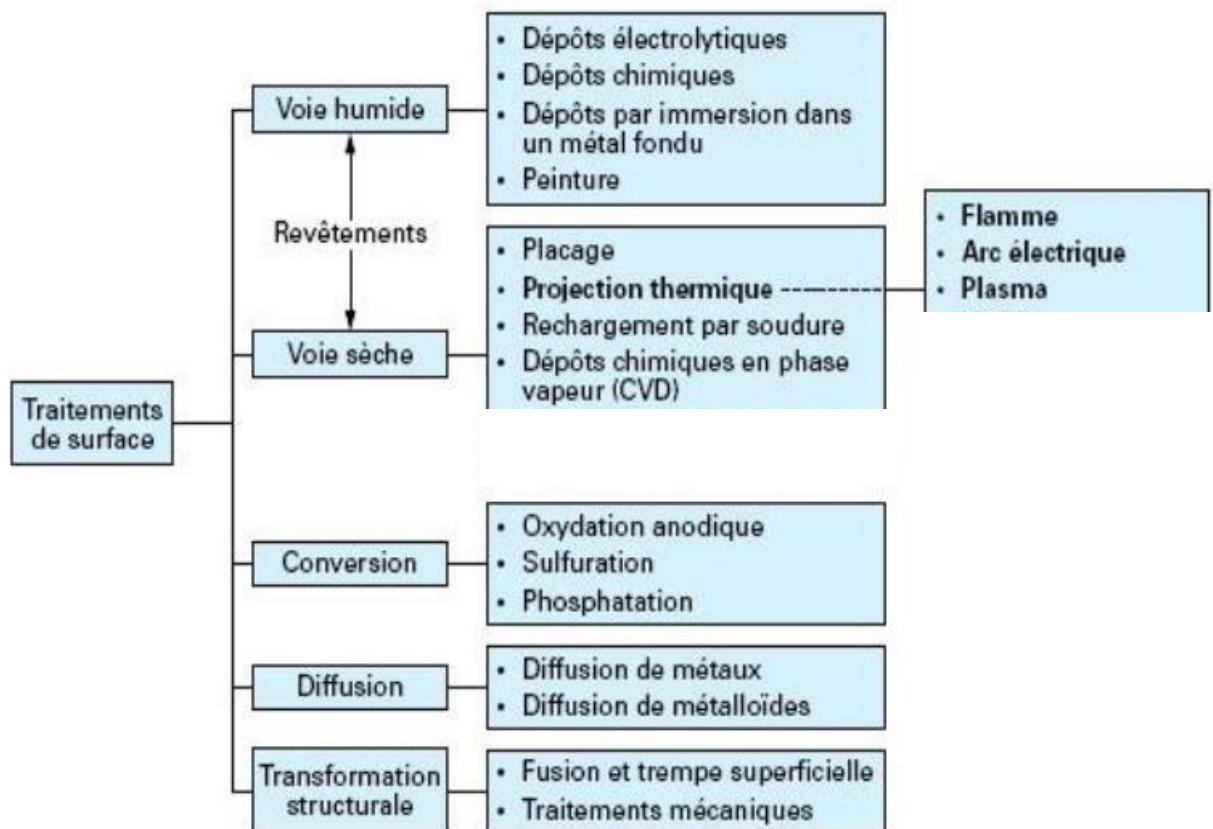


CHAPITRE 5

Différents types de rechargement.

Selon son utilisation, le rechargement peut être divisé en plusieurs types (**Figure 1**). On distingue les procédés de rechargement aux gaz, à l'arc, par faisceau d'électrons et par laser, qui sont ceux utilisés dans la très grande majorité des cas d'application industrielle.



Différents types de traitement de surface et rechargement

Le rechargement par soudage

Historiquement, le rechargement par soudage évoquait immédiatement la notion de réparation, par la suite, cette notion a été intégrée dans la conception afin de limiter les zones où le métal doit avoir des propriétés particulières (par exemple rechargement dur ou inoxydable) et utiliser des matériaux de moindre coût pour le reste de la construction. Le rechargement est une technique, selon la nature du substrat, métallurgique ou chimique qui consiste à revêtir une pièce ou une partie de pièce d'un matériau ayant les propriétés requises pour résister à une sollicitation connue et définie. En règle générale le rechargement est envisagé soit lors de la conception d'une pièce et/ou soit lors de sa maintenance, les technologies de rechargement permettent d'allonger de façon significative la durée de vie de pièces très fortement sollicitées en service.

Le rechargement par soudage à l'arc est une technique de revêtement destinée à augmenter la durée de vie et la performance des composants industriels, en préventif sur des pièces neuves, ou dans le cadre d'un programme de maintenance. De nombreuses industries ont adopté ce procédé en raison des économies significatives qu'il généré en réduisant les arrêts et les coûts de production. A chaque application correspond un fil fourré de rechargement spécifiquement développé ou adapté

En raison de leur grande facilité et flexibilité de mise en œuvre, les fils fourrés sont utilisés dans tous les environnements, en atelier, en chantiers sur site, en conception ou en réparation.

Un même alliage peut être déposé par différents procédés de soudage :

- Soudage sans gaz (O)
- Soudage avec gaz – MIG – MAG (G)
- Soudage avec arc submergé (S)
- Projection thermique

Les procédés les plus utilisés pour le rechargement dur sont

✓ *Soudage à l'électrode enrobée, SMAW*

Aussi connue comme *Manual Metal Arc Welding* (MMA)

- Couvre le plus grand nombre des métaux d'apport
- N'est pas onéreux
- C'est un procédé universel pour le travail sur chantier et pour toutes les positions

✓ *Soudage avec fil fourré, FCAW*

- La diversité d'alliage est à peu près la même que les électrodes enrobées
- Taux de dépôt élevé
- Peut être utilisé sur chantier (sans gaz)
- Pas de protection gazeuse nécessaire ou gaz spéciaux

Choisir le procédé de soudage.

L'acier inoxydable étant plus coûteux que l'acier ordinaire, il est important de choisir un procédé donnant les meilleurs résultats et évitant des défauts aussi fréquents que les soudures traversées (en particulier pour le soudage de profilés fins). Les lignes suivantes décrivent divers procédés recommandés pour le soudage d'acier inoxydable. Le choix du procédé dépend de la situation en question, de l'application prévue et de la disponibilité d'équipements.

Soudage manuel à l'arc métallique MMA (ASME : SMAW)

Le procédé MMA, utilisant des électrodes enrobées, est toujours le procédé de soudage le plus utilisé pour l'acier inoxydable. Le procédé convient à toutes les nuances soudables, en épaisseur de 1 mm et plus. Il n'y a pas, en principe, de limite supérieure d'épaisseur. Pour les métaux plus lourds, les procédés de soudage économiques sont souvent plus économiques. Bien que ces procédés jouissent d'une popularité croissante, le soudage manuel continue à représenter la majeure partie de toutes les opérations de soudage.

Facteurs à prendre en compte lors du choix d'une électrode.

L'électrode doit avoir la même composition de base que le métal de base. C'est ce qui donne à la soudure sa résistance optimale à la corrosion. Certaines exceptions sont néanmoins autorisées.

✓ Avantages et inconvénients

Le soudage SMAW s'exécute dans toutes les positions, permet une grande autonomie et l'équipement requis est peu dispendieux. Le coefficient de transmission thermique du procédé (c'est-à-dire la quantité de chaleur transmise à la pièce) varie entre 50 et 85 %. Comme la profondeur de pénétration de la soudure augmente en fonction de ce coefficient, le SMAW peut atteindre une bonne pénétration. Cependant, la chaleur au centre de l'arc est plus intense et cela peut causer une déformation angulaire.

✓ Applications

Le procédé de soudage SMAW est très populaire, entre autres dans certaines tâches spécialisées telles que, par exemple, des récipients et des tuyaux sous pression, des réservoirs de stockage, des ponts et des bâtiments ou des navires et des wagons. Il offre une bonne mobilité et la possibilité de souder à l'extérieur sans précaution particulière, notamment pour effectuer des réparations ou du travail sur un chantier.

Principaux facteurs influant sur le choix d'un métal d'apport

Facteur	Impact sur le choix d'un métal d'apport
Composition du métal de base	-On recherche un métal d'apport de même nature.
Dimensions de l'assemblage	-Pour les très gros assemblages, les taux de dépôt doivent être élevés.
Genre de courant disponible	-plusieurs électrodes sont conçues pour le courant continu.
Position du joint à souder	-En fonction de la fluidité du métal d'apport
Propriétés requises pour le cordon de soudure	-Absence de fusion d'hydrogéné (surtout pour l'acier) -On considère aussi le nombre de passes, le diamètre de l'électrode.

Effet de la Dilution

Les gaz de protection influent, notamment, sur les propriétés suivantes d'une soudure :

- la composition chimique ;
- les propriétés mécaniques ;
- le profil du cordon de soudure (pénétration et surépaisseur) ;
- la compacité ;
- le mouillage ;
- la présence ou l'absence d'oxydation de surface.

La caractéristique particulière liée au rechargement par soudage est la dilution, elle est le mélange inévitable entre le métal de base et le métal d'apport déposé pendant le soudage. On appelle taux de dilution le rapport entre la quantité du métal du substrat fondu et la quantité totale de métal formant le bain de fusion [L2/L1] (**Figure 2**), mesurée en pour cent sur la base d'une inspection visuelle. Il peut s'agir d'un rapport de volumes ou de la zone.

Le taux de dilution est non seulement fonction des paramètres de soudage, mais encore du procédé de soudage, on doit optimiser le procédé pour obtenir la plus faible dilution possible, par exemple, une Vitesse lente de soudage ou un apport d'énergie haut favorisent la forte dilution, par contre les passes étroite et le soudage par courant continu avec polarité (-) favorisent plus la faible dilution.



Figure 2 Schéma de la dilution

Rendement d'arc pour différents procédés

Procédés de soudage	Matériaux	Rendement de l'arc	
Automatique sous flux solide	Acières	0,9 à 0,99	
Soudage à l'arc avec électrodes enrobées	Acières	0,7 à 0,85	
MIG	Acières doux	0,65 à 0,85	
	Aluminium	0,70 à 0,85	
TIG	Courant alternatif	Acières doux	0,22 à 0,48
	Courant continu	Acières doux	0,36 à 0,46
	Courant alternatif	Aluminium	0,21 à 0,43

Sous-couches ou beurrage et reconstitution

Les sous-couches sont utilisées comme métal déposé intermédiaire entre le métal de base et le dépôt de rechargement dur final pour:

- atteindre une bonne liaison avec le métal de base
- éviter la fragilisation sous cordon par l'hydrogène (également avec des pièces préchauffées)
- diminuer les effets de tensions
- limiter l'effet de la dilution
- éviter la fragilisation des cordons durs suivants
- empêcher des criques possibles dans le rechargement dur et éviter la dilution dans le métal de base.

Pour les sous-couches, les métaux d'apport austénitiques sont largement utilisés.

Le type du métal d'apport pour la sous-couche dépend du métal de base et du type d'usure

REMARQUE

Si une trop grande quantité de métal de rechargement dur est déposée sur une base de métal mou, comme l'acier de construction, la passe en métal dur tend à s'enfoncer dans la surface lorsque la charge est forte, figure A. Il en résulte une fissure dans la passe dure. Pour éviter ce phénomène, déposez avant ce rechargement dur un métal résistant et tenace, figure B.



Figure A

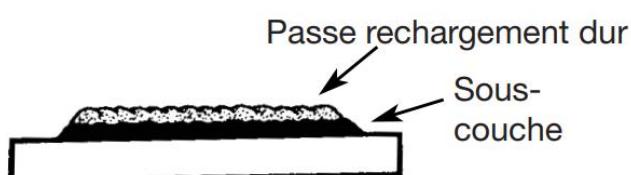


Figure B

Pour le rechargement avec des matériaux fragiles, comme les carbures de chrome ou les alliages au Co, on recommande une sous-couche avec 1 ou 2 passes d'un métal d'apport austénitique. On obtient des tensions de compression dans les cordons ultérieurs pendant le refroidissement ce qui réduit le risque de fissure dans le rechargement dur. Lors de nombreuses passes dures on constate des fissures apparentes, qui n'affectent pas le rechargement. On peut seulement craindre que les fissures se propagent dans le métal de base lors de la fatigue au choc ou pendant la flexion de la pièce, figure C. Cette tendance se rencontre surtout si le métal de base est un acier à résistance élevée. Dans ce cas, l'usage d'une sous-couche résistante évite la propagation des fissures, figure D.

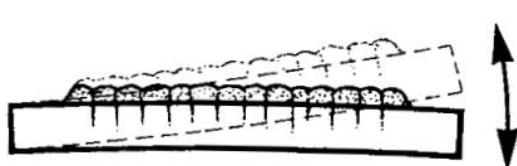


Figure C



Figure D

Autres techniques

Soudage explosif: la pression est fournie par une réaction chimique. L'explosion se propagera à travers la feuille en expulsant les impuretés et les oxydes qui restent entre les feuilles. Tôles de revêtement avec couche résistante à la corrosion

Techniques de pulvérisation

La pulvérisation est une technique de revêtement dans laquelle le matériau fondu/chauffé est pulvérisé sur une surface.

La pulvérisation à la flamme avec de la poudre repose sur la réaction de l'oxygène et d'un combustible de combustion qui génère de la chaleur. Le matériau à pulvériser est introduit dans la flamme sous forme de poudre.

Pulvérisation de fil à arc électrique (EAWS). La charge de revêtement est généralement composée de deux fils chargés électriquement (même matériau et polarité opposée). Lorsque les fils sont rapprochés, de la chaleur est générée en continu en faisant fondre la pointe des fils.