

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique**

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique des matériaux

Mémoire de Master

Etude et caractérisation des tôles d'acier émaillées

Étudié par : Hamar Abderrahim

Dirigé Par : Dr. Keraghel Fatiha

Mr. Tebbane Samir

Devant le jury :

(Président) : M. Rahmani Mohamed

(Examineur) : Dr.M.L Bella Mohamed

Soutenue le: 11/09/2023

Table des matières

Introduction générale.....	1
I.1 Définition d'un acier.....	2
I.2 Diagramme d'équilibre Fer-Carbone.....	2
I.3 Aspects micrographiques des constituants d'acier.....	3
I.4 Les différentes classes d'aciers.....	5
I.4.1 Classification selon la composition chimique.....	5
I.4.2 Classification selon le domaine d'utilisation.....	8
I.6 Produits sidérurgiques.....	9
I.6.1 Produits semi-finis.....	9
I.6.1.1 Les brames.....	10
I.6.1.1 Les blooms.....	10
I.6.1.3 Les billettes.....	11
I.6.2 Produits finis.....	11
I.6.2.1 Produits longs.....	11
I.6.1.2. Produits plats.....	11
I.7 Laminage à chaud.....	12
I.8 Laminage à froid.....	13
I.9 Corrosion des métaux.....	14
I.9.1 Définition.....	14
I.9.2 Types de corrosion.....	15
I.9.2.2 Corrosion aqueuse.....	15
I.9.3 Lutte contre la corrosion.....	15
II.1. Définition de l'émail.....	16
II.2 Composition de l'émail.....	16
II.2.1 Réfractaires.....	16
II.2.2 Fondants.....	16
II.2.3 Produits d'addition.....	17
II.2.3.1 Agents d'adhérence.....	17
II.2.3.2 Opacifiants.....	17
II.3 Fabrication des émaux.....	17
II.3.1 Fritte.....	17
II.3.2 Colorants.....	17

II.4 Préparation de la barbotine d'email	18
II.5 L'émaillage.....	18
II.5.1 Traitement de surface	19
II.5.2 Méthodes d'application sur le métal	20
II.5.2.1 Trempé	20
II.5.2.2 Application au pistolet	20
II.5.3 Séchage.....	20
II.5.4 Cuisson	21
II.6 Les différents types d'émaux	21
II.6.1 L'émail de masse	21
II.6.2 Les émaux de couvertes.....	22
II.6.3 L'émail auto nettoyant	22
II.6.4 les émaux pour cuisson à basse température.....	23
II.7 Propriétés d'emploi.....	23
II.7.1 Adhérence	23
II.7.2 Résistance à l'abrasion	23
II.7.3 Résistance aux chocs thermiques	23
II.7.4 Résistance à la corrosion.....	24
II.8 Domaines d'emploi de l'émail.....	24
II.8.1. Émaux spéciaux pour chauffe-eau	24
II.8.2. Émaillage dans l'architecture	24
II.8.3 Émaillage dans l'électroménager	25
II.9 Les défauts en émaillage	25
III.1 Introduction.....	27
III.2 Matériaux utilisés	27
III.2.1 Tôles d'acier	27
III.2.2 Barbotine d'émaillage	27
III.3 Techniques expérimentales	28
III.3.1 Étapes du processus d'émaillage des tôles	28
III.3.1.1 Préparation des échantillons.....	28
III.3.1.2 Préparation de la surface	28
III.3.1.3 Application de l'émail.....	29
III.3.1.4 Séchage et cuisson	29
III.3.2 La Spectrométrie par émission optique	30

III.3.3 Mesure de la rugosité.....	31
III.3.4 Mesure de La dureté	32
III.3.6 L'essai de traction.....	33
III.3.7 Caractérisation microstructurale	34
III.3.7.1 Préparation des échantillons pour l'observation métallographique	34
III.3.7.2 L'observation microscopique	36
III.3.8 Test d'adhérence.....	36
IV.1 Caractérisation de tôles d'aciers utilisées dans cette étude.....	38
IV.1.1 Analyse de la composition chimique des tôles	38
IV.1.2 Mesure de l'épaisseur des tôles.....	38
IV.1.3 Essai de traction	39
IV.1.4 Essai de dureté	40
VI.1.6 Micrographie électronique	41
VI.1.7 Mesure de la rugosité de surface des tôles	42
IV.1.7.1 Avant traitement de surface	42
IV.1.7.2 Après le traitement de surface	43
IV.2 Caractérisation des tôles émaillées.....	44
IV.2.1 Effet des conditions de préparation des tôles avant émaillage.....	44
A- Tôles d'aciers dégraissées.....	44
B- Tôles d'aciers décapées	45
IV.2.2 Influence du pourcentage d'eau ajouté.....	46
IV.2.3 Influence du pourcentage de liant ajouté au mélange	49
IV .2.4 Influence de la température de cuisson	50
Conclusion Générale	54
Références bibliographiques.....	55

Résumé :

L'objet de cette étude est la caractérisation des tôles d'acier émaillées qui sont destinées pour la fabrication des radiateurs à gaz et produites par l'entreprise SONARIC. On a élaboré avec succès l'émaillage de la tôle en acier au niveau du laboratoire des matériaux (IOMP). On a étudié l'influence des paramètres d'élaboration à savoir, la température et le temps de cuisson ainsi que le pourcentage d'eau dans la barbotine sur la performance de la couche d'émaille déposée. Les résultats montrent que pour une température de 800°C, la cuisson n'est pas achevée et on observe encore des résidus de poudre de fritte, pour la température 830°C, il y a début d'apparition de la phase vitreuse et à 860 °C le pourcentage de la phase vitreuse a nettement augmenté. En ce qui concerne le paramètre temps, une durée de 6 min est la durée qui donne le meilleur résultat et donc recommandée. Enfin on a pu vérifier que l'augmentation de la quantité d'eau dans la barbotine est responsable de la qualité d'émaille.

Mots clés : Acier, Emaille, Adhérence, Frittés

Abstarct :

The purpose of this study is the characterization of enamelled steel sheets which are intended for the manufacture of gas radiators and produced by the company SONARIC. The enamelling of the steel sheet has been successfully elaborated at the level of the materials laboratory (IOMP). We studied the influence of the production parameters, namely the temperature and cooking time as well as the percentage of water in the slip on the performance of the deposited enamel layer. The results show that for a temperature of 800°C, the firing is not complete and residues of frit powder are still observed, for a temperature of 830°C, the vitreous phase begins to appear and at 860 °C the percentage of the vitreous phase has clearly increased. Regarding the time parameter, a duration of 6 min is the duration that gives the best result and is therefore recommended. Finally, we were able to verify that the increase in the quantity of water in the slip is responsible for the quality of the enamel.

Keywords: Steel, Enamel, Adhesion, Sintered

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو توصيف صفائح الفولاذ المطلية بالمينا المخصصة لتصنيع مشعات الغاز والتي تنتجها شركة قمنا بدراسة تأثير عوامل الإنتاج وهي درجة (IOMP) تم تطوير طلاء صفائح الفولاذ بنجاح في مختبر المواد SONARIC. الحرارة وزمن الطهي بالإضافة إلى نسبة الماء في الشريحة على أداء طبقة المينا المترسبة. أظهرت النتائج أنه عند درجة حرارة 800 درجة مئوية لا يكتمل الطهي ولا تزال هناك بقايا من مسحوق الفريت، وعند درجة حرارة 830 درجة مئوية يبدأ الطور الزجاجي بالظهور وعند درجة حرارة 860 درجة مئوية تظهر نسبة الطور الزجاجي. لقد زادت المرحلة الزجاجية بشكل واضح. فيما يتعلق بمعلمة الوقت، فإن مدة 6 دقائق هي المدة التي تعطي أفضل نتيجة ولذلك يوصى بها. أخيراً تمكنا من التحقق من أن زيادة كمية الماء في الشريحة هي المسؤولة عن جودة المينا.

الكلمات المفتاحية: فولاذ، مينا، التصاق، متكلس

Introduction générale

La corrosion est un processus destructeur qui affecte les matériaux métalliques, en particulier le fer et l'acier. Elle se produit lorsque ces métaux réagissent avec l'oxygène de l'air ou avec d'autres substances dans leur environnement, comme l'eau ou certains produits chimiques. La corrosion peut entraîner la détérioration des structures métalliques, des équipements et des objets du quotidien. Elle se manifeste souvent par l'apparition de taches de rouille, de fissures et de déformations. Pour prévenir la corrosion, diverses mesures peuvent être prises, telles que : l'application de revêtements métalliques ou organiques protecteurs, protection cathodique et l'utilisation d'inhibiteur.

Ces revêtements forment une barrière physique entre le matériau et l'environnement, empêchant l'humidité et les produits chimiques corrosifs d'entrer en contact direct avec le métal.

L'émaillage d'acier est un processus de revêtement qui consiste à appliquer une couche d'émail sur la surface de l'acier. L'émail est une substance vitreuse composée principalement de silice et d'oxydes métalliques, qui, lorsqu'elle est fondue à haute température, adhère solidement à la surface de l'acier. Ce revêtement émaillé offre de nombreux avantages, notamment une protection efficace contre la corrosion, les rayures et l'usure. Les produits émaillés en acier sont couramment utilisés dans la fabrication de cuisinières, de baignoires, d'éviers, de panneaux de signalisation et d'autres articles ménagers et industriels.

Notre travail avait comme objectif l'étude et la caractérisation des tôles d'aciers émaillées.

Le manuscrit s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre sert à introduire des informations générales concernant les aciers, notamment leurs définitions, caractéristiques et domaines d'utilisation.
- Le second chapitre est consacré à l'étude du processus d'émaillage des aciers.
- Le troisième chapitre est dédié à la présentation du matériau étudié et aux approches expérimentales employées.
- Dans le quatrième chapitre nous avons présenté nos résultats et nous avons essayé de les interpréter

Enfin le mémoire est achevé par une conclusion générale.