الجمهورية الجزائرية الديمقراطيـــة الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التكوين والتعليم المهنيين

Ministère de la Formation et de l'enseignement Professionnelle

معهد التكوين والتعليم المهنيين – عنابــة

Institut de Formation et de l'enseignement Professionnelle

- Annaba-

MANUEL TECHNIQUE ET PEDAGOGIQUE

SOUDAGE

MODULE

Soudage à l'arc électrique SAEEA et TIG

I.F.E.P

NIV : II

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Equipe de production

Conception et rédaction

Mme DEFOUS ISMAIL Akila

Sous-direction des études

Institut de la Formation et de l'Enseignement Professionnels (IFEP ANNABA)

Remerciements

Je remercie tout le groupe de la sous-direction de l'ingénierie pédagogique pour les conseils et encouragements ainsi qu'à toute personne ayant apporté de près ou de loin un plus à cet ouvrage, en particulier au concepteur du programme d'étude

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Table des matières

Chapitre 1 - Les soudures

Introduction

1.1 Principe……

1.2 Représentation des soudures ……

1.3 Les symboles élémentaires et supplémentaires……

1.3.1 Les symboles élémentaires……

1.3.2 Les symboles supplémentaires éventuels….

1.4 Les lignes de normalisation……

1.5 Indication complémentaire……

1.5.1 Soudure périphérique ……

1.5.2 Soudure sur chantier ….

1.6 Procédé de soudage …….

1.7 Avantages et inconvénients de la soudure……

1.8 Position de soudage ……

Résumé……

Chapitre 2- D MOS

Introduction

2.1 Définitions……

2.1.1 QMOS

2.1.2 DMOS……

2.1.3 Correspondance……

2.2 Informations sont contenues dans un DMOS……

2.3 Quelles sont les personnes concernées par la rédaction d'un DMOS ?.....

2.4 Le DMOS est-il obligatoire?.....

2.5 Quelques DMOS selon le procédé de soudage chois….

2.5.1 Procédé de soudage à l'électrode enrobée (EE) (111)….

2.5.2 Procédé de soudage TIG manuel ou automatique (141)….

2.6 Rédaction d'un DMOS…….

2.6.1 Valeurs à titre d'information……

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2.6.2 Valeurs et paramètres concernant les matériaux et la préparation……

2.6.2.1 Mode de préparation du joint soudé et de nettoyage du joint soudé…….

2.6.2.2 Mode de nettoyage du joint soudé……

2.6.2.3 Spécifications du matériau de base (exemples courants)….

2.6.3 Informations relatives au joint soudé…….

22.6.3.1 Procédé de soudage ….

2.6.3.2 Position de soudage de l'assemblage…….

2.6.3.3 Type du joint soudé….

2.6.4 Informations relatives au gaz, métal d'apport et électrodes…….

2.6.5 Informations relatives au préchauffage, traitement thermique……

2.6.6 Informations particulières au TIG et PLASMA……

2.6.7 Autres informations……

2.6.8 Schémas du DMOS……

2.6.8.1 Dispositions des passes ……

2.6.8.2 Schéma de la préparation avant soudage …….

Résume…….

Chapitre 3 - Soudage en AEEA des pièces de différentes épaisseurs en toutes positions

Introduction……

3.1 Le procédé à l'arc….

3.2 Schéma type d'une installation de soudage a l'électrode enrobée……

3.3 Définitions du soudage à l'arc électrode enrobée…….

3.4 Schéma du soudage à l'arc électrode enrobée……

3.5 Exercice1……

3.6 L'arc électrique….

3.7 Installation de soudage à l'électrode enrobée……

3.8 Exercice 2….

3.9 Exercice 3….

3.10 Amorçage en soudage à l'arc et stabilité de l'arc électrique….

3.11 Choix de l'intensité du soudage……

3.12 Exercice 4……

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

3.13 Comment souder des métaux dissemblables ?.....

3.14 Conseil pour identifier les métaux….

3.15 Sécurité ….

3.15.1 Les principaux risques liés au soudage……

3.15.2 Règles de sécurité et principales normes….

Résume….

Exercice de synthèse……

Chapitre 4 - Soudage en TIG des pièces de différentes épaisseurs en toutes positions

Introduction…...

4.1 Schéma type d'une installation manuelle de soudage TIG……

4.2 Définition de la soudure TIG (141)….

4.3 Principe de la soudure TIG (141)….

4.4 Description de la torche TIG……

4.5 Paramètres ayant une influence sur la soudure TIG……

4.6 Applications de la soudure TIG……

4.7 Avantages du soudage TIG …...

4.8 Inconvénients….

4.9 Description d'un poste de soudure TIG……

4.10 Alimentation électrique dans ce procédé de soudage….

4.11 Gaz utilisés en procédé TIG…….

4.12 Buses utilisées en soudure TIG……

4.13 Avantages des buses……

4.14 Les électrodes non fusibles……

4.15 Affutage des électrodes en tungstène ……

4.16 Récapitulatif simplifié……

4.16.1 Pour les aciers et aciers inoxydables **……**

4.16.2 Pour les aluminiums et alliages ……

4.16.3 Pour les aciers et aciers inoxydables *……

4.16.4 Pour les aluminiums et alliages légers….

Exercice de synthèse….

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre 5 - Défauts externes sur les soudures et Contrôle de dimensions d'un cordon de soudure

- Introduction….

5.1 Défauts externes sur les soudures……

5.1.1 Les fissures…..

5.1.2 Les soufflures….

5.1.3 Pollution ferreuse….

5.1.4 Inclusions….

5.1.5 Retassures et criques de solidification….

5.1.6 Morsures et caniveaux……

5.1.7 Effondrements et trous……

5.1.8 Exercice 1…...

5.2 Contrôle de dimensions d'un cordon de soudure……

5.2 .1Contrôle de la qualité d'un cordon de soudure ……

5.2.2 Tolérance générale ….

5.2.3 Détection des défauts….

- Résume……

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Avant propos

Souder et un moyen moderne d'assemblage. Souder est accessible à tous, pourvu que l'on soit bien orienté et guidé et ce avec la vulgarisation du soudage et l'apparition sur le marché du bricolage de produits très performants.

Si le fait de souder exige un minimum d'expérience et de dextérité manuelle, il est surtout prodigieux d'acquérir des : savoir, savoir-faire, savoir être et savoirs percevoir, qui permettent l'application des techniques simples et rigoureuses en toute sécurité.

Ce modeste travail vise à vous faire découvrir ou revoir Quelques techniques d'assemblage : soudage à l'arc électrique enrobé et TIG .Il vous sera utile dans vos préparations , vos choix et vos réalisations en vous évitant des défauts qui peuvent vous couter chers.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Présentation du métier

Le soudeur participe à la réalisation d'ensembles mécano soudés ou chaudronnés. Il procède à l'assemblage de tôles et de divers profilés, par fusion localisée afin d'assurer la continuité de la matière, à l'aide des procédés de soudage à l'arc électrique : électrodes enrobées, TIG, en respectant des instructions et des critères qualitatifs définis.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche de présentation du module qualifiant

Module **:** Soudage SAEEA et TIG en toutes positions ;
Code du module : MQ4
Durée du module : 113h

Objectif modulaire

Comportement attendu :

Le stagiaire doit être capable de :
- Souder des pièces à l'arc électrique : en électrode enrobée (SAEEA) et TIG en toutes positions ;

Conditions d'évaluation :

Seul et en sous-groupe.

A PARTIR : - D'instructions orales et/ou écrites (DMOS...),
- D'un dessin d'ensemble.
- D'un cahier des charges

.

AU MOYEN : - Des tôles et profilés en aciers non alliés.
- Une installation de soudage AEEA, TIG ;
- Normes de soudage.
- Equipements de sécurité appropriés.

Critères généraux de performance :

- Les données relatives à la soudure sont correctement et exhaustivement extraites ;
- Conformité des soudures aux critères de qualité définis par le cahier des charges ;
- Strict respect des instructions fournies par le DMOS ou modification justifiée de certains Paramètres ;
- Respect des temps alloués ;
- Les pièces soudées sont correctement vérifiés ;
- Respect des règles d'hygiène, de sécurité et de l'environnement.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Module **:** Soudage SAEEA et TIG en toutes positions ;

Objectif intermédiaire	Critères particuliers de performance	Eléments de contenus
- Localiser et identifier les soudures en décodant les symboles d'un dessin d'ensemble ; - Extraire d'un DMOS les données relatives à la réalisation des soudures ;	- Identification correcte des soudures ; - Traduction exacte des symboles de soudures ; - Extraction correcte et exhaustive des informations du DMOS	- Identification des soudures -Traduction des symboles de soudures normalisées ; - Identification des informations liées à l'exécution des soudures : *Conditions de soudage ; *Répartition des cordons ; *Paramètres de soudage ;

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Module **:** Soudage SAEEA et TIG en toutes positions (suite);

Objectif intermédiaire	Critères particuliers de performance	Eléments de contenus
- Souder en AEEA des pièces de différentes épaisseurs en toutes positions ; - Souder en TIG des pièces de différentes épaisseurs en toutes positions ;	- Respect des règles d'hygiène et de sécurité dans le soudage ; - Respect de la méthodologie des répartitions des passes - Respect des délais - Respect des règles d'hygiène et de sécurité dans le soudage ; - Respect de la méthodologie des répartitions des passes - Respect des délais	- Soudage AEEA en angle à plat et bout à bout à plat des pièces en aciers non alliés : ➢ Règles d'hygiène et de sécurité dans un atelier de production ; ➢ Règles d'hygiène et de sécurité dans le Soudage ; ➢ Influence des paramètres ; ➢ Méthodologie de répartition des passes ; ➢ Repérage visuel et évaluation des défauts ; ➢ Procédure et réparation des défauts - Soudage TIG en angle à plat et bout à bout à plat des pièces en aciers non alliés : ➢ Règles d'hygiène et de sécurité dans un atelier de production ➢ Règles d'hygiène et de sécurité dans le soudage. ➢ Influence des paramètres. ➢ Méthodologie de répartition des passes. ➢ Repérage visuel et évaluation des défauts. ➢ Procédure et réparation des défauts.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Module **:** Soudage (SAEEA) et TIG en toutes positions (suite) ;

Objectif intermédiaire	Critères particuliers de performance	Eléments de contenus
- Contrôler les dimensions d'un cordon de soudure.	- Respect des règles d'hygiènes et de Sécurité dans le soudage ; - Utilisation exacte des calibres ;	- Contrôle des dimensions des soudures à l'aide d'un outillage prédéfini (calibre...). - Les mesures des dimensions des soudures : *Outillage adapté (calibre...). - Règles d'hygiène et de sécurité dans le soudage.
- S'assurer de l'absence de défauts externes sur les soudures.	- Contrôle précis des défauts externes ;	- Les défauts externes et débouchant sur des pièces soudées - Les fiches d'instruction.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre .1. Les soudures

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chap 1 – Les soudures

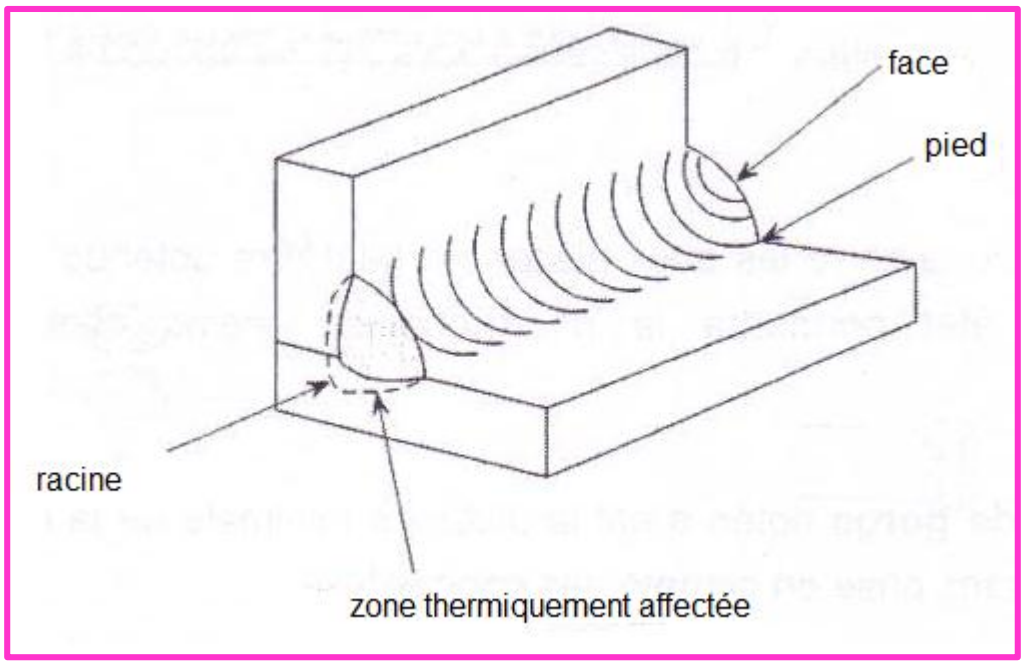
Introduction :

Soudure signifie l'action d'assembler des pièces mécaniques et métalliques, sous l'action d'une énergie calorifique générée par divers procédés mis en œuvre (combustion de gaz, arc électriques, ...)

1.1 Principe :

On crée une continuité de matière entre deux pièces différentes par création d'un cordon de soudure provenant de la fusion d'une partie des pièces à assembler ou d'un métal d'apport. La continuité métallique entre les deux pièces ne peut en effet être obtenue qu'à partir d'un état liquide, ce qui permettra la naissance de grains communs lors du refroidissement.

Fig.1



- Métal de base : matériau soudé
- Métal d'apport : métal apporté lors du procédé de soudage pour créer le cordon de soudure.
- Racine : endroit jusqu'où le métal d'apport a pénétré
- Face : surface extérieure de la soudure
- Pied : ligne de séparation, sur la face de la soudure, entre le métal de base et le métal d'apport

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- Zone affectée thermiquement : partie du métal de base qui n'est pas rentré en fusion avec le métal d'apport mais qui a subi un échauffement et un refroidissement très rapide au passage de l'arc de soudage. Dans cette zone le matériau de base est soumis à un durcissement et peut dés lors acquérir un comportement fragile.
    - Dimension de gorge à: distance minimale de la racine à la face de la soudure, sans prise en compte des concavités

1.2 Représentation des soudures :

Fig.2 Représentation simplifiée



Fig.3 Représentation symbolique

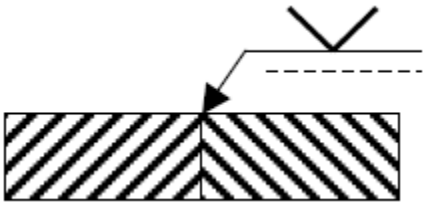
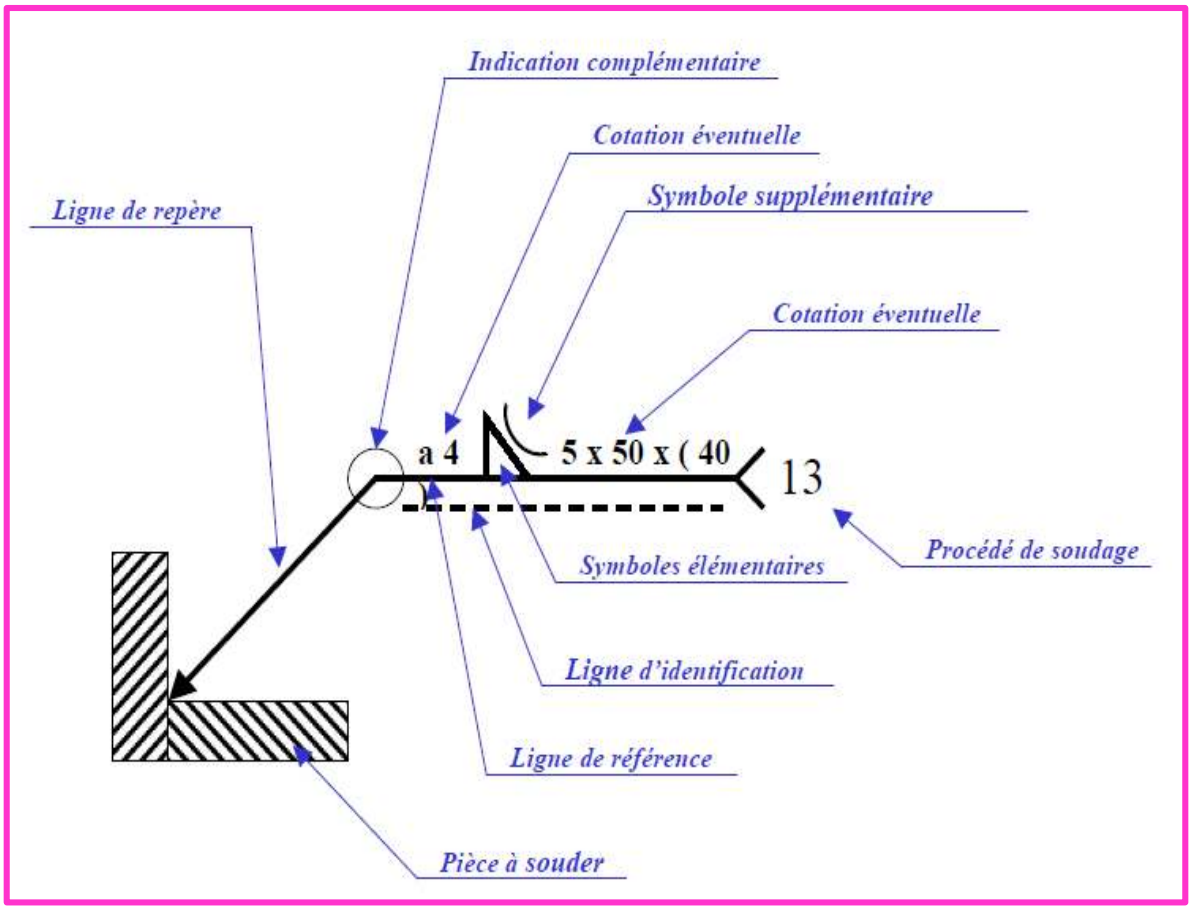


Fig.4



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1.3 Les symboles élémentaires et supplémentaires

1.3.1 Les symboles élémentaires

Tableau.1

N	Désignation	Symbole
1	Soudure sur bords relevé complètement fondu	
2	Soudure sur bords droits	
3	Soudure en V	
4	Soudure en demi V	
5	Soudure en Y	
6	Soudure en demi Y	
7	Soudure en U (ou en tulipe)	
8	Soudure en demi U (ou en J)	
9	Reprise à l'envers	
10	Soudure d'angle	
11	Soudure en bouchon (ou en entaille)	
12	Soudure par points	
13	Soudure en ligne continue avec recouvrement	

1.3.2 Les symboles supplémentaires éventuels

Les symboles élémentaires peuvent être complétés, si cela est nécessaire, par un symbole qui précise la forme de la surface extérieure de la soudure.

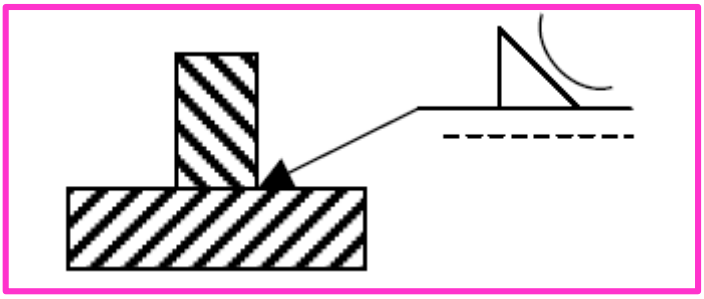
Tableau.2

Symbole			
Signification	Soudure plate	soudure convexe	soudure concave

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Exemple :

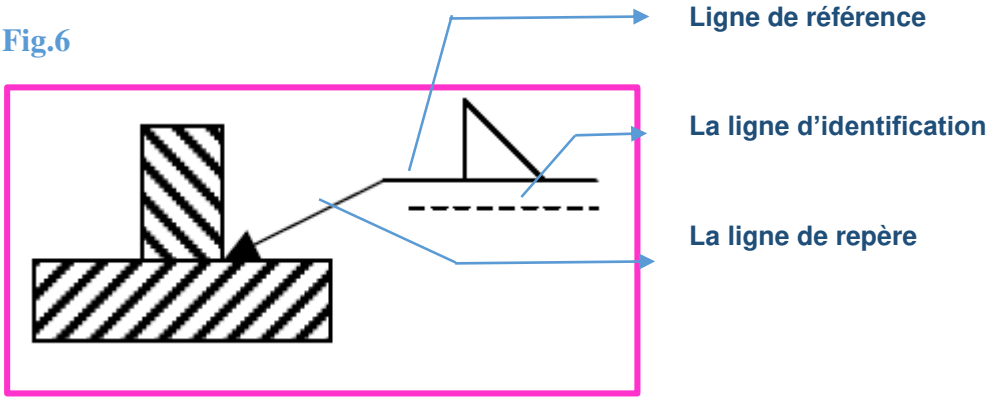
Fig.5



Soudure en angle avec une surface extérieure concave

1.4 Les lignes de normalisation

Fig.6



1.5 Indication complémentaire :

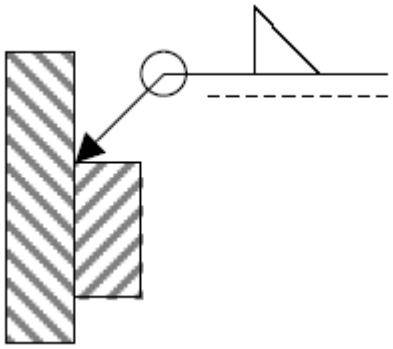
Il en existe deux types, les soudures périphériques et les soudures effectuées sur chantier

1.5.1 Soudure périphérique :

Afin de préciser qu'une soudure doit être effectuée sur tout le pourtour d'une pièce, on trace un cercle centré par rapport à l'intersection des lignes de repère et de référence.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

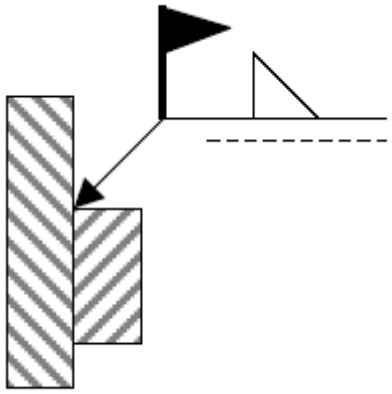
Fig.7



1.5.2 Soudure sur chantier :

On les distingue des soudures effectuées à l ’atelier par un signe en forme de drapeau.

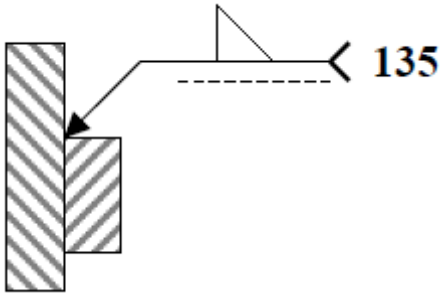
Fig.8



1.6 Procédés de soudage :

Lorsqu’il est nécessaire de préciser le procédé de soudage, le nombre qui identifie le procédé est inscrit entre les deux branches d ’une fourche terminant la ligne de référence.

Fig.9



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Tableau.3

Principaux procédés de soudage NF EN 4063, ISO 4063 (« 1998 ») – Détails NF EN 14610	
1 – Électrique à l'arc	**4 – Par pression**
101 – Avec électrode fusible	41 – Par ultrasons
11 – Électrode fusible sans protection gazeuse	42 – Par friction
111 – Électrodes enrobées	43 – Par forgeage
114 – Avec fil fourré protecteur	44 – Par haute énergie mécanique
12 – Sous flux solide	441 – Par explosion
13 – Protection gazeuse et électrode fusible	45 – Par diffusion
131 – Protection gazeuse MIG	47 – Aux gaz par pression
135 – Protection gazeuse MAG	48 – À froid avec pression
136 – MAG avec fil fourré	**5 – Par faisceau**
137 – MIG avec fil fourré	51 – Par faisceau d'électrons
14 – Protection gazeuse et électrode réfractaire	511 – Sous vide
141 – TIG	512 – Atmosphère
142 – TAG	52 – Par laser
15 – Soudage au plasma	521 – Avec laser solide
151 – Plasma-MIG	522 – Avec laser à gaz
152 – Plasma avec poudre	**7 – Procédés divers**
2 – Par résistance	71 – Aluminothermique
21 – Par points	72 – Sous laitier
22 – À la molette	73 – Électrogaz
23 – Par bossages	74 – Par induction
24 – Par étincelage	75 – Par rayonnement lumineux
25 – En bout par résistance pure	753 – Par infrarouge
29 – Autre procédés	77 – Avec percussion
291 – Soudage par résistance HF	78 – Soudage des goujons
3 – Aux gaz	**9 – Brasage**
31 – Soudage oxygaz	91 – Brasage fort
311– Oxyacétylène	94 – Brasage tendre
312 – Oxypropane	97 – Soudobrasage
313 – Oxydrique	971 – Soudobrasage aux gaz
32 – Soudage aérogaz (ancienne norme)	972 – Soudobrasage à l'arc

1.7 Avantages et inconvénients de la soudure:

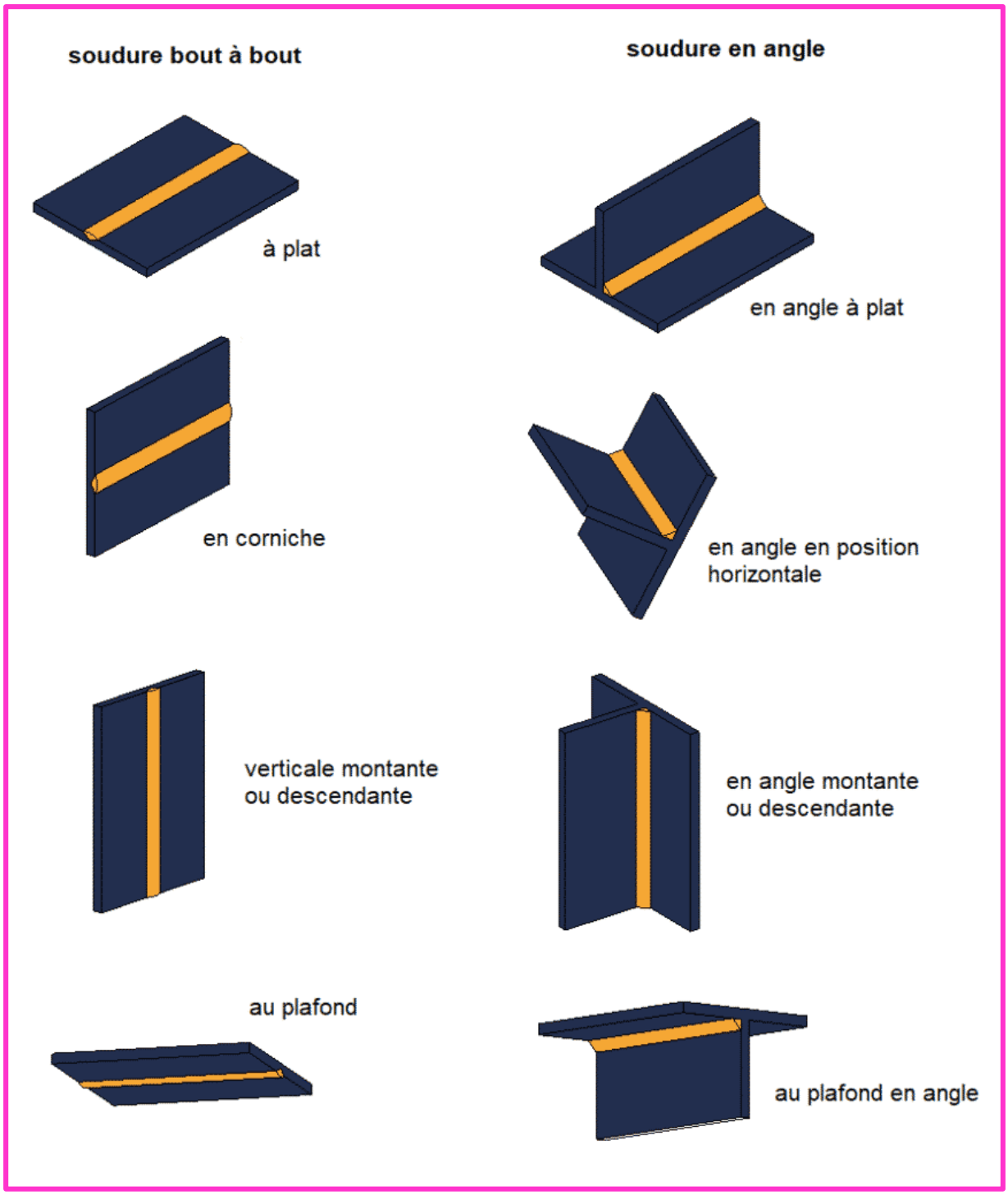
Tableau.4

Avantages de la soudure:	Inconvénients de la soudure:
-Continuité de matière, donc bonne transmission des efforts -Pas de pièces secondaires -Moindre encombrement, étanche, esthétique	-Le métal de base doit être soudable -Le contrôle est obligatoire et onéreux -Le contrôle exercé par les soudeurs est aléatoire -Nécessité d'une main d'œuvre qualifiée et d'un matériel spécifique

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

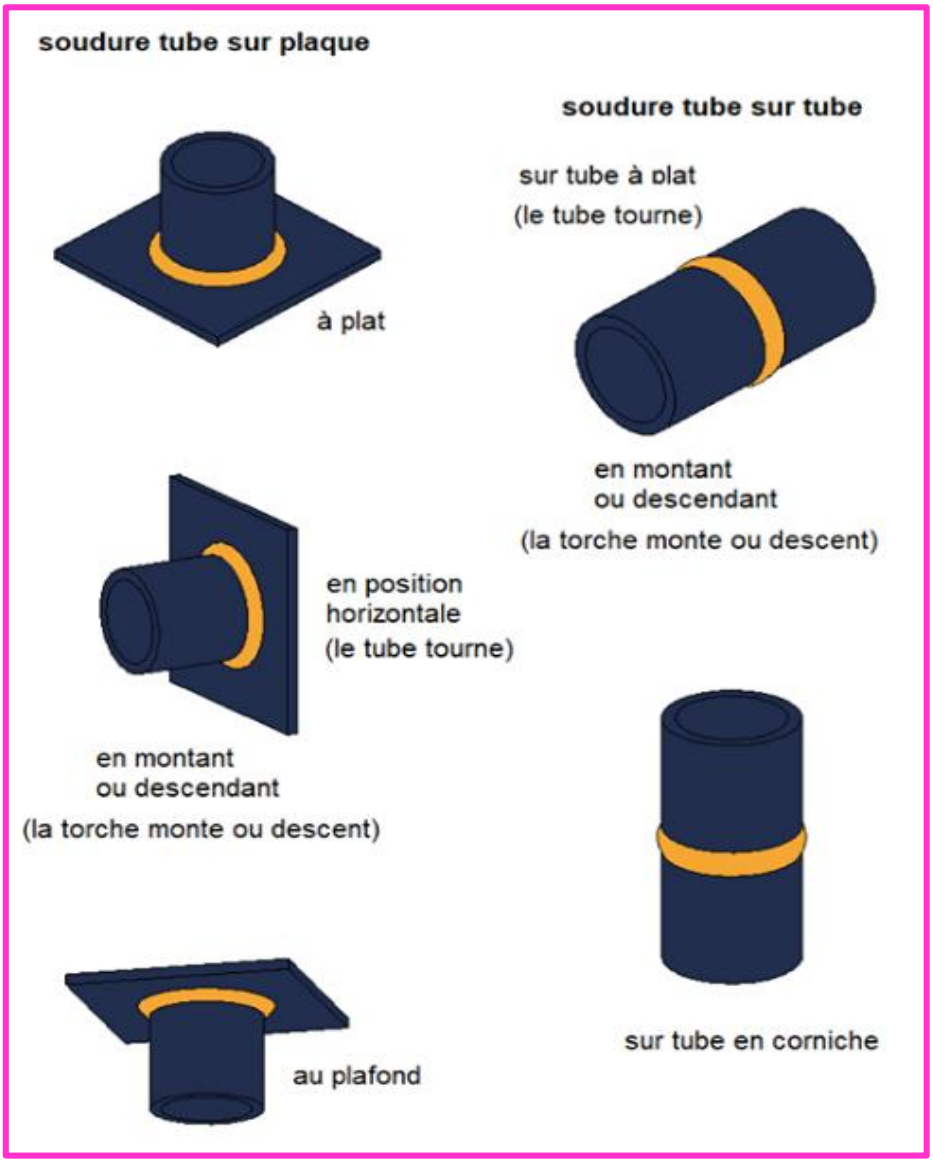
1.8 Position de soudage :

Fig.10



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.11



Résume

Soudage, procédé suivant lequel deux ou plusieurs pièces de métal ou de plastique sont assemblées par chauffage, par pression, ou par une combinaison des deux.

Le soudage par chauffage est la méthode la plus courante de nos jours. Rappelons grâce au développement de nouvelles techniques, le monde industriel entra dans une phase de changement d'assemblage des métaux. C'est ainsi que le soudage remplaça progressivement le rivetage, l'agrafage et le boulonnage dans beaucoup de constructions comme les ponts, les bâtiments, les bateaux, les charpentes métalliques, les moules etc.

C'est aussi un procédé de base dans l'industrie automobile, l'aviation, la fabrication de machines-outils.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre. 2 . Le Descriptif du Mode Opératoire de Soudage (DMOS)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chap. 2 - Le Descriptif de Mode Opératoire de Soudage (DMOS)

Introduction :

Chaque type de soudure donne lieu à un Descriptif de Mode Opératoire de Soudage (DMOS) qui fait lui-même référence à une qualification préalable (QMOS). Le DMOS a pour principal objectif donc, d'assurer un niveau de qualité.

2.1 Définition :

Les DMOS comportent toutes les informations nécessaires à un soudeur pour gérer une tâche de soudage. Ils sont la base de toutes les soudures de qualité. Le contenu technique du DMOS est déterminé dans les moindres détails avec des normes. Néanmoins, les procédures varient selon les entreprises et les projets.

2.1.1 QMOS : Qualification de Modes Opératoires de Soudage

Référence : NF P 22 472

1.1.2 DMOS : Descriptif de Mode Opératoire de Soudage

Référence : NF EN 15614-1

2.1.3 Correspondance :

Chaque type de soudure donne lieu à un Descriptif de Mode Opératoire (DMOS) qui fait lui-même référence à une Qualification préalable (QMOS).

2.2 Informations contenues dans un DMOS

Les DMOS comportent toutes les informations nécessaires à un soudeur pour gérer une tâche de soudage. Le contenu technique du DMOS est déterminé dans les moindres détails avec des normes. Néanmoins, les procédures varient selon les entreprises et les projets.

Un cahier de soudage est un document technique préparatoire d'une fabrication soudée comportant :

Chaque descriptif technique de soudage (D.M.O.S) correspondant à chaque configuration d'assemblage rencontrée sur la fabrication avec un croquis représentatif de la préparation et de la disposition des passes.

La récapitulation de toute les fiches avec date des révisions

Le récapitulatif des Q.M.O.S pour chaque fiche de soudage

Le récapitulatif des nuances normalisées des métaux de base utilisés avec caractéristiques mécaniques et chimiques.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Le récapitulatif des métaux d'apport utilisés avec normalisation caractéristiques mécaniques et chimiques

Le repérage de toutes les soudures sur un plan de fabrication.

2.3 Quelles sont les personnes concernées par la rédaction d'un DMOS ?

Le responsable du soudage, le soudeur qualifié, le contrôleur et l'inspecteur sont les personnes qui seront concernées par les DMOS.

2.4 Le DMOS est-il obligatoire ?

Le DMOS est obligatoire si une entreprise souhaite valider une qualification de mode opératoire de soudage (QMOS) et aussi pour qualifier un soudeur. Le soudeur devra savoir interpréter un DMOS et aussi respecter les consignes pour réaliser la ou les soudures conformément au DMOS.

2.5 Quelques DMOS selon le procédé de soudage choisi :

2.5.1 Procédé de soudage à l'électrode enrobée (EE) (111)

Dans ce procédé de soudage, on vérifiera :

– Intensité de soudage (en ampères),
- la tension de soudage (en Volts),
- la vitesse d'avance du soudeur (en cm/min),
- la nuance du métal d'apport et son diamètre,
- la nature du courant (continu ou alternatif)- et sa polarité.

2.5.2 Procédé de soudage TIG manuel ou automatique (141)

Dans ce procédé de soudage, on vérifiera:

– Intensité de soudage (en ampères),
– la tension de soudage (en Volts),
– la vitesse d'avance du soudeur (en cm/min),
– la nuance du métal d'apport et son diamètre,
– la nature du courant (continu ou alternatif)
– sa polarité – la vitesse de dévidage du fil,
– la nature et le débit du gaz,
- le type d'électrode non fusible

2.6 Rédaction d'un DMOS

2.6.1 Valeurs à titre d'information

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- **Lieu** : Il s'agit du centre ou est réalisé la qualification du mode opératoire de soudage.
- **Référence** : C'est un numéro de référence fourni par l'entreprise.
- **Numéro de QMOS**
- **Constructeur/Fabricant** : Entreprise cliente de la QMOS
- **Nom du soudeur**.
- **Examinateur ou organisme d'inspection** : Personne qui validera la QMOS

2.6.2 Valeurs et paramètres concernant les matériaux et la préparation

2.6.2.1 Mode de préparation du joint soudé et de nettoyage du joint soudé : Pour la préparation, on utilisera le meulage, le chanfreinage (avec chanfreineuse portative par exemple), le cisaillage, l'usinage, le fraisage les procédés de découpe thermique (plasma, oxycoupage, laser) ou non-thermique (jet d'eau, poinçonnage grignotage)

2.6.2.2 Mode de nettoyage du joint soudé :On peut utiliser le meulage, le brossage, le ponçage, le sablage, le grenaillage, le dégraissage ou le décapage chimique.

2.6.2.3 Spécifications du matériau de base (exemples courants) : W01 : Aciers non alliés à basse teneur en carbone, aciers faiblement alliés et aciers à grains fins de limite à l'élasticité Re inférieure ou égale à 355 N/mm²

W02 : Aciers résistant au fluage au Chrome et Molybdène (Cr/Mo) et Chrome, Molybdène et Vanadium (Cr/Mo/V)
W03 : Aciers de construction à grains fins, normalisés, trempés et revenus et aciers à traitements thermomécaniques, de limite d'élasticité Re>355 N/mm2 ainsi que les aciers aux conditions de soudage similaires contenant 2 à 5 % de Nickel.
W04 : Aciers ferriques ou martensitiques contenant 12 à 20 % de Chrome.
W11 : Aciers inoxydables austéno-ferritiques et aciers inoxydables austénitiques (Cr/Ni) Définitions selon la norme EN 287-1-A1

2.6.3 Informations relatives au joint soudé:

2.6.3.1 Procédé de soudage : Numéro du procédé de soudage utilisé (ex : 135, 111, 141…)
2.6.3.2 Position de soudage de l'assemblage : PA Plat, PC Corniche…
2.6.3.3 Type du joint soudé : Il s'agit d'une suite de symbolisations qui déterminent avec précision, le type de joint réalisé.

2.6.4 Informations relatives au gaz, métal d'apport et électrodes:

Métal d'apport : Suivant codification, indiquer le métal d'apport utilisé

Marque et type du métal d'apport

Reprise spéciale ou séchage : selon besoin, à indiquer

Gaz de protection ou flux : Par exemple Ar+CO^2 (envers et/ou endroit)

Débit de gaz de protection: Indiquer en litres/min les débits pour la soudure envers et/ou endroit

Dimension et type d'électrode non fusible (TIG) – Angle de la torche

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2.6.5 Informations relatives au préchauffage, traitement thermique :

Température de préchauffage : A indiquer si nécessaire

Traitement thermique après soudage : A indiquer si nécessaire

Temps, température et méthode : selon besoin, à indiquer

Vitesse de montée en température et de refroidissement : selon besoin

Température entre passes : selon besoin

2.6.6 Informations particulières au TIG et PLASMA :

Fréquence, temporisation

Détail du soudage pulsé

Distance de maintien : hauteur de l'arc

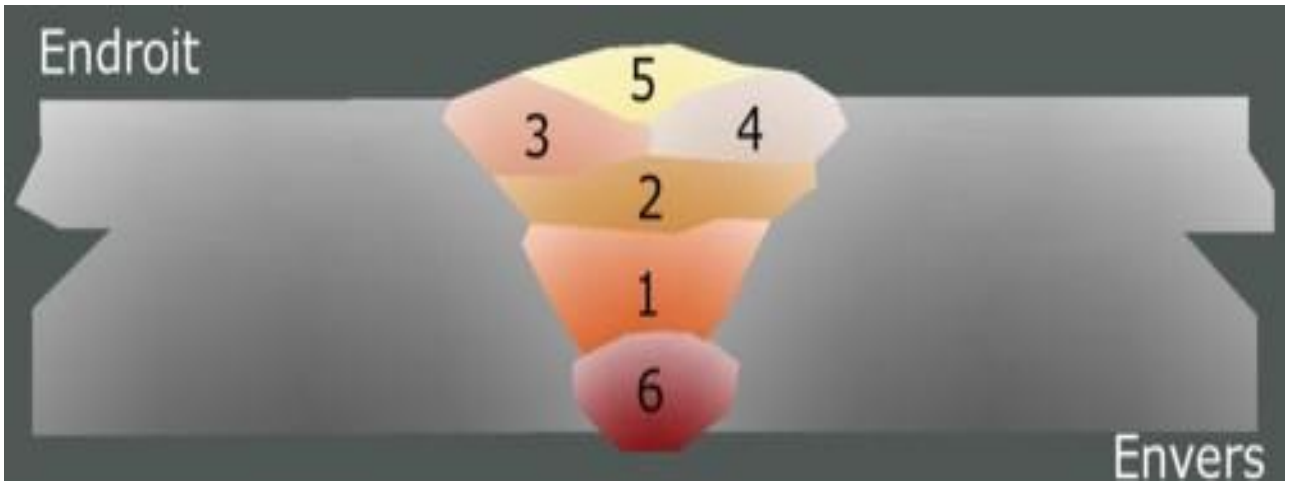
Détails du plasma : réglages supplémentaires dans le cas du soudage plasma

2.6.7 Autres informations : – Par exemple, informations sur un éventuel balayage pendant le soudage. Ou des informations concernant d'éventuels contrôles de soudures.

2.6.8 Schémas du DMOS :

2.6.8.1 Dispositions des passes **:** Ce schéma représentera facilement le nombre de passes, le numéro de la passe, l'empilement, éventuellement la dimension de la pièce soudée et la gorge de la soudure :

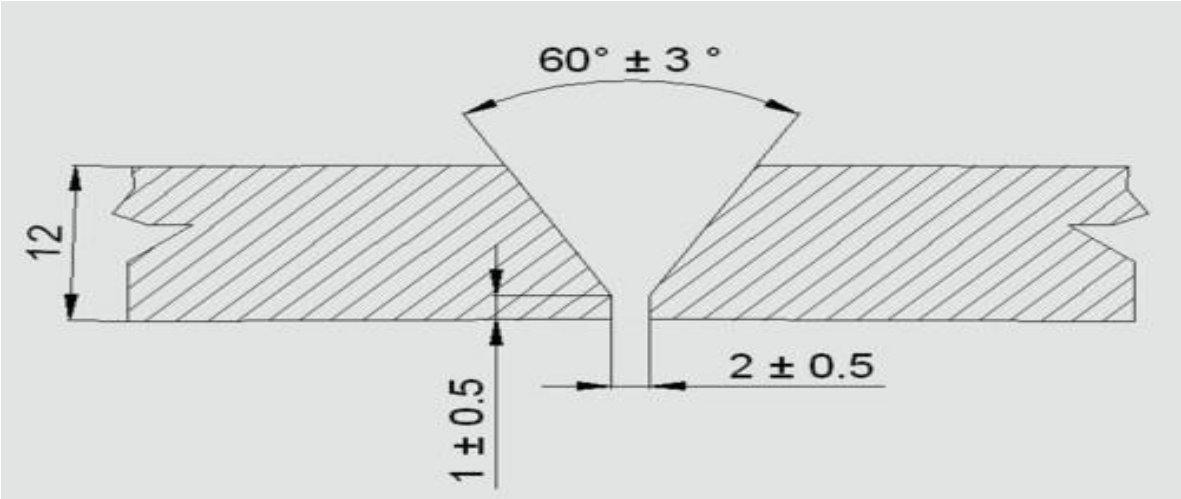
Fig1. Schéma des passes de la soudure



2.6.8.2 Schéma de la préparation avant soudage : Ce schéma représentera la préparation avant soudure. On notera les dimensions importantes tolérances. Il peut s'agir des épaisseurs des éléments à souder, jeu de soudage, talon, angle du chanfrein.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.2



Résume

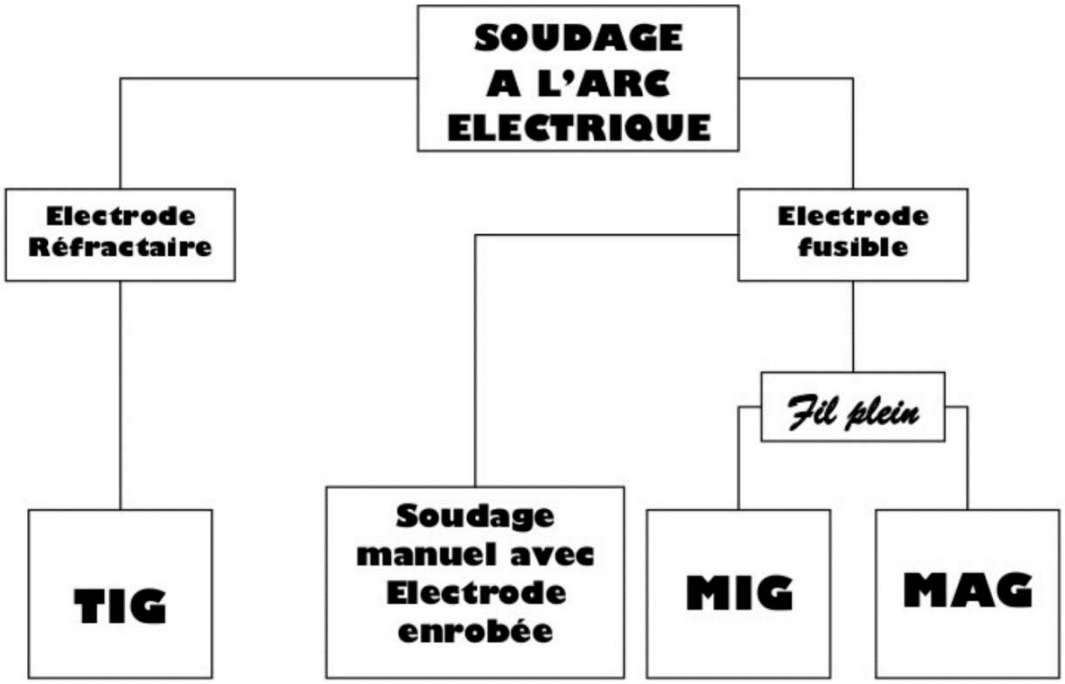
La rédaction des DMOS ou Descriptifs de modes opératoires de soudages sont des documents très prisés par les entreprises de chaudronnerie, tuyauterie, et nucléaire. Elle nécessite des connaissances et une importante expérience du soudage et de ses procédés. Les techniciens ayant ces connaissances sont de ce fait très prisés par les entreprises. Des écoles spécialisées comme l'Institut de soudure permets d'acquérir ces connaissances.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre. 3. La soudure à l'arc (électrode enrobée)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chap. 3 – La soudure à l'arc (électrode enrobée)

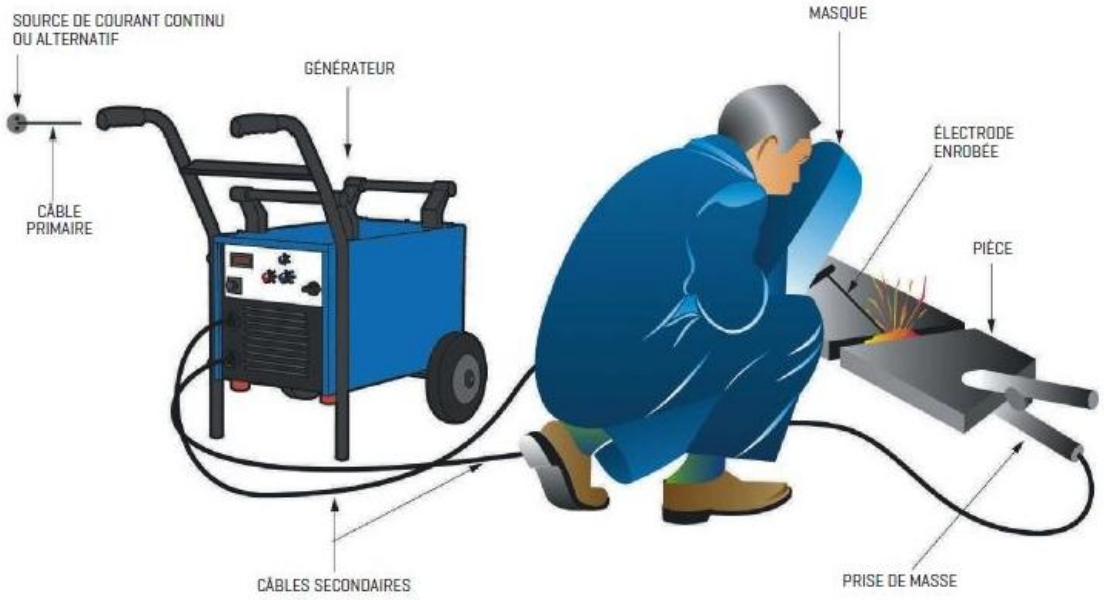


Introduction :

Le soudage à l'arc est idéal pour l'extérieur et reconnu pour sa rapidité et simplicité de mise en œuvre.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.1



3.1 Le procédé à l'arc

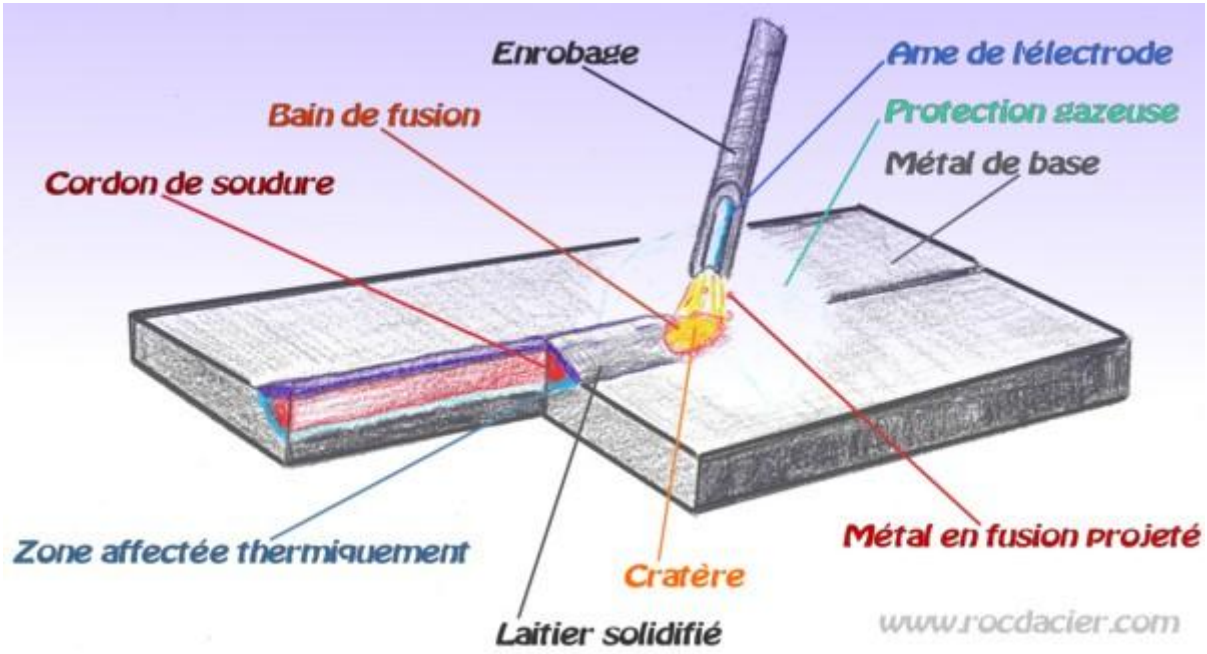
Convient parfaitement à une utilisation pour des petits travaux de soudures liés à tous types d'activités de l'artisan au particulier.

Il convient aux aciers doux (enrobage de l'électrode type o), aux aciers faiblement alliés, aux aciers inoxydables et réfractaires, à la fonte grise, aux métaux non ferreux : nickel (après décapage à l'acide et neutralisation), cuivre et cuproaluminium.

3.2 Schéma type d'une installation de soudage a l'électrode enrobée

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig. 2 soudage à l'électrode



3.3 Définitions du soudage à l'arc électrode enrobée

La soudure à l'arc électrique avec électrode enrobée SAEEA dit aussi SMAW (Shielded Metal arc Welding) ,consiste à mettre en fusion l'acier des pièces à souder et de les assembler grâce à un métal d'apport (l'âme de l'électrode). L'enrobage de l'électrode fond à la température de l'arc et protège la soudure contre l'oxydation.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.3 La baguette fond dans le bain de fusion formant ainsi la soudure

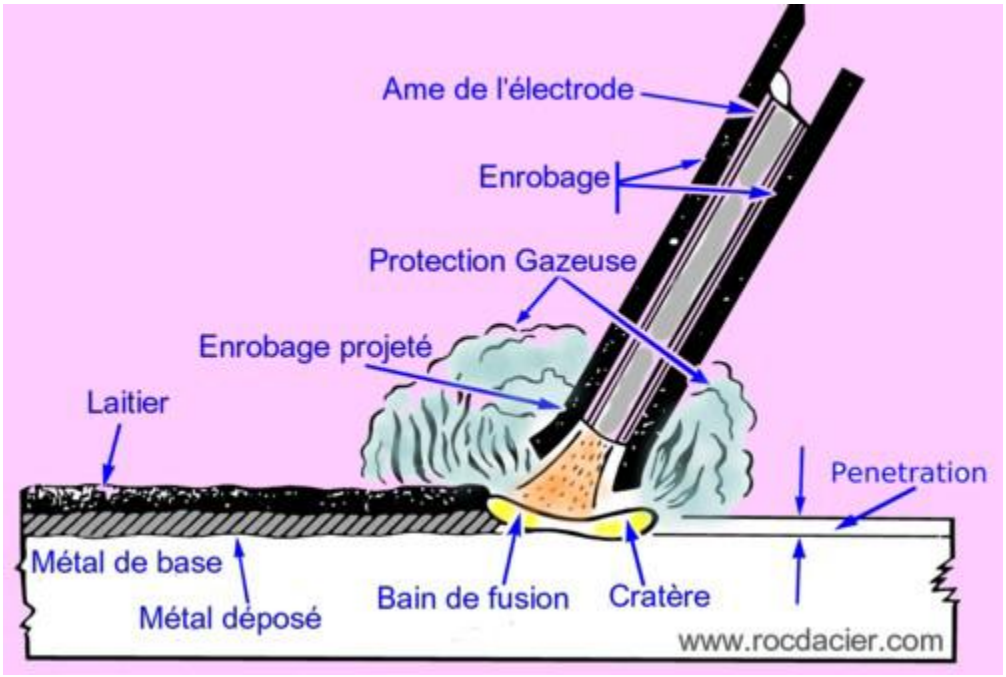


3.4 Électrode enrobée

Dans ce type de soudage, l'électrode est formée d'une âme métallique conductrice recouverte d'un enrobage. A haute température, cet enrobage va fondre et produire ce qu'on appelle le laitier, qui permet de protéger le cordon de soudure contre la présence d'oxygène dans l'air lors de la phase de refroidissement. Le laitier sera enlevé dès que la soudure est refroidie avec un marteau à piquer.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.4 Schéma de l'électrode



Consiste à fondre l'acier des pièces à souder et de les assembler grâce à un apport de métal (électrode).

Tableau.1 Type d'electrodes

Types d'électrode	Composition de l'enrobage	Effets
Rutile	Oxyde de titane(rutile),alliages ferreux et silicates	Affine le métal
Basique	Carbonate de calcium, alliages et fondant	Réduit la température de fusion
Acide	Oxydes de fer et de manganèse et désoxydant	
Oxydante	Oxydes de fer , silices et silicates	Bel aspect de finition
Cellulosique	Cellulose et matières organiques	Améliore la pénétration

Tableau.2 Courants de soudage

Courants de soudage	Méthodes	Gaz de protection	
		Conseillé	Déconseillé
I < 200 A ; 14 < U < 20	Short arc	CO2 – Argon + CO2	Argon pur
I > 200 A ; 20 < U < 40	Spray arc	Argon pur – Argon + CO2	CO2
I = 200 A ; U = 20	Transfert globulaire	CO2 – Argon + CO2 – Argon pur	-

Tableau.3 Diamètre de l'électrode

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Epaisseur du métal	Diamètre de l'électrode				
	Ø 2 mm	Ø 2,5 mm	Ø 3,2 mm	Ø 4 mm	Ø 5 mm
2 mm	60 A	70 A	90 A	-	-
3 mm	-	80 A	100 A	120 A	-
4 mm	-	90 A	110 A	130 A	160 A
5 mm	-	90 A	120 A	140 A	160 A
6 mm	-	90 A	125 A	150 A	170 A
8 mm	-	9	130 A	160 A	180 A
10 mm	-	-	130 A	170 A	190 A
12 mm	-	-	130 A	180 A	200 A
15 mm	-	-	-	190 A	220 A

3.5 Exercice 1 :

1. Que signifie l'abréviation SMAW ?

Shielded Metal arc Welding

2. Comment obtient-on la fusion des métaux avec le procédé SMAW ?

Par la chaleur d'un arc électrique établi entre une électrode métallique et le métal de base.

3. Qu'est-ce qui protège le bain de fusion de la contamination ?

La décomposition de l'enrobage de l'électrode.

4. Indiquez trois avantages du procédé de soudage SMAW ?

Grande liberté d'exécution, grande autonomie, équipement peu coûteux.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

3.6 L’arc électrique

Si deux conducteurs dénudés et sous tension se touchent il y a court-circuit. Si nous écartons ces deux conducteurs il se produit une étincelle, c’est **un arc électrique** qui est utilisé comme source de chaleur nécessaire à la fusion des pièces.

Pour contrôler et maintenir une installation électrique hors du danger il faut un transformateur qui est **le poste à souder.**

Pour qu’il y ai un arc électrique, il faut :

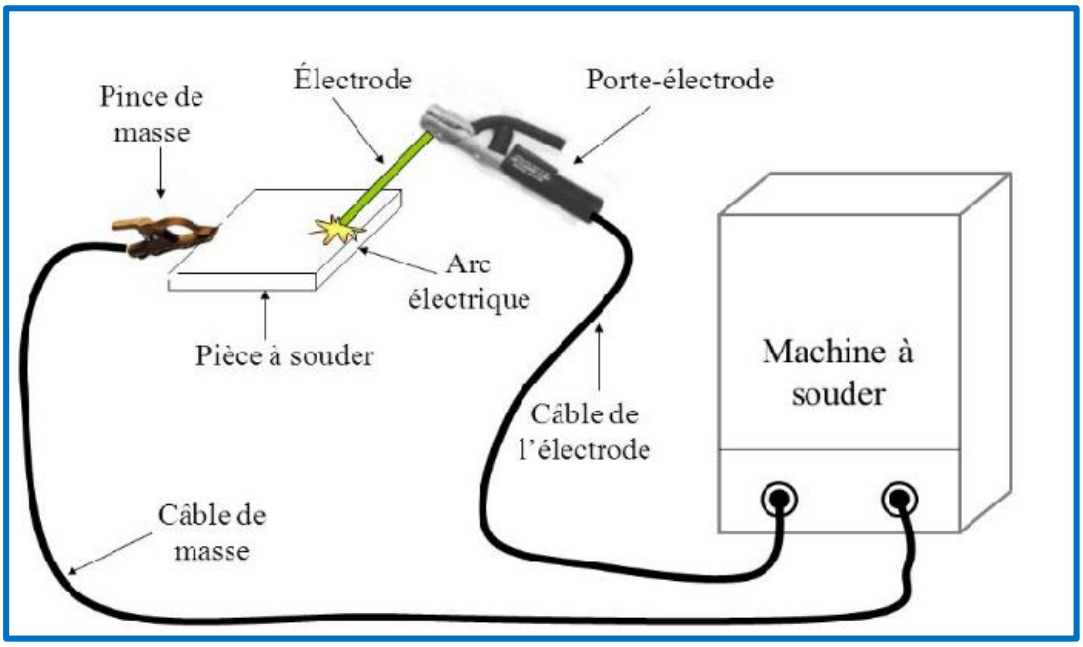
- la présence d’une tension suffisante entre les électrodes
- le maintien d’une intensité minimale
- un milieu suffisamment ionisable.

3.7 Installation de soudage à l’électrode enrobée

- 1) Prise de raccordement électrique de 380V, permet la mise sous tension du poste à souder.
- 2) Câbles, amènent le courant électrique de la machine de soudage jusqu’à la pièce à souder.
- 3)Poste à souder, transformateur de courant.
- 4)Pince de masse, passage du courant électrique se fixe sur un établi ou une pièce à souder
- 5) Support métallique (flan de tôle), permet le passage du courant de la masse vers l’élément à souder.
- 6)Porte électrode.
- 7)Etabli, permet de travailler de façon idéale.
- 8)Cosses, servent à connecter les câbles aux bornes de la machine à souder.
- 9)Raccords, sont des pièces conductrices qui se fixent au bout des câbles et qui assurent la jonction de deux câbles.
- 10)Marteau à piquer, employé pour briquer le laitier qui couvre le cordon de soudure.
- 11)Brosse métallique, utilisée pour enlever les fragments et les particules de laitier, et nettoyer le joint de soudure.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.5 Installation de soudage à l'électrode enrobée

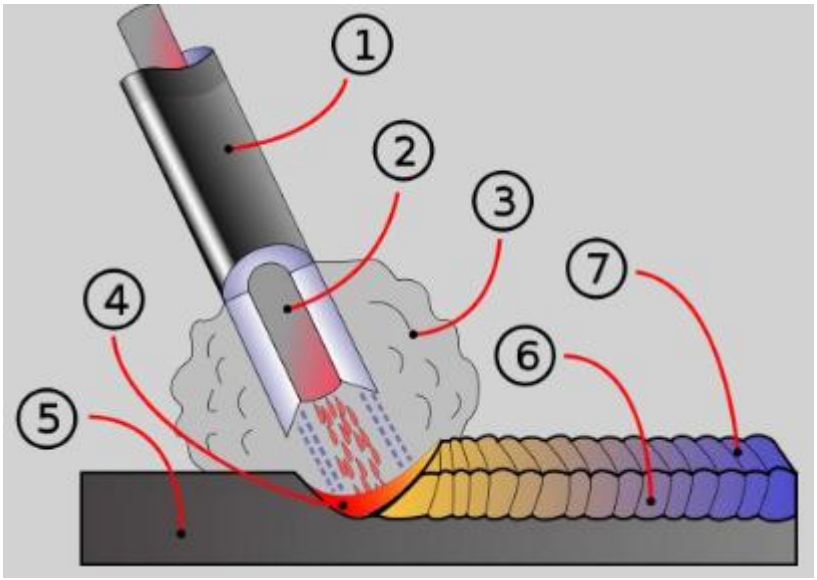


3.8 Exercice 2:

1.Nommer les composants dans le schéma

2. Donner un titre au schéma de la Fig .6

Fig 6



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Solution exercice 2

1.

1 Enrobage
2 Electrode
3 Gaz protecteur
4 Bain de fusion
5 Métal de base
6 Cordon de sourdure
7 Laitier

2. Soudage à l'arc avec électrode enrobée

3.9 Exercice 3 :

Nommer chaque composant et outils

Fig.7



Fig.8

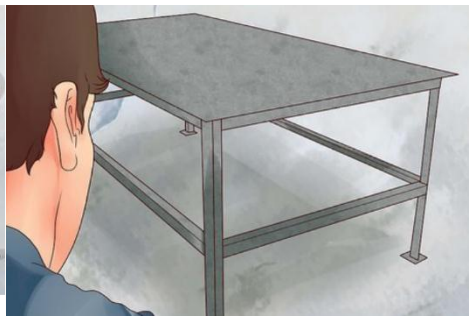


Fig.9



Fig.10



Fig.11



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.12 Fig.13 Fig.14



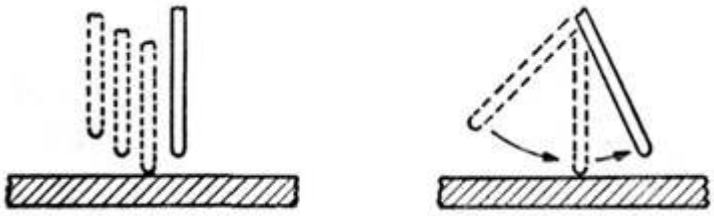
Fig.15 Fig.16



3.10 Amorçage en soudage à l'arc et stabilité de l'arc électrique

Tout le secret de bien réussir la soudure à l'arc électrique réside dans le contrôle de l'arc. Pour commencer, il faut apprendre comment amorcer cet arc. C'est tout simple: il suffit de mettre momentanément en contact l'électrode et le métal à souder, puis à retirer l'électrode de façon qu'entre son extrémité et le métal se forme un arc — vous êtes dès lors prêt à commencer le travail de soudure. Il existe deux méthodes pour amorcer l'arc; notre **figure.17** les indique toutes deux.

Fig.17 L'amorçage par tapotement Fig18 L'amorce par frottement



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



3.11 Choix l'intensité du soudage

Tableau.1

EPAISSEURS SOUDABLES* (mm)	DIAMÈTRE D'ÉLECTRODE (mm)	INTENSITÉ MOYENNE (A)
1,6	1,6	40
2,0	2,0	55
2,0 – 3,0	2,5	70
3,0 – 5,0	3,2	110
3,0 – 10	4,0	160
> 8,0	5,0	200
> 10,0	6,3	290

*à plat, bord à bord et en angle

3.12 Exercice 4

Spécialité : Soudage

Module : Soudage SAEEA et TIG en toutes positions

Durée : 30 mn

But : Soudage SAEEA

Matériel requis :
Poste à souder à l'arc électrique enrobée

Mise en situation

Installer et mettre en service un poste de soudage

Marche à suivre

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

1. Montage du poste de soudage.
2. Montage du pistolet ou de la torche de soudage.
3. Approvisionnement du poste de soudage en produits consommables.
4. Application de la méthode de conservation des électrodes selon les normes en vigueur
5. Vérification du bon fonctionnement et entretien de base de l'équipement.

3.13 Comment souder des métaux dissemblables ?

Tableau.2

TYPE DE METAL	Aluminium et ses alliages	Aciers inox austénitiques	Aciers à haut manganèse	Aciers à 13% de chrome	Fontes	Aciers à haut carbone	Acier doux
Acier doux	-	SAFINOX R 312	SAFINOX R 312	SAFINOX R 312	STARCAST BM (2)	SAFINOX R 312	SAFER NF 510 A
Aciers à haut carbone	-	SAFINOX R 312	SAFINOX R 312	SAFINOX R 312	STARCAST BM (2)	SAFINOX R 312	
Fontes	-	STARCAST BM (2)	STARCAST BM (2)	STARCAST BM (2)	STARCAST BM (2)		
Aciers à 13 % de chrome	-	SAFINOX R 316 L	SAFINOX R 312	SAFINOX (1) R 316 L	Pour les cas d'aciers différents et difficilement soudables, utiliser l'électrode SAFINOX BNC 75.15 M.		
Aciers à haut manganèse	-	SAFINOX R 312	SAFINOX R 307				
Aciers inox austéniques	-	SAFINOX R 316 L					
Aluminium et ses alliages	ALCORD 5 Si				SAFINOX BNC 75.15 M		

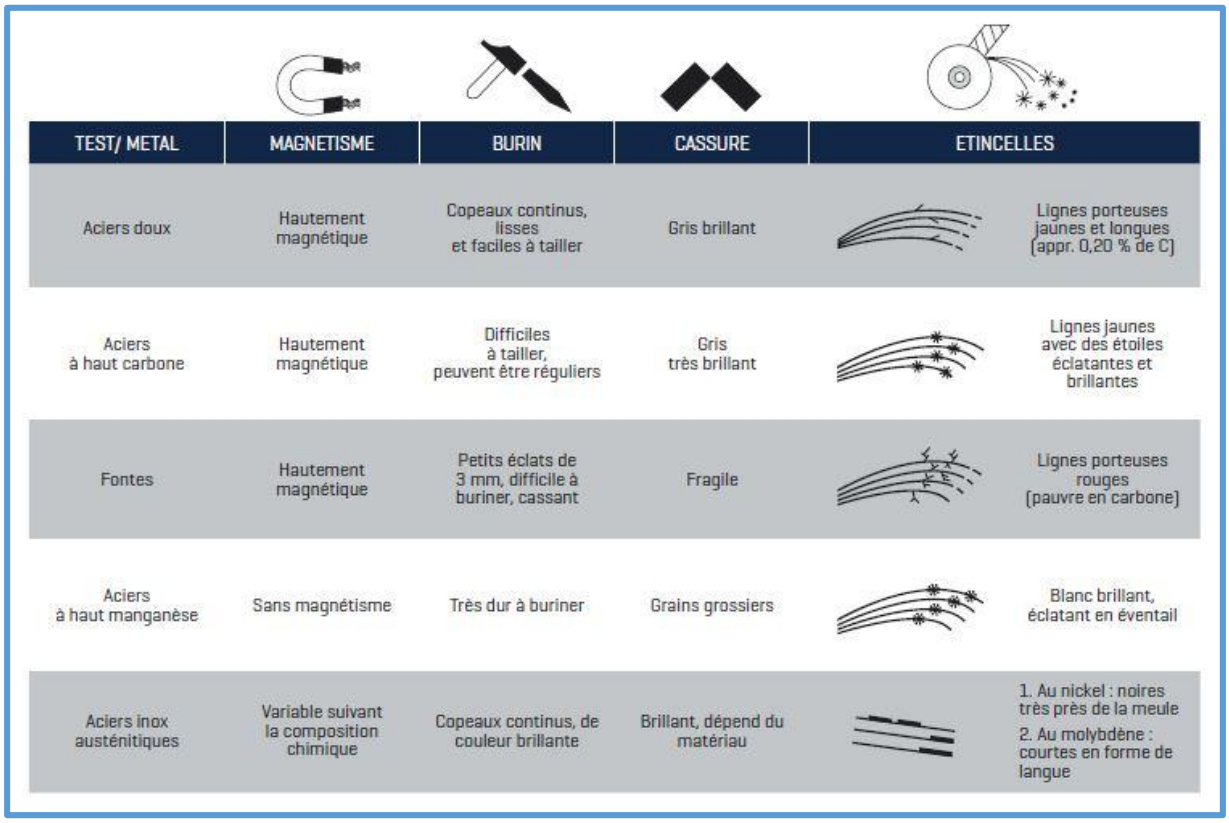
(1) Solution à éviter si présence de vapeurs sulfureuse en service.

(2) Il est aussi possible d'utiliser la STARCAST NI.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

III.14 Conseil pour identifier les métaux

Tableau.3



TEST/ METAL	MAGNETISME	BURIN	CASSURE	ETINCELLES
Aciers doux	Hautement magnétique	Copeaux continus, lisses et faciles à tailler	Gris brillant	Lignes porteuses jaunes et longues (appr. 0,20 % de C)
Aciers à haut carbone	Hautement magnétique	Difficiles à tailler, peuvent être réguliers	Gris très brillant	Lignes jaunes avec des étoiles éclatantes et brillantes
Fontes	Hautement magnétique	Petits éclats de 3 mm, difficile à buriner, cassant	Fragile	Lignes porteuses rouges (pauvre en carbone)
Aciers à haut manganèse	Sans magnétisme	Très dur à buriner	Grains grossiers	Blanc brillant, éclatant en éventail
Aciers inox austénitiques	Variable suivant la composition chimique	Copeaux continus, de couleur brillante	Brillant, dépend du matériau	1. Au nickel : noires très près de la meule 2. Au molybdène : courtes en forme de langue

3.15 Sécurité

3.15.1 Les principaux risques liés au soudage :

L'opération de soudage comporte de nombreux risques, qui dépendent de la technique utilisée :

- Risques liés aux fumées et aux gaz : la fusion des métaux donne naissance à des fumées et gaz toxiques,
- Risques d'incendie et d'explosion,
- Risques d'électrisation : danger présent lors de la création d'arc électrique,
- Risques pour la peau et les yeux : production d'UV nocifs,
- Risques liés à l'exposition au bruit

3.15.2 Règles de sécurité et principales normes :

Vu les risques possibles, la sécurité est un élément primordial. Voici quelques règles élémentaires et les principales normes de sécurité :

1. Porter des gants isolants et des vêtements de protection secs et sans trous.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

2. Couper l'alimentation d'entrée avant d'installer l'appareil.

3. Installer le poste correctement et le mettre à la terre conformément aux normes.

4. L'équipement doit être hors tension lorsqu'il n'est pas utilisé.

5. Porter une visière ou des lunettes de sécurité avec des écrans latéraux.

6. Ne pas placer l'appareil sur, au-dessus ou à proximité de surfaces inflammables.

7. Ne pas souder des métaux munis d'un revêtement, tels que l'acier galvanisé, plaqué en plomb ou au cadmium à moins que le revêtement n'ait été enlevé dans la zone de soudure, que l'endroit soit bien ventilé, et si nécessaire, en portant un respirateur à alimentation d'air.

8. Les porteurs d'un stimulateur cardiaque doivent d'abord consulter leur médecin avant de s'approcher des opérations de soudage.

9. Prévoir une période de refroidissement : respecter le cycle opératoire nominal.

Fig.19 Equipement de sécurité



Résumé

-En soudage à l'arc avec électrode enrobée , la fusion des métaux est obtenue par la chaleur d'un arc électrique établi entre une électrode métallique enrobée et le métal de base.le soudage à l'arc est le procédé de soudage par fusion des bords et addition de métal d'apport.Il permet une grande liberté d'exécution, une grande autonomie, et l'équipement requis est le moins coûteux comparativement aux autres procédés.

De nos jours, on utilise surtout le procédé SAEEA pour effectuer des réparations ou dans certaines applications spécialisées.

Pour réaliser des soudures de qualité, le soudeur doit posséder une grande maîtrise du mode d'exécution des soudures à l'aide du procédé SAEEA.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche de l’exercice de synthèse

Spécialité : Soudage

Module : Soudage SAEEA et TIG en toutes positions

Durée : 60 h

But : Soudage SAEEA

Matériel requis :

Poste à souder à l’arc électrique enrobée

Mise en situation

Appliquer les techniques de soudage

Marche à suivre

1. Utilisation sécuritaire de l’équipement et du matériel de soudage
2. Amorçage de l’arc
3. Maintien des bons angles longitudinal et transversal
4. Contrôle de la longueur de l’arc
5. Maintien d’une vitesse de soudage (avance) appropriée.
6. Maîtrise des techniques de soudage
7. Maîtrise de différentes positions de soudage
8. Exécution de soudures sur les cinq assemblages de base
9. Exécution de différents types de soudures
10. Soudage pleine pénétration conformément aux spécifications
11. Modification de la séquence de soudage, en cours de production, pour prévenir la déformation des pièces
12. Vérification régulière de la conformité des paramètres de soudage aux spécifications en cours de production.
13. Application stricte de la procédure ou de la gamme de soudage

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre.4.
Soudage en TIG

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chap 4 - Soudage en TIG

Introduction

Le procédé TIG est recommandé pour des travaux de précision et des soudures étanches grâce à sa grande qualité de régularité au cordon de soudure.

Fig.1 Métal d'apport

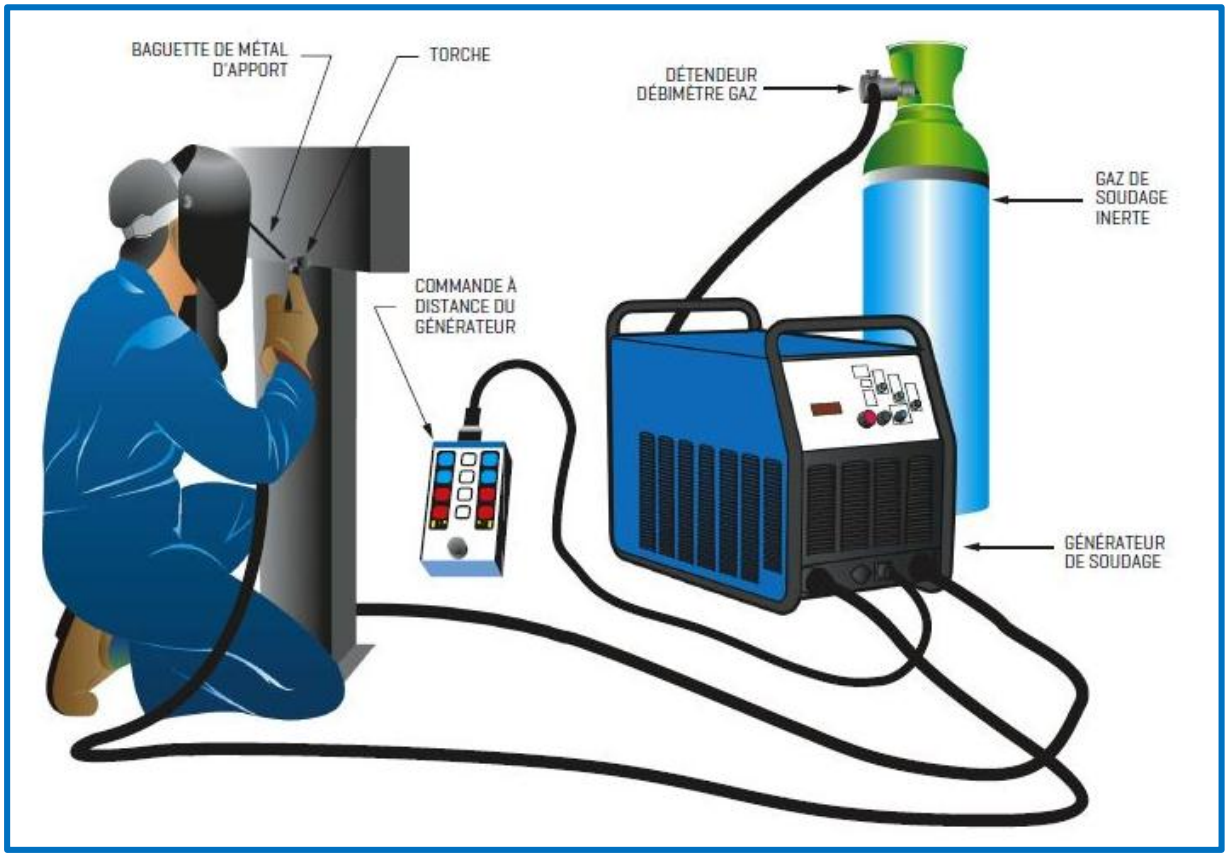


Fig.2 Source de courant



4.1 Schéma type d'une installation manuelle de soudage TIG

Fig.3 installation soudage TIG



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.2 Définition de la soudure TIG (141) :

Ce procédé s'appelle Tungsten Inert Gas (TIG) ou Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) aux USA, WIG en Allemagne, Soudage à l'arc en atmosphère inerte avec électrode de tungstène (Procédé 141). Le poste TIG est une machine qui est désormais un procédé très prisé des entreprises, pour sa précision.

4.3 Principe de la soudure TIG (141) :

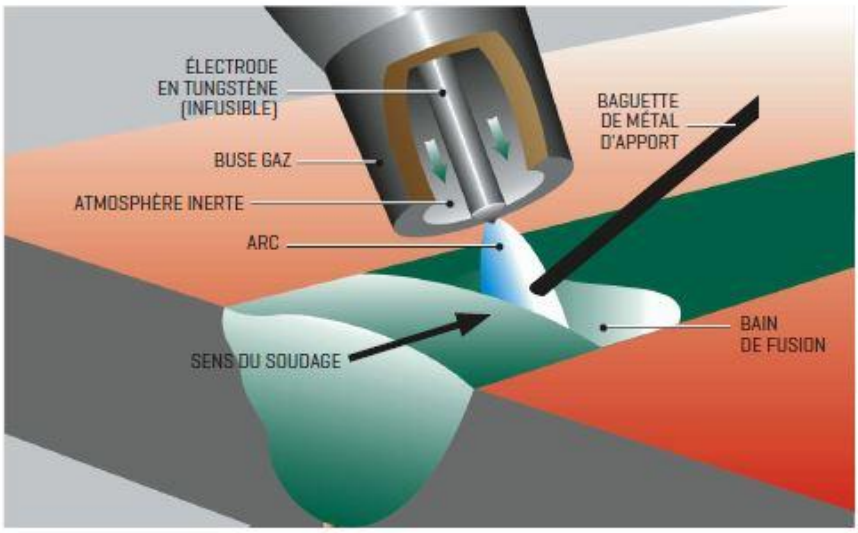
Lorsque le soudeur actionne la gâchette, celui-ci actionne d'une part la sortie du gaz , et en même temps, il ferme le circuit électrique qui permet le passage du courant. Si l'électrode tungstène est suffisamment proche d'une pièce en contact avec la masse, il se crée un arc électrique d'une énergie suffisante pour fondre la matière.

Le soudeur apporte manuellement (ou automatiquement sur certaines installations) le métal d'apport (d'un diamètre d'environ 0,8 mm à 4 mm) pour le mélanger à la matière et ainsi grossir la partie fondue en créant le cordon de soudure. Le tout s'exécute sous protection gazeuse.

La soudure TIG à la particularité d'être exécutée sous protection de gaz inerte avec une électrode non fusible et réfractaire (en tungstène). Les pédales permettent de gérer son intensité directement avec le pied et libèrent la dextérité du poignet. Les torches peuvent aussi être refroidies.

4.4 Description de la torche TIG

Fig.4 La torche TIG



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.5 Paramètres ayant une influence sur la soudure TIG :

- la vitesse de soudage (avance du soudeur)
- le choix et le débit du gaz
- le choix et le débit du métal d'apport
- le choix, l'affûtage et le diamètre de l'électrode réfractaire
- la position de soudage
- la préparation
- la dimension et la nature des matériaux à souder.

4.6 Applications de la soudure TIG :

- la réalisation d'ouvrages alimentaires
- la chaudronnerie d'acier inoxydable
- l'industrie aéronautique et spatiale
- la carrosserie
- plus généralement, les entreprises travaillant des matériaux à bases d'aciers inoxydables * et d'alliages légers

4.7 Avantages du soudage TIG :

- Soudage de précision, Soudure "propre" et de très haute qualité
- Peu de déformations des pièces soudées
- Aspect et esthétique de la soudure
- Pas de laitier et pas besoin de nettoyer la soudure
- Soudage de presque tous les métaux (incluant les métaux de faible soudabilité hors fonte)
- Rapidité de mise en œuvre et une quantité de métal d'apport nécessaire plus faible qu'avec le procédé flamme
- Diminution substantielle des émissions de fumées
- large gamme d'épaisseurs à souder
- simple d'emploi
- procédé automatisable

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.8 Inconvénients :

- Prix de revient élevé de la soudure à cause de l'équipement et de la matière première.
- Faible vitesse de soudage.
- Apport important d'énergie

4.9 Description d'un poste de soudure TIG:

Fig.5 poste de soudure TIG



La torche La protection gazeuse

Il utilise un arc électrique entre une électrode réfractaire de tungstène et la pièce à souder. Un gaz inerte protège la zone de métal en fusion contre l'air ambiant durant le soudage.

4.10 Alimentation électrique dans ce procédé de soudage:

En fonction des matériaux, des dimensions et des épaisseurs à souder, on pourra souder en courant continu à polarité directe, souder en courant pulsé, ou encore souder en courant alternatif :
le courant continu à polarité directe (pôle négatif à l'électrode) s'exécute pour le soudage de tous les métaux, y compris de l'aluminium (avec certaines précautions à prendre)
le courant pulsé, qui consiste à développer des périodes de hautes et de basses intensités, pour réduire le volume de métal fondu. Ceci facilite le travail en position et le soudage des faibles épaisseurs avec une meilleure régularité, surtout au niveau des pénétrations.
le courant alternatif est principalement utilisé pour le soudage des alliages d'aluminium. L'alternance de polarité craque ainsi la couche d'alumine réfractaire pour permettre ensuite la pénétration.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.11 Gaz utilisés en procédé TIG:

- l'argon pur est le plus couramment utilisé en soudage TIG.
- l'hélium utilisé en complément à l'argon, l'arc développe une énergie plus importante et donc des performances accrues du faite du vitesse plus grande. Le cout du soudage est plus important cependant.
- l'hydrogène utilisé en addition avec l'argon permet lui aussi d'obtenir un arc plus énergétique, donc une vitesse de soudage améliorée. En outre, une pénétration plus importante est constatée ainsi qu'un aspect plus esthétique du cordon de soudure.
- l'azote peut aussi être utilisé en complément à l'argon et en très petite quantité pour souder des aciers duplex.

4.12 Buses utilisées en soudure TIG:

Fig.6 Buses céramiques TIG



Les buses utilisées seront soit en céramique (rose foncé), en aluminium (rose clair) ou en corindon(blanc) et auront un diamètre qui pourra varier de 6 mm à 20 mm suivant l'intensité de soudage. Le tableau ci-après donne les valeurs d'intensités et de débit de gaz correspondant aux différents diamètres de buses. On aussi de nos jours de nouveaux kits vendus de la marque CK Worldwide ou furickcup qui sont plus modernes et très tendances.

4.13 Avantages des buses

- Réduction de la consommation de gaz de 40%
- Meilleure protection gazeuse
- Stick-out augmenté à 6x le diamètre de l'électrode
- Meilleure visibilité pour les buses Pyrex

4.14 Les électrodes non fusibles:

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

On peut considérer qu'il éxiste 4 types d'électrodes non fusibles qui peuvent ètre utlisées en soudage TIG:

- Tungstène pur (extrémité verte) utilisée pour les courants alternatifs (alliages d'aluminium)
- Tungstène avec oxyde de zirconium utilisée aussi en courant alternatifs (alliages d'aluminium)
- Tungstène thorié (couleur d'extrémité rouge) utilisée pour les aciers de construction et aciers inoxydables
- Tungstène cérié qui sont moins utilisés

4.15 Affutage des électrodes en tungstène:

Lors de la soudure TIG, l'affûtage des électrodes est un paramètre important puisque la qualité de votre cordon dépendra en partie de cette opération.. En effet, selon que vous soudiez en courant continu ou en courant alternatif, la pointe de l'électrode sera affûtée de façon différente.

Dans tous les cas les stries dues au meulage doivent être dans le sens de l'électrode et devront respecter un angle de 30° à 60° avec un méplat pour éviter les inclusions de tungstène dans le cordon de soudure, si vous soudez des aciers. Un affûtage à 90° sera réalisé pour souder des alliages légers tels que l'aluminium

Fig.7 Affutage correcte

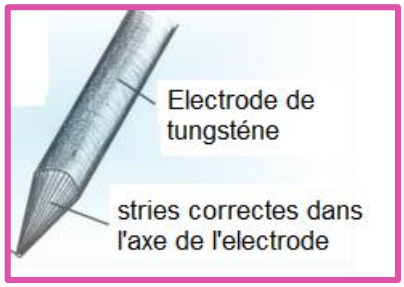
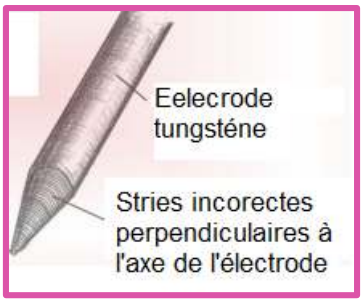


Fig.8 Mauvais affutage de l'électrode



4.16 Récapitulatif simplifié:

4.16.1 Pour les aciers et aciers inoxydables :

- en bout à bout: 20 à 25 Ampères par mm d'épaisseur
- en angle: 30 à 35 Ampères par mm d'épaisseur

4.16.2 Pour les aluminiums et alliages :

- en bout à bout: 35 à 40 Ampères par mm d'épaisseur

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- en angle : 45 à 50 Ampères par mm d'épaisseur
- **Réglages du pré-gaz de 3 secondes et du post-gaz de**
- 8 secondes à 50 A
- 10 secondes à 100 A
- 15 secondes à 200 A
- 25 secondes à 250 A

4.16.3 Pour les aciers et aciers inoxydables * :

Courant continu, polarité directe, électrode en tungstène thorié (rouge), affûtage de 30 à 60°.

4.16.4 Pour les aluminiums et alliages légers :

courant alternatif, électrode en tungstène pur(vert), affûtage de 90°.

Résumé

Le procédé TIG permet d'obtenir des soudures précises, un dépôt dense et est particulièrement approprié pour le soudage des métaux non ferreux ou à faible soudabilité.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fiche de l’exercice de synthèse

Spécialité : Soudage

Module : Soudage TIG en toutes positions

Durée : 60 mn

But : Soudage TIG

Matériel requis :
Poste à souder TIG

Marche à suivre

Appliquer les techniques de soudage TIG

Marche à suivre

1. Utilisation sécuritaire de l’équipement et du matériel de soudage
2. Maintien des bons angles longitudinal et transversal
3. Maintien d’une vitesse de soudage (avance) appropriée.
4. Maîtrise des techniques de soudage
5. Maîtrise de différentes positions de soudage
6. Exécution de soudures sur les cinq assemblages de base
7. Exécution de différents types de soudures
8. Soudage pleine pénétration conformément aux spécifications
9. Modification de la séquence de soudage, en cours de production, pour prévenir la déformation des pièces
10. Vérification régulière de la conformité des paramètres de soudage aux spécifications en cours de production.
11. Application stricte de la procédure ou de la gamme de soudage

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Chapitre.5.Défauts externes sur les soudures et Contrôle de dimensions d'un cordon de soudure

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

CHAPITRE 5 : Défauts externes sur les soudures et Contrôle de dimensions d'un cordon de soudure

Introduction

Il est nécessaire et de la plus haute importance de vérifier la santé des soudures.Il existe plusieurs types de défauts de soudure ainsi que différentes méthodes pour les prévenir et les corriger. Ce chapitre vise à identifier et à décrire les défauts les plus courants en fonction du métal travaillé ou du procédé de soudage utilisé.

5.1 Défauts externes sur les soudures

5.1.1 - Les fissures

On peut distinguer deux types de fissurations :

- La fissuration à chaud,
- La fissuration à froid.

Fig.1 Fissure



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

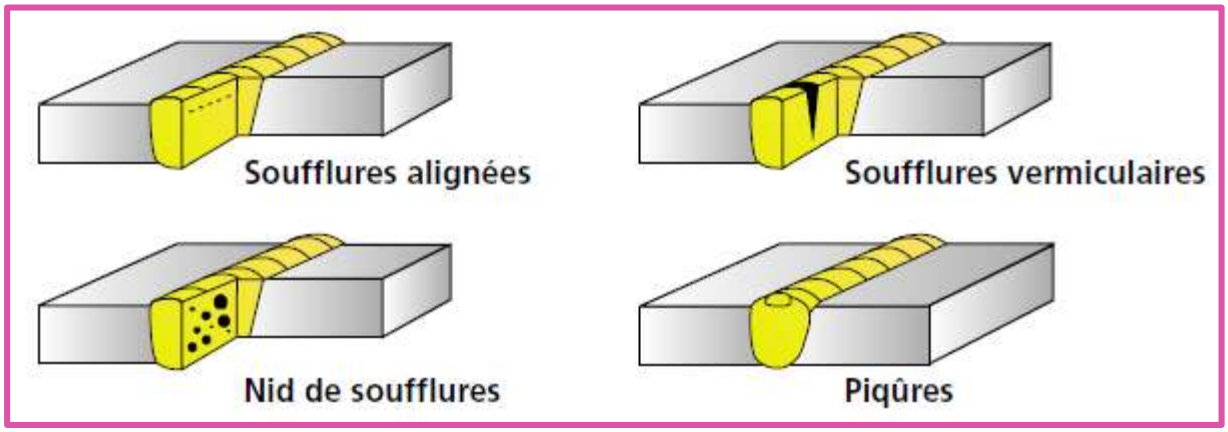
Tableau.1 Causes et moyens de prévention des fissures

	Causes	Moyens de prévention
Fissuration à chaud	− Joints trop étroits − Présence d'impuretés dans la soudure (soufre, phosphore) − Métal d'apport incompatible avec le métal de base − Cordon trop petit − Trop de retrait durant ou après le soudage	− Bonne mesure des angles des chanfreins − Préchauffage et chauffage en cours de soudure − Bon choix du métal d'apport − Refroidissement lent − Traitement thermique après soudage (normalisation, recuit) − Cordon suffisamment large, réduction de la vitesse au besoin − En cas de retrait, léger retour en arrière et ajustement de la procédure de soudage
Fissuration à froid	− Hydrogène coincé dans la soudure − Tensions internes résiduelles importantes	− Préchauffage et chauffage en cours de soudure − Refroidissement lent − Utilisation d'électrodes basiques − Entreposage des électrodes dans un four, au chaud − Traitement thermique après soudage (normalisation, recuit) − Dessoudage (au besoin)

5.1.2 Les soufflures

Les soufflures sont des défauts creux, généralement sphériques, formés par la présence de gaz. Des soufflures débouchantes sont appelées piqûres.

Fig.2 Soufflures



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Tableau.2 Causes et moyens de prévention des soufflures

	Causes	Moyens de prévention
	- Présence de courants d'air - Manque de gaz de protection - Présence d'une substance graisseuse sur le métal de base ou le métal d'apport -Obstruction de la buse - Mauvais angle de soudage - Arc trop long - Présence de l'eau ou des impuretés dans le joint à souder - Une intensité de courant trop faible ainsi qu'une vitesse de soudage trop élevée - Contact entre l'électrode et le métal de base.	- s'assurer que la surface du métal de base est propre de même que l'équipement utilisé - bien protéger le bain de fusion

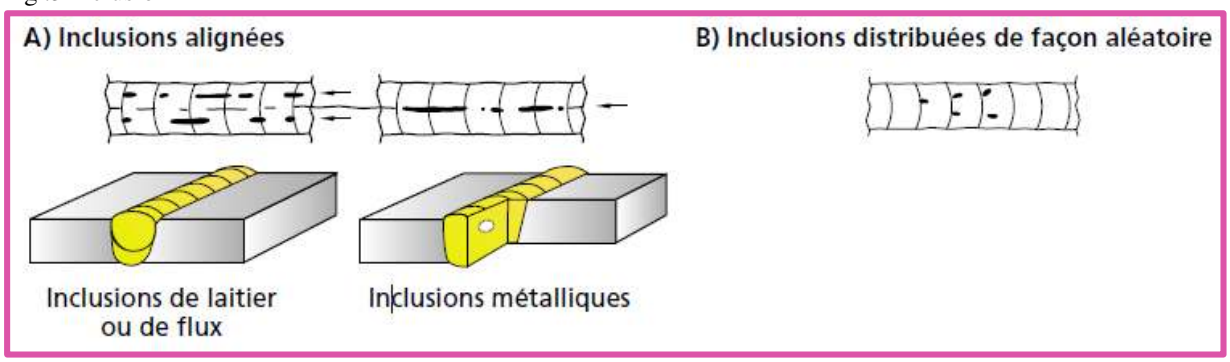
5.1.3Pollution ferreuse

La pollution ferreuse est une corrosion des aciers inoxydables causée par la destruction de la couche superficielle. Elle résulte généralement de l'utilisation d'outils qui ne sont pas en acier inoxydable (brosse ou autres) pendant l'usinage, la mise en forme ou le nettoyage. Dans d'autres cas, elle survient en conséquence des projections de métal fondu lors des opérations de soudage.

5.1.4 Inclusions

Les inclusions désignent l'incorporation, dans le cordon de soudure, d'un composé étranger.On distingue différents types d'inclusions à la figure 3.

Fig .3 inclusion

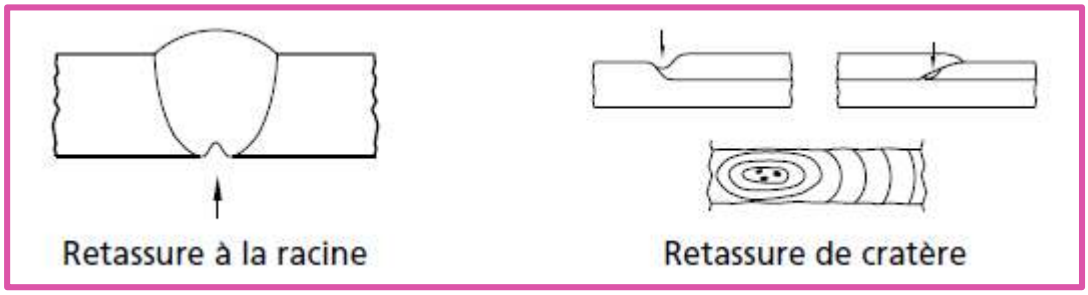


5.1.5 Retassures et criques de solidification

À la suite d'un retrait du métal lors de son refroidissement, un espace vide se forme etapparaît visuellement à la surface ainsi qu'à l'intérieur du cordon (figure 6.8). Certaines retassures ne sont visibles qu'au microscope. Les criques de solidification sont, quant à elles, des retassures non apparentes. Une **retassure à la racine** apparaît sous la soudure au moment de la solidification, tandis qu'une **retassure de cratère** est une cavité dans une reprise non corrigée avant l'exécution de la passe suivante.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

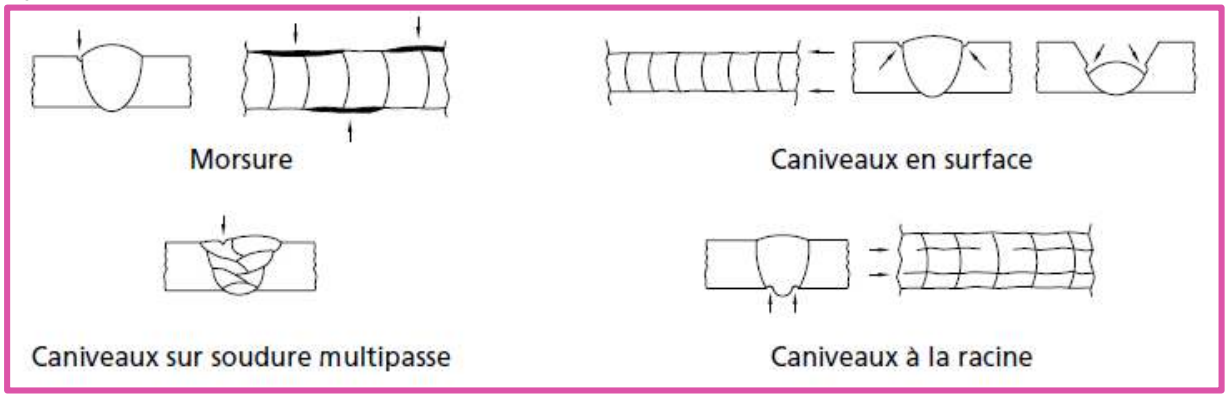
Fig .4 retassures



5.1.6 Morsures et caniveaux

Une morsure est un défaut caractérisé par le creusage ou une insuffisance du métal de base sur une partie du cordon. Un caniveau traverse une grande part du métal de base en raison d'une trop grande chaleur du métal d'apport par rapport à l'épaisseur ou à la densité du métal de base (figure 6.9). Un courant trop fort ou une vitesse d'avance trop élevée favorise l'apparition de caniveaux. Un mauvais angle de soudage de même qu'une longueur d'arc incorrecte peuvent aussi être à l'origine de ce type de défaut.

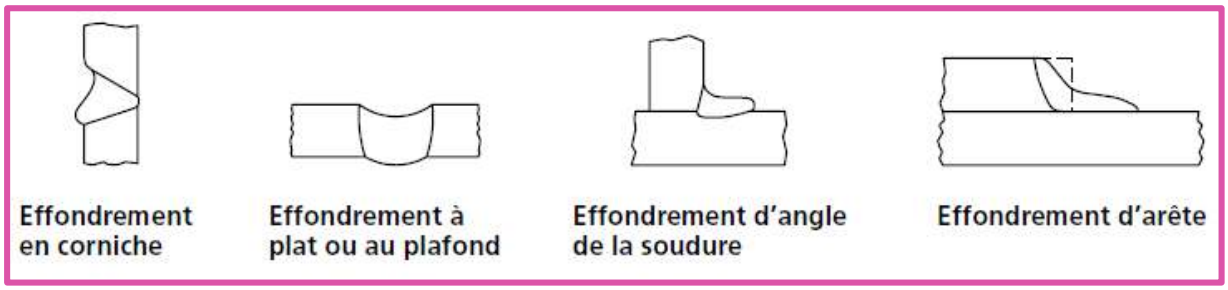
Fig.5 morsure et caniveaux



5.1.7 Effondrements et trous

L'effondrement est le résultat de l'affaissement du métal déposé dû à une fusion excessive. On distingue différents types d'effondrements figure 6.

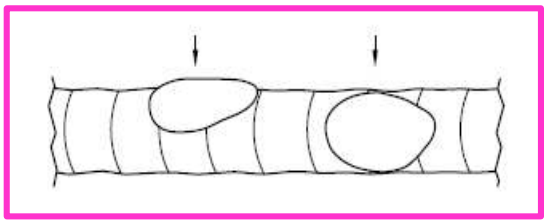
Fig.6 Effondrements et trous



Lorsque l'effondrement du bain de fusion entraîne la perforation de la soudure, on parle alors de trou (figire7).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Fig.7 trou



5.1.8 Exercice 1

Vrai ou faux ?

1. Il est essentiel d'utiliser un métal d'apport compatible avec le métal de base pour prévenir la fissuration.
2. Il faut garder le cordon de soudure le plus étroit possible.
3. Des joints plus larges aident à prévenir la fissuration à chaud.
4. À la fin de la soudure, il faut relever l'électrode le plus rapidement possible.
5. Lors du soudage d'un métal à forte teneur en soufre ou en phosphore, il est recommandé d'utiliser une électrode basique.

5.1.9 Défauts géométriques du cordon

Ce sont des défauts associés à une mauvaise forme de la surface du cordon. Le cordon peut être trop convexe ou trop concave.

Tableau.3

Aspect du cordon	**Causes possibles**	**Moyens de prévention**
Trop large	− Vitesse d'avance trop lente − Mauvais angle de soudure − Arc trop long	− Augmenter la vitesse. − Corriger l'angle. − Rapprocher la torche (ou l'électrode).
Trop étroit	Vitesse d'avance trop rapide	Diminuer la vitesse
Irrégulier	−Intensité du courant trop faible − Mauvais angle de soudure − Arc irrégulier − Mouvements du soudeur non stables	− Augmenter l'intensité. − Corriger l'angle. − Vérifier que le métal de base et l'électrode sont propres, que l'électrode est appropriée, que le courant est constant, que la haute fréquence fonctionne et qu'il n'y a pas de matériel magnétique près de l'arc. − S'assurer que la vitesse d'avance et la longueur d'arc sont stables et ne varient pas.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Tableau.4

Défaut de pénétration	Causes possibles	Moyens de prévention
Excès de pénétration	− Vitesse d'avance trop lente − Intensité du courant trop forte − Mauvaise préparation des bords − Trop de distance entre les pièces − Arc trop court	− Augmenter la vitesse. − Diminuer l'intensité − Utiliser le joint approprié. − Rapprocher les pièces. − Éloigner la torche.
Manque de pénétration	− Vitesse d'avance trop élevée − Intensité du courant trop faible − Chanfrein trop étroit ou absent − Métal de base trop épais et froid	− Diminuer la vitesse. − Augmenter l'intensité − Élargir le chanfrein ou modifier l'écartement des pièces. − S'assurer que le métal de base est préchauffé de façon appropriée.

5.2 Contrôle de dimensions d'un cordon de soudure

5.2.1 Contrôle de la qualité d'un cordon de soudure

Un cordon de soudure de qualité est un cordon :

- régulier, c'est-à-dire dont la largeur et l'épaisseur sont constantes et conformes aux spécifications ;
- dont les stries sont rapprochées les unes des autres ;
- dont les côtés sont bien fusionnés au métal de base ;
- lisse et exempt d'inclusion.

5.2.2 Tolérance générale

La grosseur tolérée des défauts peut dépendre de la grosseur du cordon de soudure, de la nature statique ou dynamique de la pièce, du type d'assemblage, des pressions exercées sur la pièce, de sa fonction et de la visibilité de la soudure (certaines soudures, plus visibles, doivent être plus esthétiques).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

5.2.3 Détection des défauts

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la qualité d'une soudure. Les défauts internes doivent être détectés par rayon X ou par ultrasons. Pour les défauts débouchant, il existe quatre principales méthodes de détection.

Tableau.5

Méthode	Description
Contrôle dimensionnel	Prise des mesures de la soudure pour assurer sa conformité avec les spécifications.
Contrôle visuel	Examen de la soudure, à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe, afin de détecter certains défauts qui débouchent en surface, l'excès ou le manque de métal d'apport, les caniveaux et les défauts de forme du cordon (convexité, concavité).
Contrôle par ressuage	Permet de déceler les petites fissures de surface par l'application d'un liquide teinté, très fluide ; après le nettoyage à l'aide d'un solvant, le liquide qui a coulé au fond des fissures demeure. Ce type de contrôle s'applique à tous les matériaux, mais selon le liquide utilisé, il nécessite parfois l'usage d'une lampe à ultraviolet.
Contrôle magnétique	On recouvre le métal d'une poudre magnétique puis on le soumet à un champ magnétique. Les imperfections provoquent une répartition non uniforme de la poudre. Cette technique n'est cependant applicable qu'aux métaux magnétiques.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Résumé

– La fissuration résulte généralement de tensions internes trop importantes dans le cordon de soudure ou dans la zone chauffée durant le soudage (ZTA). Les fissures peuvent apparaître très tôt (fissuration à chaud) ou des heures, voire des jours après le soudage (fissuration à froid). Les causes les plus fréquentes de fissuration sont un refroidissement trop rapide, un métal d'apport incompatible avec le métal de base ou une mauvaise préparation des joints.

–En plus des fissures, il existe plusieurs types de défauts de soudure : les défauts dimensionnels (mauvaise dimension du cordon sur la largeur ou sur l'épaisseur), les défauts de géométrie du cordon, les défauts de pénétration, les soufflures, les inclusions, les caniveaux, les retassures, les projections et les défauts de fusion.

–Les défauts de soudage peuvent être causés par de nombreux facteurs, dont la vitesse d'avance ou l'intensité du courant. Dans bien des cas, les défauts peuvent être détectés et corrigés en cours de soudage.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Bibliographie

1. wiki How
2. http://joho.monsite.orange.fr/
3. Rocdacier
4. CSMOFMI

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Grille d'évaluation formative				
Eléments d'observation	**évaluation**			
	stagiaire		**formateur**	
	résultats		**résultats**	
	oui	**non**	**oui**	**non**
Application d'un procédé de soudage **1.S'assurer de la qualité de la préparation des pièces à souder** 1.1 .Examen visuel des pièces à souder. 1.2. Examen visuel et dimensionnel des joints d'assemblage : – angle ou rayon des préparations; – talon ou méplat; – accostage des bords (décalage); – écartement des bords (jeu de soudage entre les pièces); – surface des joints 1.3. Nettoyage des pièces. 1.4. Correction des anomalies ou suggestion de corrections **2. Positionner les pièces et les maintenir en position, s'il y a lieu** 2.1. Manutention sécuritaire des pièces à l'aide des appareils de levage appropriés. 2.2. Positionnement des pièces en fonction de l'application du procédé de soudage, avec ou sans l'aide d'un gabarit ou d'un positionneur. 2.3.Maintien en position des pièces par des moyens mécaniques ou par pointage. **3. Installer et mettre en service un poste de soudage** 3.1. Montage du poste de soudage. 3.2. Montage du pistolet ou de la torche de soudage. 3.3. Approvisionnement du poste de soudage en produits consommables 3.4. Application de la méthode de conservation des électrodes selon les normes en vigueur 3.5.Vérification du bon fonctionnement et entretien de base de l'équipement **4. Régler les paramètres de soudage** 4.1. Choix de la polarité selon le procédé utilisé. 4.2. Réglage, selon le procédé utilisé : – de la tension d'arc; – du courant; – de la vitesse de dévidage du fil-électrode; – du débit de gaz de protection. 4.3. Réglage du mode de transfert. **5. Appliquer les techniques de soudage** 5.1. Utilisation sécuritaire de l'équipement et du matériel de soudage. 5.2. Amorçage de l'arc 5.3. Maintien des bons angles longitudinal et transversal 5.4. Contrôle de la longueur de l'arc 5.5. Maintien d'une vitesse de soudage (avance) appropriée 5.6. Maîtrise des techniques de soudage : – en tirant; – en poussant.				

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

5.7. Maîtrise de différentes positions de soudage : – à plat; – horizontal; – vertical montant, s'il y a lieu; – vertical descendant, s'il y a lieu. – au plafond, s'il y a lieu 5.8. Exécution de soudures sur les cinq assemblages de base : – assemblage bout à bout; – assemblage en T; – assemblage à recouvrement; – assemblage en L; – assemblage bord à bord. 5.9. Exécution de différents types de soudures : – soudure sur préparation (groove weld); – soudure d'angle (fillet weld); – soudure en bouchon ou en entaille (plug weld ou slot weld), s'il y a lieu; – soudure sur chant (edge weld), s'il y a lieu; – soudure de rechargement (surfacing), s'il y a lieu. 5.10.Soudage pleine pénétration conformément aux spécifications, s'il y a lieu. 5.11. Maîtrise des techniques de soudage multipasse, s'il y a lieu. 5.12. Modification de la séquence de soudage, en cours de production, pour prévenir la déformation des pièces 5.13. Vérification régulière de la conformité des paramètres de soudage aux spécifications en cours de production 5.14.Application stricte de la procédure ou de la gamme de soudage. **6. Autocontrôler les soudures pendant l'opération de soudage** 6.1. Nettoyage des cordons de soudure. 6.2. Examen visuel et dimensionnel minutieux des cordons de soudure. 6.3. Repérage des défauts apparents 6.4. Modification des paramètres ou des techniques de soudage en fonction des problèmes relevés.				
Commentaire :				

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر