



CORROSION DES JOINTS SOUDÉS

ESWL © Conseil en corrosion pour les industries du pétrole, gaz, chimie, énergie, transport, nous vous apportons des prestations de conseil et d'assistance, une expertise complète en corrosion, la sélection des matériaux, la corrosion des joints soudés, interventions pour des expertises d'assurance ou judiciaire.

- **La Corrosion coûte des milliards d'euros tous les ans pour les managers industriels**, les dégâts de corrosion conduisent à une multitude de décisions relatives à la sécurité, les coûts de remplacement, les coûts de production perdue, le calendrier d'entretien et les systèmes de protection. Déterminer les mécanismes de corrosion dans les assemblages soudés **à partir de l'expertise des pièces**.
- **La réalisation de constructions soudées** implique un certain nombre de considérations, notamment, la corrosion des constructions soudées, la sélection des matériaux, les détails dans la conception.



Sélection des Matériaux

- **Le processus de sélection des matériaux**, examen approfondi du fonctionnement des équipements, revue de conception, sélection des matériaux les mieux adaptés.
- **Détails de conception pour minimiser la corrosion**, étude & conception en accord avec les conditions services, la sélection des matériaux, les détails de conception.

Facteurs influents sur la corrosion

- **Matériaux** - type, microstructure, défauts
- **Contraintes** - magnitude, statique / dynamique
- **Géométrie** - les concentrations de contraintes, la conception
- **Température** - la température de surface
- **Temps** - service ou propriétés de changements des matériaux
- **Environnement** - concentration, vitesse du fluide, l'usure, les phases, les dépôts.





La corrosion dans les constructions soudées

- **La conception** des pièces soudées,
- **Le processus de fabrication**, la pratique du soudage, les séquences de soudage,
- **La contamination par l'humidité**, les films d'oxydes, les laitiers de soudure, les projections
- **Les manques de pénétration** ou de fusion dans la soudure,
- **Les porosités**, fissures, des contraintes résiduelles élevées,
- **Un mauvais choix** du métal d'apport, la qualité de la finition de surface.

Facteurs Métallurgiques

- **Micro-ségrégation**, précipitation de phase secondaire, recristallisation et grossissement de grains dans de la zone affectée thermiquement par le soudage (ZAT).
- **La volatilisation** des éléments d'alliages pendant l'opération de soudage dans le bain de soudure en fusion, la contamination et la solidification du bain de fusion, la solidification de la soudure.



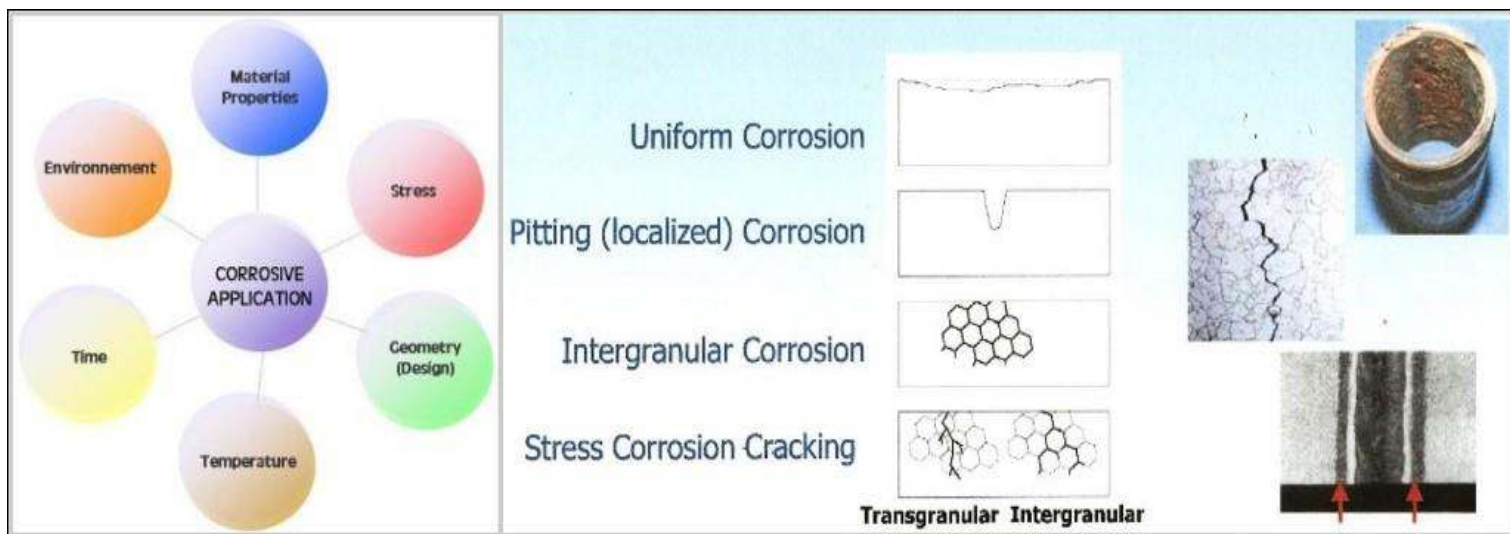
Introduction succincte à la corrosion

- **La corrosion des joints soudés** peut survenir en dépit du fait que le matériau ainsi que le métal d'apport approprié ont été sélectionnés, les codes et les normes de l'industrie respectées, la soudure réalisée avec un profil de joint soudé conforme, une soudure pénétrée en racine. **Il n'est pas rare de constater que**, malgré l'utilisation d'un métal de base forgé ou un alliage résistant à la corrosion dans un environnement particulier, la partie soudée ne résiste pas à la corrosion. Des soudures peuvent être réalisées avec ou sans ajout d'un métal d'apport.
- **Il existe également de nombreux cas** dans lesquels, la soudure présente une résistance à la corrosion supérieure à celle du métal de base non soudée. Il existe également des moments où la soudure se comporte de manière différente, affichant à la fois la résistance et la sensibilité à **l'attaque corrosive**.





- **Les facteurs métallurgiques**, le cycle de thermique, la montée en température et le refroidissement qui se produit pendant le processus de soudage peuvent affecter la microstructure et l'analyse chimique de la zone fondue ainsi que la zone thermiquement affectée. Par conséquent, la résistance à la corrosion des soudures réalisées peuvent être inférieures à celle du métal de base, à l'état normalisé ou traité thermiquement.
- **La résistance à la corrosion** peut habituellement être maintenue dans l'état soudé en équilibrant l'alliage pour inhiber les réactions de précipitation par fusion et les surfaces métalliques chaudes à partir des gaz réactifs dans le milieu de la soudure, en évitant les oxydes de chrome enrichi et de chrome appauvri, la décoloration des surfaces (chaleur/protection), en choisissant les paramètres de soudage approprié à la métallurgie des matériaux de base.
- **La microstructure de la zone soudée** présente une microstructure spéciale, dont les caractéristiques doivent être connues, afin de prédire une corrosion et durée de vie acceptable pour les structures soudées. Les régions hétérogènes de la zone soudée, le profil de concentration du chrome et du nickel à travers la zone fondue et la zone affectée thermiquement.



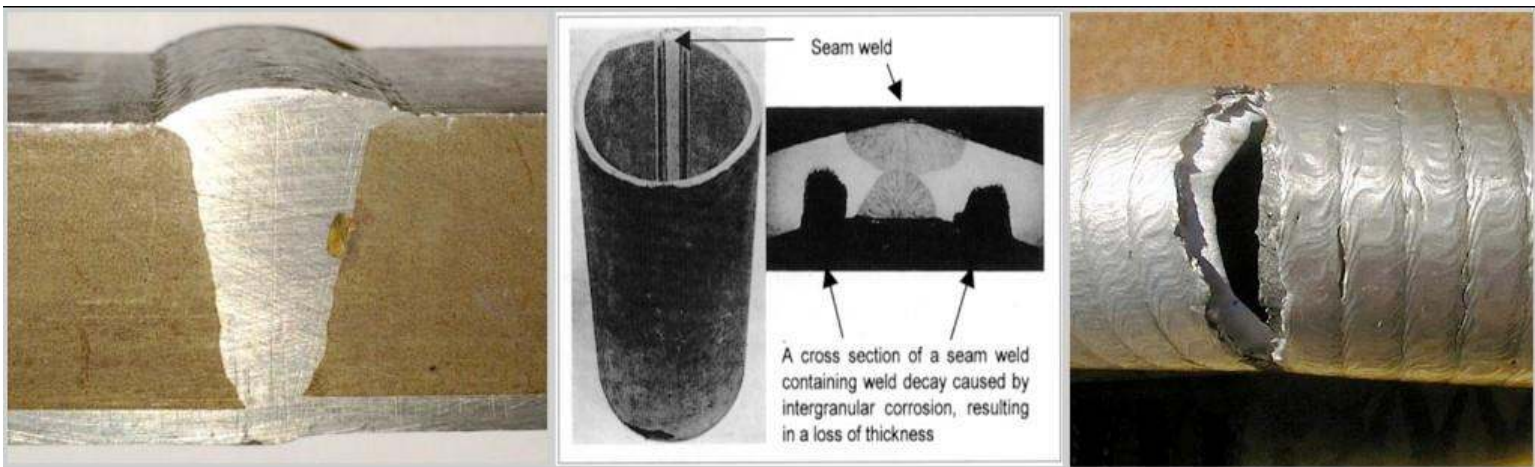
La corrosion en soudage

- **Le rôle de la composition chimique** et les variations de la structure microscopique du joint soudé, une caractéristique commune des soudures, en comparant la corrosion des pièces soudées à celle des matériaux élaborés. **Les joints soudés** possèdent intrinsèquement une composition et une hétérogénéité microstructurales.
- **Un joint soudé est constitué** d'une zone de transition avec le métal de base (ZAT) et la zone solidifiée (ZF) de la soudure et comprend des zones microstructurales distinctes, identifiées normalement en tant que zone de fusion, une zone partiellement fondue, la ZAT, et le métal de base non affecté thermiquement.





- **La différence** de composition de la zone fondue produit un couple galvanique, ce qui peut influencer la corrosion au voisinage de la soudure. Ces matériaux dissemblables peuvent produire de la corrosion galvanique macroscopique. **La zone de fusion**, elle-même offre une corrosion microscopique, effet galvanique en raison de ségrégation microstructurale résultant de la solidification.
- **La zone fondue** a une probabilité plus élevée d'être attaquée localement en raison de micro-ségrégation dans la structure dendritique, les métaux d'apport qui sont maintenant disponibles ont une meilleure résistance aux piqûres. Des informations sur les métaux d'apport peuvent être obtenues des fournisseurs de consommables. Cependant, même lorsqu'un métal d'apport adéquat est utilisé, des piqûres peuvent encore se produire.
- **La zone affectée thermiquement (ZAT)** est la zone du joint soudé qui a connu les pics de température suffisamment élevées pour produire à l'état solide des changements de microstructure, mais trop faible pour créer une fusion. Chaque position dans la (ZAT) par rapport à la ligne de fusion subit est unique, le cycle thermique lors du soudage, en termes de température maximale et vitesse de refroidissement.
- **Le métal de base**, enfin, cette partie de la pièce qui n'a pas subi de changement métallurgique, bien que métallurgiquement inchangé, le métal de base non affecté, ainsi que l'ensemble de joint soudé, est susceptible d'être dans un état de haute tension résiduelle transversal et de contrainte de retrait longitudinal, en fonction du degré de contrainte due au soudage.



Les formes de corrosion dans les joints soudés

- **Les joints soudés** peuvent être affectés de toutes les formes classiques de corrosion, mais ils sont particulièrement sensibles à ceux qui sont touchés par les variations de microstructure et de la composition. Plus précisément, corrosion galvanique, piqûres, la corrosion sous contrainte, la corrosion intergranulaire, la fissuration due à l'hydrogène, et les corrosions microbiologiques. Elles doivent être prises en compte lors de la conception des structures soudées.
- **Les couples galvaniques**, bien que certains alliages puissent être soudés sans apport de métal, les métaux d'apport sont plus communément utilisés. L'utilisation de métaux d'apport avec des compositions différentes du métal de base peut produire un potentiel électrochimique différent qui rend certaines régions du joint soudé plus vulnérable à la corrosion.





- **Il y a un certain nombre** d'autres combinaisons de dépôt de soudure et de métaux de base, qui sont connus pour former des couples galvaniques. Le comportement cathodique du dépôt de soudure austénitique peut augmenter la susceptibilité à la fissuration sous contraintes (SCC) dans la ZAT de l'acier à haute résistance. L'acier inoxydable austénitique et les matériaux ferritiques ont une différence de dilatation thermique de 40% environ, il peut se produire entre ces matériaux une zone de contrainte résiduelle importante dans le joint soudé.

Acier inoxydable austénitique

- **Pendant le soudage** des aciers inoxydables, des zones locales peuvent être sensibilisées à la corrosion. La sensibilisation est due à la formation de carbure de chrome le long des joints de grains, entraînant l'appauvrissement du chrome dans la région adjacente à la limite des grains.
- **Cet appauvrissement en chrome** produit des cellules galvaniques localisées. Si cette réduction de la teneur en chrome est inférieure à 12% (Cr), une valeur qui est nécessaire pour maintenir un film passif actif, la région deviendra sensible à la corrosion, ce qui peut entraîner **une attaque de corrosion intergranulaire**. Ce type de corrosion se produit le plus souvent dans la ZAT. La corrosion intergranulaire provoque une perte de métal dans une région qui est parallèle à la soudure.
- **La piqûre est une forme** d'attaque localisée causée par une rupture dans le film d'oxyde passif mince du matériau qui le protège de la corrosion. Les piqûres se produisent lorsque la combinaison matériaux / solution réalise un potentiel qui dépasse une valeur critique, connue sous le nom potentiel de piqûre. Elles se développent métallurgiquement plus facilement dans des matériaux hétérogènes. Par exemple, lorsque l'acier inoxydable austénitique est chauffé à une température où la sensibilisation a lieu, la zone appauvrie en chrome est soumise à des piqûres.

Rappel : La Corrosion coûte des milliards d'euros tous les ans aux managers industriels, les dégâts de corrosion conduisent à une multitude de décisions. Le processus de sélection des matériaux les mieux adaptés doit être approfondi en fonction des conditions de service des équipements. Les détails de la conception doivent être passés en revues pour minimiser la corrosion en accord avec les conditions services, la température, l'environnement, la pression....

