UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département de chimie

TECHNIQUE D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE

PROJETS DE FIN D'ETUDES

Traitement de Surface des métaux par un dépôt

Présenté par :

- **Mr BOURZIKAT Otmane**

Encadré par :

- **Pr.HAZM Jamal Eddine (FST)**
- **Mr. CHNOUNI Khammar (Société)**

Soutenu Le 08 Juin 2017 devant le jury composé de :

- **Pr. HAZM Jamaleddine**
- **Pr. A. OULMEKKI**
- **Pr. H.C. AMEZIANE**

Stage effectué à SADF

Années universitaires 2016 – 2017

Sommaire

REMERCIEMENT

INTRODUCTION……1

Chapitre I: Présentation de la société ……2
I-Entreprise et son contexte ……2
1-Historique…….. 2
2-Produits et clients…….....2
a-Produits…….. 2
b-Clients……...3
3-Organigramme…….....3
4-Coordonées de la société…… 3
Chapitre II : Procédé de fabrication……..4
I-Matière première……...4
II-Chaine de production……..5
1-Découpage……5
2-Gravure……....5
3-Repoussage …….. 6
4-Fondrie…….....6
5-Limage……..7
6-Décapage……...7
7-Soudure…….... 7
8-Poulissage…….....8
9-Contrôle de qualité…….....8
10-Traitement de surface……8
11-Emballage…….....8
Chapitre III : Traitement de surface par voie électrolytique……..9
I-Electrolyse et bains électrolytique ……9
1-Définition de l'électrolyse……..9
2-Principe de l'électrolyse……....9
3-Principe de l'électrolyse dans la SADF……....10
4- Bain électrolytique……...11
Loi de faraday……11
II-Equipement du bain électrolytique……....12
III-Traitement de la surface dans la SADF……..13

1- Dégraissage……..13
Dégraissage chimique……...13
Dégraissage électrolytique……14
2-Cuivrage…….....16
Cuivrage en solution alcaline……16
Cuivrage en solution acide……....17
3-Nickelage……...19
4-Argenture……...21
a- Préargenture……...21
b- Argenture……..22
5- Rinçage…….....23
Chapitre IV :application de traitement du surface sur des plaques de laiton 24
I-Introduction……..24
II-Rendement électrolytique……....24
1-Principe de calcul de rendement…….....24
2-Paramètres influençant le dépôt électrolytique……..24
3-Calcul de la masse déposée et le rendement électrolytique……....25
4-Intérpretations des résultats……....28
CONCLUSION……29

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail de fin d'étude, il m'est particulièrement agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à mener à bien ce travail.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à mon encadrant de la FST monsieur le professeur **HAZM Jamal Eddine** de m'avoir encadré dans ce projet de fin d'étude, et me guider tout au long du déroulement de ce stage, je le remercie pour tous les efforts et les orientations qu'il a mis à ma disposition pour l'encadrement, la rédaction, la présentation, et la mise au point du présent travail.

Je tiens à présenter mes sincères remerciements à la direction de la société SADF pour le rôle qu'elle joue dans l'intégration des stagiaires. Monsieur **CHNOUNI Khammar** mon encadrant de stage, pour son intérêt aux activités des stagiaires ainsi que pour ses encouragements et ses conseils fructueux depuis ma première journée à la société.

Monsieur **TAHIRI JOUTI Abderrafie** le directeur de la société des artisans dinandiers de Fès, très particulièrement pour son accueil chaleureux, ainsi que tout le personnel de la société pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt dont ils m'ont fait part durant la période de stage.

Je remercie également les membres de jury **Pr. A.OULMEKKI** et **Pr.C.H AMEZIANE,** d'avoir accepté de juger ce travail.

Introduction

Pour mettre en valeur la formation reçue, il est primordial d'effectuer un stage au sein d'une entreprise afin d'amener l'étudiant à se confronter à des situations réelles, d'élargir sa formation dans le domaine pratique, et d'avoir une idée sur la vie professionnelle.

Mon stage était une occasion exceptionnelle qui m'a permis d'étudier de l'intérieur le fonctionnement de la société SADF (*Société des Artisans Dinandiers de Fès*) avec ses particularités humaines, techniques et organisationnelles.

Le projet de fin d'études au sein de la *Société des Artisans Dinandiers de Fès* est un stage qui a comme objectif de suivre les processus de traitement de la surface des articles en métal et plus particulièrement l'étude des dépôts sur le laiton par électrolyse (galvanoplastie). Ces dépôts sont effectués au sein de la SADF en utilisant des bains électrolytiques en une chaîne bien déterminée par plusieurs types des métaux, à titre d'exemple le cuivre, le nickel et l'argent pur, avec des contrôles des bains pour répondre aux normes générales données dans des fiches techniques. La galvanoplastie, en général est une méthode intelligible pour transformer et améliorer l'aspect d'une surface métallique.

Le but de ce stage d'une part est de vérifier si cette méthode est convenable en termes de masse déposée et de rendement et d'autre part de mettre en évidence les différentes compositions des bains électrolytiques et leurs constitutions, ainsi que les rôles des produits utilisés. Pour cela on a effectué une simple opération d'électrolyse sur quatre plaques du laiton de 0.5 dm^2.

Le présent mémoire sera réparti comme suit : le premier chapitre sera consacré à la présentation de la SADF, le deuxième chapitre traitera le procédé de fabrication, le troisième chapitre donnera une idée sur le processus de traitement de surface par électrolyse adopté par la SADF, tandis que le dernier chapitre sera sous forme d'une application de la galvanoplastie.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA SOCIETE

I-Entreprise et son contexte

1-Historique

La SADF (Société des Artisans Dinandiers de Fès) a été Créée en 1982. Son activité principale est la fabrication d'articles de décoration à partir d'un métal (argent, laiton, cuivre) et le traitement de leur surface.

Elle s'est spécialisée dans l'art de la table, l'aménagement des Résidences et hôtels en créant des luminaires, des tables, des plateaux, théières, coffrets, etc.

Après sa création la SADF s'est confrontée aux nombreuses difficultés qui ont fortement entaché ses objectifs de relance de rentabilité et d'affirmations sur les marchés.

Comme dans ce secteur d'activité, la recherche et l'innovation sont primordiales, la SADF s'est préoccupée de la rénovation et de la création, en préservant un cachet traditionnel marocain et en le mariant avec un style contemporain. En effet, un groupe de Maîtres artisans avait pensé de mettre en place une unité de production regroupant tout le processus de fabrication. Cela leur a permis de préserver le produit artisanal, de le développer et de lui donner l'aspect qui réunit à la fois beauté, goût et qualité et sans oublier la prise en considération du côté coût pour qu'il soit abordable par la plupart des clients.

2-Produits et clients

a-Produits

Depuis sa mise en place, la SADF n'a pas cessé de déployer ses efforts pour apposer son empreinte sur l'argenterie et sur d'autres articles en métal. Par exemple : luminaires, tables, tabourets, miroirs, plateaux, théières, coffrets et poignets des portes etc…

b-clients

la SADF a beaucoup des clients à l'échelle national et international, elle fabrique ces articles après avoir reçu une commande d'un client c'est-à-dire qu'elle ne fabrique pas ces produits quotidiennement mais si il y a pas de commande c'est le cas des artisans à la médina.

Parmi ces clients on trouve :

- **Clients nationaux :** palais royaux ; établissement étatique…
- **Clients internationaux :** Qatar ; emarates ; Arabie saoudite…

3-organigramme

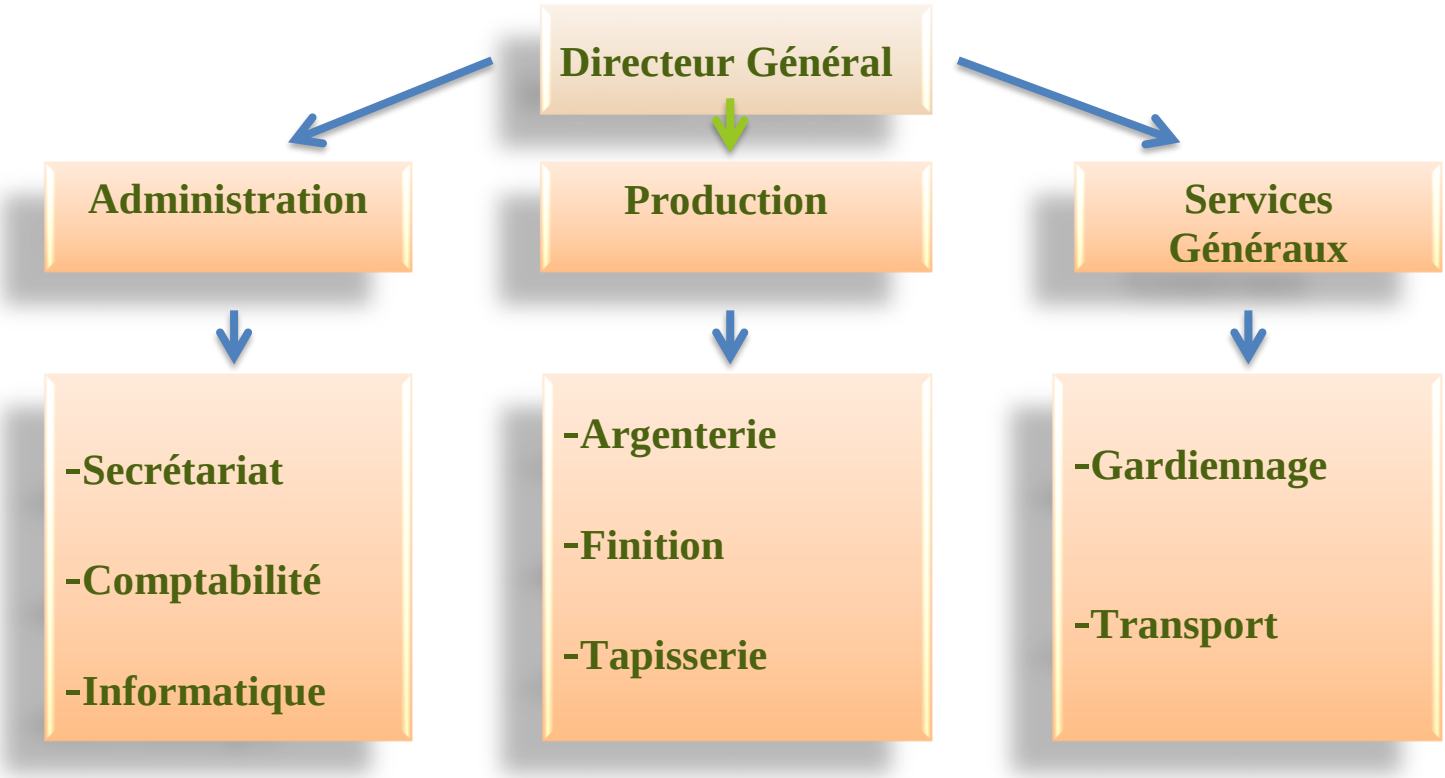


Figure 2 : organigramme de la société SADF

4-cordonnées de la société

47, lot Industriel Ben souda B.P 2423. Fès 30000 Maroc
Tél : (212) 5 35 65 51 43 Fax : (212) 5 35 65 50 89
E-mail : sadf.maroc@gmail.com / sadf.fes@gmail.com

CHAPITRE II
PROCEDE DE FABRICATION

I-Matière première

La SADF utilise le laiton comme leur matière première. Les laitons sont des alliages composés essentiellement de cuivre et de zinc, aux proportions variables. Selon les propriétés visées ils peuvent contenir d'autres éléments d'additions comme le plomb, l'étain, le nickel, le chrome et le magnésium.

Figure 3 : la matière première (laiton)

On choisit le laiton grâce aux propriétés suivant:

- Très bonne résistance à la corrosion et ductilité donne une bonne surface à travailler ;
- Un alliage relativement malléable, peut être travaillé à chaud aussi bien Qu'à froid ;
- Pas ou peu d'oxydation, couche protectrice.

Le laiton est utilisé pour fabriquer des articles très célèbres comme le ballon d'or qu'est un trophée offert chaque année au meilleur joueur de football du monde.

Le laiton est caractérisé aussi par de puissantes propriétés antibactériennes ; ainsi le laiton et son cousin le cuivre pourrait bien représenter une excellente solution antibactérienne pour la santé.

II-Chaine de production

1-Découpage

Le découpage des pièces de laiton est la première étape dans la chaine de production des articles, Ainsi le découpage peut se faire manuellement ou à l'aide d'une machine électrique.

Avant le découpage, les déférents types de prototype sont tracés sur les plaques de laiton, en tenant compte de leurs caractéristiques.

Figure4 : découpage électrique

figure5 :découpage manuelle

2-Gravure

C'est une technique qui consiste à dessiner (graver) sur la pièce en creusant, ou en incisant sa surface. Il s'effectue avec un appareil appelé le burin, il s'agit d'une tige d'acier trempé affûté et fixée dans un manche qui découpe nettement le métal et l'enlève sous fabriquée de Copeaux.

Figure6 : Gravure d'un article en laiton (dessin moderne)

3-Repoussage

Le repoussage au tour est une technique permettant de réaliser des surfaces de révolution (dômes, cônes et vases) de toutes formes à partir de métal en feuille.

Figure 7 : Machine de repoussage manuelle

Figure8 : Machine de repoussage automatique

4-Fonderie

Les chutes qui se forment lors du découpage et repoussage des pièces de laiton sont recueillis à la fonderie pour les fondre à une température de 1000 C.

On fabrique des moules sous plusieurs forme, puis on fait le moulage qui consiste à culer l'alliage fondu dans les moules ayant forme donnée.

On laisse les moulages refroidit pour qu'elles deviennent solide.

Figure9 : la fonderie

figure10 : exemple d'une moule

5-limage

Les pièces qui viennent de la fonderie nécessitent une correction parce qu'elles contiennent des irrégularités, cette correction s'appelle le limage, il peut se fait manuellement ou à l'aide d'une machine.

6-soudure

C'est le procédé selon lequel on fait le collage ou l'assemblage des différentes pièces d'un article. Elle se fait à l'aide d'un matériel de chauffage souvent on utilise le chalumeau, et on utilise aussi une baguette en étain qui est capable de liée les pièces, cette baguette est préparée à partir d'un mélange entre l'étain dur ou lourd et l'étain moins dense pour former une baguette flexible.

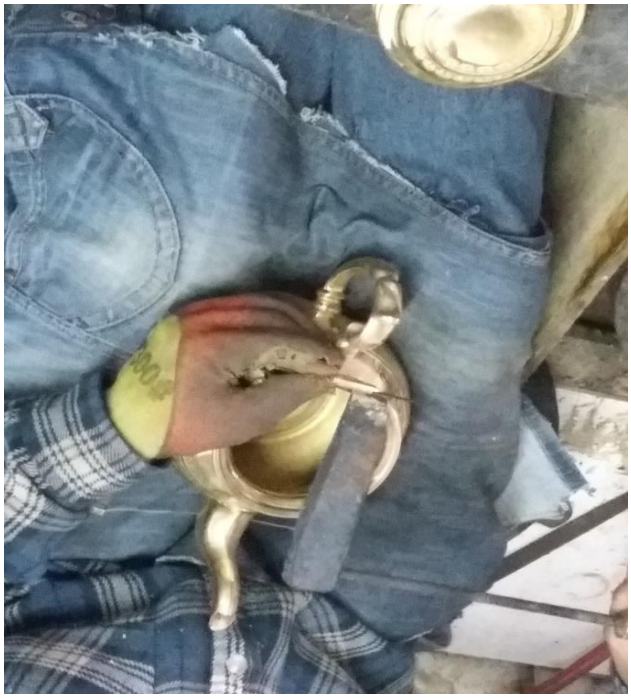


Figure11 : soudage des parties d'une théière

figure12 : préparation de la baguette d'étain

7-Décapage

C'est l'élimination mécanique ou chimique des toutes les traces d'impuretés ainsi que les couches d'oxydes formés à la surface des objets. Cette attaque peut être :

- Électrochimique : pour oxyder la surface d'une pièce, placée en anode dans un électrolyse en présence H2SO4
- Chimique: surface attaqué par les acides fortes et concentrés

8-Polissage

Sert à rendre lisse les articles par des différents matériaux tournant à grande vitesse avec une pâte à pâlir.

Figure 13 : la machine de polissage

9-Contrôle de qualité

Une série de contrôle est effectuée afin d'avoir une qualité désirée des articles avant de les remettre à l'étalier de traitement des surfaces.

10-Traitement de surface

Il consiste à déposer une couche d'un métal sur un article artisanal et de lui conférer un aspect visuel agréable tout en augmentant sa résistance à la corrosion, mais avant de déposer la couche finale du métal (souvent on dépose l'argent), la pièce doit passer par plusieurs bains qui purifient la pièce (le bain de dégraissage), et qui améliorent le dépôt de la couche finale (comme le bain de nickel…).

11-Emballage

L'équipe d'emballage est chargé d'assurer un emballage adéquat pour chaque pièce. Pour protéger ces articles contre les chocs et poussières lors du transport, on utilise l'emballage spécifique exemple : papier blanc fin, sac en plastique, cartons…

CHAPITRE III

TRAITEMENT DU SURFACE PAR VOIE ELECTROLYTIQUE

I-Electrolyse et bains électrolytique

1-Définition de l'électrolyse

L'électrolyse est une méthode qui permet de réaliser des réactions chimiques grâce à une activation électrique. C'est le processus de conversion de l'énergie électrique en énergie chimique.

2-Principe de l'électrolyse

L'électrolyse se réalise dans une cuve contenant un électrolyte dans lequel sont plongées deux électrodes reliées aux bornes d'un générateur de courant continu. On appelle anode l'électrode reliée à la borne positive du générateur et cathode celle reliée à la borne négative du générateur. L'ensemble constitue une cellule d'électrolyse.

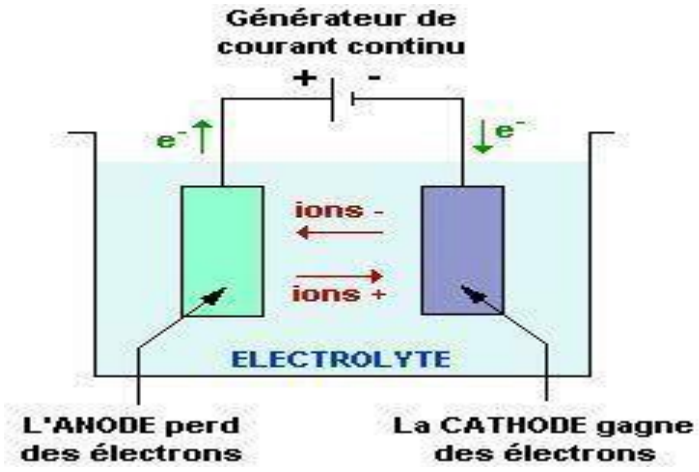


Figure 14 : Principe de l'électrolyse

3-Principe de l'électrolyse dans la SADF

On dépose une couche mince du métal voulu sur les articles en laiton pour avoir un aspect et une couleur exigée. L'électrolyse dans la SADF comme toute électrolyse a comme principe de diriger les ions du métal qui se trouve en solution vers la cathode (électrode négative) en travaillant avec un courant continu arrivant d'un générateur avec un voltage et un ampérage précis.

 Les réactions déroulant à l'anode sont :

$$M \rightarrow Mn^{+} + ne^{-}$$
$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e- \ (milieu\ acide)$$
$$4OH^{-} + O_2 \rightarrow 2H_2O + 4e- \ (milieu\ basique)$$

 Les réactions déroulant à la cathode sont :

$$Mn^{+} + ne- \rightarrow M$$
$$2H^{+} + 2e- \rightarrow H_2 \ (milieu\ acide)$$
$$2H_2O + 2e- \rightarrow H_2 + 2OH^{-} \ (milieu\ basique)$$

NB : il y'a deux types d'anode :

Les anodes solubles, qui ont deux fonctions : fournir des ions métalliques au bain électrolytique et repousser les ions positifs vers le substrat. L'anode est consommer au cours du traitement et doit être remplacé régulièrement pour maintenir l'efficacité de la solution.

Les anodes insolubles, qui ont une seule fonction: repoussé les ions positifs vers la cathode. Elles sont fabriquées en matériaux conducteurs qui ne participent pas à la réaction de la solution.

Figure15 : Anode soluble (plaque d'argent)

Figure16 : Anode insoluble (plaque d'inox)

4-bains électrolytique

La SADF utilise des bains en fer ou en polychlorure de vinyle qui ont un volume qui peut atteindre 1metre cube. Chaque bain est relier a un générateur du courant et un filtre qui permet la purification ou le renouvèlement de la composition des bains ; ainsi chaque bain électrolytique a sa propre composition et sa

propre fonction. On met l'article sur la cathode et les plaques (soluble ; ou insoluble) sur l'anode et on réalise l'électrolyse.

NB : Il faut régler l'ampérage du générateur avant d'amorcer l'électrolyse.

Figure17 : exemple de bain électrolytique

➢ loi de Faraday

$$Q = n \times F \times Z = I \times t$$

- Q : quantité d'électricité en Coulomb
- n : nombre de mole
- F : constante de Faraday F= 96500 C/mol
- Z : nombre d'électron mise en jeux

La quantité de matière qui se forme ou qui disparaît aux électrodes est proportionnelle à l'intensité du courant I et à la durée de l'électrolyse t.

L'équation de la loi de Faraday :

$$m = \frac{I \times t \times M}{Z \times F}$$

Avec :

- m = masse de matière déposée (g)
- z = nombre d'électrons nécessaires
- I = courant en ampère (A)
- t = temps en seconde (s)
- M = masse molaire du métal (g/mol)

II-Equipement du bain d'électrolyse

- **Cuve**: sont protégée contre les attaques de certains électrolytes par un revêtement intérieur de caoutchouc, d'ébonite ou polychlorure de vinyle (pvc).
- **Générateur**: constitue la source d'énergie qui sera transformé en énergie chimique. Dans la société SADF on utilise le générateur potentiostat qui permet d'imposer un courant constant.
- ***Chauffage*:** les cuves sont équipées d'un système de chauffage assuré par les thermoplongeurs avec une régulation thermostatique. Pour réduire l'échange d'énergie avec milieux extérieur on utilise les boules en plastique flottantes sur les surfaces du bain.
- ***Agitation* :** se fait soit mécaniquement ou par air.
- ***Filtration* :** se fait par une filtration continue sur le charbon actif est indispensable afin d'obtenir une couche de métal propre et lisse déposée sur l'article.

III-Traitement de la surface dans la SADF

1-Dégraissage

Le traitement de la surface d'un article par électrolyse, nécessite que cette surface soit propre de toute pollution qui a comme effet de diminuer la qualité de l'article. On utilise donc un bain de dégraissage qui sert à éliminer les graisses et les huiles présentes sur la surface des pièces.

Ainsi on assure la mouillabilité à l'eau en évitant tout caractère hydrophobe indésirable afin d'obtenir l'hydrophilidé requise. C'est donc le rôle du dégraissage qui reste la très importante étape dans le procédé du traitement de la surface des articles. Autrement dit c'est le point critique de la qualité totale de l'article.

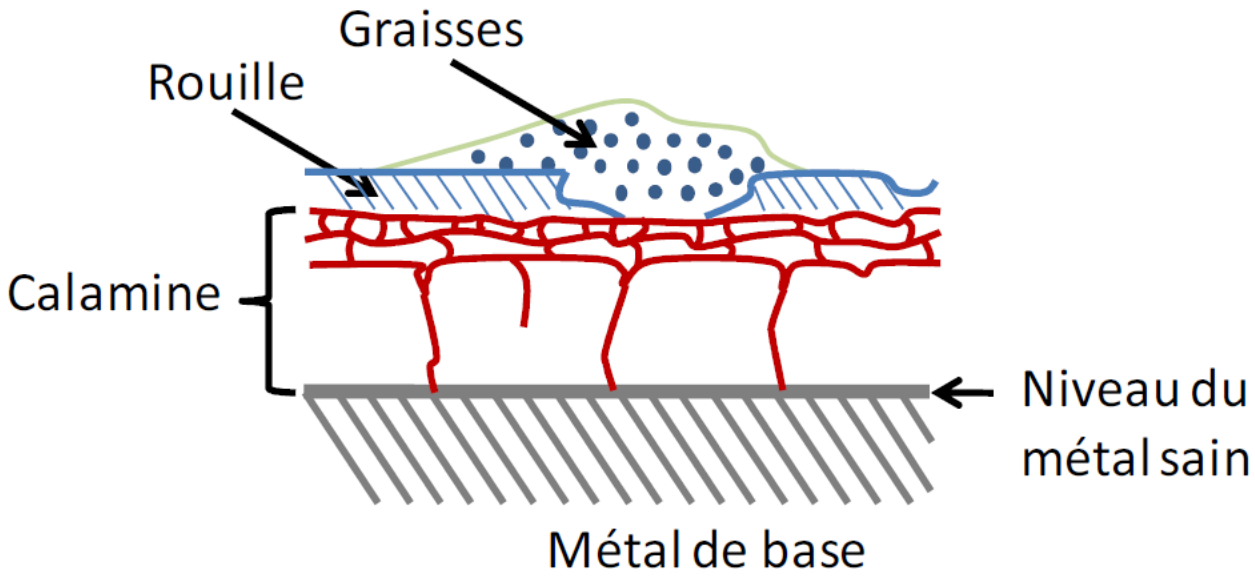


Figure18 : surface d'un métal brut

- Il y a deux types de dégraissage arrivant simultanément lors du dégraissage :
  - Dégraissage chimique
  - Dégraissage électrolytique

✓ Dégraissage chimique

Le dégraissage chimique permet d'éliminer les huiles et les graisses, Ce type de dégraissage se fait par voie aqueuse ou semi aqueuse dont on note la présence des solutions alcalines, neutres, émulsionnables etc. Ce dégraissage met en jeu les réactions de saponification et les phénomènes des tensioactifs en utilisant des produits chimiques pour nettoyer l'aspect extérieur de la pièce.

Une base minérale alcaline capable de transformer les graisses et les huiles en savon solubles, dans l'eau selon la réaction suivante :

$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOO^{-}\ Na^{+} + H_2O$$

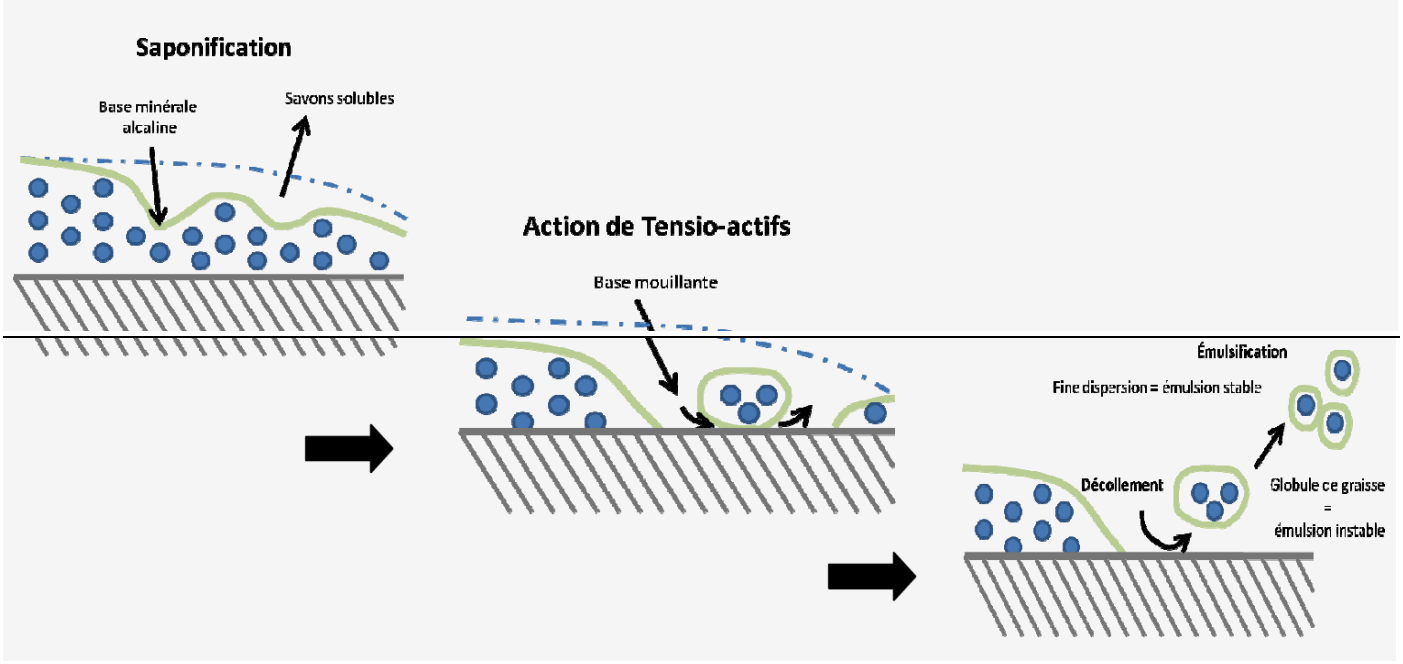


Figure 19 : les étapes du dégraissage chimique

✓ Dégraissage électrolytique

Le principe de dégraissage électrochimique et le même que le dégraissage chimique. On utilise les mêmes produits mais on impose une densité de courant constante par un générateur de courant continu, à la solution par des électrodes.

Dans le SADF tout le bain est utilisé comme cathode d'acier inoxydable et les pièces à traiter comme anode. La densité de courant favorise l'élimination des graisses et des huiles présentes sur la surface des pièces. Généralement la pièce à dégraissé est relié à l'anode siège de l'oxydation.

Composition du bain de dégraissage

- -Cyanure de sodium(NaCN)
- -carbonates de sodium
- -la soude caustique
- -phosphates tri sodique
- -des tensioactifs

Figure 20 : Composition chimique du bain de dégraissage

Principaux rôles des produits chimiques :

Produit	Rôle :
Soude caustiques ($NaOH$)	matière première de l'alcalinité. pouvoir saponifiable, agent émulsifiant.
Carbonate de Sodium ($Na2CO3$)	Facilite le Rinçage. Agent tensioactif Agent Emulsifiant.
phosphates tri sodique Na3PO4	Complexations ou élimination des Seles alcalino-terreux.

Figure21 : bain de dégraissage

Généralement la pièce à traiter est relie à la cathode, siège de réduction :

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

A l'anode se produit une réaction d'oxydation :

$$4HO^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$$

2-Cuivrage

Le cuivrage est une opération de revêtement par du cuivre, de la surface des pièces devant être protégées de l'oxydation, en utilisant électrolyse dans des bains dont les anodes sont à base de cuivre.

Il y a deux procédés principaux de cuivrage utilisés en SADF l'un avant l'autre :

- Cuivrage alcalin (en premier)
- Cuivrage acide

✓ Cuivrage en solution alcaline

Dans le tableau suivant on va citer les compositions ainsi que les conditions opératoires du bain :

Composition ;	Condition du travail :
□ Cyanure de Sodium $NaCN$). □ Cyanure de cuivre ($CuCN$) □ Sel : n°=11 (sel conducteurs). □ Additifs : Ultinal brillant Ultinal base □ Volume=900 L	- T=35°C à 40°C. - Temps =10 min. - Tension de courant : 0,5 à 3 A/$dm2$. - Baumé=14°B. - PH=11

Les pièces à cuivré son reliée à la cathode ainsi que l'anode est en cuivre pur. Donc Les réactions qui se produisent dans ce bain sont :

❖ à l'anode :

$$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$$

$$4OH^{-} \longrightarrow 2O_2 + H_2O + 2e^{-}$$

❖ à la cathode :

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$$

$$2H_2O + 2e^{-} \longrightarrow 2OH^{-} + H_2$$

NB : L'anode se dissocie en donnant du cuivre II et en libérant des électrons dans la solution riche en cations Cu2+. Cette anode a pour but de régénérer les pertes de ces cations en solution et de fermer le circuit en conduisant le courant.

Plaque de cuivre relie à L'anode

Cathode qui porte les pièces

Redresseur

✓ Cuivrage en solution acide

Le dépôt de cuivre dans ce milieu est effectué de la même manière que celle du milieu basique. Ici l'anode est constituée de grosse plaque de cuivre à une portion de phosphore (jusqu'à 7%) qui favorise la formation des grains très fins et de ce fait influence favorablement la brillance final, ces solutions sont désormais le choix habituel pour le cuivrage acide, grâce à leur excellent pouvoir nivellent.

L'acide sulfurique est indispensable pour la qualité du dépôt, il accroit la conductivité de l'électrolyte par libération des protons H+ et réduit par conséquent la polarisabilité des électrodes.

Les réactions qui se déroulent dans le bain de cuivre acide sont :

❖ à l'anode :

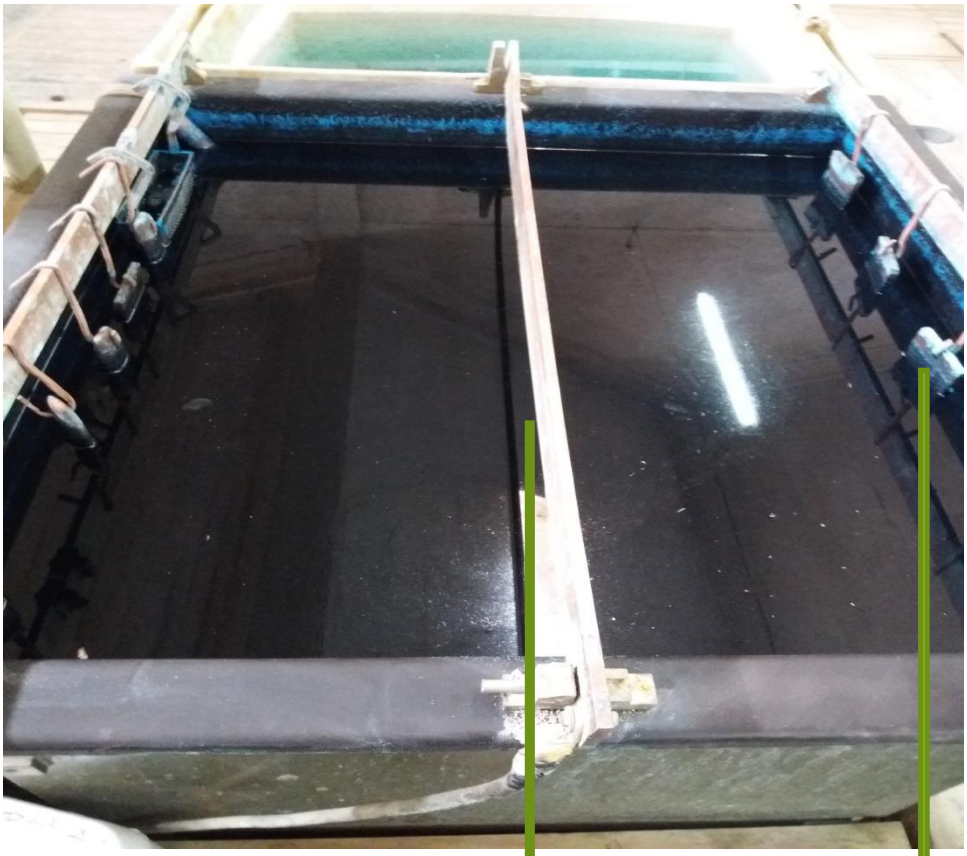
$$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}\ (oxydation\ et\ dissolution)$$

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e^{-}$$

❖ à la cathode :

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu\ (réduction\ et\ dépôt)$$

$$2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2$$



Cathode qui porte les pièces

Anode de cuivre avec une proportion de phosphore

Figure21 : bain de cuivre acide

Composition	Condition de travail
• Sulfate de cuivre ($CuSO4$) • Acide sulfurique ($H2SO4$) • Volume=600L • Additifs : -CUBRAC brillant. -CUBRAC nivelant. -CUBRAC base. -Mouillant.	✓ Température : Ambiante ✓ Temps de traitement : 15 à 20min ✓ Densité de courant :2 $A/dm2$. ✓ PH≤4,5. ✓Degré baumé : 19 à 25.

3-Nickelage

Pour réaliser en générale le dépôt d'argent sur un acier, il faut d'abord cuivrer et nickeler la pièce auparavant, l'argent se dépose facilement sur le nickel, ce dernier donne une bonne adhérence sur le cuivre, il offre une bonne résistance à la corrosion et présente une bonne tenue à l'oxydation atmosphérique et à la vapeur d'eau.

Composition	Condition de travail
-Sulfate de nickel ($NiSO_4$) 300 g/l. - Chlorure de nickel ($NiCl_2$) 80 g/l. - Acide borique (H_3BO_4) 48 g/l. -Les additifs : ¨ Brillanteur. ¨ Fixateur. ¨ Mouillant. ¨ Nivelant. ¨ Purificateur R1 et R2.	Température (T =60 à 70 °C) Temps d'immersion (t=10 à 15 min) pH = 3.8 à 5.5. Intensité de courant (I= 3 à 5 A/dm2) Baumé est de 26 à 30.

✓ Explication de processus de nickelage :

Lorsque le courant passe, les ions positifs du nickel migrent vers le pole négatif et se déposent sous une forme de couche de métal dont l'épaisseur dépend particulièrement du temps d'immersion.

À l'anode :

$$Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^- \quad (dissolution\ et\ oxydation\ de\ nikel\ à\ l'anode)$$

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \quad (degagement\ de\ gaz\ de\ chlore)$$

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

À la cathode :

$$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni\ (s) \quad (réduction\ de\ Nikel\ et\ dépôt\ )$$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H2 \quad (dégagement\ de\ gaz\ hydrogéne)$$

$$Ni^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Ni\ (OH)_2$$

NB : Si le pH diminue on ajoute l'acide sulfurique ou bien l'acide borique, le rôle d'acide borique c'est la réduction du pH et le blanchissement du Nickel.

Poule en plastique | Pièce a traite | thermoplongeur | Plaque de nickel dans des sacs en termovyl

Figure 22 : Bain de nickel

L'anode utilisée sous forme de plaque du nickel électrolytique de pureté 99.2%, dans des paniers en titane. En général, la surface anodique doit être au moins le double de la surface cathodique. Ensachage des paniers dans des sacs en termovyl.

La source principale d'ions nickel est le sulfate de nickel; le chlorure de nickel fournit des ions chlore qui assurent une bonne dissolution des anodes et augmente la conductivité de l'électrolyte.

❖ Purification électrolytique

Ce procédé est utilisé pour éliminer le cuivre et le zinc du bain de nickel. Cette épuration sélective s'effectue sur des tôles ondulées d'une surface aussi grande que possible par rapport au volume de la cuve. Ces tôles seront préalablement sablées et bien dégraissées, on travaillera à une densité de courant allant de 0,05 à 0,3 A /dm2. Une agitation et une filtration sont recommandées pendant cette épuration.

- le cuivre s'élimine mieux à pH bas : 3 et au-dessous ;
- le zinc s'élimine mieux à pH : 4 et au-dessous.

NB : Les boules servent à conserver la chaleur et empêcher le dégagement de chlore.

4-Argenture

a-Pré-argenture

Avant de passer la pièce dans le bain d'argent il est nécessaire de traiter la pièce dans le bain de pré-argent

- Pour éviter le déplacement de l'argent sur les objets à traiter, on utilise un bain pré-argent à faible teneur en argent et forte teneur en cyanure libre pour former une couche très mince à la surface des articles.
- Pour obtenir une bonne adhérence, un aspect uniforme et brillant du dépôt, il est nécessaire de préparer correctement les pièces à argenter.

Les réactions s'effectuent dans le bain de pré-argentage :

À l'anode :

$$4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2 + 4e\text{-}$$

À la cathode :

$$[(CN)]_2 + 1e^- \longrightarrow Ag^+ + 2CN^-$$

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2$$

Composition	Condition de travail
-Cyanure d'argent (2 à 3g/l) -Cyanure de potassium (90 à 110 g/l) -Anode d'acier inox -Eau déminéralisée	-Température: Ambiante -Temps de traitement: 10 à 15 s -Degré baumé : 14° -Densité de courant: 4 à5 A/dm2 - pH=11

b-Argenture

Les articles sont immergés dans un bain électrolytique de sels d'argent à faible intensité de courant électrique. Plusieurs plaques d'argent pur sont accrochées sur la barre anodique.

La cathode est constituée par les pièces à argenter. Sous l'effet du courant électrique, les ions d'argent se déposent sur les pièces à traiter (cathode).

Composition	Condition de travail
-cyanure de potassium 150 g/l. -cyanure d'argent 36 g/l. -anode d'argent pur avec les anodes d'inox. -Eau déminéralisé. -Les additifs : . Brillanteur 150 g/l. . Nivelant.	**-Température ambiante** -courant 0.5 à 1 A/dm2 - Filtration sur charbon actif. - baumé est de 25. - pH = 3.8 à 5.5. .

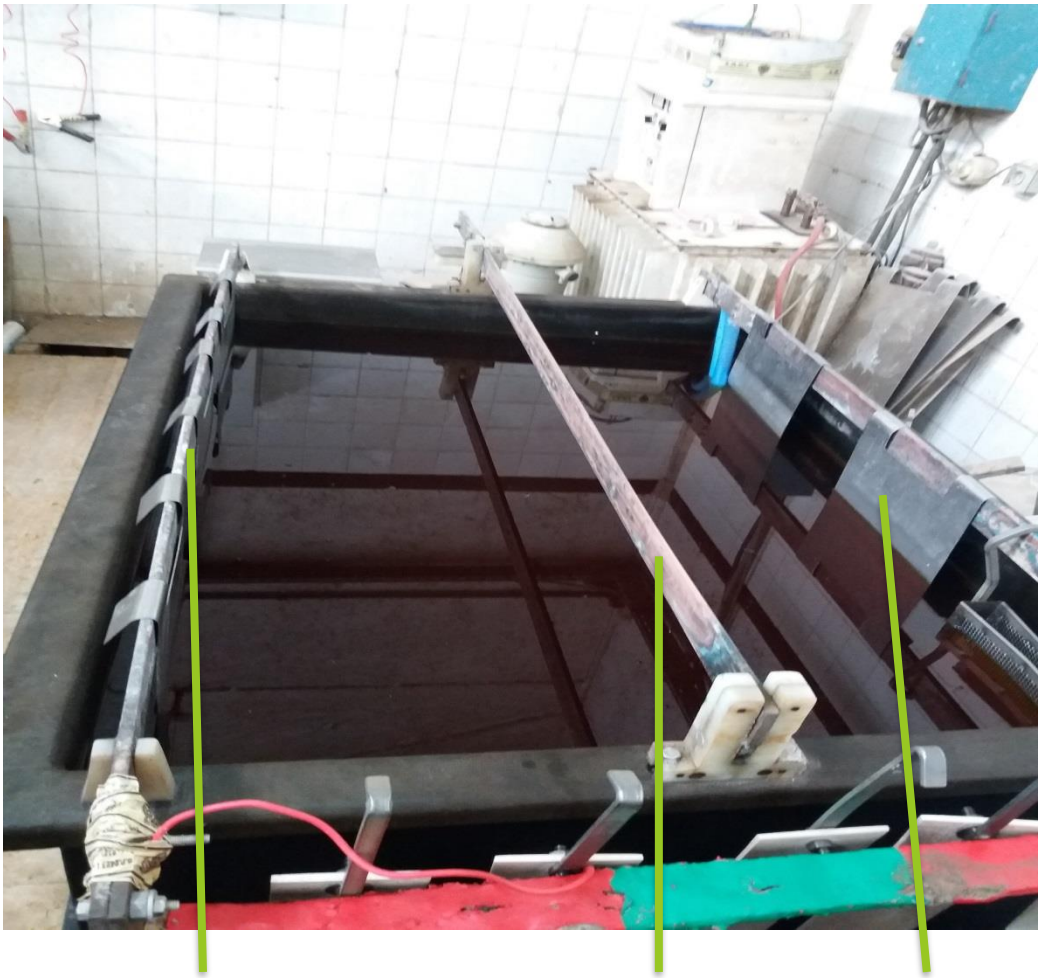


Figure23 : Bain d'argent

Réactions qui se produisent dans la solution :

A L'anode :

$$4OH^- \longrightarrow O_2 + 2H2O$$

$$Ag \longrightarrow Ag^+ + 1e^-$$

A la cathode :

$$[(CN)_2] + 1e^- \longrightarrow Ag^+ + 2CN^-$$

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

5-Rincage

Après chaque bain de traitement, il faut passer par un bain de rinçage. Ces bains permettent de ne pas polluer le bain suivant avec la solution du bain précédent. Les bains sont simplement composés d'eau de robinet. Cette étape que nous n'avons pas citée est indispensable pour obtenir un bon recouvrement et garder des solutions précises dans les cuves de traitement. On utilise parfois plusieurs rinçages à la suite pour un nettoyage plus poussé.

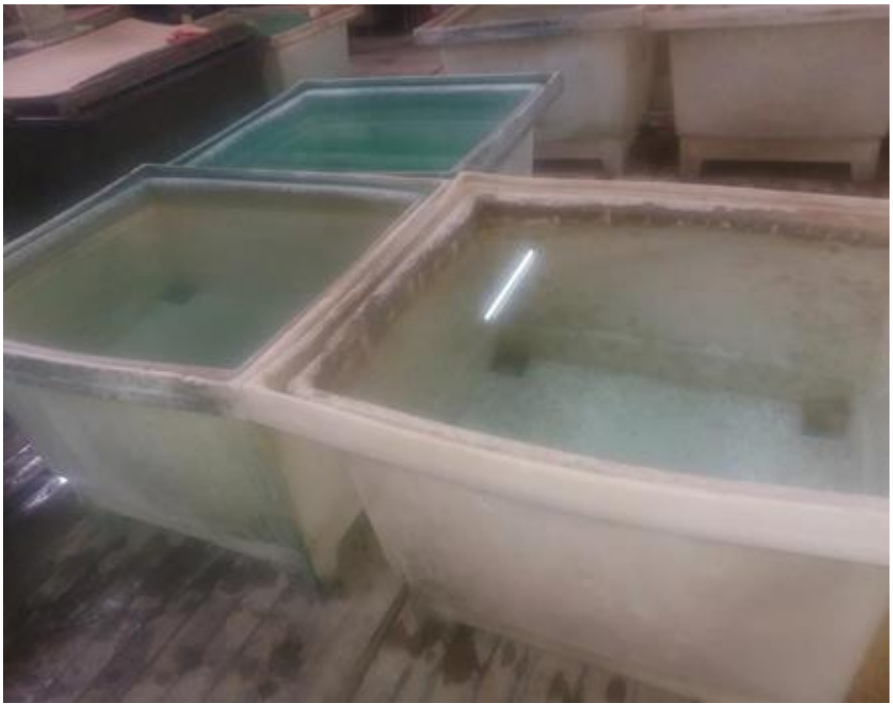
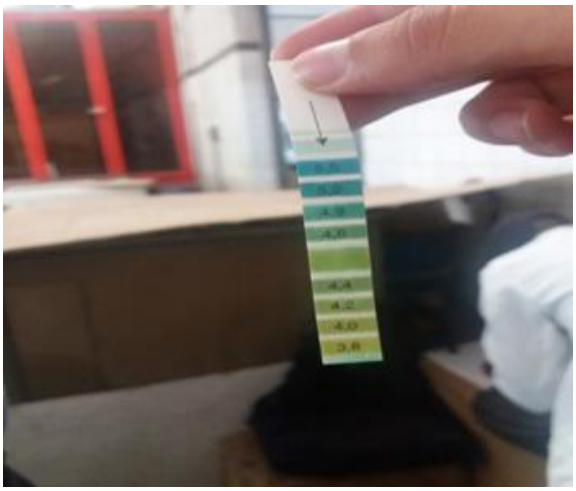


Figure24 : les bains de rinçage

✓ Quelque instrument de mesure utilisée dans la SADF

- Aréomètre Baumé : Instrument permettant de mesurer la concentration d'un liquide ou la densité d'une solution, dont l'unité de mesure est le degré de Baumé.

- Le pH de la solution on utilise un papier de pH.



Papier pH

Aréomètre baumé

CHAPITRE IV
APPLICATION DE TRAITEMENT DE SURFACE SUR DES PLAQUES DE LAITON

I-Introduction

Si on applique une différence de potentiel suffisante entre deux électrodes plongeant dans une solution électrolytique (électrolyseur), on observe le passage d'un courant électrique et simultanément une série de réactions chimiques à la surface de contact électrode électrolyte, dégagement gazeux, dépôt de substances, dissolution des électrodes, apparition de nouvelles substances.

Dans cette partie de pratique on a utilisé comme échantillon 4 plaques du laiton de surface 0.5dm^2 et d'épaisseur 1mm. Après avoir effectué le polissage et le dégraissage, ces plaques sont pesées au préalable.

II-Rendement électrolytique

1-Principe du calcul de rendement

Le calcule de rendement permet de déterminer l'efficacité d'une synthèse chimique. L'intérêt du chimiste sera de déterminer les conditions opératoires et de les optimiser pour s'approcher le plus près possible de 100%. Les pertes de rendement peuvent avoir diverses origines: réaction parasites, pertes lors des diverses étapes des synthèses (filtration...) Pour pouvoir calculer le rendement, on a traité une plaque de laiton de 0.5 dm^2 de surface dans chaque bain de traitement. En applique la deuxième loi de faraday, on calcule la masse théorique qu'il faut s'appliquer dans chaque bain.

2-Paramètres influençant le dépôt électrolytique

La qualité et la structure des couches déposées sont fonction de plusieurs paramètres :

- La différence de potentiel (ddp)

C'est La tension qui fait la différence de potentiel lorsque la réaction est non spontanée de point de vue chimique.

- Si la tension est trop faible : la réaction ne s'effectue pas.
- Si la tension est trop forte : des phénomènes parasites peuvent se présenter.

- La densité de courant :

De point de vue industriel, l'objectif est le dépôt maximum du métal en un temps minimum. A l'échelle de la société, le courant est le seul paramètre qui peut être modifié pour déposer une masse importante (c'est pourquoi il faut maximiser le courant). Par conséquent, si le courant est très élevé, le dépôt est poreux et la surface est brûlée, car la vitesse de déposition très élevée, empêche les ions de circuler dans tout le bain pour se déposer uniformément sur la surface de la pièce.

- Température :

L'effet de l'augmentation de la température facilite le déroulement de la réaction et la mobilité des ions ce qui favorise l'augmentation du courant possible durant la réaction.

➔Les températures très élevées sont susceptibles de détruire les additifs sensibles.

- L'agitation :

La concentration de l'électrolyte au niveau de la cathode diminue, alors il est nécessaire de maintenir une certaine agitation pour uniformiser les concentrations et l'obtention d'un dépôt continu et régulier.

C'est un facteur important qui diminue la polarisation des électrodes.

- Concentration de l'électrolyte :

Si la concentration augmente, le nombre d' ions devient plus grand, la vitesse de leur décharge croît et cela favorise le dépôt des grains fins, Néanmoins, lorsque la concentration dépasse une limite déterminée, les germes ne peuvent grossir et le dépôt devient poreux.

3-Calcul de la masse déposée et le rendement de dépôt

L'expression de rendement :

$$R = \frac{mexp}{mth} \times 100$$

Avec la masse expérimentale :

$$m_{exp} = m_{\text{après le dépôt}} - m_{\text{avant le dépôt}}$$

La masse avant dépôt est identique pour toutes les plaques, parce qu'on a utilisé des plaques de même taille.

Il faut passer par le bain de dégraissage avant de commencer le dépôt pour se débarrasser des graisses et des huiles contenues dans la surface des plaques.

✓ Plaque 1 : Nickelage

- La masse de la plaque avant dépôt : **m=21,18g**
- La masse de la plaque après dépôt : **m=21,65g**
- Les conditions de travail :

-Le temps de dépôt : **t=15 min** -La densité du courant : **I=3 A/ dm^2**

- Le nombre d'électron : **Z=2** $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

La masse expérimentale m_{exp} : m_{exp}= 21,22 – 21,18=0,47g

La masse théorique m_{th} : $m_{th} = \frac{t \times I \times M}{n \times F} = \frac{15 \times 60 \times 3 \times 56}{2 \times 96500} = 0{,}78g$

Le rendement R:

$$R = \frac{mexp}{mth} = \frac{0{,}47}{0{,}78} \times 100 = 60{,}3\%$$

✓ Plaque 2 : Cuivrage (cuivre acide)

- La masse de la plaque avant dépôt : **m=21,18g**
- La masse da la plaque après dépôt : **m=21,85g**
- Le nombre d'électron : **n=2** $Cu \rightarrow cu^{2+} + 2e^-$
- Les conditions de travail :

-Le temps de dépôt : **t=20min** -La densité du courant : **I= 2,5 A /dm²**

La masse expérimentale : $m_{exp} = 21{,}85 - 21{,}18 = 0{,}67g$

La masse théorique : $m_{th} = \frac{I \times t \times M}{n \times F} = \frac{2{,}5 \times 20 \times 60 \times 63}{2 \times 96500} = 0{,}97g$

Le rendement R :

$$R = \frac{0{,}67}{0{,}73} \times 100 = 68{,}4\%$$

✓ Plaque 3 : Argenture (bain d'argent)

- La masse de la plaque avant dépôt : **m=21,18g**
- La masse de la plaque après dépôt : **m=21,3g**
- Le nombre d'électron : n=1 $Ag \rightarrow Ag^{+} + 1e-$
- Les conditions de travail :

-Le temps de dépôt : **t=10 min** -La densité du courant : **I=0,5 A/dm²**

La masse expérimentale : $\mathbf{m_{exp}=21,3 - 21,18=0,12g}$

La masse théorique : $m_{th}= \frac{I \times t \times M}{n \times F} = \frac{0,5 \times 10 \times 60 \times 107}{96500} = 0,33g$

Le rendement R :

$$R= \frac{0,12}{0,33} \times 100 = 36,4\%$$

✓ Plaque 4 : tous les bains

- La masse de la plaque avant dépôt : **m=21,18g**
- La masse de la plaque après dépôt : **m=21,6g**
- Les conditions de travail :

La plaque est immergée dans tous les bains dans les mêmes conditions et les temps d'immersion. Premièrement dans le bain de dégraissage pendant 10min, puis dans le bain de cuivre alcalin sous un courant de 5A/dm^2, ensuit dans le bain de cuivre acide pendant 10 min avec un courant de 2A/dm^2, le bain de nickelage pendant 20min avec un courant de 2.5A/dm^2 et enfin dans le bain d'argentage pendant 20min sous un courant de 0.25A/dm^2.

La masse expérimentale : $\mathbf{m_{exp}=21,6 - 21,18=0,42g}$

La masse théorique : $m_{th}\text{ (totale)}=\frac{mth1+mth2+mth3}{3}=0,69g$

Le rendement R :

$$R= \frac{0,42}{0,69} \times 100 = 60,8\%$$

- **Interprétation des résultats**

- Pour la plaque2 de cuivre acide : on remarque que le rendement est fort donc le bain contient une quantité suffisante de sa composition et le dépôt n'est pas brillant parce qu'on n'a pas ajouté les brillanteurs parce qu'ils peuvent agir sur le poids et donc fausser les résultats.

- Pour la plaque1 de nickel : le rendement est plus ou moins fort donc il est conforme aux normes de la société.

-Pour la plaque3 d'argent : le rendement est très faible donc il faut faire un traitement complet du bain

-Pour la plaque4 traitement totale : le rendement est moyen parce que la plaque est passée par des bains forts et des bains faibles suivant leurs compositions.

Conclusion

Ce stage étant une bonne expérience, il m'a permis de découvrir l'électrolyse au plan industriel ainsi que la réalité de l'entreprise.

Au cours de ce travail, j'ai compris que la Société des Artisans Dinandiers de Fès effectue des traitements de surface des articles en métal, pour obtenir une surface d'aspect, de couleur et de propriété bien déterminé. Ces caractéristiques peuvent varier en fonction de la chaine de production et des modifications des propriétés physicochimiques spécifiques.

Les rendements trop élevés montrent que la galvanoplastie utilisée par la SADF est une opération efficace, mais non précise.