

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES  
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre :.....

Série :.....

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : génie chimique**

**ETUDE DE L'INFLUENCE D'UN TRAITEMENT DE SURFACE SUR**

**LE COMPORTEMENT ELECTROCHIMIQUE DE L'ACIER**

**FAIBLEMENT ALLIE C15**

Dirigés par:

Encadreur :

**BENLAHRECHE\_ NOUCER f.z MAA**

Co-Encadreur :

**NOUCER EL AMINE MCA**

Présenté par :

**HAZMOUNE Hichem**

**BOUBETA Lezhar**

Année Universitaire 2015/2016.

Session : (juin)

---

**SOMMAIRE**


---

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------	---

---

**CHAPITRE I/ LES TRAITEMENTS THERMOCHIMIQUES**


---

I.1 INTRODUCTION	3
I.2 LA CEMENTATION	3
I.2.1 Principe de cémentation	4
I.2.2 Techniques de cémentation	4
<i>I.2.2.1 Cémentation solide ou cémentation en caisse</i>	4
<i>I.2.2.2 Cémentation liquide</i>	5
<i>I.2.2.3 Cémentation gazeuse</i>	6
<i>I.2.2.4 Cémentation ionique</i>	6
I.2.3 Traitements thermiques après cémentation	7
I.2.4 Propriétés des pièces cémentées	8
I.3 LA NITRURATION	8
I.3.1 Principe de nitruration	8
I.3.2 Techniques de nitruration	8
<i>I.3.2.1 La nitruration gazeuse</i>	8
<i>I.3.2.2 La nitruration en bain de sel</i>	9
<i>I.3.2.3 La nitruration ionique</i>	10
I.3.3 Mécanismes de formation des couches nitrurées	10
<i>I.3.3.1 Couche de combinaison (couche blanche)</i>	12
<i>I.3.3.2 La couche de diffusion</i>	13

---

**CHAPITRE II / ASPECT CINETIQUE DE LA CORROSION**


---

II.1 ASPECTS THEORIQUES	14
II.1.1 Définition	14
II.1.2 Nature électrochimique de la corrosion	14
II.1.3 Cinétique électrochimique	15
II.1.4 Polarisation de transfert de charges (ou d'activation)	15
<i>II.1.4.1 Résistance de polarisation</i>	16
<i>II.1.4.2 Droites de Tafel</i>	16
II.2 MOYENS D'ETUDE DE LA CORROSION	20
II.2.1 Techniques Electrochimiques	20
<i>II.2.1.1 Techniques stationnaires</i>	20
<i>II.2.1.2 Technique non-stationnaire (ou transitoire) : impédances électrochimiques</i>	21
II.2.2 Techniques de caractérisation des surfaces et des interfaces	24

---

---

**CHAPITRE III/MATERIAU ET TECHNIQUES EXPERIMENTAL**


---

III.1 MATERIAU ETUDIE ET CONTEXTE EXPERIMENTAL	26
III.1.1 Matériau étudié	26
III.1.2 Préparation des échantillons	26
III.1.2.1 Découpage des échantillons	26
III.1.2.2 Polissage	27
III.1.2.3 Attaque chimique	27
III.1.3 Techniques expérimentales	27
III.1.3.1 Mise en œuvre du traitement de cémentation	27
III.1.3.2 Mise en œuvre du traitement de nitruration	28
III.2 TECHNIQUES DE CARACTERISATION	30
III.2.1 Examen au microscope	30
III.2.2 Diffractions des rayons X	31
III.2.3 Essais de la microdureté	32
III.2.4 Spectrométrie Raman	33
III.3 TECHNIQUES ELECTROCHIMIQUES	34
III.3.1 Appareillage	34

---

**CHAPITRE IV / RESULTATS ET DISCUSSION**


---

IV.1 INTRODUCTION	36
IV.2 CARACTERISATION DE L'ACIER C15 A L'ETAT BRUT	36
IV.2.1 Composition Chimique	36
IV.2.2 Etude métallographique	36
IV.2.3 Diffraction des rayons X (DRX)	37
IV.2.4 Spectroscopie Raman	37
IV.3 CARACTERISATION DE L'ACIER C15 APRES TRAITEMENT DE CEMENTATION	38
IV.3.1 Etude métallographique de l'acier C15 cémenté	38
IV.3.2 Diffraction des rayons X de l'acier C15 Cémenté	39
IV.3.3 Spectroscopie Raman de l'acier C15 Cémenté	39
IV.3.4. Caractérisation par Microdureté de l'acier C15 Cémenté	40
IV.4. CARACTERISATION DE L'ACIER C15 APRES TRAITEMENT DE NITRURATION	41
IV.4.1 Etude métallographique	41
IV.4.2 Diffraction des rayons X de l'acier C15 Nitruré	42
IV.4.3 Spectroscopie Raman	42
IV.4.4 Caractérisation par Microdureté	43
IV.5 RESULTATS ELECTROCHIMIQUES	44
IV.5.1 Caractérisation avant traitement de nitruration (à l'état brut)	44
IV.5.1.1 Evolution du potentiel d'équilibre	44
IV.5.1.2 Courbes de polarisation cyclique	45
IV.5.1.3 Diagrammes d'impédance	47

IV.5.2 Caractérisation après traitement de nitruration	49
<i>IV.5.2.1 Evolution du potentiel d'équilibre</i>	49
<i>IV.5.2.2 Courbes de polarisation cyclique</i>	50
<i>IV.5.2.3 Diagrammes d'impédance</i>	51
<hr/>	
CONCLUSION GENERALE	54
<hr/>	
BIBLIOGRAPHIE	55
<hr/>	
ANNEXES	
<hr/>	

## المخلص

الهدف من هذا العمل هو تحسين السلوك الفيزيوكيميائي للحديد (ال فولاذ) C15 بواسطة المعالجة السطحية ، عدة طرق فعالة للمعاينة استعملت في الدراسة .

في المرحلة الأولى قمنا بمعالجة الكربنة عند الدرجة 950 درجة مئوية ثم معالجة بالنترجة عند 580 درجة مئوية. صور العينات قبل وبعد المعالجة بينت التغيرات البنيوية التي حدثت أثناء هذه المعالجة .

الملاحظات المجهرية مكنت من تحديد كلا من طبيعتي طبقة الكربنة و النترجة.

التحليل بالأشعة X ومطيافية رمان مكنت من معرفة مختلف كبريدات و نترجات الحديد المتشكلة .

قياس الصلادة بين التحسينات التي حدثت علي صلادة السطح. مختلف المعينات الكهروكيميائية للحديد C15 المعالج بالنترجة بينت أيضا زيادة مقاومة التآكل وهذا نتيجة للمعالجة السطحية المطبقة.

مختلف نتائج التحاليل المتحصل عليها بينت التحسينات في السلوك الميكانيكي و الكهروكيميائي لهذا الفولاذ.

## الكلمات المفتاحية

الفولاذ C15 ، الكربنة ، النترجة ، المعاينة

## Résumé

Ce travail avait pour objectif d'améliorer le comportement physico-chimique de l'acier faiblement allié le C15 par des traitements de surface. Différentes techniques performantes de caractérisation ont été utilisées. En premier temps nous avons effectué un traitement de cémentation à 950°C, puis un traitement de nitruration en bains de sel à 580°C.

Les micrographies obtenues à l'état brut et à l'état traité ont bien montré les changements structuraux effectués lors de ces traitements, Les observations microscopiques nous ont permis de délimiter la couche de cémentation et de nitruration.

L'analyse par diffraction des rayons X et spectroscopie Raman des échantillons traités nous ont permis l'identification les différents carbures ( $Fe_2C$ ,  $Fe_3C$ ) et nitrides ( $Fe_{2,3}N$ ,  $Fe_4N$ ) de fer formés.

Les tests de la microdureté Vickers effectués sur des coupes perpendiculaires des échantillons traités, ont bien montré l'augmentation de la dureté de la surface par rapport à celle de la matrice suite à la formation de carbures et nitrides de fer.

Les différents résultats de la caractérisation électrochimiques de C15 nitruré, ont également montré l'augmentation de la résistance de corrosion de cet acier suite au traitement appliqué.

L'analyse de différents résultats obtenus a mis en évidence les améliorations apportées par ces traitements sur le comportement mécanique et électrochimique de l'acier.

## Mots clés

Acier C15, Cémentation, nitruration, caractérisation