
Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

Chapitre I : Soudage des aciers

| | |
|--|----|
| I.1. Introduction..... | 3 |
| I.2. Classification des différents aciers..... | 3 |
| I.3. Structure des aciers de base..... | 6 |
| I.3.1. Les aciers au carbone..... | 7 |
| I.3.2. Le traitement d'austénitisation..... | 11 |
| I.3.3. La montée en température..... | 11 |
| I.3.4. Le maintien en température..... | 13 |
| I.3.5. Mécanisme de la transformation lors de l'austénitisation..... | 14 |
| I.4. Rôle des éléments d'alliages..... | 15 |
| I.5. Procédés et notions de soudage..... | 21 |
| I.6. Classification des procédés de soudage..... | 24 |
| I.7. Principaux procédés de soudage..... | 26 |
| I.7.1. Le soudage MIG/MAG..... | 27 |
| I.8. L'arc électrique..... | 29 |
| I.8.1. Composition..... | 29 |
| I.9. Références..... | 37 |

Chapitre II : Soudage des aciers faiblement alliés

| | |
|---|----|
| II.1. Notions sur les phénomènes thermiques et métallurgiques de soudage..... | 41 |
| II.2. Aspect thermique liés au soudage..... | 42 |
| II.4. Le joint soudé..... | 45 |
| II.4.1. La zone fondue..... | 45 |
| II.4.2. La zone affectée thermiquement..... | 45 |
| II.4.3. La zone de liaison..... | 46 |
| II.4.4. Le métal de base..... | 46 |
| II.5. Exemples d'étude sur le joint soudé..... | 47 |
| II.5.1. Zone affectée thermiquement (ZAT)..... | 47 |
| II.5.2 La zone fondue (Métal déposé) (ZF)..... | 49 |
| II.6. Cycles thermiques..... | 53 |
| II.6.1. Représentation tridimensionnelle des températures..... | 54 |
| II.7. Transformation au refroidissement..... | 56 |
| II.8. Aspect thermique du soudage..... | 58 |
| II.9. Les conséquences mécaniques du soudage..... | 60 |
| II.10. Les défauts de soudures..... | 62 |
| II.10.1. Les inclusions..... | 62 |
| II.10.2. Les soufflures..... | 62 |
| II.10.3. Les criques..... | 62 |
| II.10.4. Les arrachements lamellaires..... | 63 |
| II.10.5. La fissuration à froid..... | 64 |
| II.11. Autres défauts..... | 65 |
| II.12. Conclusion..... | 66 |
| II.13. Références..... | 67 |

Chapitre III : Méthodes expérimentales

| | |
|---|----|
| III.1. Introduction | 70 |
| III.2. Choix du matériau | 70 |
| III.2.1. Identification du métal d'apport..... | 71 |
| III.2.2 Condition de soudage..... | 71 |
| III.3. Préparation métallographique des échantillons..... | 73 |
| III.5. Observations microscopique..... | 75 |
| III.6. Mesure de microdureté..... | 76 |
| III.7. Observations en microscope électronique à balayage (MEB) | 77 |
| III.8. Analyse par diffraction des rayons X..... | 78 |
| III.9. Calcul la taille des grains..... | 80 |
| III.10. Technique de simulation physique du soudage..... | 81 |
| III.10.1. Introduction..... | 81 |
| III.10.2. Principe | 82 |
| III.10.3. Les conditions des cycles thermiques..... | 86 |
| III.10.4. Plan d'expérience..... | 87 |

Chapitre IV : Résultats et interprétations

Partie A : Effet des traitements thermiques sur le joint soudé

| | |
|---|------------|
| IV. 1. Introduction..... | 90 |
| IV. 2. Évolution des microstructures..... | 92 |
| IV. 3. Effet des traitements thermiques sur le joint soudé..... | 94 |
| IV. 3.1. Effet des traitements thermiques sur la taille des grains..... | 100 |
| VI.4. Analyse par le MEB..... | 101 |
| IV. 5. Les mesures de microdureté..... | 103 |
| IV. 6. Analyse par DRX..... | 106 |
| Partie B : Simulation physique du soudage | 108 |
| IV. I. Introduction..... | 108 |
| IV. 2. Aspects thermiques liés au soudage..... | 108 |
| IV. 3. Limite des zones thermiques considérées dans une section transversale..... | 113 |
| IV. 4. Vitesses de refroidissement dans les zones thermiques considérées..... | 114 |
| IV. 5. Temps de solidification du métal fondu dans la zone de fusion..... | 115 |
| IV. 6. Microstructure après simulation physique..... | 116 |
| IV. 7. Microstructure après soudage | 124 |
| IV. 8. Analyse par MEB | 126 |
| IV. 9. Etude comparative..... | 126 |
| IV. 10. Calcul la taille des grains..... | 128 |
| IV. 11. Mesure de micro dureté | 130 |
| IV. 12. Analyse par DRX..... | 132 |
| IV. 13. Références..... | 133 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| Conclusion générale..... | 136 |
|---------------------------------|------------|