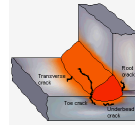


Défauts de soudage



mercredi 19 mai 2021

U4 ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION / COMPETENCES :

- C01. Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C03. Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C04. Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05. Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...).
- C06. Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

. BO ou Référentiel : **BTS IPM 2005**

SAVOIRS / Niveau 2 : Expression

S7.3 Procédés d'assemblage

- Principe physique associé au procédé.
- Principe des outillages.
- Limites et performances (matériaux, formes et précisions réalisables).
- Incidences sur le matériau et sur les procédés de transformation et de traitement ultérieurs éventuels.
- Notion sur les coûts.

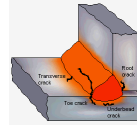
Des procédés suivants : vissage, boulonnage, rivetage, goupillage, clavetage, collage, frettage, sertissage, clinchage, soudage, brasage, surmoulage.

- **Enumérer les principaux défauts rencontrés en soudage**

Objectif Opérationnel

Document Professeur

Défauts de soudage



mercredi 19 mai 2021

- . **SITUATION** : Classe de Deuxième Année de BTS IPM
- . **PREREQUIS** : - Procédés de soudage
- . **DONNEES DU PROBLEME, CONDITIONS DE REALISATION** :
 - **DUREE** : 2 Heures
- . **TRAVAIL DEMANDE** :
 - Citer les défauts affectant les assemblages soudés métalliques

PLAN ET DEROULEMENT DE L'ACTIVITE :

- . **METHODE** :
 - **ACTIVITE** (de Groupe, d'Equipe, Individuelle) : - Cours
- . **MOYENS DIDACTIQUES** :
 - **DOCUMENTS** : - Poly Cours
 - **AUDIO-VISUELS** : - Vidéos / Diaporamas et Animations
 - **AUTRES** : - /
 - **BIBLIOGRAPHIE** : - Les référentiels DUNOD
 - **LIENS** : http://www.otua.org/publication_dossier-soudage-assemblage.htm
<http://www.cofrend.com/>
<http://www.soudeur.com/>
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Soudage>

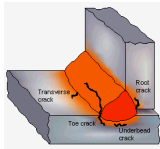
EVALUATION DE L'ACTIVITE :

☐

. *Evaluation Formative*

☐

. *Evaluation Sommative*



Défauts de soudage

Page 1/8

Le niveau de qualité auquel une construction soudée doit satisfaire est défini par un ou plusieurs documents contractuels (code, norme, spécification, cahier des charges...), le plus souvent imposés par le client dans le cadre d'un système qualité mis en place par le constructeur et dans lesquels sont incluses des opérations de contrôle.

Effectuées aux différents stades de la fabrication, ces opérations comprennent successivement :

Les contrôles avant soudage qui ont pour objet de vérifier que toutes les dispositions ont été prises pour que les travaux de soudage se déroulent de façon satisfaisante. C'est ainsi qu'au cours de cette phase préliminaire on s'assurera qu'il a été procédé à :

- La vérification des notes de calcul, des plans (plus particulièrement des préparations de soudures adoptées) et de la validité des modes opératoires de soudage à mettre en oeuvre ainsi que des séquences de soudage proposées,
- La réception des matériaux de base, la réception des matériaux d'apport, des flux...
- La qualification du ou des modes opératoires de soudage,
- La qualification des soudeurs.

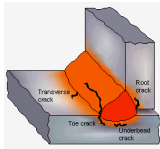
Les contrôles pendant soudage qui ont pour but de vérifier que les différentes phases de la construction et notamment les opérations de soudage se déroulent conformément à ce qui avait été prévu. Effectués en temps réel, ces contrôles se limitent en général à une surveillance de l'exécution de ces travaux.

Les contrôles après soudage qui jouent un rôle capital dans la qualité finale du produit car ils ont pour mission de vérifier qu'à l'issue de sa réalisation, ce dernier est en tous points conforme aux exigences des documents contractuels précités. C'est essentiellement au cours de cette phase des contrôles qu'il sera fait appel aux méthodes d'examen non destructives destinées à détecter les défauts qui peuvent avoir pris naissance dans les soudures.

1 Défauts affectant les assemblages soudés métalliques

Le soudage est une opération délicate qui associe des effets thermiques, chimiques et thermo-mécaniques. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que la continuité qu'une soudure est supposée assurer entre les éléments assemblés puisse être altérée par des défauts de nature et d'origine diverses. Ces défauts ont fait l'objet d'une classification et sont répartis en six groupes.

- Groupe 1 : Les fissures;
- Groupe 2 : Les cavités gazeuses;
- Groupe 3 : Les inclusions solides;
- Groupe 4 : Les manques de fusion;
- Groupe 5 : Les défauts de forme;
- Groupe 6 : Les défauts divers autres que ceux précédemment définis.

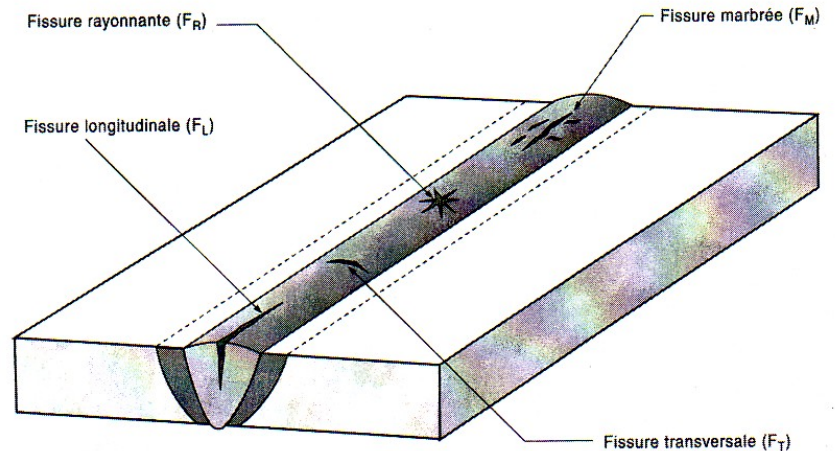


Défauts de soudage

Page 2/8

1.1 Les fissures

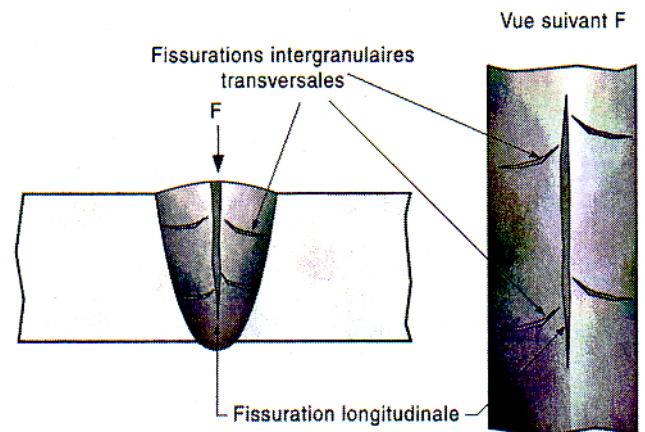
Ce sont des déchirures du métal qui apparaissent dans tous les cas sous l'effet de contraintes. Selon leur orientation par rapport à l'axe longitudinal de l'assemblage ou leur forme, on distingue les fissures longitudinales, les fissures transversales, les fissures rayonnantes et les fissures marbrées.



Elles peuvent être :

A chaud

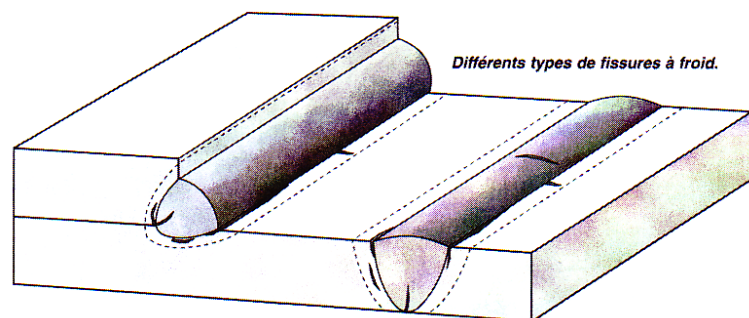
- les contraintes de retrait et de bridage qui s'exercent sur le métal fondu en cours de solidification et lui imposent des déformations plastiques;
- la structure du métal fondu qui peut, selon la vitesse de soudage, être de type basaltique et sensible à la fissuration à chaud;
- l'hétérogénéité chimique du métal fondu qui, lors du refroidissement, peut donner lieu à des ségrégations majeures ou mineures riches en impuretés présentant une très faible capacité de déformation.



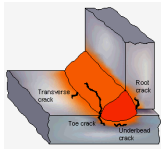
Aspect de la fissuration à chaud.

A froid

- les contraintes résiduelles de retrait et de bridage qui apparaissent lors du refroidissement du métal fondu;
- la présence d'un constituant de trempe (martensite) qui apparaît durant une transformation en phase solide à l'occasion d'un refroidissement rapide et lorsque la teneur en carbone du métal est élevée (aciers à haute limite d'élasticité);
- la présence d'hydrogène en solution dans le métal fondu provenant le plus souvent de la décomposition de la vapeur d'eau dans l'arc électrique et dont la solubilité décroît pendant le refroidissement en phase solide.



Différents types de fissures à froid.



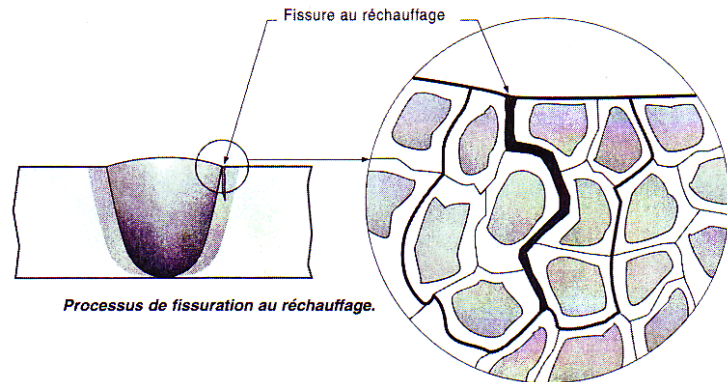
Défauts de soudage

Page 3/8

Au réchauffage

Elles peuvent apparaître lors d'un traitement thermique destiné à atténuer les effets des modifications métallurgiques locales dont le métal de base a été le siège lors du soudage. Ayant pour principal objet de relaxer les contraintes résiduelles par une plastification du métal à 600 °C, ce traitement thermique, pour être efficace, doit avoir une durée suffisante.

Malheureusement, en raison de son hétérogénéité structurale et des contraintes auquel il est soumis, le métal supporte parfois mal ce traitement et l'allongement plastique imposé risque de n'être obtenu qu'au prix d'une fissuration qualifiée de « fissuration au réchauffage »



Ces fissures s'amorcent généralement au raccordement des surépaisseurs des cordons de soudure où l'effet d'entaille engendre une concentration de contraintes. Elles se propagent ensuite le long des joints de grains de l'austénite mère qui, au refroidissement, avait donné naissance à de la martensite ou de la bainite.

D'arrachement lamellaire

Elles affectent parfois les soudures d'angle et sont le plus souvent localisées dans la zone thermiquement affectée de ces assemblages. Trois facteurs sont à l'origine de ces défauts

- les contraintes de retrait et de bridages qui s'exercent sur ces soudures;
- un métal fondu ayant une limite d'élasticité supérieure à la charge de rupture du métal de base dans la direction de son épaisseur;
- la présence d'inclusions déformables à chaud (sulfures de manganèse principalement) dans la tôle dont l'une des faces reçoit la soudure d'angle.

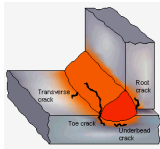
Sous l'action conjuguée des deux premiers facteurs, les inclusions allongées contenues dans la tôle se décollent de la matrice, puis par cisaillement ductile, une fissure se propage d'un plan d'inclusions à l'autre. Ces ruptures présentent un **aspect fibreux**.

1.2 Les cavités

Ce terme s'applique à deux types de défauts: les soufflures ou cavités gazeuses et les retassures.

1.2.1 Les soufflures

Ce sont des bulles de gaz ou de vapeur qui n'ont pu se dégager du métal fondu encore à l'état liquide et restent de ce fait emprisonnées dans la masse du métal déposé où elles sont réparties de façons diverses. Les gaz ou vapeurs qui sont à l'origine des soufflures proviennent principalement :



Défauts de soudage

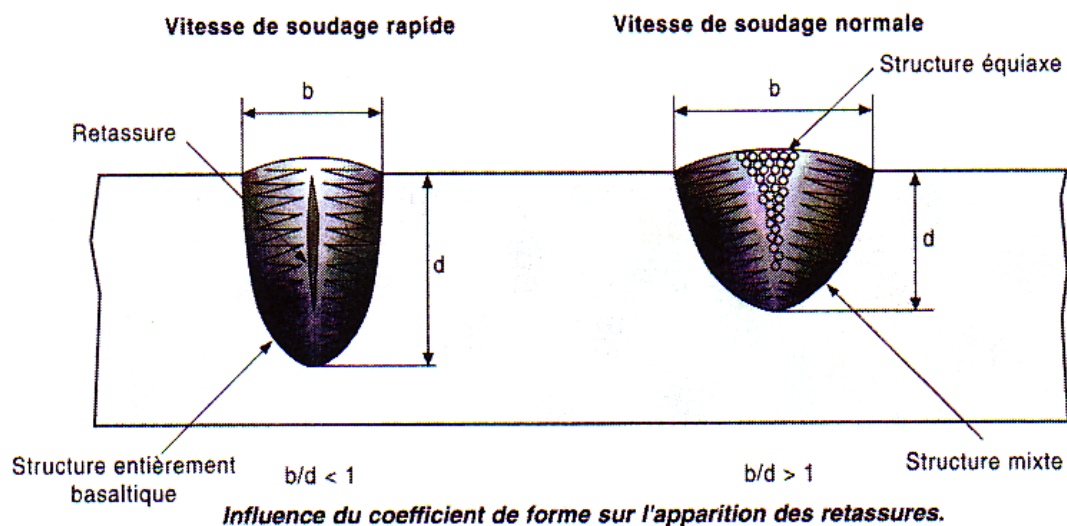
Page 4/8

- de l'humidité contenue dans les enrobages ou les flux non étuvés qui, sous l'effet de la très haute température de l'arc électrique, se décompose en oxygène et en hydrogène. En raison de la diminution de leur solubilité dans l'acier à basse température, ces gaz donnent naissance à des soufflures au refroidissement;
- de l'oxygène contenu dans un acier liquide insuffisamment calmé qui, par diminution de sa solubilité au refroidissement, se combine avec le fer pour donner de l'oxyde de fer FeO qui est alors réduit par le carbone contenu dans l'acier. Cette réaction s'accompagne d'un dégagement d'oxyde de carbone CO qui contribue à la formation de soufflures.

Selon la vitesse de propagation du front de solidification du métal fondu, les soufflures peuvent avoir une forme sphérique ou une forme allongée dite vermiculaire

1.2.2 Les retassures

Ce sont des cavités de formes diverses qui accompagnent généralement un phénomène de ségrégation majeure dans les soudures à forte pénétration quand le rapport de la largeur à la hauteur du bain de fusion est inférieur à 1

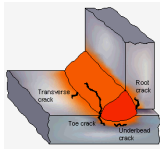


Lorsque la vitesse de solidification du métal fondu est inférieure à la vitesse de soudage, sa structure est de type basaltique avec une zone axiale qui demeure liquide plus longtemps et dont la solidification engendre une cavité centrale qui ressemble à une fissure à chaud.

1.3 Les inclusions solides

Les inclusions solides sont des corps étrangers emprisonnés dans la masse du métal fondu et qui comprennent :

- les inclusions de laitier ou de flux,
- les inclusions d'oxyde,
- les inclusions métalliques.



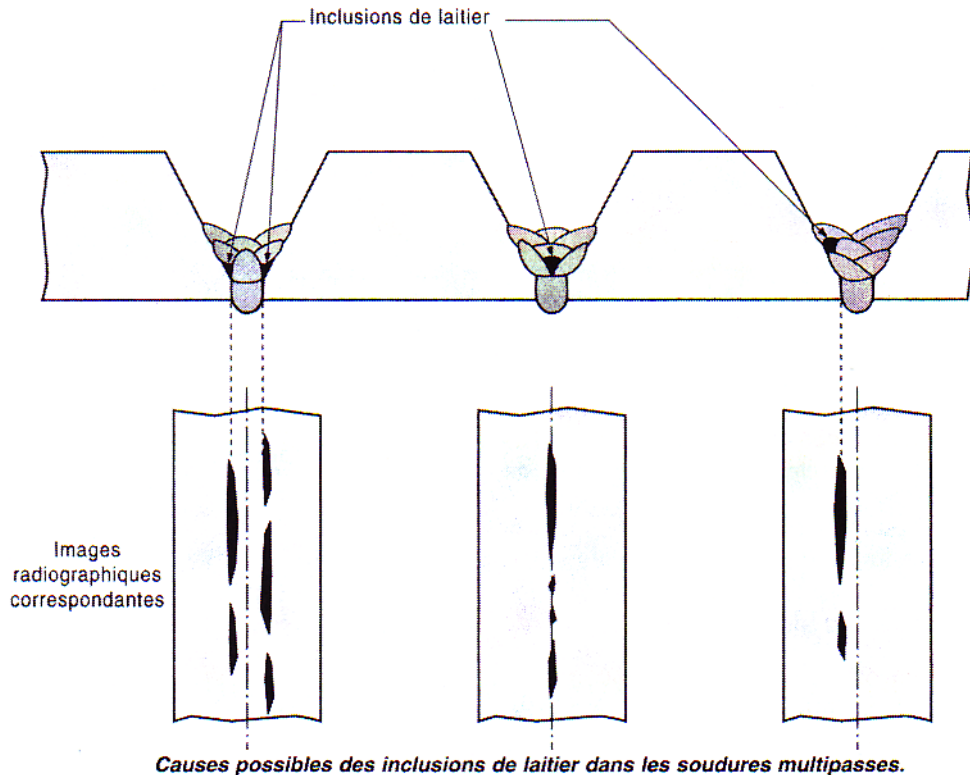
Défauts de soudage

Page 5/8

1.3.1 les inclusions de laitier ou de flux

Elles concernent les soudures réalisées en soudage à l'arc avec électrodes enrobées, fil fourré ou fil nu sous flux en poudre

Le laitier provient de la fusion des éléments non métalliques des enrobages et des flux. En dépit de sa faible masse volumique, ce laitier peut demeurer emprisonné dans le métal fondu à l'issue de sa solidification en raison d'une technique de soudage inadaptée (dépôt de cordons de soudure trop bombés ou angle de raccordement aigu entre ceux-ci) comme le montre la figure ci-contre.



1.3.2 les inclusions d'oxyde

Ce sont des oxydes métalliques à l'intérieur du métal fondu. Ce type de défaut est surtout rencontré dans les soudures de matériaux très oxydables tel l'aluminium ou le magnésium.

La température de fusion de ces oxydes étant très supérieure à celles des métaux correspondants ($T_f \text{ Al}_2\text{O}_3 = 2\,000\text{ °C}$ et $T_f \text{ Al} = 660\text{ °C}$), le risque d'inclusions est probable si le décapage préalable des bords à souder, des passes successives et des fils fusibles n'a pas été correctement effectué.

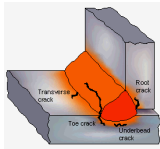
Ces inclusions peuvent également résulter d'une oxydation du bain de fusion en soudage sous atmosphère gazeuse - procédés TIG ou MIG - lorsque cette protection est insuffisante.

1.3.3 Les inclusions métalliques

Ce sont des particules de métaux étrangers (cuivre, tungstène) inclus dans le métal fondu.

Les inclusions de cuivre peuvent affecter les soudures réalisées sur des lattes supports en cuivre mal ou pas refroidies avec une intensité de courant trop élevée qui provoque une fusion locale du support et une dilution du cuivre dans le métal fondu de la soudure.

Les inclusions de tungstène sont spécifiques au procédé TIG qui met en oeuvre une électrode en ce matériau; un contact malencontreux de l'électrode avec le bain de fusion provoque un morcellement de son extrémité et la formation d'inclusions.



Défauts de soudage

Page 6/8

1.4 Les manques de fusion

Ces défauts qui comprennent:

- les collages,
- les manques de pénétration,

altèrent de façon plus ou moins importante la continuité de la liaison entre deux éléments assemblés par soudage.

1.4.1 Les collages

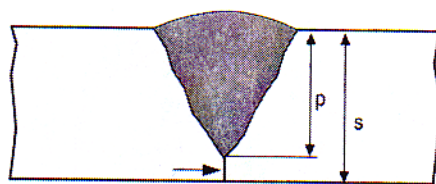
Ils résultent d'un manque de dilution du métal déposé à l'état liquide avec le métal de base ou le métal fondu déjà solidifié. Ces défauts peuvent donc être observés le long des faces du chanfrein ou entre les passes successives du métal fondu.

1.4.2 Les manques de pénétration

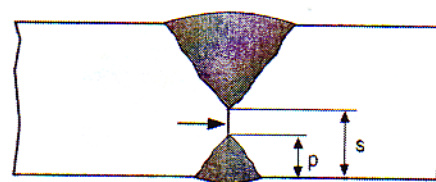
Ils correspondent à une profondeur de pénétration « p » insuffisante du métal déposé qui est inférieur à la profondeur spécifiée « s ». Ces défauts peuvent avoir plusieurs origines dont

- une préparation inadaptée au procédé de soudage utilisé,
- une énergie de soudage trop faible,
- l'intervention d'un soudeur non qualifié...

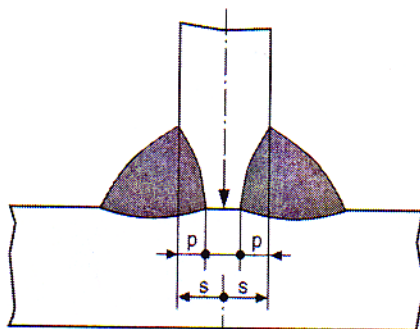
Comme les collages, les manques de pénétration affectent la résistance des assemblages soudés et constituent des effets d'entaille.



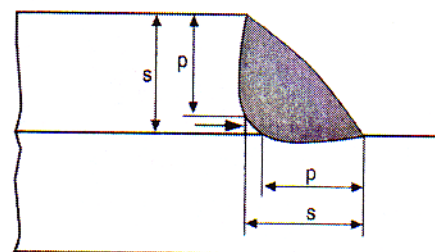
Soudure bout à bout (chanfrein en V)



Soudure bout à bout (chanfrein en X)

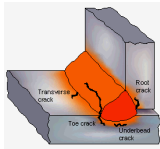


Soudure d'angle



Soudure à recouvrement

Manques de pénétration rencontrés dans les différents types de soudures.



Défauts de soudage

Page 7/8

1.5 Les défauts de forme

Ce sont des anomalies de conformité de la surface ou du profil d'une soudure par rapport à la géométrie qui lui est imposée sur les plans de construction d'une part et en fonction des règles de l'art d'autre part.

Ces défauts sont nombreux et leurs causes multiples.

1.5.1 Les caniveaux

Ce sont des sillons plus ou moins profonds et aigus situés en bordure de la surépaisseur des soudures et dont la présence est due à un courant de soudage trop important, une technique opératoire inadaptée ou à l'inachèvement de la soudure si les bords supérieurs du chanfrein demeurent infondus.

Les caniveaux constituant des effets d'entaille doivent être éliminés.

1.5.2 Les surépaisseurs et convexités excessives

Elles résultent d'un excès de métal dans les passes de finition d'une soudure. Cette surabondance de métal, pour inutile qu'elle soit, ne constitue pas un défaut grave sauf si elle se raccorde brutalement au métal de base en raison d'une convexité excessive.

La variation brutale de section dans cette zone engendre une concentration de contraintes et un effet d'entaille préjudiciable au comportement en fatigue de l'assemblage.

1.5.3 Les excès de pénétration

Ils se traduisent à la racine des soudures non reprises à l'envers par la présence d'un bourrelet de métal de hauteur excessive dû

- à un manque de qualification du soudeur,
- à une préparation inadaptée,
- à une énergie de soudage trop importante.

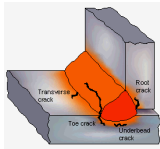
Ces défauts ne sont généralement pas tolérés dans les soudures circulaires de canalisations en raison des pertes de charge qu'ils provoquent.

1.5.4 Les défauts d'alignement

Ils engendrent une dénivellation entre les bords des éléments assemblés. Ces défauts résultent

- d'un montage incorrect, avant soudage, des pièces à assembler,
- d'une rupture intempestive des points soudés de fixation de ces pièces pendant l'exécution de la soudure.

Au-delà d'une valeur limite définie par les critères d'acceptation adoptés pour la construction, ces défauts ne sont pas tolérés.



Défauts de soudage

Page 8/8

1.5.5 Les manques d'épaisseur et les effondrements

Les manques d'épaisseur sont dus à un manque de métal déposé à la surface des soudures et constituent des dépressions qui réduisent la section résistante de celles-ci. Ils doivent être éliminés par rechargement.

Les effondrements sont des affaissements, par gravité, du métal fondu à l'état liquide en raison d'un bain de fusion trop important. Une réparation doit être entreprise lorsqu'ils excèdent les tolérances admises.

1.5.6 Les défauts de symétrie des soudures d'angle

Ils correspondent à une différence de largeur sensible des deux zones de liaison de ces assemblages et résultent

- d'un positionnement défectueux de l'électrode ou du fil fusible,
- d'un bain de fusion trop important en soudage à plat.

Une réparation par rechargement s'impose généralement.

1.6 Les défauts divers

N'entrant dans aucune des catégories précédentes, ce groupe de défauts est constitué par:

- les coups d'arc sur la surface du métal de base,
- les projections de métal fondu sur les tôles adjacentes ou la soudure elle-même,
- les blessures occasionnées par un coup de meule,
- les arrachements locaux de métal lors du démontage d'attaches soudées.

Ces défauts divers doivent en général être adoucis sinon éliminés.