Photo : Poligrat, Munich (D)*





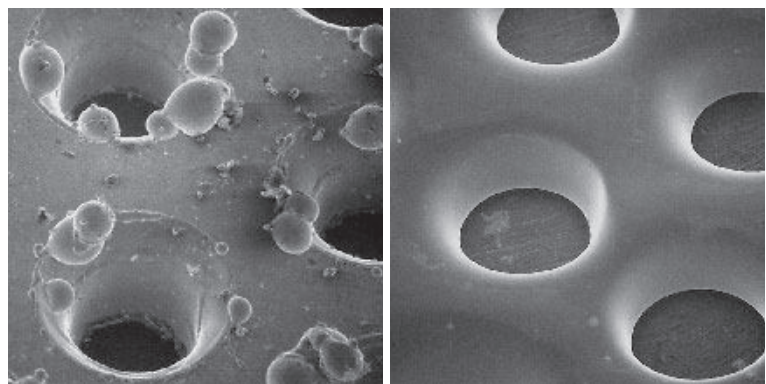
La pièce à traiter étant l'anode du processus électrochimique, elle perd de la matière en surface [3]

Les vitesses d'enlèvement des différents composants de l'alliage diffèrent. Ceci a une incidence importante sur le résultat : les atomes de fer et de nickel sont plus faciles à extraire du réseau cristallin que les atomes de chrome. L'électropolissage enlève donc préférentiellement le nickel et le fer, tout en laissant une surface riche en chrome, ce qui accélère et améliore la passivation des surfaces [2].

Les résultats sont reproductibles avec un degré de précision élevé, de sorte que les pièces avec des tolérances serrées peuvent, elles aussi, être traitées en toute sécurité².

On oublie souvent que l'électropolissage est un procédé qui n'induit pas de distorsions : les pièces électropolies ne sont soumises ni à des contraintes mécaniques ni à des contraintes thermiques, comme elles le seraient avec des abrasifs, et elles ne subissent pas de chocs [4].

Une observation au microscope avant et après électropolissage montre que le procédé produit des surfaces métalliques propres. Photo : Poligrat, Munich (D)



² Il n'y a pas de risque pour la sécurité, moyennant un contrôle du procédé, des modes opératoires adaptés et l'intervention d'entreprises compétentes qui veilleront à l'utilisation de systèmes de ventilation efficaces pendant le traitement. Elles devront également appliquer des méthodes approuvées et sûres pour l'élimination des déchets, notamment de l'acide usé.

3 Le processus

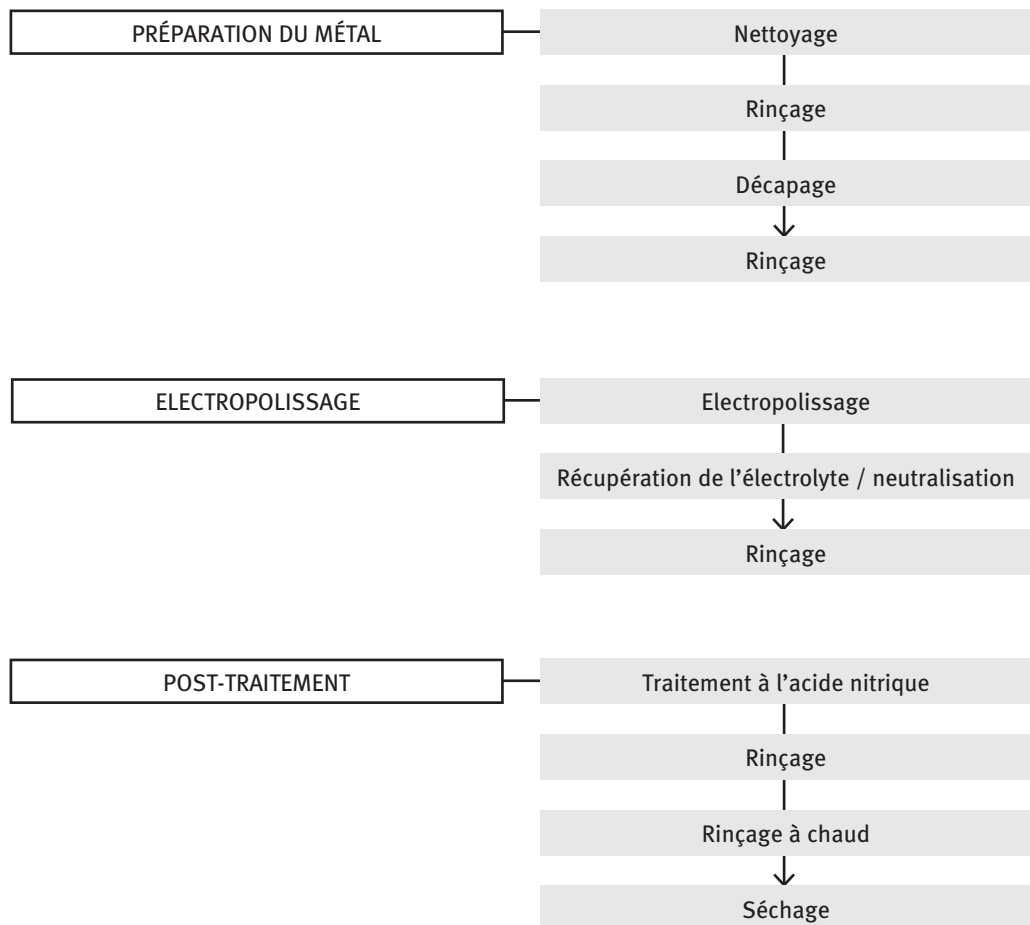
Pour obtenir des finitions électropolies de grande qualité avec la plupart des aciers inoxydables, trois grandes étapes sont nécessaires [5] :

- Préparation du métal : élimination des traces d'huiles, de graisses, d'oxydes et autres contaminants qui nuiraient à l'uniformité de l'électropolissage
- Electropolissage : planage, brillantage et/ou ébavurage du métal

- Post-traitement : élimination de l'électrolyte résiduel et des sous-produits de la réaction d'électropolissage et séchage du métal pour éviter les taches

Chacune de ces trois grandes opérations peut impliquer plusieurs passages en cuve pour obtenir le résultat attendu.

Le schéma ci-après montre le déroulement typique des opérations :



3.1 Préparation du métal

La préparation du métal comporte deux phases : le nettoyage / dégraissage alcalin ou avec un solvant, suivi d'un passage dans un bain acide en cas de présence d'oxydes thermiques (soudure).

L'objectif de ce nettoyage est d'éliminer les traces d'huile et de graisse ainsi que les traces de doigts et autres contaminations qui subsistent sur les pièces après leur fabrication. Les contaminants qui resteraient présents à la surface des pièces pendant l'électropolissage peuvent en effet réduire la qualité de la finition, un enjeu particulièrement crucial pour certaines applications, dans le domaine médical en particulier, pour les produits pharmaceutiques ou semi-conducteurs. Une fois le nettoyage achevé, on veillera à éviter tout contact inutile – manuel ou avec du matériel –, la propreté devant être considérée comme l'un des principes cardinaux de toute opération de finition. Un nettoyage inadapté, voire contre-indiqué, est une cause courante de rejet des pièces.

La cuve de rinçage a deux fonctions primaires : éliminer, par dilution, les résidus des substances chimiques provenant de l'opération amont et faire barrière pour éviter que ceux-ci ne soient entraînés à l'aval.

Le décapage acide enlève la légère oxydation provenant de procédés tels que l'usinage et élimine le film alcalin laissé par le nettoyage.

Les principes d'intervention pour le rinçage qui suit le décapage acide sont, pour l'essentiel, les mêmes que pour le rinçage des produits de nettoyage alcalins. La principale différence réside dans le fait que les solutions acides sont généralement beaucoup plus faciles à éliminer par rinçage que les résidus alcalins, ce qui permet des débits et des temps de rinçage inférieurs.

3.2 Electropolissage

Lors de l'électropolissage, le métal de l'anode est dissous et passe dans la solution pour former un sel soluble du métal. Tous les constituants de l'acier inoxydable – fer, chrome et nickel – subissent cette réaction simultanément, entraînant un planage contrôlé de la surface. Plusieurs réactions secondaires accompagnent cette dissolution et les sous-produits correspondants doivent être contrôlés pour atteindre une qualité d'électropolissage maximale.

L'électrolyte utilisé est typiquement un mélange à volume égal d'acide sulfurique à 96 % et d'acide phosphorique à 85 % (% massiques). Les conditions d'opération sont les suivantes :

*Les spécialistes de l'électropolissage veillent au respect des exigences en matière de santé et de sécurité.
Photo : Anopol, Birmingham (UK)*



- densité de courant : 5 A/dm² à 25 A/dm²
- température : 40 °C à 75 °C
- durée : 2 à 20 min
- cathodes : inox, cuivre, plomb

La solution d'électropolissage est récupérée à l'aval dans une cuve spécifique. Les électrolytes utilisés pour l'acier inoxydable nécessitent habituellement une neutralisation avec de la soude caustique (hydroxyde de sodium, lait de chaux) et produisent des volumes relativement importants de précipités. Les entreprises spécialisées dans l'électropolissage veillent, dans tous les cas, au respect des normes environnementales ainsi qu'aux normes d'hygiène et de sécurité.

Pour le rinçage, il faut tenir compte du fait que les solutions d'électropolissage sont visqueuses et ne se mélangent pas facilement avec l'eau. On évitera également de laisser les solutions sécher sur les pièces car l'acide résiduel provoquerait l'apparition de taches ou l'attaque du métal au cours du stockage des pièces. C'est pourquoi les rinçages à chaud effectués dans le but de sécher les pièces ne doivent être pratiqués qu'après un rinçage soigné et l'élimination de tout résidu d'électrolyte.

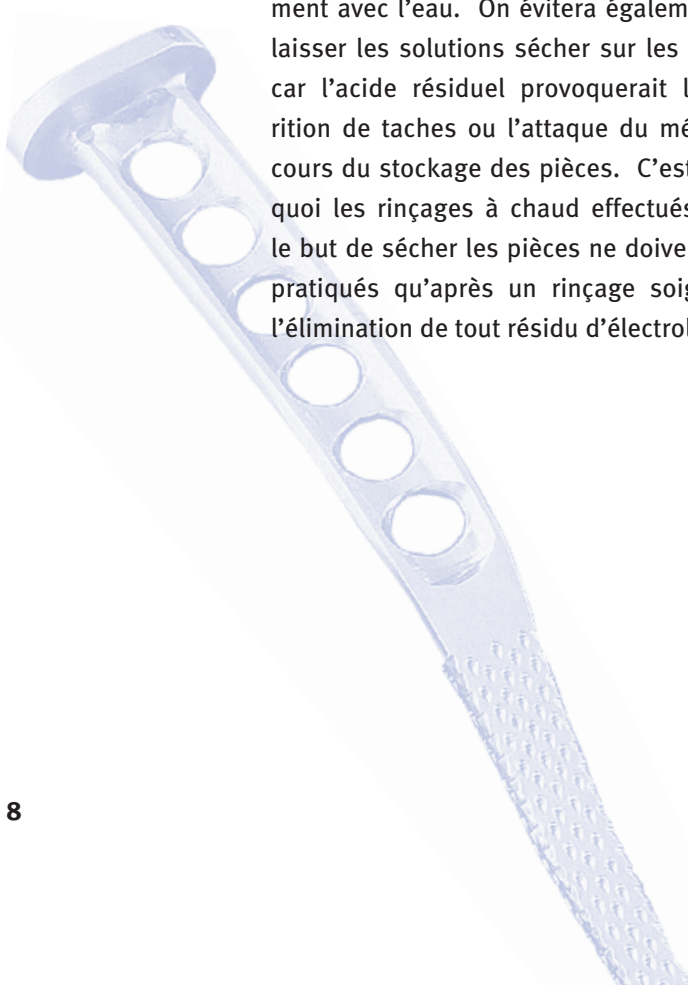
3.3 Post-traitement

Le post-traitement à l'acide nitrique a pour but de dissoudre le film de produits chimiques secondaires qui accompagnent les réactions électrochimiques. Ces sous-produits, principalement des phosphates et des sulfates de métaux lourds, sont difficiles à éliminer par un simple rinçage à l'eau. Or, une élimination soignée est cruciale pour assurer que la surface reste homogène et conserve ses propriétés de résistance à la corrosion et ses performances en matière d'hygiène pendant le stockage et l'utilisation ultérieurs.

Les résidus de solutions d'acide nitrique peuvent être éliminés à l'eau froide, leur solubilité dans l'eau étant supérieure à celle des résidus alcalins.

Il ne doit subsister aucune trace de substances chimiques sur les composants lorsqu'ils pénètrent dans le bain d'eau chaude, au risque, sinon, de contaminer l'eau progressivement. Le rinçage à l'eau chaude a aussi pour but d'accroître suffisamment la température du métal pour provoquer un séchage flash des pièces avant leur décrochage.

Selon le type de pièces, le séchage complet pourra ne pas être atteint à l'issue de ce rinçage. Le recours à des centrifugeuses, des étuves ou d'autres postes de séchage peut alors être nécessaire pour provoquer une évaporation rapide de l'humidité résiduelle et éviter l'apparition de taches.



4 Comparaison avec les autres techniques de traitement de surface

Bien que l'électrodéposition, le polissage mécanique ou l'électropolissage produisent des surfaces d'aspect relativement comparable, les domaines d'application de ces techniques diffèrent fondamentalement.

4.1 Polissage mécanique

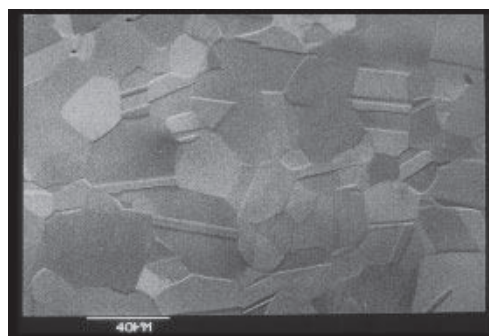
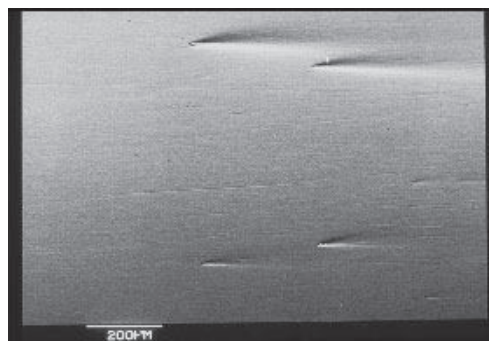
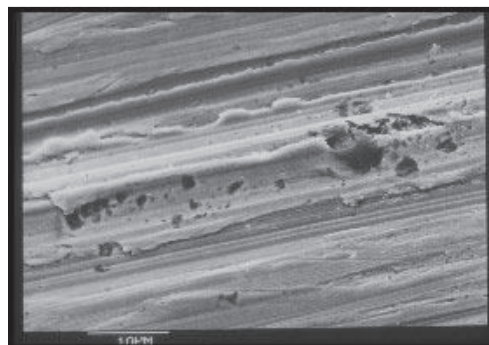
Le polissage mécanique et l'avivage de l'acier inoxydable s'emploient typiquement pour les biens de consommation ou les éléments architecturaux et décoratifs, lorsqu'il s'agit de séduire avec des surfaces brillantes, de type miroir. Les opérations de polissage mécanique sont aisées à réaliser, en atelier comme sur chantier³, de même qu'en cas de réparation.

Toutefois, elles peuvent induire des contraintes dans la couche superficielle du métal, entraînant dans certains cas une dégradation des propriétés métallurgiques de celle-ci et une moins bonne aptitude à résister à des environnements particulièrement sévères. Un traitement mécanique peut aussi être coûteux en main d'œuvre.

Le polissage mécanique s'accompagne de rayures microscopiques et de déformations. Il se caractérise aussi par la présence de particules métalliques et l'inclusion d'abrasifs. Au contraire, une surface électropolie est dépourvue de tout cela. Elle révèle la structure cristalline d'origine du métal sans la distorsion provoquée par l'écroutissage qui accompagne toujours les finitions mécaniques.

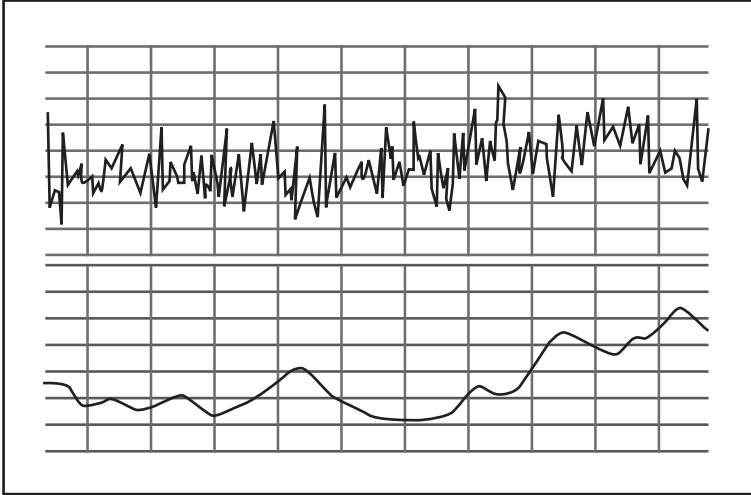
Souvent, la différence entre une pièce électropolie et une pièce polie mécaniquement

n'apparaît pas à l'oeil nu, en particulier si les deux sont polies à la même rugosité. Les avantages de l'électropolissage deviennent visibles lorsque la surface est observée avec un grossissement important : à l'inverse de l'électropolissage, les procédés utilisant des abrasifs, de même que les procédés d'usinage ou de brunissage, provoquent toujours une distorsion à la surface du métal, quelle que soit l'importance de l'intervention.



Surface en acier inoxydable : meulage (haut), polissage mécanique (centre), électropolissage (bas)
Photos : Poligrat, Munich (D)

³ cf. VAN HECKE, Benoît, La Finition Mécanique des Surfaces Décoratives en Acier Inoxydable, Luxembourg : Euro Inox, 2^e édition 2006 (Série Matériaux et Applications, Vol. 6) – http://www.euro-inox.org/pdf/map/MechanicalFinishing_FR.pdf



Rugosité superficielle de l'acier inoxydable poli mécaniquement, grain 400 et grain 120. Au-dessous : acier inoxydable électropoli. Les deux surfaces présentent des R_a identiques. Photo : Poligrat, Munich (D)

Les différences sont bien plus que simplement topographiques. Les modifications des propriétés des matériaux associées à l'écrouissage pénètrent largement au-dessous de la surface, à l'intérieur du matériau, avec une augmentation locale de la résistance mécanique. Des abrasifs peuvent également s'incruster en surface.

Une surface lisse et sans défaut peut être obtenue par électropolissage en choisissant la densité de courant et la température optimales ainsi qu'une configuration du bain appropriée. Le procédé est techniquement supérieur au polissage mécanique à la fois parce qu'il ne contamine pas la surface avec des matières étrangères et parce que la surface obtenue par électropolissage est passive et résistante à la corrosion [6].

L'électropolissage peut également être utilisé pour des pièces de forme complexe.
Photo : Packo Surface Treatment, Diksmuide, (B)

4.2 Electrodeposition

Des finitions hautement réfléchissantes peuvent aussi être obtenues par électrodeposition, en appliquant du nickel et/ou du chrome sur d'autres matériaux, par exemple de l'acier au carbone. Mais ces couches métalliques rapportées sont rarement exemptes de défauts au niveau microscopique. En outre, elles peuvent s'user ou s'écailler et mettre le métal de base à nu, celui-ci risquant ensuite de se corroder [3]. C'est pourquoi le chromage de l'acier au carbone, par exemple, ne constitue habituellement pas une alternative valable à l'acier inoxydable électropoli.

L'électrodeposition est utilisée sur l'acier inoxydable pour les accessoires automobiles, par exemple, de manière à obtenir un fini glacé. Une fine couche de chrome (« chromage flash ») donne à l'inox le même aspect que celui des pièces chromées en acier au carbone, sans rien ajouter toutefois à la résistance à la corrosion de l'inox.



5 La spécification des finitions électropolies

De nombreuses industries optent de préférence pour l'électropolissage comme traitement de finition, et ce pour une grande variété de métaux. Les raisons sont multiples : parce que l'électropolissage améliore les surfaces, leur donne des propriétés antiadhésives, antiparticules, anticontaminantes, ou simplement pour des raisons esthétiques. Si l'objectif est d'ordre esthétique, la haute qualité de l'électropolissage peut habituellement être jugée par une simple inspection visuelle. Lorsque le degré de finition requis est maximal et qu'il est impératif de documenter l'état de surface pour une évaluation future, une observation au microscope devient alors nécessaire.

Un œil non exercé ne verra aucune différence entre une surface avivée (finition super miroir n° 8, par exemple) et une surface électropolie, et les mesures au profilomètre (R_a ou RMS^4) pourront être identiques. Mais les photomicrographies des deux surfaces montreront une différence substantielle : la surface électropolie sera parfaitement nette, tandis que la surface avivée fera apparaître des rayures microscopiques et des inclusions d'abrasifs et d'agents de polissage.

Les mesures de rugosité n'ont pas de réelle conséquence quant à la nettoyabilité des

surfaces électropolies, leurs propriétés antiadhésives ou leur propension à générer des particules ou à libérer des contaminants [1]. L'aspect requis, brillant ou mat par exemple, doit être précisé. Sauf indication contraire, on retient normalement une finition brillante. Une autre possibilité consiste à demander au client de fournir ou d'approuver des échantillons avec la finition ou la gamme de finitions souhaitées. Le cas échéant, on peut, avant l'électropolissage, soumettre le matériau de base à un polissage mécanique et un avivage afin d'atteindre les caractéristiques de surface désirées [7].

Lorsque cela est spécifié, la surface principale à aplanir et à passiver par électropolissage doit être exempte de défauts (piqûres, rugosité, stries ou colorations, etc.) clairement visibles à l'œil nu d'une distance de 0,5 m environ [8].

Note : On notera que les défauts de la surface du matériau de base tels que les rayures, porosité ou inclusions peuvent affecter négativement l'aspect et les performances de la pièce.

Les nuances d'acier inoxydable stabilisé telles que 1.4541 ou 1.4571 ne sont pas utilisées pour l'électropolissage.

⁴ R_a = rugosité arithmétique, c'est-à-dire la moyenne arithmétique des valeurs de rugosité mesurées sur une longueur de base.
RMS = rugosité quadratique moyenne (Root Mean Square).

Informations à fournir à l'entreprise d'électropolissage

- Numéro de la norme relative à l'électropolissage [8], numéro de l'alliage ainsi que la (les) méthode(s) à employer pour l'évaluation de la pièce.
- Aspect souhaité ou échantillon fourni/approuvé par le client, montrant la finition recherchée.
- Parties de la pièce où le contact électrique est admissible.
- Tolérances dimensionnelles à préciser dans le document de commande⁵, le cas échéant.
- Prescriptions concernant les essais de passivation⁶.
- Prescriptions relatives à la fourniture du rapport d'essai.

6 Applications emblématiques

Tuyauteries et canalisations

Au cours de ces dernières années, l'électropolissage s'est avéré être la finition idéale pour les tuyauteries et canalisations, tant pour leur surface intérieure qu'extérieure. L'électropolissage est nécessaire chaque fois que l'on doit disposer de surfaces qui

ne génèrent pas de particules, ne constituent pas de source de contaminants et sont anti-salissures. Les tuyaux bénéficient en outre du frottement minimal et de la pureté maximale qu'entraîne l'électropolissage. Les principales bénéficiaires de cette application sont les industries pétrochimique, nucléaire, pharmaceutique, agroalimentaire, ainsi que l'industrie des semi-conducteurs.



Les prothèses et les instruments chirurgicaux étant en contact avec des liquides organiques corrosifs, ils sont électropolis pour obtenir une résistance anticorrosion optimale.

Photo : Anopol, Birmingham (GB)

Applications médicales

Le domaine médical tire grand bénéfice, depuis de nombreuses années déjà, de l'électropolissage. Le matériel médical et chirurgical (scalpels, clamps, scies, implants coronariens, implants articulaires, broches, prothèses, etc.) doit être électropoli pour faciliter le nettoyage et garantir un faible niveau de contamination. Les éléments métalliques exposés aux rayonne-

⁵ Normalement, l'électropolissage enlève 5 à 10 µm de métal à la surface. Mais il est possible de retirer des épaisseurs plus importantes, jusqu'à 50 µm, pour obtenir une surface encore plus lisse. Des quantités de métal supérieures seront retirées aux angles et dans les coins (zones de densité de courant élevée), à moins d'utiliser des écrans et/ou des cathodes auxiliaires.

⁶ Pour plus d'information, voir les normes ISO 15730 ou ASTM B 912.

ments et nécessitant une décontamination régulière constituent aussi des candidats de choix pour l'électropolissage.

Production de semi-conducteurs

Les salles propres pour la production de semi-conducteurs nécessitent des surfaces qui ne génèrent pas de particules et ne constituent pas une source de contaminants. L'électropolissage est, par conséquent, la finition parfaite pour les différents éléments métalliques des salles propres : tables, chaises, consoles de fixation, réseaux de distribution de gaz et autres fluides, poubelles, luminaires, gaines électriques et boîtiers de prises apparents, enceintes à vide et équipements de production.

Procédés pharmaceutiques

Comme les fabricants de semi-conducteurs, les entreprises pharmaceutiques insistent sur la nécessité de surfaces métalliques



d'une propreté absolue. Aujourd'hui, l'intérieur des malaxeurs pour l'industrie pharmaceutique, les systèmes de dosage à sec, les filtres, les crépines, les récipients, les séchoirs, les hachoirs, les serpentins de refroidissement, les échangeurs de chaleur à plaque et autres équipements importants sont tous électropolis : il s'agit d'une solution parfaite aux problèmes de contamination microbologique ou autre.

Les propriétés antiadhésives sont une exigence fondamentale pour les dispositifs de dosage utilisés dans l'industrie pharmaceutique.

Photo : Centro Inox, Milan / Delmet, Gorgonzola (I).

Prospection énergétique

L'industrie de la prospection énergétique constitue un nouveau client pour l'électro-



Les cuves utilisées dans l'industrie pharmaceutique sont électropolies afin de satisfaire à des exigences extrêmement sévères en matière d'hygiène.

Photo : Centro Inox, Milan, Italie

polissage. Une gamme croissante de matériels fond de trou est électropolie, principalement pour assurer une super-passivation vis-à-vis des gaz acides. De nombreux composants de plates-formes off-shore, les tuyauteries, pompes, vannes, condenseurs et puits thermométriques sont également électropolis ; il s'agit là de les protéger de l'action de l'eau de mer et des embruns.

gauche :

Vingt ans de service dans une station de métro ont confirmé qu'en termes d'entretien, le polissage mécanique suivi d'un électropolissage constituait une solution idéale.

Photo : Euro Inox, Bruxelles (B) / Rheinbahn AG, Düsseldorf (D)

droite :

L'électropolissage facilite grandement l'élimination des graffitis.

Photo : Packo Surface Treatment, Diksmuide (B)

Industrie agroalimentaire

L'électropolissage permet d'obtenir les surfaces lisses, faciles à nettoyer et esthétiques exigées par cette industrie, auxquelles s'ajoutent des qualités sanitaires et de non-contamination sans pareil ; il réduit l'oxydation et la contamination des éléments en acier inoxydable utilisés dans les équipements de cuisine, l'industrie laitière et l'agroalimentaire en général.

Globalement, l'électropolissage produit des surfaces parfaitement propres, offrant une résistance maximale à l'accumulation de salissures et de bactéries.

Traitement de l'eau

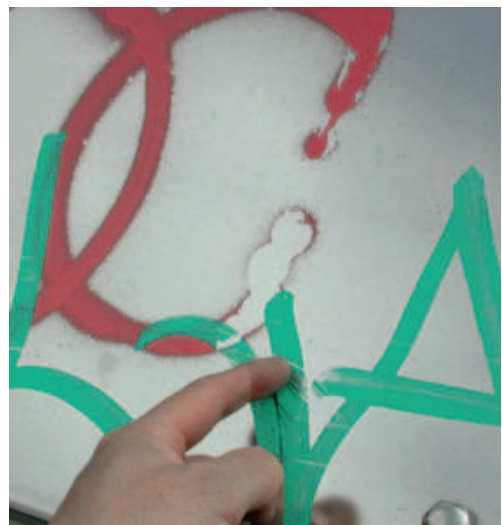
L'industrie du traitement de l'eau emploie l'électropolissage pour les pièces en acier inoxydable afin d'améliorer leur résistance à la corrosion et de réduire la contamination microbologique susceptible d'affecter les installations. Les composants couramment électropolis sont les filtres, les tamis, les crépines, les pompes, les vannes, les condenseurs et les tuyauteries.

Industrie papetière

Les tuyauteries dans lesquelles circulent la pâte à papier et les caisses de tête sont deux des nombreuses applications de l'électropolissage dans l'industrie papetière.

Espaces publics

L'électropolissage réduisant la microrugosité superficielle et limitant par conséquent de manière significative l'adhérence des salissures, il facilite l'enlèvement des graffitis des surfaces en inox.



7 Glossaire

activation

élimination de l'état passif d'une surface

apport par entraînement

liquide entraîné dans la solution par la pièce qu'on y plonge

attaque acide

dissolution non uniforme d'une partie de la surface d'un métal

avivage

bufflage

polissage d'une surface au moyen d'un disque rotatif flexible avec apport de fines particules d'abrasif en suspension dans un liquide, une pâte ou une graisse

NOTE : Une surface avivée ou bufflée est caractérisée par son état semi-brillant à brillant (miroir), sans rayures prononcées

brunissage

polissage d'une surface réalisé essentiellement par frottement et pression, sans enlèvement de la couche superficielle

calamine

oxydes adhérant à la surface, sur une épaisseur supérieure à celle de la couche passive

cathode auxiliaire

cathode placée de telle sorte qu'elle attire vers elle une partie du courant depuis des zones de la pièce qui recevraient sinon une densité de courant excessive

décapage chimique

élimination des oxydes ou autres composés d'une surface métallique par action chimique

dégagement gazeux

émission de gaz à l'électrode (aux électrodes) au cours de l'électrolyse

dégraissage

élimination des graisses ou des huiles présentes sur une surface

densité de courant

quotient de l'intensité de courant à la surface d'une électrode par l'aire de la surface considérée

NOTE : la densité de courant est souvent exprimée en ampères par décimètre carré (A/dm²)

ébavurage / ébarbage

élimination des arêtes vives et des bavures par voie mécanique, chimique ou électrochimique

électrodéposition

galvanoplastie

déposition par électrolyse, sur un substrat, d'un revêtement adhérent constitué d'un métal ou d'un alliage afin d'obtenir une surface présentant des propriétés ou des dimensions différentes de celles du métal de base

électropolissage

amélioration du poli et de la brillance d'une surface métallique prise comme anode dans une solution appropriée

finition

aspect du revêtement ou du métal de base (voir finition brillante)

finition brillante

finition caractérisée par une surface uniforme, polie, présentant un pouvoir de réflexion élevé

finition mate

finition uniforme, de texture fine, pratiquement sans réflexion spéculaire

Des pièces de grandes dimensions, tels les réacteurs de polymérisation, peuvent également être électropolies.

Photo : Poligrat, Munich (D)



montage

cadre servant à suspendre les pièces et à conduire le courant au cours de l'électropolissage ou du dépôt électrolytique

nettoyage

élimination des substances étrangères (oxydes, calamine, huile, etc.) d'une surface

› **nettoyage acide**

nettoyage au moyen de solutions acides

› **nettoyage alcalin**

nettoyage au moyen de solutions alcalines

› **nettoyage anodique**

nettoyage électrolytique dans lequel la pièce à nettoyer constitue l'anode de la cellule électrolytique

› **nettoyage électrolytique**

nettoyage dans lequel un courant électrique continu passe dans la solution, la pièce à nettoyer constituant l'une des électrodes

passivation

opération qui amène une surface métallique ou un revêtement électrodéposé à l'état passif

perte par entraînement

liquide entraîné hors de la solution par la pièce que l'on en retire

polissage

désignation usuelle du polissage mécanique, c.-à-d. enlèvement de matière à la surface d'une pièce au moyen d'abrasifs agglomérés ou collés sur un support rigide ou souple, la première étape consistant en un polissage à grain grossier

polissage mécanique

action de diminuer la rugosité d'une surface métallique sous l'effet de particules abrasives collées à la surface de disques ou de bandes sans fin tournant généralement à vitesse élevée

solution électrolytique

électrolyte

milieu conducteur, le plus souvent une solution aqueuse d'acides, de bases ou de sels dissous du métal à déposer, dans lequel le courant électrique s'accompagne d'un déplacement de matière

surface de mesure

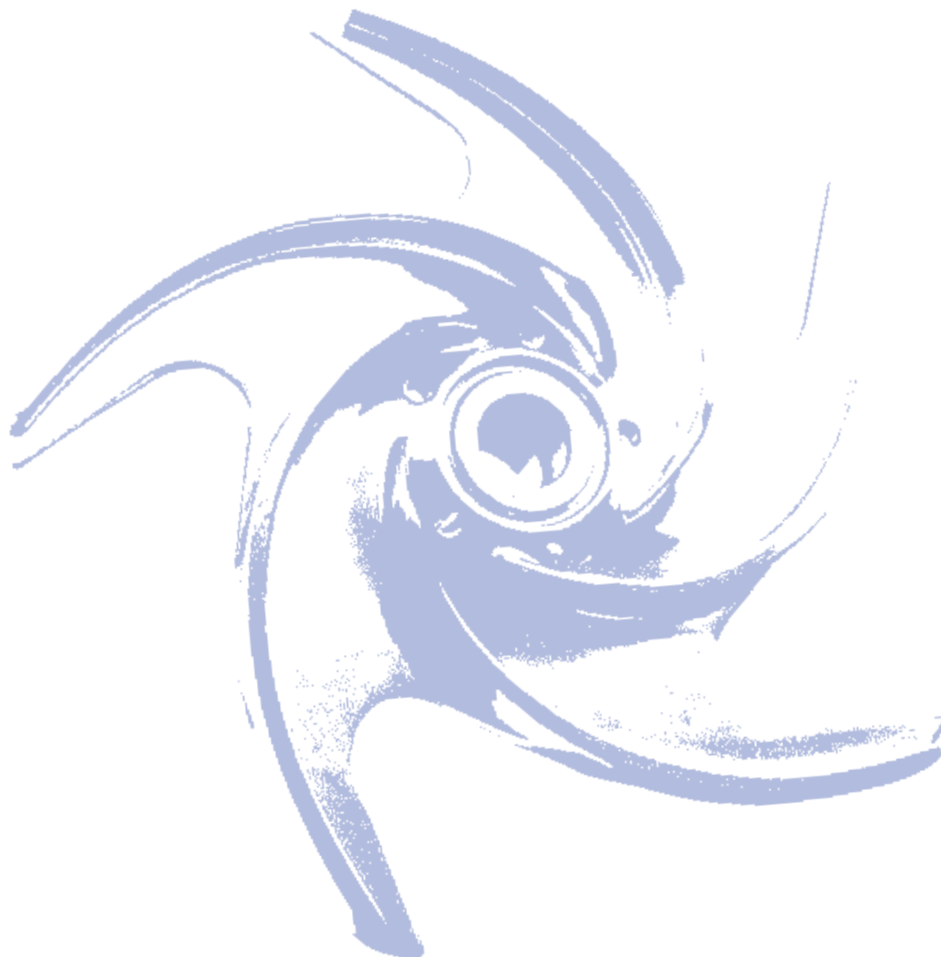
surface examinée pour évaluer la conformité à une ou plusieurs spécifications

traitement de surface

traitement visant à modifier les propriétés de surface

8 Bibliographie

- [1] www.delstar.com, *“Electropolishing, A User’s Guide to Applications, Quality Standards and Specifications”*, 2003
- [2] <http://www.kepcoinc.com/?page=serviceselectropolishing>, Kalamazoo Electropolishing Company, *“What is Electropolishing?”*
- [3] <http://www.abccorporate.com>, Allegheny Surface Technology, *“Electropolishing”*
- [4] http://www.ableelectropolishing.com/electropolishing_workbook.pdf, Able Electropolishing, *“Looking for Solutions to Metal Surface Problems?”*
- [5] http://www.electropolish.com/pubs/process_steps.pdf, *“The MCP System of Electropolishing, General Process Steps”*
- [6] MOHAN, S., KANAGARAJ, D., VIJAYALAKSHMI, S., RENGANATHAN, N. G., *“Electropolishing of Stainless Steel – a Review”*, Trans IMF 79, No.4, 2001
- [7] ASTM B 912-02 Standard Specification for Passivation of Stainless Steels Using Electropolishing
- [8] ISO 15730: 2000 Metallic and other inorganic coatings – Electropolishing as a means of smoothing and passivating stainless steel



ISBN 978-2-87997-313-5