

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



**UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03**  
**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES**  
**DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

## **Mémoire**

**PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER**  
**EN GENIE DES PROCEDES**  
**OPTION : GENIE DES PROCEDE DE L'ENVIRONNEMENT**

**ETUDE DE L'INFLUENCE D'UN TRAITEMENT DE**  
**NITRURATION EN BAIN DE SELS ET PAR PLASMA LES**  
**PROPRIETES PHYSICO-CIMIQUES DE DEUX ACIERS A**  
**BASE DE CARBONE**

**Présenté par :**

**M<sup>me</sup> Seraghni Nousseiba Iman**

**M<sup>me</sup> Remli Meriem**

**Dirigé par :**

**M<sup>me</sup> Benlahreche F Zohra**

**MMA**

**Session : Juin**

**2017-2018**

---

## SOMMAIRE

---

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

---

### CHAPITRE I/ CLASSIFICATION DES ACIERS

---

<b>I.1.INTRODUCTION</b>	3
<b>I.2 DEFINITION DE L'ACIER</b>	3
<b>I.3 DIAGRAMME D'EQUILIBRE FE-C</b>	3
<b>I.4 LES DIFFERENTES CLASSES D'ACIERS</b>	4
<b>I.4.1. Aciers non alliés (Aciers au carbone)</b>	4
<i>I.4.1.1. Aciers non alliés d'usage général (S, E, etc.)</i>	4
<i>I.4.1.2. Aciers spéciaux, non alliés, de type C</i>	5
<b>I.4.2. Aciers faiblement alliés pour haute résistance</b>	6
<i>I.4.2.1. Aciers de cémentation (% en carbone &lt; 0,2 %</i>	6
<i>I.4.2.2. Aciers pour trempe dans la masse</i>	6
<b>I.4.3. Aciers fortement alliés</b>	7
<b>I.4.4. Aciers inoxydables</b>	7
<i>I.4.4.1. Aciers inoxydables austénitiques (Cr + Ni)</i>	7
<i>I.4.4.2. Aciers inoxydables ferritique (au chrome)</i>	8
<i>I.4.4.3. Aciers inoxydables martensitiques (<math>0,08 \leq C \leq 1</math> %)</i>	8
<i>I.4.4.4. Aciers inoxydables à durcissement par précipitation</i>	8

---

### CHAPITRE 2/ LES TRAITEMENTS THERMOCHIMIQUES DES ACIERS

---

<b>II.1 INTRODUCTION</b>	9
<b>II.2 LES PRINCIPAUX TYPES DE TRAITEMENTS THERMOCHIMIQUES DE L'ACIER</b>	12
<b>II.2.1. La Cémentation</b>	12
<i>II.2.1.1. Principe de la cémentation</i>	12
<i>II.2.1.2. Traitement thermique après cémentation de l'acier au</i>	14

---

---

<i>carbone</i>	
<b>II.2.2. La Nitruration Gazeuse</b>	15
<i>II.2.2.1. Pratique de la nitruration gazeuse</i>	15
<i>II.2.2.2. Mécanisme de la nitruration gazeuse</i>	15
<b>II.2.3. La Cyanuration</b>	17
<i>II.2.3.1. Chimie du procédé</i>	17
<i>II.2.3.2. Mécanisme</i>	17
<b>II.2.4. La Nitruration Liquide</b>	18
<i>II.2.4.1. Chimie du procédé</i>	18
<i>II.2.4.2. Structure de la zone nitrurée</i>	18
<b>II.2.5. La Carbonitruration</b>	19
<i>II.2.5.1. Pratique de la carbonitruration</i>	19
<i>II.2.5.2. Mécanisme de la carbonitruration</i>	19
<b>II.2.6. La Nitruration Ionique</b>	20
<b>II.3 LES COUCHE DE NITRURATION</b>	21
<b>II.3.1 Couche de combinaison ou "couche blanche"</b>	21
<b>II.3.2 Couche de diffusion</b>	21

---

**CHAPITRE 3 / MATERIAUX ET TECHNIQUES EXPERIMENTALES**

---

<b>III.1. INTRODUCTION</b>	23
<b>III.2. MATERIAUX ETUDIES</b>	23
<b>III.3. PREPARATION DES ECHENTILLONS</b>	24
<b>III.3.1. Découpage à froid</b>	24
<b>III.3.2. Polissage</b>	24
<b>III.3.3. Attaque chimique</b>	25
<b>III.4. TECHNIQUES EXPERIMENTALES</b>	25
<b>III.4.1. Mise en œuvre du traitement de nitruration en bain de sels</b>	25
<b>III.4.2. Mise en œuvre du traitement de nitruration gazeuse (assisté par plasma)</b>	28
<i>III.4.2.1 Le four de nitruration par plasma</i>	29
<i>III.4.2.2 Gaz utilisés</i>	30
<i>III.4.2.3 Le générateur plasma</i>	31
<i>III.4.2.4 Les étapes de la nitruration par plasma (Annexe III.1)</i>	32

---

<b>III.5. TECHNIQUES DE CARACTERISATION</b>	34
<b>III.5.1. Analyse chimique</b>	34
<b>III.5.2. Caractérisation métallographique</b>	34
<b>III.5.3. Diffractions des rayons X</b>	35
<b>III.5.4. Caractérisation mécanique (Dureté Vickers)</b>	36

---

**CHAPITRE 4 / RESULTATS ET DISCUSSIONS**

---

<b>IV.1. INTRODUCTION</b>	39
<b>IV.2. ANALYSE SPECTRALE</b>	39
<b>IV.3. CARACTERISATION METALLOGRAPHIQUE DES ACIERS</b>	40
<b>20MnCr5, 42CrMo4 A L'ETAT BRUT</b>	
<b>IV.3.1. Caractérisation par diffraction des rayons X des aciers</b>	41
<b>20MnCr5, 42CrMo4 à l'état brut</b>	
<b>IV.4. CARACTERISATION METALLOGRAPHIQUE DES ACIERS</b>	42
<b>20MnCr5, 42CrMo4 APRES TRAITEMENT DE NITRURATION</b>	
<b>IV.4.1 Après traitement de nitruration en bain de sel</b>	42
<b>IV.4.2 Après traitement de nitruration par plasma</b>	44
<b>IV.5. CARACTERISATION PAR DIFFRACTION DES RAYONS X DES</b>	47
<b>ACIERS NITRURE</b>	
<b>IV.6. CARACTERISATION PAR MICRODURETE DES ACIERS NITRURES</b>	49
<b>IV.6.1 Après traitement de nitruration en bain de sel</b>	49
<b>IV.6.2 Après traitement de nitruration par plasma</b>	51
<b>IV.7. COMPARAISON DES RESULTATS DE DIFFERENT TYPE DE</b>	51
<b>TRAITEMENT DE NITRURATION</b>	

---

<b>CONCLUSION GENERALE</b>	53
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	54
<b>NOMENCLATURE</b>	
<b>ANNEXES</b>	

---

## **Résumé**

L'objectif de ce travail est d'améliorer les propriétés physico-chimiques des aciers au carbone, le 20MnCr5 et le 42CrMo4 par des traitements de surface.

Le premier traitement consiste à une nitruration liquide où dite en bain de sels effectuée à 580°C, le second traitement est une nitruration ionique où dite aussi par plasma effectuée à 570°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 combinaison pour ces deux traitements.

L'analyse par diffraction des rayons X des échantillons traités nous ont permis l'identification les différents nitrides ( $\text{Fe}_{2-3}\text{N}$ ,  $\text{Fe}_4\text{N}$ ) 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 ces nitrides de fer.

***Mots clefs : 20MnCr5, 42CrMo4, nitruration en bain de sels, plasma, dureté***

## **Abstract**

The objective of this work is to improve the physicochemical properties of carbon steels, 20MnCr5 and 42CrMo4 by surface treatments.

The first treatment consists of a liquid nitriding where said baths of salts carried out at 580 ° C, the second treatment is an ionic nitriding or plasma also performed at 570 ° C.

The micrographs obtained in the raw state and in the treated state clearly showed the structural changes made during these treatments. Microscopic observations allowed us to delimit the carburizing and nitriding layer.

X-ray diffraction analysis of the treated samples allowed us to identify the various carbides ( $\text{Fe}_2\text{C}$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) and nitrides ( $\text{Fe}_{2-3}\text{N}$ ,  $\text{Fe}_4\text{N}$ ) of iron formed.

The Vickers microhardness tests carried out on perpendicular sections of the treated samples have clearly shown the increase in the hardness of the surface relative to that of the matrix following the formation of iron carbides and nitrides.

***Key words: 20MnCr5, 42CrMo4, salt bath nitriding, plasma, characterization, hardness***