

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**  
**FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**DÉPARTEMENT GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**  
**EN GÉNIE DES PROCÉDÉS**  
**OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉ DE L'ENVIRONNEMENT**

**Comportement à la corrosion de l'acier 9S20K**  
**traité par un procédé d'électrozingage**

**Présenté par :**

**Chekarli Fatima Zahra**

**Bouaouni Wissem**

**Yahi Soulef**

**Dirigé par :**

**Benlahreche Fatima Zohra**

**MCB**

**Année universitaire**

**2019-2020**

**Session : Septembre**

**TABLE DES MATIERES**

<b>TABLE DES FIGURES</b>	I
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	IV
<b>ABREVIATIONS</b>	V
<hr/>	
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	01
<hr/>	
<b>Chapitre I : classification des aciers</b>	
<hr/>	
I. 1. INTRODUCTION	03
I. 2. L'ACIER	03
I. 3. DIFFÉRENTS ACIERS	04
I. 3. 1. Aciers non alliés (aciers au carbone)	05
I. 3. 1. 1. Aciers non alliés d'usage général (S, E ...)	05
I. 3. 1. 2. Aciers spéciaux non alliés, de type C	06
I. 3. 2. Aciers faiblement alliés	06
I. 3. 3. Aciers fortement alliés	07
I. 3. 4. Aciers inoxydables	08
I. 3. 4. 1. Aciers inoxydables austénitiques (Cr+Ni)	08
I. 3. 4. 2. Aciers inoxydables ferritiques (au Cr)...	08
I. 3. 4. 3. Aciers inoxydables martensitiques (0,08 C 1%)	08
I. 3. 5. Influence des éléments d'addition	08
I. 4. DIAGRAMME DE PHASES FER-CARBONE	09
I. 4. 1. Les transformations du système Fer-Carbone	11
1. Acier eutectoïde (0,77 % C)	11
2. Aciers hypoeutectoïdes (0,008 à 0,77 % C)	11
3. Aciers hypereutectoïdes (entre 0,77 et 2,11 % C)	12
I. 4. 2. Les différentes phases du système Fer-Carbone	12
<hr/>	
<b>Chapitre II : Phénomène de corrosion</b>	
<hr/>	
II. 1. INTRODUCTION	14
II. 2. PROCESSUS DE LA CORROSION	14
II. 2. 1. Corrosion chimique	15
II. 2. 2. Corrosion électrochimique	15
II. 2. 2. 1. Potentiel d'électrode	16
II. 2. 2. 2. Couples oxydo-réducteurs	17
<hr/>	

---

II. 2. 3. Corrosion bactérienne	17
II. 3. DIFFERENTS TYPES DE CORROSION	19
II. 3. 1. La corrosion généralisée	19
II. 3. 2. La corrosion galvanique	20
II. 3. 3. La corrosion caverneuse	21
II. 3. 4. La corrosion par piqûres	22
II. 3. 5. La corrosion-érosion	23
II. 3. 6. La corrosion-cavitation	24
II. 3. 7. La corrosion intergranulaire	25
II. 3. 8. La corrosion sélective	25
II. 3. 9. La corrosion-frottement	26
II. 3. 10. La corrosion sous contrainte	26
II. 3. 11. La fatigue-corrosion	27
II. 3. 12. La corrosion sèche	28
II. 4. MOYENS DE PROTECTION CONTRE LA CORROSION	28
II. 5. PROTECTION PAR REVETEMENTS	30
II. 5. 1. Protection par revêtement non métallique	30
II. 5. 1. 1. Peinture	30
II. 5. 1. 2. Matières plastiques	31
II. 5. 2. Protection chimique superficielle (les couches de conversion)	32
II. 5. 2. 1. L'anodisation	32
II. 5. 2. 2. La phosphatation	33
II. 5. 2. 3. La chromatisation	33
II. 5. 3. Protection par revêtements métalliques	33
II. 5. 3. 1. Protection par revêtement anodique	33
II. 5. 3. 2. Protection par revêtement cathodiques	34
II. 5. 3. 3. Techniques de revêtement métallique	34
a) Les dépôts électrolytiques	34
b) Les dépôts chimiques (ou autocatalytiques)	35
c) Les dépôts en phase vapeur	36
d) Les dépôts par immersion	37
e) Dépôts par projection thermique	37
II. 6. METHODES D'ETUDES DE REVETEMENTS DE SURFACES	38
II. 6. 1. Méthodes qualitatives	38
II. 6. 1. 1. Observations visuelles des surfaces	38
II. 6. 1. 2. Mesure du potentiel	38
II. 6. 2. Méthodes quantitatives	38
II. 6. 2. 1. Méthodes gravimétriques	38
II. 6. 2. 2. Méthode potentiostatique	39
II. 7. CRITERES DE CHOIX D'UNE METHODE DE PROTECTION	40

---

---

**Chapitre III : Le zingage électrolytique**


---

III. 1. HISTORIQUE	41
III. 2. PROTECTION ANTICORROSION DES ACIERS PAR LE ZINC	41
III. 2. 1. La protection par barrière	41
III. 2. 2. La protection galvanique	43
III. 3. DIFFERENTS PROCEDES DE REVETEMENTS PAR LE ZINC	43
III. 3. 1. Galvanisation à chaud : immersion dans un bain de zinc fondu	44
III. 3. 2. Shérardisation / diffusion thermique	45
III. 3. 3. Métallisation	46
III. 3. 4. Electrozingage ou zingage électrolytique	47
III. 4. LE ZINGAGE ELECTROLYTIQUE	47
III. 4. 1. Histoire	47
III. 4. 2. Zinc	48
III. 4. 3. Procédé	49
III. 4. 4. Préparation de surface	50
III. 4. 4. 1. Prétraitement mécanique	51
III. 4. 4. 2. Décapage mécanique	51
III. 4. 4. 3. Dégraissage chimique	51
III. 4. 4. 4. Dégraissage aux ultrasons	52
III. 4. 4. 5. Dégraissage électrolytique	53
III. 4. 4. 6. Activant acide/décapage	53
III. 4. 5. Les électrolytes de zingage	54
III. 4. 5. 1. Les électrolytes alcalins	55
III. 4. 5. 2. Les électrolytes acides	56
III. 4. 5. 3. La passivation chromique	57
a) La chromatisation au Cr <sup>VI</sup>	57
b) La passivation au Cr <sup>III</sup>	58

---

**Chapitre IV : Matériau et techniques de caractérisation**


---

IV. 1. INTRODUCTION	59
IV. 2. MATERIAUX	60
IV. 3. MODE DE PREPARATION DES ECHENTILLONS	60
IV. 3. 1. Découpage à froid	60
IV. 3. 2. Polissage	61
IV. 3. 3. Dégraissage	62
IV. 3. 3. 1. Dégraissage chimique	63
IV. 3. 3. 2. Dégraissage électrolytique	63
IV. 3. 4. Décapage	64
IV. 3. 5. Rinçage	64

---

---

IV. 3. 6. Zingage électrolytique	64
IV. 3. 7. Passivation jaune	66
IV. 4. TECHNIQUE DE CARACTERISATION	66
IV. 4. 1. Microscope optique	67
IV. 4. 2. Diffraction des rayons X	67
IV. 4. 3. La microdureté	68
IV. 5. TECHNIQUE ELECTROCHIMIQUES	69

---

**Chapitre V : Résultats et discussion**

---

V. 1. INTRODUCTION	71
V. 2. CARACTERISATION DE L'ACIERS 9S20K A L'ETAT BRUT	71
V. 2. 1. Composition chimique	71
V. 2. 2. Etude métallographique	72
V. 2. 3. Diffraction des rayons X (DRX)	72
V. 2. 4. Caractérisation par microdureté	72
V. 2. 5. Caractérisation électrochimique par polarisation par potentiodynamique	74
V. 3. INFLUENCE DE TEMPS D'IMMERSION(SEJOUR)	74
V. 3. 1. Caractérisation métallographique de l'acier 9S20K traite	74
V. 3. 2. Diffraction des rayons X de l'acier 9S20K traite	75
V. 3. 3. Caractérisation par microdureté de l'acier 9S20K traite	76
V. 3. 4. Caractérisation électrochimique de l'acier 9S20K traite	76
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>80</b>
<b>ANNEXES</b>	

---

## RESUME

Ce travail avait pour objectif de mettre en évidence les avantages apportés par revêtement d'électrozingage en bain acide sur les propriétés mécaniques et électrochimiques de l'acier 9S20K traité pendant 20 et 30 min. Différentes techniques performantes de caractérisation ont été utilisées.

L'électrozingage, encore connue sous le nom de zingage électrolytique, est un procédé simple d'utilisation et économiquement compétitif. Il est réalisé par électrolyse d'une solution aqueuse contenant des sels métalliques de zinc.

Nous avons effectué ce traitement de l'électrozingage ont fait varier le temps de séjours, le premier temps d'immersion s'étale a une durée de 20 min et le second il est de l'ordre de 30 min.

Les micrographies obtenues à l'état brut et à l'état traité ont bien montré les couches formées lors de ce traitement, ils nous ont permis de délimiter la couche de zingage (Zn pur) et de chromatation ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) formées.

L'analyse par diffraction des rayons X des échantillons traités pendant 20 et 30 min, nous ont permis l'identification de zinc formés. Ceci confirme que le traitement effectué selon les conditions déjà présentées est efficace.

Afin de vérifier la qualité du comportement mécanique des couches formées lors du traitement d'électrozingage pendant 20 et 30 minutes d'immersion, des tests de la microdureté Vickers ont été effectué à la surface. Les résultats obtenus ont bien montré l'augmentation de la dureté de la surface par rapport à celle du cœur qui correspond à la dureté de l'acier à l'état brut.

En vue de montrer les avantages apportés par le traitement d'électrozingage sur le comportement à la corrosion de cet acier, des courbes de polarisation potentiodynamiques ont été tracées dans un milieu agressif souvent rencontré dans la littérature : une solution d'acide chlorhydrique décimolaire (0,1 M).

Les courbes de polarisation obtenues après traitement d'électrozingage (20 et 30 min), ont montrés le déplacement du potentiel de corrosion dans le sens positif, suivi par une diminution significative de la densité de courant de corrosion, donc une augmentation considérable de la résistance de polarisation.

On peut conclure que le traitement d'électrozingage est un procédé efficace de traitement de surface pour améliorer le comportement mécanique et électrochimique des aciers non alliés, néanmoins le temps de séjour est un facteur essentiel dans ce procédé.

### Mot clés:

Acier, corrosion, électrozingage, DRX, dureté, courbes de polarisation potentiodynamique.