

Fiche technique

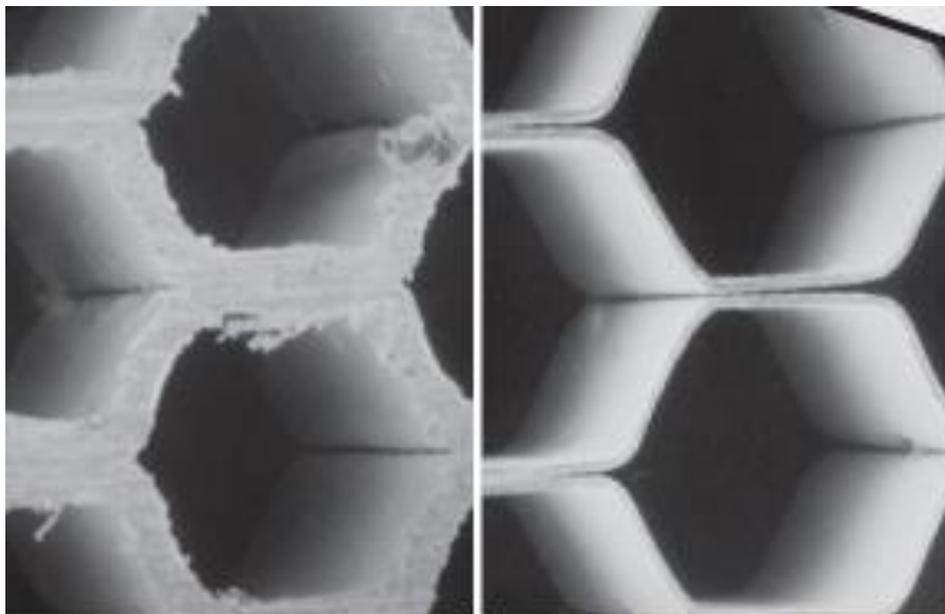
Electropolissage

Introduction :

L'électropolissage est une technique chimique de traitement de surface par action électrolytique consistant à retirer ion par ion le métal de la surface d'un objet métallique. 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'électro-polissage est également utilisé pour l'ébavurage, le brillantage et la passivation.

Le procédé met à nu une surface métalliquement propre et intacte. Il permet de s'affranchir des éventuels effets indésirables des traitements mécaniques – contraintes mécaniques et thermiques, inclusions 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'électro-polissage 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.



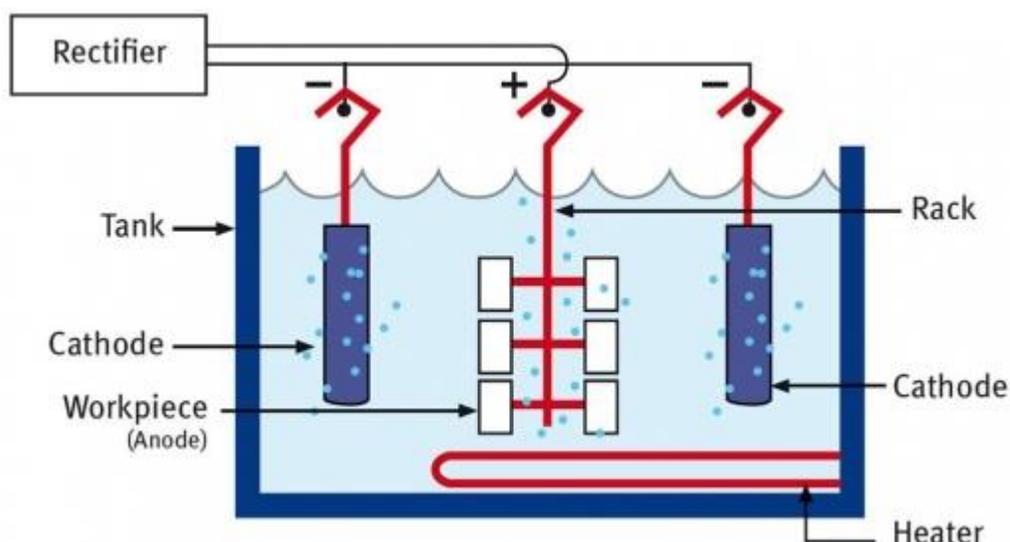
L'électropolissage constitue une méthode d'ébavurage efficace – y compris des pièces qui seraient difficiles à traiter mécaniquement.
Photo : Poligrat, Munich (D)

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 pièces alors que dans l'électro-polissage, 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. On y plonge une série de cathodes en 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.

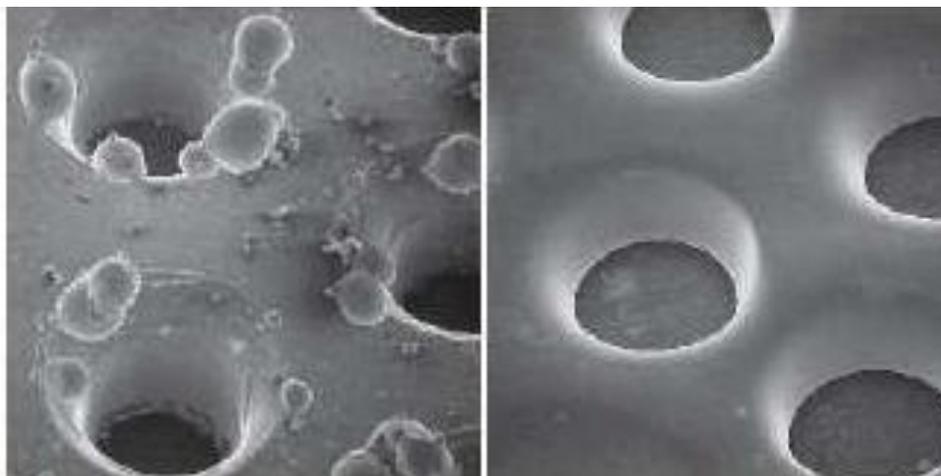
La ou les pièces sont donc connectées à l'anode tandis que la cathode est connectée à un conducteur approprié. Le circuit électrique est complété par un électrolyte dans lequel sont immergés les deux pôles. Le courant appliqué est un courant continu.



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.

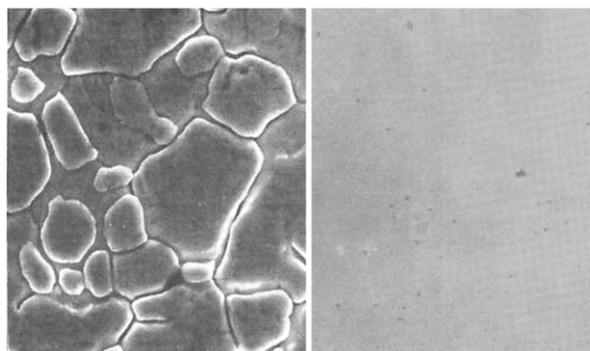
Les vitesses d'enlèvement des différents composants de l'alliage différent. Ceci a une incidence importante sur le résultat : les atomes de fer et de nickel sont plus faciles à extraire du réseau cristallin que les atomes de chrome. L'électropolissage enlève donc préférentiellement le nickel et le fer,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



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

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.

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 sécurité.



Vue microscopique inox fini 2B avant et après électropolissage

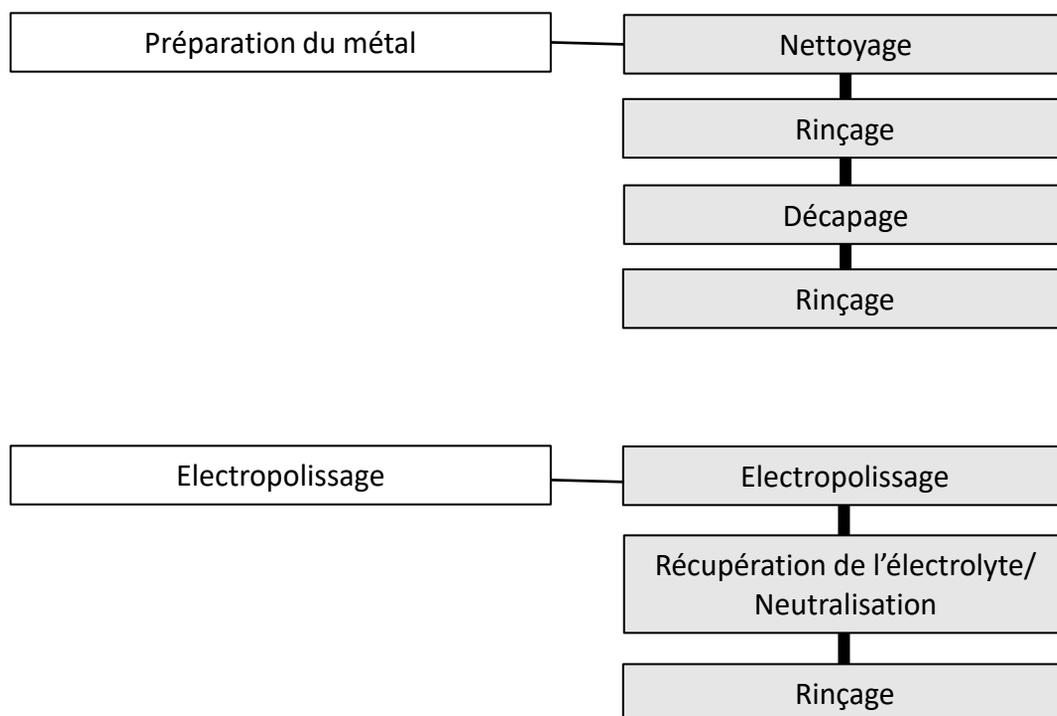
Le processus :

Pour obtenir des finitions électropolies de grande qualité avec la plupart des aciers inoxydables, trois grandes étapes sont nécessaires.

- *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 des 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 :



Préparation du métal :

La préparation du métal comporte deux phases : le nettoyage / dégraissage, 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 surfaces 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. Une 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.

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.



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 comparables, les domaines d'application de ces techniques diffèrent fondamentalement.

Polissage mécanique

Le polissage mécanique de l'acier inoxydable s'emploie 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 chantier, de même qu'en cas de réparation.

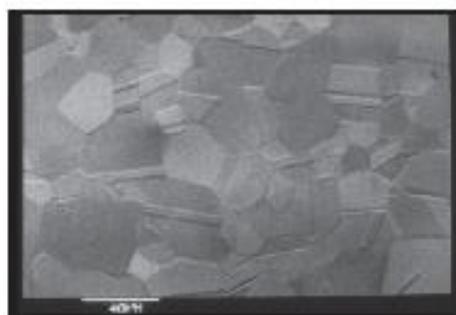
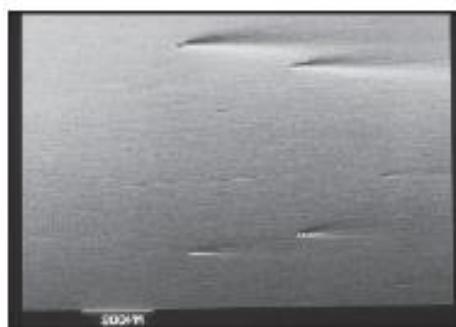
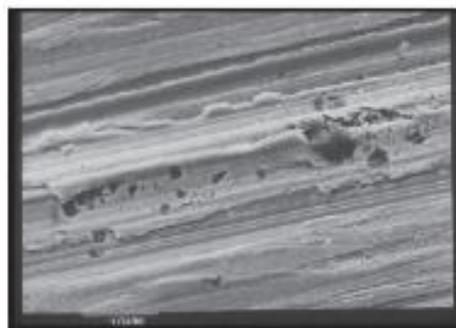
Toutefois, elles peuvent induire des contraintes dans la couche superficielle du métal, entraînant dans certains cas une dégradation des propriétés métallurgiques de celle-ci et une moins bonne aptitude à résister à des environnements particulièrement sévères. Un traitement mécanique peut aussi être 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'érouissage qui accompagne toujours les finitions mécaniques.

Souvent, la différence entre une pièce électropolie et une pièce polie mécaniquement n'apparaît pas à l'œil 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, provoquent toujours une distorsion à la surface du métal, quelle que soit l'importance de l'intervention.



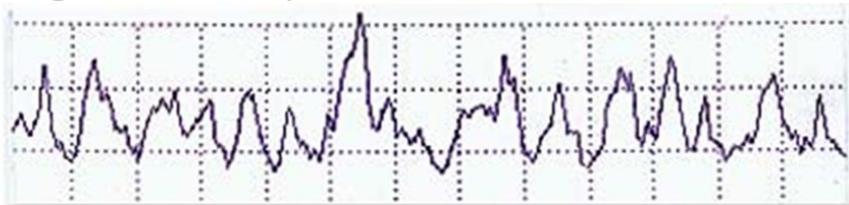
Surface en acier inoxydable: meulage (haut), polissage mécanique (centre), électropolissage (bas)
Photo : Poligrat, Munich (D)

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.

Polissage mécanique sur grain 240

Rugosité = $0,73 \mu\text{m}$



Electro-polissage sur grain 240

Rugosité = $0,33 \mu\text{m}$



Electrodéposition :

Des finitions hautement réfléchissantes peuvent aussi être obtenues par électrodéposition, 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. 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'électrodéposition 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.

La spécification des finitions électropolies :

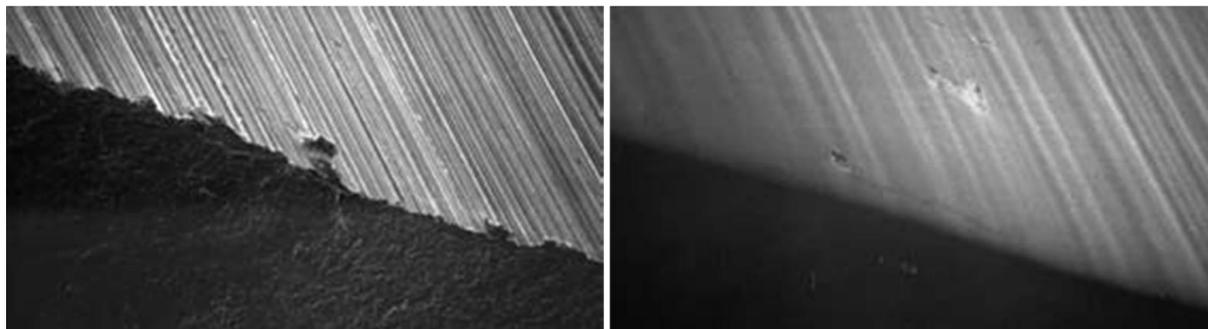
De nombreuses industries optent de préférence pour l'électropolissage comme traitement de finition, et ce pour une grande variété de métaux. Les raisons sont multiples : parce que l'électropolissage améliore les surfaces, leur donne des propriétés antiadhésives, antiparticules, anticontaminantes, ou 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 brossée et une surface électropolie, et les mesures au profilomètre (Ra ou RMS) pourront être identiques. Mais les photomicrographies des deux surfaces montreront une différence substantielle : la surface électropolie sera parfaitement nette, tandis que la surface brossée 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. 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 afin d'atteindre les caractéristiques de surface désirées.

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

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.



Source : électro-polissage des aciers inox ; euro-inox

Chimiderouil actif depuis de nombreuses années dans ce domaine est devenu un partenaire reconnu et apprécié par de nombreuses entreprises et a ainsi contribué à des projets importants tels qu'illustrés ci-dessous:

