

1/73

UNIVERSITE D'ALGER  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT MINES ET METALLURGIE

# THESE DE FIN D'ETUDES



1EX

MONTAGE D'UNITES  
DE  
FUSION A INDUCTION ET A ARC



proposé par  
M.F. Mahmalgi

réalisé par  
A. Chaker  
N.E. Refes

promotion 73



E C O L E N A T I O N A L E P O L Y T E C H N I Q U E D ' A L G E R

D E P A R T E M E N T M I N E S E T M E T A L L U R G I E

T H E S E D E F I N D ' E T U D E S

M O N T A G E D ' U N I T E S D E F U S I O N  
A I N D U C T I O N E T A A R C

S u j e t P R O P O S E P A R  
M . M A H M A L D G I

E T U D I E P A R  
A C H A K E R  
N - E R E F E S

P R O M O T I O N 7 3 .

AVANT - PROPOS

Nous tenons à remercier vivement Mr F  
MAHMALDGI pour tous les conseils judicieux  
qu'il nous a donné durant toute l'étude du  
projet et qui nous ont permis d'aboutir à sa  
réalisation.

Nous ne manquerons pas d'exprimer aussi notre  
gratitude et notre reconnaissance à tous nos  
professeurs et assistants qui ont contribué à  
notre formation.

A. C H A K E R

N-E.REFES.

# S O M M A I R E

## A - INTRODUCTION

- I - NOTION DU VIDE
- II - CHAUFFAGE PAR INDUCTION

## B - MONTAGE DE L'UNITE DE FUSION

- I - DESCRIPTION GENERALE
- II - DESCRIPTION DES FOURS
- III- PRINCIPE DE CHAUFFAGE
- IV- INSTALLATION ELECTRIQUE
- V- FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

## C- FOURS A ARCS

- I- DESCRIPTION
- II- FONCTIONNEMENT

## D- CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

- Pratique du chauffage par induction  
D. WARBURTON - BRAUN
- La technique du vide dans l'industrie et le laboratoire  
G. GRIGOROV - V. KANEV
- Notices LEYBOLD - HERAEUS.

- 1 -

## II INTRODUCTION

La matière à l'état gazeux est caractérisée par une grande mobilité des molécules; grâce à cela, elle occupe toujours le volume du récipient dans lequel elle est enfermée et en épouse la forme.

Nous savons que dans un espace limité, un gaz exerce une pression sur les parois du récipient qui limite cet espace. La gamme des pressions pour lesquelles une certaine matière peut être à l'état gazeux est très large. En physique et en technique, on appelle vide l'état d'un volume gazeux dont la pression est inférieure à la pression atmosphérique.

On obtient actuellement des pressions qui atteignent  $10^{-14}$  Torr, tandis que dans l'industrie moderne, on utilise déjà des vides de l'ordre de  $10^{-9}$  à  $10^{-10}$  Torr. La physique et la technique disposent aujourd'hui d'une gamme très large de pressions inférieures à 760 Torr, par commodité, on la divise en quatre sous-gammes: vide grossier, vide moyen, vide poussé ou élevé et ultravide. Au cours des dernières années, la nécessité de l'ultravide (pressions inférieures à  $10^{-8}$  Torr) n'a cessé de croître, surtout dans le domaine des recherches thermonucléaires, dans celui des couches minces et de la physique des surfaces propres, dans la technique des fusées, dans l'étude de l'espace cosmique.

Une installation de vide est une combinaison d'appareils servant à produire et à mesurer le vide, ainsi que de différents éléments de fonction, de distribution et de cloisonnement. Selon la destination, l'installation se compose d'une ou plusieurs pompes et d'une canalisation qui relie la pompe au récipient, d'un manomètre et d'accessoires : vannes de différents types, pièges, condenseurs etc.

Les installations de vide sont divisées en installations dynamiques et en installations statiques.

Une installation est dite dynamique lorsque la basse pression est maintenue grâce à un pompage ininterrompu qui compense les rentrées d'air atmosphérique et le dégazage du système. Les installations de séchage, de dégazage, de distillation, de fusion sous vide en sont des exemples. Dans les

installations de vide dynamiques, les pompes utilisées ont ordinairement un grand débit et l'impédance de la canalisation doit être minimale.

Une installation est statique si son étanchéité est suffisante et son dégazage très faible, de manière que la basse pression soit entretenue pour ainsi dire son pompage. Le système statique est caractérisé par une pression constante en chaque point. Dans un tel système, le paramètre principal est la pression limite, tandis que le débit et l'impédance de la canalisation sont de moindre importance. Une installation servant à évacuer des appareils destinés à des recherches physiques constitue un exemple de système statique.

Au commencement du processus de pompage, l'installation de vide est dynamique; à mesure que la pression baisse et approche de la pression limite l'installation tend à devenir statique. Les conditions fondamentales dont dépend notre installation de vide sont :

- 1° Etanchéité totale de toutes les parties de l'installation.
- 2° Manque de dégazage des matériaux dont est faite l'installation et basse tension de vapeur de ces matériaux.
- 3° Solidité mécanique suffisante et stabilité thermique des parties du système.
- 4° Stabilité chimique des éléments constructifs, si le système doit fonctionner en présence de corps chimiquement agressifs.
- 5° Soumission de la construction aux conditions spéciales de fonctionnement, telles que hautes tensions, champs magnétiques.



### ///) / OTION de Vide :

Δès le début du siècle, on a reconnu que, en plus de la température du bain, la pression qui s'exerce sur celui-ci joue un rôle essentiel pour de nombreuses réactions. La solubilité d'éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène et l'azote dans un bain d'acier dépend de la pression et on a réussi à éliminer une grande partie de ces gaz en réduisant la pression qui s'exerce sur le bain.

#### -PROCESSUS DU DEGAZAGE :

Δans l'eau, le gaz carbonique  $CO_2$  se dissout en grande quantité. La solubilité de ce gaz augmente avec la pression ; les gaz dissous dans l'acier par exemple, sont partiellement libérés si on réduit la pression de l'atmosphère qui s'exerce sur le bain. Pour éliminer ces gaz, on a placé le bain en vase clos et au moyen de pompes, on a aspiré l'air ou ces gaz.

#### - VIDE ET PRESSION DES GAZ :

On appelle "vide" un espace vide de gaz, de liquides ou de corps solides. Il est certain que l'on arrive pas à créer un espace intégralement vide, et il subsiste toujours un résidu gazeux. Ce résidu est déterminé par sa pression et la pression gazeuse régnant dans l'enceinte considérée donne la mesure obtenue.

#### - EXEMPLE DE MESURE DU VIDE :

Si l'on prend un tube et que l'on plonge sa partie inférieure dans une cuvette remplie ou  $3/4$  de mercure, celui-ci monte dans le tube jusqu'à 760mm - c'est la pression atmosphérique s'exerçant sur la surface du mercure de la cuvette, qui pousse le mercure du tube à une hauteur de 760mm. Cette pression est égale alors à 760mm de Hg ou 760 Torr ou bien encore  $1,033 \text{ Kg/cm}^2$ . Si l'extrémité supérieure du tube est reliée à une pompe à vide, et si le mercure est monté à une hauteur  $H$ , plus petite que 760mm, la pression de l'air dans la partie supérieure du tube et par conséquent le vide momentané est de  $(760-H)$ mm de Hg.

-OBTENTION DU VIDE :

Différentes sortes de pompages peuvent produire un vide. On emploie toujours plusieurs types de pompes dans une installation, pour atteindre le degré du vide voulu, ou le débit d'aspiration nécessaire. Les différentes pompes peuvent être classées en deux grandes catégories :

- Les pompes mécaniques
- Les pompes à injection.

Parmi les pompes mécaniques, la pompe Roots est la plus employée, car elle permet l'aspiration de grands volumes, dans le domaine de 1<sup>toor</sup> et au dessous. Les pompes mécaniques sont très sensibles aux gaz contenant des poussières, ce qui nécessite une épuration des gaz au moyen de filtres avant aspiration.

Les pompes à injection utilisent généralement de la vapeur d'eau sous pression. Cette vapeur se mélange au gaz à aspirer et le mélange de vapeur pénètre à grande vitesse dans la tubulure d'accumulation de la pompe, et est condensé à la sortie.

## II. CHAUFFAGE PAR INDUCTION :

Le chauffage par induction sous pression atmosphérique est généralement utilisé par la technique du soudage, pour le mécanisme du brasage. Il est utilisé relativement depuis peu de temps, en dehors de son emploi pour la fusion. Le chauffage par induction a été considéré comme une nouveauté de laboratoire.

### 1- APPAREILS CONNUS POUR LE CHAUFFAGE PAR INDUCTION :

On distingue généralement trois (3) éléments principaux :

- a - Générateur
- b - Inducteur
- c - Matériau à traiter

On utilise généralement des montages qui permettent un centrage direct de la pièce à traiter par rapport à l'inducteur pendant le temps de chauffage. Les générateurs disponibles commercialement peuvent être divisés en trois (3) catégories.

- machines tournantes ou alternateurs
- générateurs à étincelles
- générateurs électroniques

Ces derniers utilisent des tubes à vide et sont extrêmement efficaces en exploitation. Le générateur électronique existe avec des puissances de sortie allant de 1 à 100 K.W, et avec des fréquences s'échelonnant entre  $10^5$  et  $10^6$  cycles par seconde. Les fréquences les plus utilisées sont de l'ordre de 400 à 500 K cycles par seconde. Dans tous les générateurs de chauffage par induction, l'énergie est transmise du générateur au matériau à traiter par l'intermédiaire d'une bobine ou inducteur. A cette bobine est connectée une sortie MF et par conséquent elle est parcourue par un courant MF.

Le passage de ce courant engendre un champ magnétique produisant des courants induits circulant dans le matériau placé à l'intérieur de la bobine.

L'opposition présentée par la résistance électrique du matériau au courant induit, provoque l'élévation de la température plus la résistance est élevée, plus sera grand l'effet de chauffage.

## 2- PRINCIPE DE BASE :

L'élévation de la température est due au fait que les lignes de flux entourant l'inducteur coupent le matériau en surface et induisent des courants de circulation: il s'ensuit que le matériau placé dans le champ magnétique sera chauffé. Ce phénomène a un avantage il permet de localiser, par exemple, la surface de chauffe d'une pièce et d'obtenir un chauffage sélectif. La valeur du courant induit dépend de l'importance ou de la force du champ magnétique, puisque le champ est plus fort à la surface immédiatement adjacente à l'inducteur et diminue dès celui-ci s'en éloigne. Il s'ensuit que l'élévation de température peut être réglée en faisant varier la distance entre l'inducteur et le matériau ( c'est ce qu'on appelle le couplage). Si la distance est courte, on obtient un couplage serré donnant un chauffage rapide et vice-versa.

## 3- CHALEUR :

Puisque le chauffage par induction est utilisé pour produire de la chaleur, il s'ensuit que le comportement de celui-ci est de première importance quand on étudie les applications pratiques du procédé. Quant la puissance nécessaire doit être déterminée pour une application particulière, les pertes d'énergie dues aux causes suivantes doivent être prises en considération :

a) pertes par radiation :

elles peuvent être importantes si la surface du matériau est grande par rapport à sa masse.

b) pertes par convection :

généralement faibles et par conséquent négligeables.

c) pertes par conduction :

Elles sont dues à l'écoulement de la chaleur de la zone chauffée à la zone froide par le matériau.

#### 4- AVANTAGES DU CHAUFFAGE PAR INDUCTION :

Il est très rapide et permet des économies d'énergie. Son installation est économique car il n'y a pratiquement aucune perte à l'utilisation. Le procédé est particulièrement propre et efficace et l'emploi de spécialistes n'est pas nécessaire. Un contrôle exact et parfait peut être fait au niveau du procédé et permet ainsi une diminution des déchets de production.

#### 5- INDUCTEURS :

Ils sont généralement constitués par des bobines faites avec des spires, plates pour les traitements thermiques et rondes pour la fusion en général. Le chauffage est provoqué par les courants induits engendrés par le champ électromagnétique entourant l'inducteur.

Le chauffage se produit au voisinage des spires de l'inducteur et de ce fait, celui-ci sera couplé avec le matériau à traiter. Le chauffage sera d'autant plus rapide que les spires seront voisines du matériau, et il est alors possible de modifier l'élévation de température en modifiant le couplage. L'inducteur ne doit pas entrer en contact avec le matériau à traiter. Quand on emploie des inducteurs à plusieurs spires, le passera aussi serré que possible pour obtenir une zone de chauffage régulière.

Le champ magnétique à la surface de la pièce à traiter est proportionnel au carré de la distance entre l'inducteur et la pièce. Le fait qu'il y a une baisse d'intensité de flux aux extrémités de l'inducteur donne pour résultat que le chauffage sera plus rapide dans la partie du matériau se trouvant face aux spires centrales de l'inducteur.

#### 6- REFROIDISSEMENT DES INDUCTEURS :

L'inducteur, traversé par un courant pouvant atteindre plusieurs centaines d'ampères, chauffe par suite des pertes d'énergie par résistance ( $R I^2$ ). Afin d'éviter un surchauffage de l'inducteur, on a prévu un système de refroidissement. L'eau circule à l'intérieur des spires et les pertes par résistance sont dissipées en élévation de température de l'eau.

## B. MONTAGE DE L'UNITE DE FUSION :

### I- DESCRIPTION GENERALE :

L'unité de fusion par induction comporte essentiellement :

- Des fours avec leurs accessoires
- Une armoire de moyenne fréquence
- Un alternateur
- Un tableau de commande

Nous avons quatre versions de fours différentes suivant le groupe de pompage.

Le choix du groupe de pompage se fait en fonction de l'utilisation de l'installation, des quantités de gaz à absorber, de la vitesse de chauffage, et du vide exigé. Les quatre (4) versions sont dénommées ainsi :

- Version EM
- Version I
- Version II
- Version III

#### -VERSION EM :

Ce groupage représente l'équipement de base. Le vide limite possible est de l'ordre de  $10^{-2}$  Torr. Il est obtenu par une pompe à pistons rotatifs bi-étagée. Le groupe de pompage est conçu pour des travaux dans le domaine du vide grossier. La vitesse maximum d'aspiration est située dans le domaine de pression allant de 760 à  $10^{-1}$  Torr.

#### -VERSION I :

Le vide limite est ici de l'ordre de  $10^{-3}$  Torr. Il est obtenu au moyen d'une d'une pompe primaire à pistons rotatifs mono-étagée. La vitesse maximum d'aspiration se trouve dans l'étendue de pression entre 1 Torr et  $10^{-2}$  Torr.

### VERSION II.

Le vide limite est mieux que  $10^{-5}$  Torr. Il est obtenu par une pompe à diffusion d'huile, elle-même amorcée par une pompe primaire à pistons rotatifs bi-étagées.

La pompe primaire est également reliée directement à la cuve par une canalisation de by-pass. Entre la bride d'aspiration sur le four et la pompe à diffusion, est montée une vanne. Celle-ci permet de passer le vide dans le four sans attendre que la pompe à diffusion ait refroidi. La vitesse maximum d'aspiration de ce groupe de pompage se trouve dans le domaine de pression inférieure à  $10^{-3}$  Torr.

### VERSION III.- :

Le vide limite est meilleur que  $10^{-5}$  Torr. Le groupe de pompage se compose d'une pompe à diffusion et d'une pompe Roots, qui peut travailler soit en série avec la pompe à diffusion, soit en parallèle avec celle-ci. Ces deux (2) pompes sont amorcées par une pompe primaire à pistons rotatifs bi-étagée. Ce système a le gros avantage de donner toujours le maximum possible de vitesse de pompage dans le domaine du vide allant de 1 Torr à  $10^{-5}$  Torr. Les vides obtenus nécessitent bien entendu, un four vide et propre. La pression de travail est, quant à elle, fonction du flux gazeux, de la vitesse de chauffage et du temps de pompage.

### II. DESCRIPTION DU FOUR :

Le four se compose de trois (3) parties principales :

- 1- cuve de four avec inducteur
- 2- groupe de pompage
- 3- cadre de base avec boîte de commande et batterie de distribution d'eau.

#### 1- CUVE :

La cuve a un diamètre intérieur de 500 mm et une hauteur de 600 mm. Elle est réalisée en Acier inox magnétique. Elle est à double paroi pour permettre la circulation d'eau de refroidissement. Le couvercle est actionné par une commande manuelle et un piquage sert pour raccorder le groupe de pompage.

Un passage coaxial refroidi à l'eau et qui tourne au moyen d'un levier entraînant avec lui le creuset et l'inducteur.

Des barres omnibus réalisent la liaison entre le passage coaxial et l'installation de moyenne fréquence. Dans le fond de la cuve, il y a une table de lingotières réglable en hauteur par une commande manuelle.

## 2- CADRE DE BASE :

L'installation est montée sur un cadre de base en profilé d'acier sur lequel de base est montée une boîte de commande comportant les commutateurs pour les pompes, les jauges à vide et tous les éléments de construction électrique, nécessaire à la conduite et à la surveillance du four. Une batterie de distribution d'eau de refroidissement est également montée. Elle alimente notamment :

- La cuve
- Le passage coaxial
- Les barres omnibus
- Le groupe de pompage

## 3.- ACCESSOIRES :

Un certain nombre d'accessoires est monté, soit sur la cuve directement, soit sur un dispositif révoluer constitué par un sas avec une vanne tiroir à clapet. Celle-ci permet d'isoler le dispositif révoluer de la cuve. Celui-ci rend possible le montage de trois accessoires qui peuvent être introduits dans le creuset. Sur le dispositif révoluer, il s'agit notamment de :

- Un dispositif de chargement pour granulés et additions
- Un thermocouple plongeur
- Un dispositif de prélèvement d'échantillon sous vide.

Sur la cuve, peuvent être montés :

- Une vanne pour l'introduction dosée de gaz inerte dans la cuve.
- Une cuve basculante d'introduction de gaz. Elle permet d'introduire un gaz de réaction directement dans le bain en fusion.
- Une table de lingotières tournante permettant de couler dans plusieurs lingotières, commandée par une vanne ;



- Un condensateur de vapeur en métal refroidi à l'eau, monté sur un des piquages dans le four. Il sert pour la sublimation des métaux tels que le zinc,»

### III.- CHAUFFAGE

#### 1- INTRODUCTION :

En fonction de l'importance de l'installation, des quantités de gaz à observer, de la vitesse de chauffe, et du vide voulu, le choix du groupe de pompage est effectué de quatre (4) manières différentes. C'est pour cela que l'on dispose de quatre versions de fours.

Le four est conçu pour des fusions sous vide, mais peut être aussi utilisé à la pression atmosphérique (Il suffit de ne pas actionner le groupe de pompage), ou sous gaz inerte. Il peut être également utilisé pour des travaux de frittage et de trempe et ceci dans les mêmes conditions.

#### 2- CHAUFFAGE DE LA CHARGE :

L'échauffement de la charge peut être effectué de deux (2) manières différentes. Ce sont le chauffage par couplage direct et par chauffage indirect.

##### a) COUPLAGE DIRECT.

On utilise le couplage direct lors d'une fusion dans des creusets réfractaires, d'un oxyde métallique par exemple. Dans ce cas, la charge est chauffée directement par induction. Cependant, on prend une précaution pour limiter les pertes par rayonnement, en entourant la charge d'une isolation thermique.

##### b) CHAUFFAGE INDIRECT :

Ceci se fait quand le couplage direct n'est pas possible, dans le cas, par exemple, où la résistivité du matériau est trop élevée, ou que la pièce à traiter est très petite ou qu'encore la forme géométrique de la charge n'est pas compatible avec le couplage direct.

Le chauffage est effectué par rayonnement d'un suscepteur qui lui même chauffé par induction.

Dans le cas d'une fusion, le creuset lui même sert de suscepteur. Dans le cas des traitements thermiques, le suscepteur est constitué par un cylindre métallique de faible épaisseur. Il peut être réalisé également en graphite. Le choix du matériau du suscepteur dépend de plusieurs facteurs.

- La température que l'on désire.
- La composition chimique de la charge
- L'atmosphère (éventuellement).

c) ISOLATION THERMIQUE :

On sait que l'isolation thermique dépend de la composition chimique de la charge, de la température et de la pression. La précaution à prendre est que quelque soit la mode de chauffage, l'isolation thermique est réalisée par un jeu d'écrous en matériaux réfractaires dans le cas où la charge ou le suscepteur exigent une atmosphère exempte de carbone. Dans les autres cas, on utilise une isolation constituée par un feutre de graphite ou par des granulés de graphite.

3- INDUCTEURS.

Dans la cuve, l'inducteur est monté sur un passage coaxial tournant ce qui permet de couler la charge sans avoir à couper la moyenne fréquence. L'échange d'un inducteur se réalise très facilement. Tous les inducteurs sont raccordés au passage coaxial de telle façon que pendant la coulée, l'axe de rotation passe par le bec de coulée. Ceci permet de couler dans des lingotières de faible ouverture. Les inducteurs sont réalisés en tube de cuivre pour permettre leur refroidissement à l'eau, et sont de plus revêtus d'une couche d'aluminium shoopée.

Nous avons deux sortes d'inducteurs :

Les bobines plates pour les traitements thermiques

Les bobines rondes pour la fusion.

IV. INSTALLATION ELECTRIQUE :

a) DESCRIPTION GENERALE DU GROUPE MF.

Armoire MF :

Le groupe MF sert à alimenter en courant de fusion, l'installation sous vide. L'armoire de commande contenant les condensateurs est munie d'une sortie MF. Elle est placée à proximité du four et est reliée par des barres omnibus en cuivre aux consommateurs. La batterie de condensateurs requises pour la compensation réactive de la bobine à induction est divisée en un nombre suffisant de gradins pour compenser d'une manière continue le coefficient de puissance de la partie MF de l'installation pendant le travail sans couper la puissance, et pour maintenir constamment le  $\cos \phi$  à 1.

L'armoire porte à cet effet tous les contracteurs et tous les éléments auxiliaires. Il est prévu un dispositif qui coupe automatiquement l'excitation de l'alternateur en cas de surintensité ou de surtension. Un autre dispositif de contrôle protège l'alternateur contre l'échauffement et surveille les roulements et le système de lubrification du groupe.

-ALTERNATEUR :

L'alternateur à MF est double palier; moteur et générateur sont montés sur un arbre. Il est complètement fermé et refroidi à l'eau. Il est placé près du four et il est connecté à l'armoire par un câble coaxial. Son moteur est mis en marche par un démarreur automatique "étoile-triangle". La manœuvre de l'installation MF se fait à partir d'un tableau de commande individuel pour les deux consommateurs. Ce tableau porte les instruments de mesure du courant du moteur, du courant du générateur, de la tension,

génératrice et du courant d'excitation.

Le réglage de l'excitation du générateur est assuré par un potentiomètre incorporé ainsi que le rendement de puissance la tension de sortie du générateur est stabilisée et est maintenue constante malgré les fluctuations de la tension de charge et de la tension du réseau.

Le tableau de commande porte des lampes témoins et d'alarme qui indiquent qu'il y a surintensité, surtension, manque d'eau de refroidissement dans telle ou telle partie.

b) ELEMENTS FORMANT LE GROUPE MF:

- Le groupe moteur alternateur est connecté au réseau triphasé de 3 X 380 Volts, d'une puissance MF de 75 K.W, d'une tension MF de 250 volts et d'une fréquence de 4 KHz.
- L'armoire MF décrite plus haut, avec la batterie de condensateurs d'une puissance réactive de 1430 K.V.A, 250 volts et 4 KHz.
- Les barres omnibus reliées à la sortie MF de l'armoire et aux inducteurs sur les fours.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU FOUR A INDUCTION:

1- Raccordement :

Tension d'alimentation : 380 V  
Fréquence : 50 Hz  
Puissance (sans installation MF) : 5 KVA

2- BESOIN EN EAU :

Eau de refroidissement  
Quantité : 20 l/min  
Pression : 3 à 3,5 atm  
Température : 10 - 20°C

3- INDUCTEURS :

Inducteur de fusion maximum :

Diamètre intérieur : 170 mm  
Hauteur : 180 mm

Inducteur de frittage maximum :

Diamètre intérieur : 220 mm  
Hauteur : 260 mm

Volume utile du creuset pour

l'inducteur de fusion maximum : 1,2 - 1,3 l.

4 - TEMPERATURE DU FOUR :

La température maximum dépend de la puissance délivrée à l'alimentation, et de l'isolation thermique du creuset  
Température de travail : environ 2000°C.

5 - GROUPE DE POMPAGE :

Type EM :  $10^{-1}$  Torr  
Type I :  $10^{-3}$  Torr  
Type II et III :  $10^{-5}$  Torr

-INSTALLATION E M A DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION -

Données Techniques

L'installation E M A se compose de trois parties :

- 1) GENERATEUR M F
- 2) CONTACTEUR AUTOMATIQUE
- 3) ARMOIRE DE COMMANDE

1) GENERATEUR M F :

Charge de connection du moteur d'entrainement	98 K V A
Tension	380 V.
Intensité	165 A
Puissance du générateur	75 K W
Fréquence de travail	4 K HZ
Intensité nominal	300 A
Tension nominale	250 V
Tension maximale aux bornes du générateur	250 V

2) CONTACTEUR AUTOMATIQUE :

avec changement automatique d'étoile a triangle et déclanchement thermique de la surintensité.

<u>INTENSITE NOMINALE:</u>	165 A
Tension de la bobine du contacteur	220 V
Temps de changement Etoile triangle	135 s
Gamme de réglage pour le déclanchement de la surintensité :	
80%	78,4 A
120 %	117,6 A

3) ARMOIRE M F

Cette armoire comprend :

Etage de compensation M F

Etage de puissance M F

Dispositif d'excitation

Appareillage de mesure et de commande

Appareillage de Sécurité

Banchement du contacteur à l'armoire

2 K V A

Tension

380/220 V

ENTREE M F :

Intensité

300 A

Tension

250 V

Fréquence d'utilisation

4 K Hz

Courant maximum

5715 A

SORTIE M F :

Intensité maximale

5715 A

Tension maximale

250 V

Batterie de condensateurs parallèles

Tension

250 V

Fréquence

4 K Hz

Consommation d'eau de refroidissement pour

condensateur et barres omnibus

15 L/min

Température maximum d'entrée d'eau

25°c



4) CARACTERISTIQUES DU GROUPE CONVERTISSEUR.

Puissance d'entrée du moteur générateur à plein régime	109 K V A
Tension nominale du moteur	380 V
Nombre de phases	3
Fréquence	50 HZ
Intensité nominale du moteur	165 A
Intensité de démarrage	760 A
Temps de démarrage	124 s

-CARACTERISTIQUES DU GENERATEUR

Puissance	75 KW
Fréquence	4 KHZ
Vitesse	300 T/mn
Tension	250/500 V
Intensité	300/250 A
Cosinus phi	1,0
Tension d'excitation	130V max
Intensité d'excitation	3,5 A max
Consommation en eau de refroidissement	22 l/mn

## FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### 1) Introduction :

Le four à induction est conçu pour la fusion la coulée des métaux ainsi que pour le frittage et le traitement thermique sous vide.

En ce qui concerne l'emploi des creusets pour la fusion deux sortes de creusets sont employés:

-Creusets en graphite

-Creusets en pisé fritté

Le volume maximum de ces derniers est de 330 CM<sup>3</sup>, a remarquer aussi que le volume de remplissage dépend de l'épaisseur de la paroi du creuset et de l'épaisseur de l'isolation thermique.

La coulée de la charge se fait par basculement du creuset au moyen d'un levier.

Comme on l'avait déjà précisé le four de fusion et de traitement thermique est chauffé par induction directe ou indirecte au moyen d'un cylindre en graphite ou d'un suscepteur en métal.

En ce qui concerne les bobines selon le travail que l'on veut effectuer on utilise deux modèles.

-Modèles :	Diamètre intérieur	Hauteur
-Pour la fusion	110 mm	140 mm
-Pour le T.thermique	140 mm	170 mm

### 2) PREPARATION DU FOUR :

La cuve doit être aussi propre que possible. Lors de la mise en place de la bobine on doit s'assurer que les brides de raccordement à la bobine et à la traversée coaxiale ne sont pas égratignés et que les joints employés sont intacts, la bobine doit être parfaitement cylindrique.

Après avoir installé la bobine on la munie d'un revêtement de quartz d'abord une plaque de base est mise en place, et en cas de charges plus lourdes on utilise deux plaques de dimensions différentes (épaisseur), l'inférieure est plus épaisse que la supérieure. La plaque est posée concentriquement et tient sur des griffes attachées à la bobine.

Ensuite le cylindre en quartz est placé sur la plaque de base, il est placé d'une manière étanche sur la dite plaque de façon que le matériau de remplissage ne puisse s'échapper.

## 2-1 INSTALLATION DU CREUSET.

Suivant l'application et le genre de fusion, des creusets différents sont utilisés cela dépend aussi des caractères physiques et de la composition chimique du matériau du creuset.

### a) Installation du creuset en graphite

Tout d'abord une couche de gravier en graphite d'une épaisseur convenable est placée sur le fond du revêtement en quartz. L'espace entre le diamètre extérieur de la couronne deverseuse et le diamètre intérieur du revêtement en quartz est de 2 à 3 mm. Cet espace est rempli avec de la laine de quartz pour éviter de laisser échapper le gravier en graphite lors du basculement du creuset.

Après avoir placé le creuset en graphite sur la couche de gravier il faut empiler de gravier autour du creuset et de laisser cela non compact. La grosseur des grains de gravier ainsi que l'épaisseur de la couche dépendent de la température avec laquelle on veut travailler. Les couches de graphite servent non seulement de support mécanique au creuset mais aussi à l'isolation thermique du quartz. Après avoir installé le creuset, la couronne en graphite est placée sur cela elle est maintenue à l'aide d'un dispositif de serrage.

Ces dispositifs sont revêtus d'une isolation thermique.

### b) Creuset en pisé fritté

L'installation du creuset s'effectue comme précédemment, à la seule différence c'est que le matériau de remplissage se compose de grains ou pisé fritté (oxyde de magnésium); la grosseur des grains et l'épaisseur de la couche dépendent aussi des caractéristiques physiques et chimiques du matériau compensant le creuset.

## 2-2 FONCTIONNEMENT DE LA BOBINE

La bobine à induction est basculée moyennant d'un levier qui est monté à l'extérieur de l'amenée du courant coaxial, s'il est nécessaire la puissance peut rester enclenchée pendant la coulée.

La lingotière est placée devant la bobine sur la table à lingotières dont la hauteur est ajustable.

2-3 ENTREE D'AIR.

La rentrée d'air dans le récipient se fait à l'aide d'une vanne manuelle, pendant ce processus la vanne d'arrêt entre la cuve et pompe primaire et la vanne à clapet doivent être fermés.

2-4 EAU

Les vannes d'eau pour les différents circuits de refroidissement se trouvent dans l'armoire de commande. Il est possible de refroidir la bobine à induction, la cuve, la lingotière et la pompe à diffusion. La cuve et la lingotière - peuvent être chauffées à l'eau chaude.

Un relais de sécurité d'eau est prévu pour la bobine à induction et la pompe à diffusion. Ce relais influe sur l'excitation de l'installation MF afin de couper l'installation MF en cas de manque d'eau de refroidissement.

### 3) PROCESSUS DE LA FUSION:

Dès le commencement de la fusion on commence à pomper de manière à atteindre une pression basse (evacuer au moins la cuve).

Aussitôt que le matériau commence à fondre, il faut s'assurer que la pression soit située entre 10 et 30 Torr. Ceci est atteint en coupant les pompes et en fermant la vanne vide, la pression monte alors automatiquement à cause du dégazage de la fusion. On maintient cette pression jusqu'à la fusion totale, puis on refroidit la charge dans le creuset, les pompes étant alors enclenchées. Après 2 à 3h on refond la charge, la fusion s'effectue rapidement sous vide. Dès que le vide demandé est atteint et que l'on peut constater que la charge ne dégaze plus, cette charge peut être coulée. Il n'est pas nécessaire de laisser refroidir et de refondre une deuxième fois, la première étant bonne. Si l'on fond sous une pression plus basse qu'indiquée il est possible que la charge bouille très fort et jaillisse du creuset. Quand toute la charge est liquide et la surface de fusion s'est calmée on peut commencer à pomper pour arriver à nouveau à une pression plus basse, mais toujours de manière à éviter que la charge bouille. A la fin du dégazage la charge ne doit plus bouillir même sous la pression la plus basse. La pression la plus basse dépend de la pression vapeur du matériau à traiter.

La charge absorbe une puissance MF d'environ 8 à 11 KW si l'on utilise un creuset en pisé fritté et si la résistance spécifique des matériaux à fondre (fonte, acier, alliages de cobalt) est entre  $12 \cdot 10^{-6}$  et  $130 \cdot 10^{-6}$  Ohm/Cm.

La puissance absorbée par la bobine est de 15 KW, et sa tension est de 220 V. La bobine est conçue pour une fréquence de 8 KHz. En cas où la puissance absorbée est trop petite, c'est-à-dire quand le courant de l'alternateur dépasse le courant nominal en réduit le diamètre intérieur du creuset.

Dans ce cas, par ce que le courant nominal de l'alternateur reste sous voltage nominal on augmente le diamètre du creuset.

#### 4) TRAITEMENT THERMIQUE ET TECHNIQUE DU DEGAZAGE.

Les matériaux et les pièces nettoyées chimiquement doivent subir un traitement thermique et un dégazage.

Le traitement thermique est une opération technique importante qui a pour but d'améliorer les qualités mécaniques du métal, de nettoyer complètement les surfaces, de dégazer partiellement le métal ou de transformer sa composition gazeuse. Les matériaux utilisés dans les tubes électroniques, comme le tungstène, le tantale, le molybdène, le nikel, etc., subissent ordinairement un traitement thermique. Il y a trois procédés différents de traitement thermique :

- 1) Dans l'atmosphère
- 2) Dans une atmosphère réductrice
- 3) Sous vide

On fait subir un traitement thermique dans de l'air entre 600 et 800°C à des métaux précieux: platine, or et argent pour obtenir un nettoyage de la surface ainsi que pour créer des changements de structure favorable (grandeur des micro-cristaux et des granules). Pour brûler les matières organiques à la surface des métaux non précieux : nikel, tungstène, molybdène, etc., et pour rendre la surface poreuse, on soumet ces métaux à une température comprise entre 400 et 600°C. On répète ordinairement ce processus plusieurs fois après une période intermédiaire de repos.

Dans la plus part des cas, les métaux et les pièces sont traités thermiquement dans une atmosphère réductrice, de préférence du H<sub>2</sub>. On utilise parfois l'atmosphère du gaz à l'eau partiellement surchauffé, dont les propriétés réductrices sont réglables.

Le traitement thermique des fils de molybdène dans ce mélange gazeux doit être évité, car il détériore leurs propriétés mécaniques. Pour traiter des fils de molybdène, de tungstène ou d'un alliage de ces deux métaux, on recourt au procédé suivant. On oxyde tout d'abord le fil avec de l'air à 600 °C puis on le passe dans un four réducteur entre 1 100 et 1 300 °C. Le métal et ses alliages sont traités thermiquement dans une atmosphère d'hydrogène à 700 à 800 °C.

Dans l'industrie des tubes électroniques, on emploie des fours réducteurs à hydrogène pour le traitement thermique massif des pièces.

Le tableau donne les régimes de traitement thermique de quelques-uns des métaux les plus employés dans l'industrie des tubes électroniques. On soumet au traitement thermique sous vide toutes les grandes pièces qui doivent être dégazées. Dans ce cas, on réduit les oxydes qui se dissocient partiellement aux hautes et sont partiellement réduits par le H<sub>2</sub> et le CO qui se dégagent des couches internes du métal.

Le traitement thermique et le dégazage du tantale dans des fours à vide sont indispensables; ce métal ne peut en effet être traité dans l'air, ni dans une atmosphère d'hydrogène, car il devient cassant en absorbant ce gaz. Le cuivre souffre aussi de la même "maladie" ; c'est pourquoi il est traité dans un four à vide. Les fours peuvent fonctionner au gaz ou à l'électricité, mais on préfère le chauffage par induction à haute fréquence pour un travail rapide et pratique. Suivant cette méthode, on peut obtenir très rapidement grâce aux courants de Foucault une température élevée dans la pièce sans chauffer directement les parois du tube ou de la cloche étanches, qui ne doivent pas être métallique.

Le processus de dégazage peut se faire en trois étage : dégazage préliminaire des matériaux, dégazage préliminaire des pièces et dégazage des pièces et des éléments constitutants dans l'appareil lui-même durant son évacuation. On peut parfois fondre et traiter thermiquement le matériau lors de son dégazage préliminaire. Ainsi le tantale qui est obtenu par grillage et agglomération sous vide doit subir nécessairement une fusion partielle, un traitement thermique et un dégazage lors de sa préparation. Cela doit s'appliquer aussi à d'autres métaux difficilement fusibles, par exemple au baryum. De cette manière, bien que le vide ne soit pas meilleur que  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$  Torr, la plupart des gaz contenus dans le métal se dégagent. Le traitement sous vide est cher et on n'y recourt qu'en cas de nécessité absolue ou lorsqu'il y a une obligation de principe, par exemple pour la préparation du tantale. Dans la technique des tubes électroniques, on utilise ordinairement des matériaux. La température à laquelle on doit porter les pièces et les matériaux sous vide dépend du type de pièce ou de matériau et de leur destination. Il est souhaitable que la température de dégazage soit élevée. Cela augmente la vitesse de dégagement des gaz et raccourcit la durée de l'opération.

La limite supérieure de la température de dégazage dépend du point de fusion, de la facilité de vaporisation et de la détérioration des qualités mécaniques due à la recristallisation. Si on ne respecte pas cette limite, les pièces se déforment parfois ou se soudent partiellement à d'autres.

Cette température se situe entre 900 et 1 500 °C pour la plupart des métaux. Les matériaux et les pièces dégazés ne doivent pas rester longtemps à l'air libre (pas plus de quelques jours), car ils s'oxydent et absorbent du gaz. Le mieux est de les garder dans des dessiccateurs évacués ou de les placer directement dans le tube et d'évacuer celui-ci. On applique le chauffage par induction à MF pour dégazer des pièces en métal ou en graphite destinées à se trouver à l'intérieur des appareils ou des installations.

Le générateur à MF alimentant l'enroulement  $\Phi$  a une puissance de quelques centaines de W à 2 à 3 KW pour des pièces petites ou moyennes. Pour chauffer des pièces plus grandes ou une plus grande quantité de matériau, on utilise des générateurs d'une puissance de quelques dizaines de KW.

La fréquence est ordinairement choisie entre 10 KHz et 1 Mhz. Dans un champ à MF, le fer atteint rapidement le point de Curie (768 °C) : Sa perméabilité relative se rapproche alors de l'unité et le chauffage se fait plus lentement. Le point de Curie de nickel est relativement bas (360 °C) et ses propriétés magnétiques n'influent presque pas sur le chauffage par induction.

Pour qu'une pièce se trouvant dans un champ à MF emmagasine la plus grande quantité de chaleur possible, elle doit avoir une forme appropriée et être placée de manière à embrasser le flux magnétique maximal. C'est pourquoi la forme de l'enroulement inducteur dépend de la forme et des particularités de la pièce chauffée. L'enroulement est ordinairement cylindrique ou plan. S'il faut soustraire ou chauffer une pièce qui est obligatoirement voisine d'une des extrémités de l'enroulement, on fait une spire de sens inverse pour affaiblir le champ à cette extrémité. Lorsqu'on chauffe des pièces ou des tubes contenant des cathodes et d'autres éléments, des circuits fermés peuvent se créer et des courants induits intenses peuvent brûler les éléments. Dans ce cas, on doit être attentif en approchant l'inducteur. Lors de dégazage à MF, les opérations ne doivent pas être effectuées rapidement, car le gaz libéré brusquement par les



électrodes (les pièces) de l'appareil ne peut être évacué immédiatement par les pompes. Ce sont surtout les cathodes chaudes qui peuvent être ainsi détériorées. Le dégagement rapide du gaz dans le champ à haute fréquence est dangereux. Car le gaz subit une forte ionisation; les parois du récipient en verre peuvent être chauffées outre mesure et une explosion a lieu.

C'est pourquoi le chauffage doit être coupé périodiquement (on éloigne l'enroulement ou on débranche le générateur). Les pauses périodiques permettent ainsi aux pompes d'évacuer le gaz libéré sans que le verre risque d'être surchauffé.

#### -BOMBARDEMENT IONIQUE

Dans le processus de dégazage, on a recours parfois au traitement par bombardement ionique (A cet effet il est prévu une vanne de pénétration de gaz), grâce à une décharge dans un gaz à basse pression. On procède de la manière suivante: On introduit dans l'appareil préalablement évacué un mélange de  $H_2$  et  $Ar$  sous une pression comprise entre 10 et 20 Torr, et on crée une décharge.

Il se forme alors dans le mélange  $H_2$  natif qui réduit facilement les oxydes et nettoie les surfaces du métal. On outre les ions hydrogène et argon chassent les molécules gazeuses à la surface du métal et la nettoie.

## 5 FONCTIONNEMENT DU GROUPE DE POMPAGE.

Selon la version utilisée du groupe de pompage, le fonctionnement diffère. Le plus simple est celui des versions E M et I.

En appuyant sur le bouton "1", le processus de pompage est déclenchée et le vide commence à se faire. Dans ce cas la pompe primaire est reliée - directement à la cuve. Pour la version II et III, le groupe de pompage est différent, car il possède deux circuits de pompage. Mise en marche du groupe II : On commence à mettre en marche la pompe primaire tout en fermant le circuit de la pompe à diffusion. On met celle-ci alors en marche pour qu'elle chauffe et puisse pomper de grands débits.

Après quarante minutes environ (40 mn), on ouvre le circuit de la pompe à diffusion, qui travaillera en série avec la pompe primaire.

Mise en marche du groupe III.

On déclenche la pompe primaire, en même temps que la pompe Roots et la pompe à diffusion. Jusqu'à une pression de  $10^{-2}$  environ, le circuit de pompage est le suivant : Cuve pompe Roots - Pompe primaire. quand la pression dépasse  $10^{-2}$  Torr, la pompe Roots enclenche automatiquement, puis peu après on ouvre le circuit "Pompe Diff". La pompe à diffusion pourra travailler alors soit en série avec la pompe Roots soit <sup>en</sup> parallèle.

C - MONTAGE DE L'UNITE DE FUSION A ARC

I - DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

L'unité de fusion à arc sous vide comporte deux fours, l'un à électrode consommable, l'autre à électrode non consommable. Un redresseur, relié par deux barres omnibus aux deux installations produit le courant de fusion nécessaire sous une grande intensité. Un tableau de commande permet le fonctionnement et les manipulations des appareils.

I - 1 : FOUR A ELECTRODE NON CONSOMMABLE :

Ce four comporte un récipient lequel possède une partie inférieure et un couvercle à double paroi. La partie inférieure est séparée du couvercle par un anneau isolant. L'électrode non consommable s'introduit dans le couvercle par un soufflet. Elle est également suspendue par un câble en acier s'enroulant sur une poulie. Cette partie permet les mouvements ascendants et descendants de l'électrode. Sur la poignée de l'électrode se trouvent des boutons-poussoirs qui commandent les mouvements et la fusion. A son extrémité inférieure, l'électrode non consommable comporte l'électrode proprement dite faite en tungstène.

Pour surveiller la fusion, le couvercle est muni d'un regard. Un tableau comportant des indications sur la marche du four, donne les mesures du vide créé dans le creuset, de l'intensité du courant de fusion, ainsi que le voltage.

I - 1.A CIRCUIT EAU :

Le Four comprend un circuit d'eau froide et chaude. Avec l'eau froide, le creuset et la tige d'électrode pendant la fusion sont refroidies. L'eau chaude est nécessaire pour le chauffage des différents éléments du four.

./...

I- 1.B CIRCUIT VIDE :

Le vide est créé par une pompe d'une capacité d'aspiration de 25 M<sup>3</sup>/H. Une jauge installée à l'entrée du creuset permet d'en mesurer le vide. Un manomètre indique la pression entre 760 et 0 Torr. Sur le tableau, par l'intermédiaire de la jauge, la valeur du vide est indiquée jusqu'à 10<sup>-3</sup> Torr.

Une vanne placée au dessus du séparateur, sert pour la rentrée éventuelle de gaz ou d'air.

I - 2 FOUR A ELECTRODE CONSOMMABLE :

Le four comporte un récipient avec une tige d'électrode et un circuit de refroidissement. Comme dans le four à électrode non-consommable, le récipient possède une partie inférieure où a lieu la fusion, et le couvercle pour l'étanchéité. Naturellement, ces deux parties sont aussi séparées par un anneau isolant. Lors de l'installation de la tige d'électrode dans le récipient, l'étanchéité au vide est assurée par un sas statique comprenant des joints. Le sas statique comporte une bride sur laquelle peut être branchée une pompe à vide.

La tige d'électrode est en cuivre, et à l'intérieur circule l'eau de refroidissement. Au bout inférieur de la tige d'électrode il y a un filtrage de 20 mm de longueur dans lequel vient se visser l'électrode consommable. La tige d'électrode est suspendue à un câble en acier, lequel est relié à une chaîne qu'elle même est commandée par un moteur.

Le pot de refroidissement comporte plusieurs creusets de fusion, et peut être abaissé et remonté par un dispositif hydraulique à pédales.

Le couvercle est muni de 3 regards sur lesquels, vient se visser une lunette, munie à son extrémité d'un hublot, d'où l'on peut surveiller de loin, la fusion de l'électrode.

./...

I- 2. A/CIRCUIT EAU :

Le four est alimenté en eau froide et en eau chaude. L'eau froide sert pour le refroidissement de la pompe Roots et au cours de la fusion pour le refroidissement du récipient, du séparateur, du creuset et de la tige d'électrode.

L'eau chaude est prévue pour le chauffage de la tige d'électrode, du récipient, du séparateur et du creuset avant la rentrée de l'air.

L'évacuation de l'eau se fait par une batterie placée à gauche du four. Un thermomètre indique la température de l'eau.

- CIRCUIT POMPE ROOTS :

La pompe roots est refroidie par une eau de 2,5 Kg/CM<sup>2</sup> de pression. Si cette pression baisse, un système protecteur arrête le fonctionnement de la pompe.

- CIRCUIT "RECIPIENT - SEPARATEUR" :

L'eau rentre par la base du récipient, passe par le nanteau du récipient, traverse le couvercle et le séparateur pour déboucher dans la batterie d'évacuation.

- CIRCUIT "TIGE D'ELECTRODE" :

L'arrivée d'eau à la tige d'électrode s'effectue au point de raccord gauche de la barre omnibus bleue. Elle passe dans la tige d'électrode, puis passe au point droit de raccord de la barre omnibus bleue, pour être enfin évacuée.

- CIRCUIT "POT DE REFROIDISSEMENT" :

L'eau refroidit d'abord fortement le fond du creuset, puis monte entre le guide d'eau et la paroi du creuset, et descend entre la paroi du pot et le guide d'eau, et sort par le 2<sup>o</sup> tuyau. La température est contrôlée par un thermomètre. Dans chaque circuit, il existe un interrupteur protecteur.

./...

I - 2/B CIRCUIT VIDE :

L'installation comprend deux pompes à vide :

- une pompe préliminaire DK 90
- une pompe roots 1600 mécanique.

Une vanne à vide à commande manuelle est placée entre les deux pompes. Pour la rentrée éventuelle de gaz inerte, il est prévu une autre vanne à vide toujours à commande manuelle. Une 3<sup>o</sup> vanne sert pour la rentrée de l'air.

Le séparateur est placé, lui, entre le récipient et la pompe roots. Un manomètre à ressort, sert à mesurer la pression entre 20 et 760 torr dans le récipient.

- Mesure du vide :

Le vide primaire est mesurée à la pompe préliminaire, et le vide plus poussé est mesuré au séparateur avec les tubes de la jauge "Thermistorvac" thermique.

Le fonctionnement de la pompe roots est verrouillé par un interrupteur à membrane, si la pression dépasse 10 torr. Un autre interrupteur à pression d'eau, verrouille le démarrage de la pompe roots si l'eau de refroidissement n'arrive pas ou si la pression en eau est plus petite que 2,5 Kg par CM<sup>2</sup>.

La mesure du vide poussé jusqu'à  $10^{-6}$  est indiquée sur le tableau de commande. Il est obtenu par la pompe roots.

I - 2/C CIRCUIT ELECTRIQUE :

Les éléments électriques du four sont réunis dans un tiroir. La commande de la fusion de l'électrode consommable se fait par des boutons-poussoirs placés dans une boîte de télécommande. L'alimentation en courant de fusion se fait aussi par un bouton poussoir.

Son déclanchement se fait par le bouton poussoir "E". Les boutons "C" et "D" servent au réglage du courant de fusion du redresseur.

Un ampèremètre indique l'intensité de courant de fusion, de même qu'un voltmètre indique la tension de fusion.

Le courant est triphasé ( 3 X 380V ) d'une fréquence de 50 Hz et d'une puissance de 2,5 K.V.A, pour le four L 200 d et 6 K.V.A pour le L.200 h.

## II - FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

### II.1 : Montage du Four

Le four est monté sur un bâti de support qui est posé sur une base solide et plane (socle des Ateliers de Mécanique). La potence réglant et supportant la tige d'électrode se trouve au dessus du centre du récipient.

Les tubes d'arrivée de l'eau froide ont 2" de diamètre; deux de l'eau chaude 1/2" et le tube d'écoulement 3". La pression de l'eau froide varie entre 2,5 et 3,5 Kg/Cm<sup>2</sup> ; celle de l'eau chaude 1,5 et 3 Kg/Cm<sup>2</sup>. Une température de 30 à 50° de cette eau est nécessaire.

#### II.1.A : Réglage des électrodes :

Le mouvement de la tige d'électrode est régi par deux moteurs à courant continu. Les boutons poussoirs A et B servent à lever ou abaisser la tige d'électrode. Un interrupteur "G" sert pour l'enclanchement du mouvement, et un potentiomètre (plus ou moins) règle la vitesse de l'avance de la tige d'électrode.

Le mouvement de la tige vers la montée ou la descente est limité par un interrupteur dit fin de course, actionné par le contre-poids. Dans le cas où l'électrode touche le bain liquide, un court-circuit se produit ; la tension de l'arc est nulle et la résistance du circuit s'annule aussi. Le moteur d'avance est alors freiné automatiquement. Comme le deuxième moteur tourne encore au régime établi l'électrode est levée, et quand elle ne touche plus le bain liquide l'arc est amorcé.

#### II.1.B. REGLAGE DU COURANT DE FUSION :

Les bouts libres des barres omnibus sont reliés au redresseur. La barre bleue est reliée au pôle négatif, la barre rouge au pôle positif.

Une inductance de protection, refroidie à l'eau, est montée dans le conduit négatif près du four. Elle protège la source du courant continu contre la haute fréquence produite.

Un condensateur de deux (2)  $\mu$ f est branché entre la fin de l'inductance et la conduit positif, alors qu'un deuxième condensateur de 5000 pf est branchée entre la prise moyenne de l'inductance et le conduit positif.

#### II.1.C. FUSION D'ELECTRODE CONSOMMABLE :

L'électrode forgée sur la presse, est vissée dans la tige d'électrode. La surface de la tête d'électrode doit être usinée plane pour assurer une bonne transmission du courant de fusion.

Une fois, le four chargée et évacuée, la fusion s'effectuera ainsi :

- avec le bouton poussoir B, on abaisse la tige d'électrode jusqu'à ce que la tige d'électrode ne descende plus, puis celle-ci est légèrement remontée.

- avec le bouton poussoir C (plus) et D (moins), on ajuste le courant de fusion à une valeur de 1000 ampères. On enclenche alors le courant de fusion avec le bouton "courant de fusion-marche" la tension de l'arc est alors de 20 volts, et dans la lunette, on aperçoit l'arc.

Si la tension de l'arc est supérieure à 20 volts lors de l'enclenchement, on déclenche le courant de fusion avec le bouton "E" et on répète l'opération. Si au contraire, la tension de l'arc est nulle on remonte la tige (car celle-ci est toujours dans le bain) jusqu'à l'apparition de l'arc dans la lunette.

Dès l'apparition du bain liquide au fond du creuset, on peut enclencher l'avance automatique à l'aide de l'interrupteur "G". Dans ce cas l'électrode fondra plus ou moins vite selon le courant de fusion, le matériau de l'électrode.

./...



- 37 -

CARACTERISTIQUES DU FOUR A ARC :

- Four L 200 D :

Poids : 610 Kgs  
Tempé eau froide : 25° c  
" eau chaude : 50° c  
Pression eau froide: 2,5 - 3 atm  
" eau chaude: 2,5 - 3 atm  
Débit eau froide : 115 l/mn  
" eau chaude : 20 l/mn  
Courant électrique : 3 X 380 V - 50 Hz - 2,5 K.V.A.

- Four L 200 H :

Poids : 1200 Kg  
Tempé eau froide : 25° c  
" eau chaude : 50° c  
Pression eau froide: 2,5 - 3 atm  
" eau chaude: 1,5 - 3 atm  
Débit eau froide : 200 l/mn  
" eau chaude : 30 l/mn  
Courant électrique : 3 X 380 V - 50 Hz - 5 K.V.A.

D - CONCLUSIONS

Le "vide" peut agir sur un métal de trois manières différentes:

- a)- par élimination des impuretés volatiles et des gaz dont la solubilité diminue à mesure que la pression baisse.
- b)- par le déplacement de l'équilibre des réactions chimiques dans lesquelles un des constituants est volatil: par exemple celles où interviennent le carbone et les oxydes métalliques.
- c)- par une action de protection en empêchant le contact du métal liquide des gaz qui pourraient l'altérer (oxygène de l'air)

Outre les fours à induction et le four à arc, le laboratoire est équipé d'une presse et d'une station de fusion, de plus grande capacité.

Il est prévu dans l'avenir des travaux de recherches notamment sur l'extraction de l'or par le plomb fondu, et l'extraction du fer de gare- djebilet.

IL est prévu aussi pour compléter le laboratoire, la mise en place d'appareils d'analyse des gaz, la construction d'un bassin pour recycler les eaux et pour en augmenter la pression.

Ce laboratoire permettra à l'Ecole Polytechnique et au Département "Métallurgie" d'entreprendre des recherches plus poussées dans le domaine de la Métallurgie et de la siderrurgie.

