

446/F

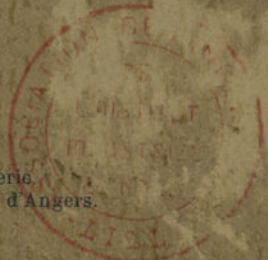
L'APPRENTI FONDEUR

L'OUTILLAGE. — SABLES DE MOULAGE
LE MOULAGE. — LE MOULAGE MÉCANIQUE
FUSION DE LA FONTE. — MÉTAUX DIVERS

PAR

E. AMIC

Ingénieur A. et M.
Professeur technique de fonderie
à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Angers.



Avec 317 figures dans le texte



ÉCOLE NATIONALE D'ARTS ET MÉTIERS
SÉRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 3

1927

Tous droits réservés.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

11606 44665 0740

Φ

NI = 446-P

Archives

671.2 # AMI

INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE

17. RUE JEANNE D'ARC
À LILLE



CENTRE
DE DOCUMENTATION



ÉCOLE CENTRALE
DE LILLE
Cité Scientifique - B.P. 48
59651 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX
FRANCE

446 P Fr

L'APPRENTI FONDEUR

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE DE FRANCE
S^{te} A^{me} au Capital de 2.000.000 F^{rs}
SERVICE DE PRESSE
15, Rue des Saints-Pères, PARIS



L'APPRENTI FONDEUR

L'OUTILLAGE. — SABLES DE MOULAGE
LE MOULAGE. — LE MOULAGE MÉCANIQUE
FUSION DE LA FONTE. — MÉTAUX DIVERS

PAR

E. AMIC

Ingénieur A. et M.
Professeur technique de fonderie
à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Angers.



Avec 317 figures dans le texte.
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER
S^{me} A^{me} au Capital de 3.000.000 F^{cs}
SERVICE DE PRESSE
15, Rue des Saints-Pères, PARIS
PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 8, RUE DES DOMINICAINS, 8

1927

Tous droits réservés.

L'APPRENTI FONDEUR

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

But de la fonderie. — Le point de départ du travail à l'usine est le dessin.

Le projet d'exécution d'une pièce ou d'un organe quelconque se présente donc sous la forme de dessins comportant toutes les indications utiles à l'interprétation fidèle de la pensée de l'Ingénieur qui les a établis.

Ces dessins sont remis à l'atelier d'exécution, c'est-à-dire :

A la chaudronnerie, s'il s'agit de pièces en tôle de fer, d'acier, de cuivre, de laiton, d'aluminium ;

A l'atelier des forges, si les pièces sont massives en fer, en acier doux, en bronze forgeable et si leurs formes sont simples ;

A la *fonderie*, s'il s'agit de pièces en fonte, en acier, en bronze, en laiton, en aluminium, en alliages divers, de formes trop compliquées pour être exécutées à la forge ou trop spéciales pour qu'il soit possible à l'atelier de chaudronnerie et d'emboutissage de procéder à leur fabrication.

Dans ce cas, le métal est *fondue*, puis *coulé* dans une empreinte, appelée *moule*, où il prend exactement la forme qu'on veut lui donner.

Ainsi se dégagent les deux opérations essentielles de

la fonderie : le *moulage* ou confection de l'empreinte, la *fusion* ou préparation du métal pour la *coulée*.

Le modèle. — L'empreinte se fait généralement d'après un *modèle* de la pièce à fabriquer. Ce modèle est exécuté dans un atelier spécial par des ouvriers appelés *modeleurs*.

Le sable. — L'empreinte est exécutée à l'aide d'un sable préparé spécialement pour cet usage à la *sablerie* (ch. vi). Ce sable a la propriété, quand il a été serré, de conserver la forme qu'on lui a donnée et de supporter sans se fondre le contact du métal liquide dont la température peut atteindre 1 400°.

Le moulage. — C'est l'opération qui consiste à prendre l'empreinte du modèle en se servant du sable et de l'outillage du mouleur (ch. ii).

Cette opération comporte de nombreuses difficultés qui exigeront une grande habileté professionnelle de la part de l'ouvrier ; ce dernier devra, en outre, connaître tous les phénomènes qui se produiront dans l'empreinte quand on y coulera le métal (ch. x et suivants).

Séchage des moules. — Les moules terminés sont généralement séchés et durcis dans les *étuves*, chambres en briques où règne une température moyenne de 300° et où ils séjournent environ dix-huit heures (ch. xxvii).

Fusion du métal. — La fusion du métal s'opère dans des fours dont les dispositions varient suivant qu'il s'agit de fondre la *fonte*, le *bronze* ou l'*acier*.

Dans le cas le plus fréquent, la fonte en morceaux est mélangée avec du coke dans une grande cuve cylin-

drique : *le cūbilôt* (fig. 289). On fait brûler le coke, et la chaleur qu'il dégage fait fondre le métal qui s'accumule au fond de l'appareil. Le trou C ménagé à la partie inférieure permet l'écoulement de la fonte liquide.

La coulée. — Le métal est recueilli dans des *poches* (fig. 292 à 296) qui servent à le transporter jusqu'aux moules qui seront remplis successivement.

Le démoulage. — Après refroidissement complet des moules, l'empreinte de sable est brisée pour permettre le dégagement de la pièce. *Le même moule ne peut donc servir qu'une seule fois.*

L'ébarbage. — A sa sortie du moule, la pièce se présente couverte de sable, munie des jets de coulée, de bavures. L'opération qui consiste à la nettoyer et à lui donner son aspect définitif s'appelle l'ébarbage. Elle s'effectue dans un local spécial. La pièce *ébarbée* est transportée au magasin de livraison.



PREMIERE PARTIE
L'OUTILLAGE

CHAPITRE II

OUTILLAGE PARTICULIER DU MOULEUR

Diverses sortes d'outils. — Pour travailler le sable l'ouvrier mouleur se sert d'outils en acier et en bronze. Ces outils sont légers, peu encombrants; il est utile qu'ils soient la propriété personnelle de l'ouvrier qui les aura, ainsi, bien en main, en obtiendra un meilleur rendement et les usera plus régulièrement.

Outils en acier. — Les outils en acier sont les plus répandus. On les emploie pour couper le sable; aussi leur forme générale est-elle mince et tranchante. Les principaux sont :

a. LES TRUELLES qui sont destinées au travail des grandes surfaces; elles se subdivisent en :

Truelles à tuyaux (N° 1, Pl. I);

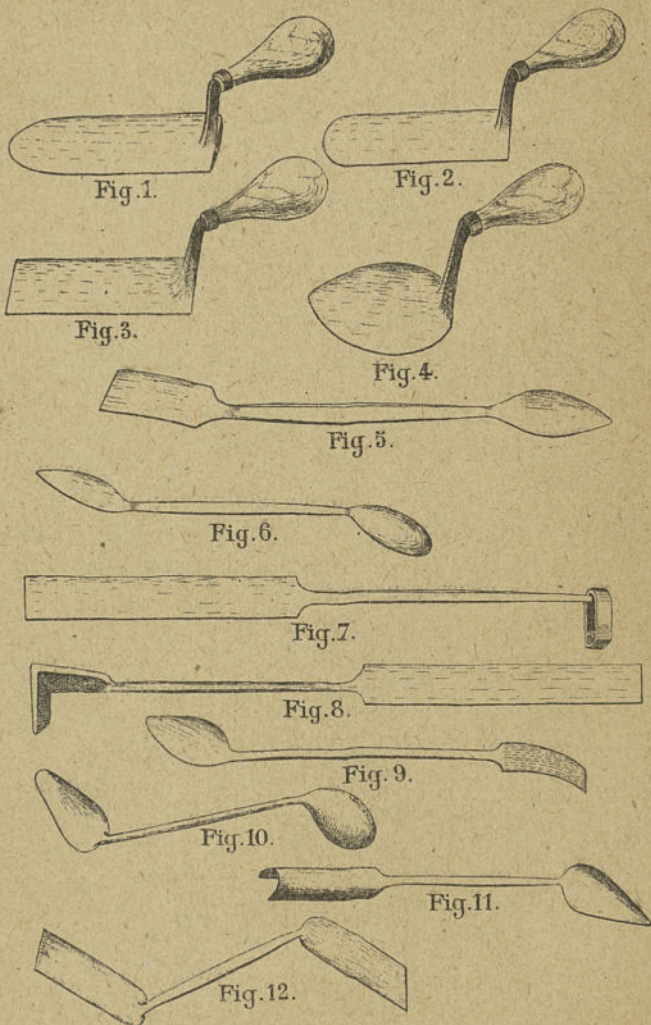
Truelles à raccorder (N° 2);

Truelles carrées (N° 3);

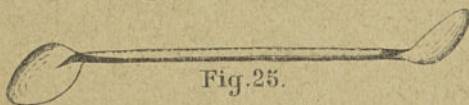
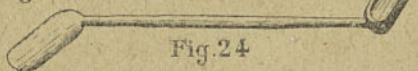
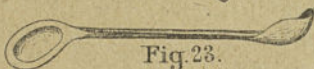
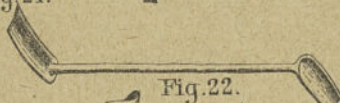
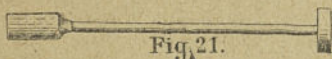
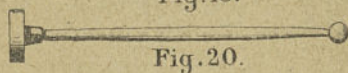
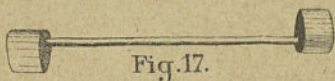
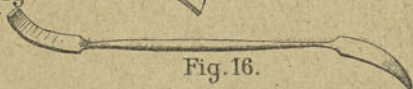
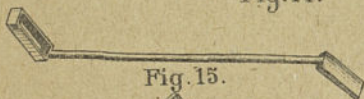
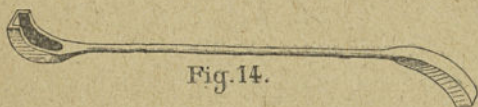
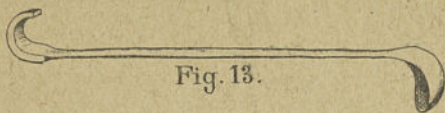
Truelles à cœur (N° 4).

b. LES SPATULES ou truelles de dimensions très réduites qui comprennent :

La spatule carrée et à cœur (N° 5);



Pl. II.



La spatule à gouge (N° 6).

c. LES CROCHETS se subdivisent en :

Crochets à talon (N° 7) ;

Crochets à ramasser (N° 8).

d. LES OUTILS DIVERS en acier dont les plus employés sont :

La spatule à esse plate (N° 9) ;

La truelle à cœur et à gueule de crapaud (N° 10) ;

La spatule à gouge droite (N° 11) ;

La truelle à deux bouts carrés. (N° 12).

Outils en bronze. — Ils ont sur les outils en acier deux avantages : ils glissent mieux sur le sable et ils ne rouillent pas. Ils sont façonnés par moulage à l'atelier de fonderie.

On se sert couramment des outils suivants :

Les casques (N^{os} 13 et 14, Pl. II) ;

La raboteuse (N° 15) ;

L'esse ou S (N° 16) ;

Le vitrier (N° 17) simple ou démontable et susceptible de recevoir des têtes diverses (N° 18).

L'outil à démonter, dit *diamant* ou à portée suivant les têtes (N° 19) qui peuvent s'articuler à son manche ;

La colonne simple et perle (N° 20) ;

La colonne simple ordinaire (N° 21) ;

Les gouges (N^{os} 22 et 23) ;

Les sangsues (N^{os} 24 et 25).

Les lissoirs forment un groupe particulier parmi les outils en bronze. Leurs formes peuvent varier à l'infini ; les principaux sont :

Le lisseur vif (N° 26, Pl. III) ;

Le lisseur à congé (N° 27) ;

Le lisseur à équerre droit vif (N° 28) ;



Fig. 26.



Fig. 27.

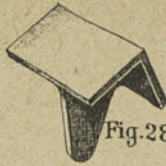


Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.



Fig. 31.

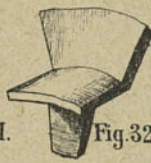


Fig. 32.

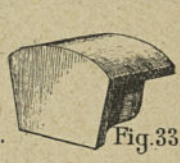


Fig. 33.



Fig. 34.



Fig. 35.

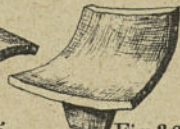


Fig. 36.



Fig. 37.



Fig. 38.



Fig. 39.



Fig. 40.



Fig. 41.

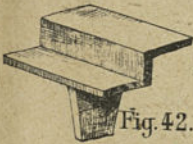


Fig. 42.

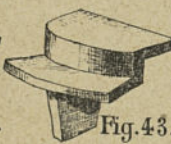


Fig. 43.

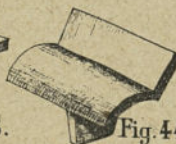


Fig. 44.

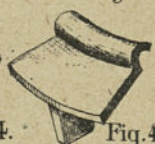


Fig. 45.



Fig. 46.

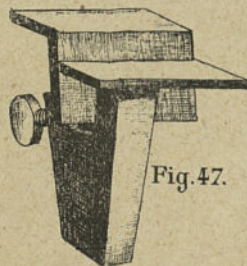


Fig. 47.

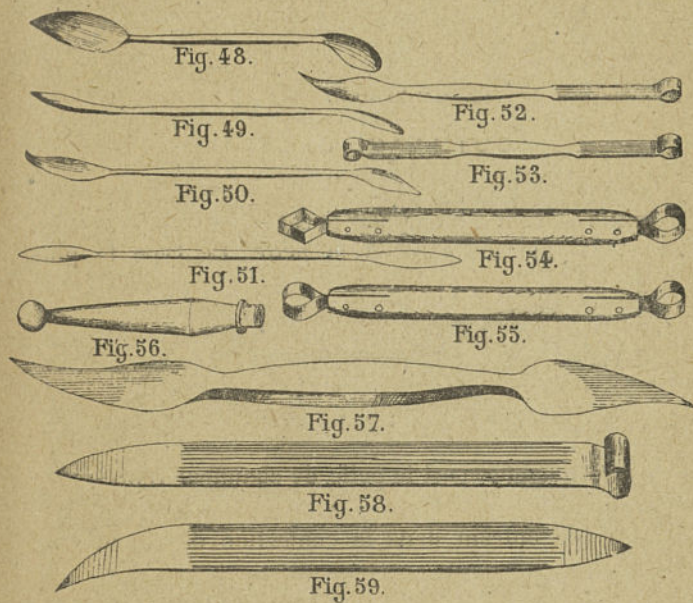
- Le lissoir à équerre droit à congé* (N^o 29) ;
Les lissoirs à congé, droits (N^{os} 30 et 31) ;
Le lissoir cintré vif (N^o 32) ;
Le lissoir à équerre cintré vif (N^o 33) ;
Le lissoir à équerre cintré à congé (N^o 34) ;
Le lissoir à gorge, cintré (N^o 35) ;
Le lissoir à congé, cintré (N^o 36) ;
Le lissoir à tuyaux à chapeau (N^o 37) ;
Le lissoir à tuyaux ou cylindrique (N^{os} 38 et 39) ;
Le lissoir à champignon (N^o 40) ;
Les lissoirs à nervures, droits (N^{os} 41 et 42) ;
Le lissoir à nervure, cintré (N^o 43) ;
Les lissoirs à bras de volant (N^{os} 44 et 45) ;
Le lissoir à boudin (N^o 46) ;
Le lissoir universel (N^o 47), dont on peut faire varier
 la hauteur.

Outils pour mouleur en cuivre. — Les mouleurs en cuivre ont l'habitude d'employer un outillage spécial.

Ces outils sont :

- Le lissoir gros ordinaire* (N^o 48, Pl. IV) ;
L'ébauchoir ordinaire (N^o 49) ;
La spatule ébauchoir ordinaire (N^o 50) ;
La spatule à tirer (N^o 51) ;
La spatule à anneau (N^o 52) ;
Le double anneau (N^o 53) ;
Anneaux en bois, rond et triangulaire (N^o 54) ;
Anneaux en bois (N^o 55) ;
Le perloir à démonter, pouvant recevoir des perles
 de grosseurs différentes (N^o 56) ;
La spatule à dépouiller (N^o 57) ;
Le tranchet (N^o 58) ;
La jumelle (N^o 59).

Pl. IV.



CHAPITRE III
OUTILLAGE GÉNÉRAL

Outils servant à manipuler le sable. — L'ouvrier mouleur manipule son sable à la *pelle*. Le type le plus



Fig. 60.

répandu en fonderie est la pelle de chauffeur représentée figure 60.

Le sable entrant dans la confection des moules ne

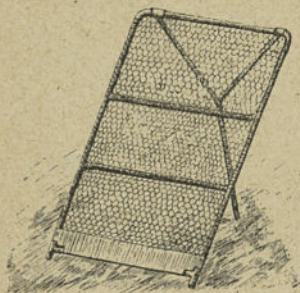


Fig. 61.

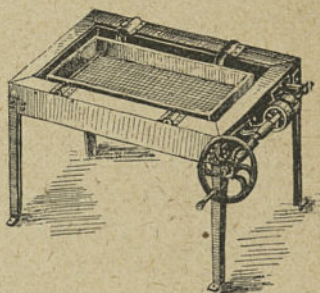


Fig. 62.

doit pas contenir de corps étrangers ; à cet effet, on le crible à l'aide de la *grille* (fig. 61) ou des tamis *alternatifs* (fig. 62) ou *rotatifs* (fig. 63).

Ces divers tamis sont mûs à la main, par courroie, à l'électricité ou à l'air comprimé.

Le sable déposé contre le modèle doit être tamisé très finement à l'aide de *tamis à main* (fig. 64).

Les *mailles* des tamis déterminent, suivant leur grosseur, la finesse plus ou moins grande du sable ; elles varient du N° 3 (fig. 65)

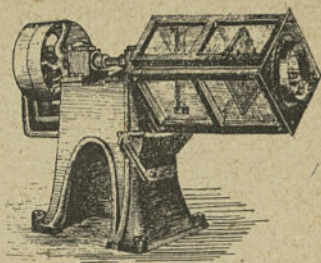


Fig. 63.

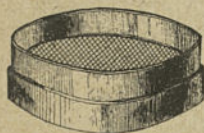


Fig. 64.

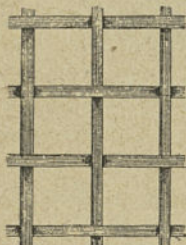


Fig. 65.

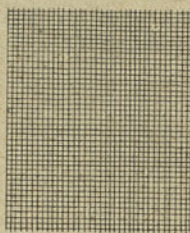


Fig. 66.

au N° 40 (fig. 66). Le numéro donne le nombre de mailles contenues dans 27 millimètres.

Outils servant à serrer le sable. — Les principaux



Fig. 67.



Fig. 68.

outils employés pour serrer le sable sont le *fouloir*

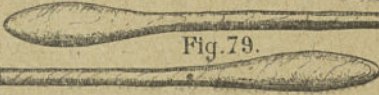
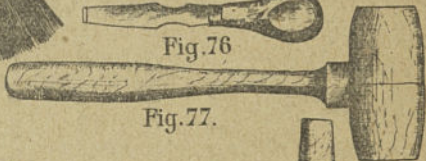
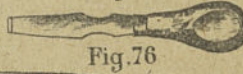
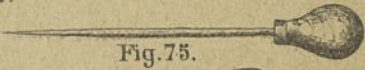
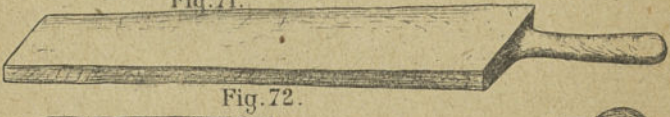
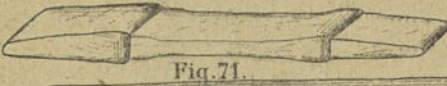
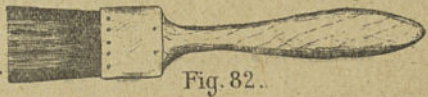


Fig. 80.



(fig. 67) et la *pilette* (fig. 68), qui peuvent être en fer ou avoir l'extrémité en fonte et le manche en bois.

Pour les petits moules on se sert souvent du fouloir en bois (N° 71) et de la batte (N° 72).

Outils de parachèvement. — Les outils de parachèvement les plus employés sont :

Le soufflet (fig. 85) à bout court et à grosse ouverture ;

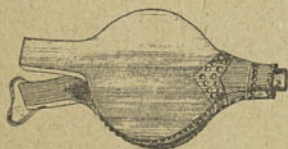


Fig. 85.



Fig. 86.

La lampe (fig. 86) à essence ou, de préférence, électrique ;

Les brosses (N°s 69-74, Pl. V) avec ou sans manche ;

Le brosson (fig. 70) ou petite brosse ;

Les pinceaux à mouiller (N° 73) ;

Les pinceaux dits *queues de morue* (N° 82) ;

L'aiguille à tirer les trous d'air (N° 75) ;

Le tournevis (N° 76) ;

La mailloche (N° 77) ;

Le maillet (N° 78) ;

La bobine simple (N° 79) ;

La bobine à deux têtes (N° 80) ;

Le maillet à battre (N° 81) ;

Le sac à noir (N° 83) destiné à contenir du charbon de bois pulvérisé ;

La soufflette (N° 84) ou pulvérisateur, employée pour projeter, en pluie, sur le sable, l'eau ou tout autre liquide.

Outillage entrant dans la confection du moule. — Pour confectionner le moule le mouleur emploie couramment :



Fig. 87.

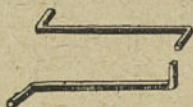


Fig. 88.

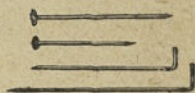


Fig. 89.

Les *équerres* en fonte (fig. 87) ;
Les *crochets* en fer ou en fonte (fig. 88) ;



Fig. 90.

Les *pointes* ou *épingles* (fig. 89) ; sortes de clous longs et minces ;

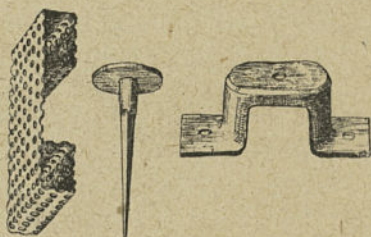


Fig. 91.

Les *supports* en fer étamé munis ou non de tiges (fig. 90 et 91).

CHAPITRE IV

LES CHASSIS

Les châssis. — C'est dans les châssis que s'exécutent les moulages en sable; ce sont des cadres métalliques, en fonte ou en fer, formés de plusieurs parties assemblées entre elles par des *goujons a* (fig. 92, pl. VI). Les châssis sont manœuvrés par des *poignées b* et portent des *oreilles c* destinées à recevoir les goujons. Ils sont généralement carrés ou rectangulaires, rarement ronds.

Détails. — Un châssis est toujours composé d'un *dessus* (fig. 93), d'un *dessous* (fig. 94) et d'une ou plusieurs *chapes* (fig. 95).

Quand leurs dimensions ne dépassent pas 40 centimètres pour la longueur et la largeur, le dessus et le dessous sont semblables (fig. 92), ils portent deux *poignées* et trois *oreilles*. Les chapes (fig. 95) devant s'assembler au dessus et au dessous, portent six oreilles.

La hauteur de ces petits châssis n'excède pas 8 centimètres.

Pour les dimensions plus grandes, les dessus et les dessous diffèrent.

Les *dessous* (fig. 94) sont alors munis de barres plates destinées à soutenir le sable, tandis que les *dessus* (fig. 93) portent des barrettes formant un cloisonnage dans le même but.

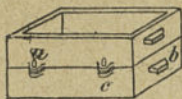


Fig. 92.



Fig. 93.



Fig. 94.



Fig. 95

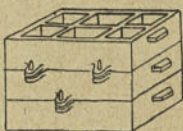


Fig. 96.

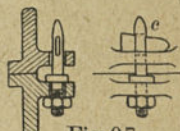


Fig. 97.

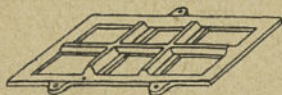


Fig. 98.



Fig. 99.

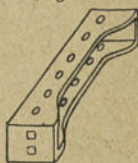


Fig. 100.

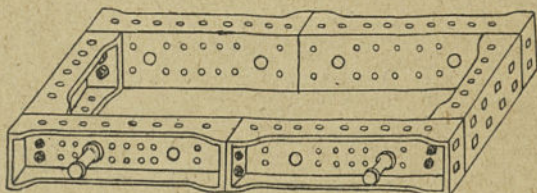


Fig. 101

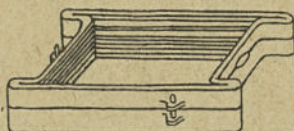


Fig. 102.



Fig. 103.

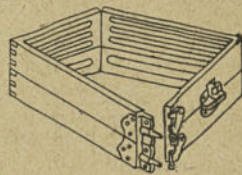


Fig. 104

Pour les grands châssis, les poignées sont au nombre de quatre ainsi que les oreilles pour les dessus et les

dessous ; les chapes ont quatre poignées et huit oreilles.

Les très gros châssis sont en outre munis de *tourillons* (fig. 99) pour permettre de les retourner facilement.

Les goujons sont fixés à demeure sur les oreilles des petits châssis (fig. 92) ; ils sont mobiles et fixés par écrous (fig. 97) sur les oreilles des plus grands.

Les clavettes *c* (fig. 97) sont des morceaux de tôle en forme de coin qui s'introduisent dans des mortaises ménagées dans les goujons, dans le but de relier entre elles les différentes parties de châssis.

Diverses sortes de châssis. — Les châssis se font rarement en bois, parfois en fer pour les faibles dimensions, en fonte le plus généralement.

Les châssis en fer (fig. 102) peuvent être sans poignées, les oreilles sont rapportées. Quand ils sont *soudés* ils sont solides et très légers.

Certains châssis sont munis d'une ouverture demi-circulaire (fig. 102) pour permettre la coulée de bout (fig. 316).

Les châssis en fonte, moulés à l'atelier, sont de forme carrée ou rectangulaire. Les *chapes* peuvent être transformées en *dessous* à l'aide de *grilles* (fig. 98) boulonnées sur une de leurs faces.

Les *châssis universels* (fig. 101) sont formés de plaques (fig. 100) assemblées par des boulons. En faisant varier le nombre de plaques on obtient la grandeur et la forme de châssis désirées.

Les *châssis articulés* (fig. 104) en bois, très souvent, permettent, quand le moule est effectué, de retirer le châssis en libérant ainsi la motte de sable. Le même châssis sert alors pour la confection d'un nombre illimité de moules (voir ch. xxx).

CHAPITRE V

APPAREILS DE LEVAGE

Appareils de levage. — Les moules qui sont trop lourds pour être manœuvrés à la main sont soulevés, déplacés, à l'aide d'appareils dont les principaux sont : les *palans*,

les *monorails*, les *grues*, les *ponts roulants*. Ces appareils sont mûs mécaniquement le plus souvent ; mais, s'ils sont mûs à la main, ils sont agencés de telle sorte qu'un faible effort puisse soulever une grosse charge. Des freins énergiques assurent l'arrêt de la charge en un point quelconque de sa course.



Fig. 105.

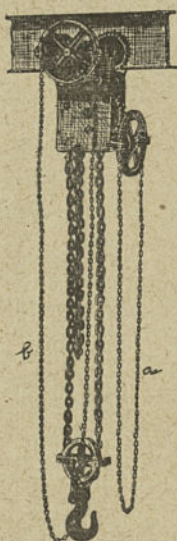


Fig. 106.

Palans. — Les palans sont les plus simples des appareils de levage. On les accroche au-dessus de la charge à soulever. Ils sont formés (fig. 105) par un ensemble de poulies reliées par des chaînes. Ces poulies sont munies de chapes *aa'* auxquelles sont fixés les

crochets de suspension bb' . Le palan se suspend par le crochet b , tandis que b' reçoit la charge à soulever. La commande se fait par l'intermédiaire de la poulie c manœuvrée par la chaîne d .

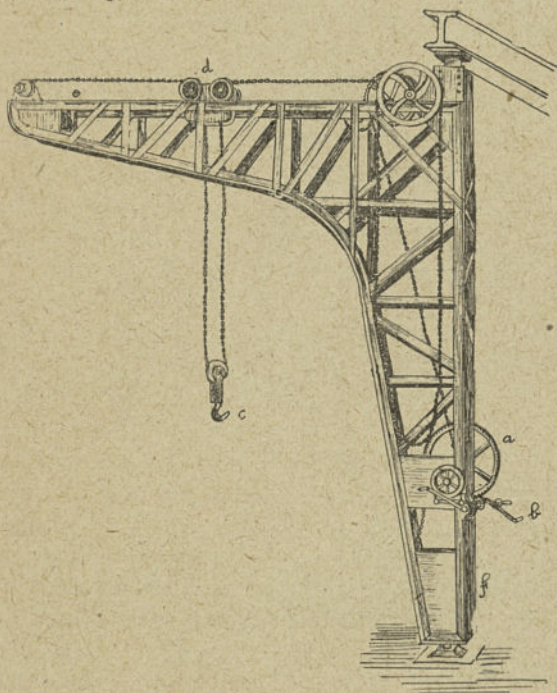


Fig. 107.

Suivant la disposition des poulies un seul homme peut soulever plusieurs centaines de kilogrammes mais à une vitesse excessivement faible.

Monorails. — Le palan fixe ne peut être employé qu'au-dessus du même chantier. On le rend mobile en

le faisant déplacer sur une poutre en acier suspendue aux murs ou à la charpente. Ce dispositif se nomme *monorail*. Dans le dispositif représenté (fig. 106), la chaîne *a* permet de soulever la charge tandis que la chaîne *b* fait déplacer l'appareil sur le rail aérien.

Grues. — Quand les charges à soulever dépassent deux tonnes il est nécessaire d'user d'appareils plus puissants que les précédents. Les *grues* (fig. 107) employées à cet effet, sont formées par une solide ossature métallique renfermant le dispositif de levage ou *treuil* *a*. Ce treuil est actionné mécaniquement ou à bras par l'intermédiaire des *manivelles* *b*. Le *crochet* *c* est porté par un *chariot* *d* qui peut se déplacer sur la poutre *e*.

La grue peut pivoter autour de l'axe de son *fût* *f*, ce qui permet de desservir un vaste espace de l'atelier.

Les *grues pivotantes* se fixent au centre de l'atelier.

Les *grues murales* sont placées contre les murs.

Les *grues vélocipèdes* se déplacent sur rails le long d'un mur.

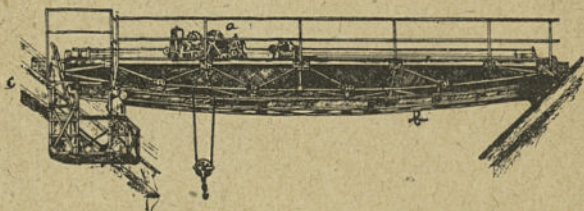


Fig. 108.

Ponts roulants. — Dans le pont roulant (fig. 108), le treuil et le crochet sont supportés par un même chariot *a* qui peut se déplacer sur la poutre *b* constituant le pont. Le pont lui-même se déplace sur les *chemins de roulement* *c* desservant ainsi la surface totale de l'atelier.

Cordes, câbles et chaînes. — Les appareils de levage emploient indifféremment les *cordes* en chanvre, les *câbles* en acier avec *âme* en chanvre (fig. 109) ou les *chaînes*. Les cordes ont l'avantage d'être d'une grande souplesse; les câbles sont, par contre, beaucoup moins volumineux.



Fig. 109.

Les chaînes sont de moins en moins employées.

Manœuvre des moules. — Pour manœuvrer les moules on se sert de préférence de *cordes* ou *élingues* en

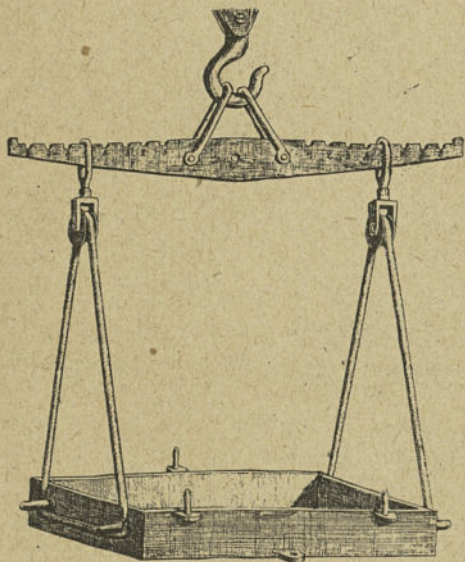


Fig. 110.

chanvre dont la longueur varie de 4 à 6 mètres. Les élingues sont munies d'un *œil* à chaque extrémité. La poignée du châssis s'engage dans cet œil.

On emploie également des *cordes sans fin* (fig. 110).

Pour retourner un moule il est avantageux de se servir du BALANCIER (fig. 110). C'est une barre de fer portant des encoches symétriques par rapport à son axe. Elle est suspendue au crochet de la grue.

Deux poulies portant des cordes sans fin peuvent se suspendre au balancier, dans les encoches.

Les cordes sans fin, roulant sur les poulies, permettent d'opérer, sans effort, la rotation complète du moule.



DEUXIÈME PARTIE
SABLES DE MOULAGE



CHAPITRE VI

SABLES DE MOULAGE

Propriétés. — Les propriétés essentielles des sables employés dans le moulage sont : l'*infusibilité*, la *plasticité*, la *porosité*.

INFUSIBILITÉ. — La température des métaux coulés varie de 1 200° pour le bronze à 1 500° pour l'acier. A ces hautes températures il est indispensable que l'empreinte résiste sans se déformer ni se fondre.

Le sable de moulage devra donc être infusible aux températures indiquées.

PLASTICITÉ. — C'est la propriété qui permet au sable de prendre l'empreinte du modèle en épousant les moindres détails et de conserver la forme prise après la sortie du modèle.

POROSITÉ. — Au contact du métal liquide il se forme, dans la masse du sable, des gaz en abondance (ch. XI); il est de toute nécessité, pour la réussite de la pièce, que les gaz puissent s'échapper facilement au travers du sable. A cet effet, ce dernier doit être *poroux*.

Composition. — Le sable de moulage est un composé naturel de *silice* et d'*argile*. La *SILICE* est très *réfractaire*, c'est-à-dire qu'elle ne fond qu'à de très hautes températures, mais elle ne conserve pas la forme qu'on lui donne ; elle manque totalement de *plasticité*.

L'*ARGILE* possède au plus haut point cette dernière propriété mais, tandis que la silice est très perméable, et se laisse facilement traverser par les gaz, l'argile, au contraire, est imperméable. De plus, l'argile est généralement mélangée à des impuretés qui la rendent facilement fusible.

Les sables de moulage contiennent encore, en faibles quantités, des oxydes de fer qui les colorent en jaune, en rouge. Ces oxydes sont nuisibles car ils augmentent la fusibilité.

Un bon sable doit contenir la silice et l'argile en proportions telles que, tout en étant suffisamment réfractaire, il ait assez de plasticité et de porosité.

Le sable de moulage se trouve en abondance dans de nombreuses régions. Dans certaines contrées — comme Fontenay-aux-Roses — sa composition naturelle le rend apte à être employé sans préparation. Mais, le plus souvent, le sable de carrière est trop *fort*, c'est-à-dire trop argileux. On le mélangera, à l'atelier, avec du *sable vieux* (c'est-à-dire avec du sable ayant subi le contact du métal en fusion et dont l'argile a perdu, de ce fait, toutes ses propriétés agglutinantes).

Ce sable vieux est *maigre*. Un mélange judicieux donnera, en définitive, un sable convenable.

Le sable de Fontenay contient pour 100 parties : 85 parties de silice, 8 d'argile, 7 autres parties étant constituées par l'eau et des corps divers.

Ingrédients. — Pour augmenter la porosité des sables,

pour combattre leur tendance à la fusibilité on leur incorpore divers ingrédients tels que : *sciure de bois, paille hachée, crottin de cheval* ou de vache, *houille pulvérisée*.

La houille a une action chimique qui combat la fusibilité ; de plus, la houille incorporée au sable, produit des cavités en brûlant et augmente ainsi la porosité.

Parmi les autres ingrédients, le plus employé est le crottin de cheval, séché et tamisé finement. Son rôle est de laisser, comme la houille, des cavités dans le sable lorsque celui-ci a été soumis à de hautes températures.

CHAPITRE VII

PRÉPARATION DES SABLES

Homogénéité. — On dit qu'un sable est homogène quand ses composants : argile, silice, sont régulièrement répartis dans la masse. Il n'en est pas ainsi naturellement. Un excès d'argile en un point compromettrait la réussite de la pièce ; l'homogénéité est donc indispensable. On l'obtiendra en faisant subir aux sables divers traitements : séchage, broyage, tamisage.

Séchage. — Un sable sec se travaille, aux diverses machines, beaucoup mieux qu'un sable humide.

On sèche les sables dans des *séchoirs* appropriés ou, plus simplement, en les faisant séjourner sur les étuves.

Les sables secs ont l'inconvénient de produire, au broyage, d'abondantes poussières gênantes pour l'ouvrier sableur et très irritantes.

Broyage. — Sur l'aire cimentée de la sablerie on mélange, à la pelle, le sable neuf de carrière, le sable vieux de l'atelier et les divers ingrédients. Le mélange est introduit dans le *broyeur*.

Le **BROYEUR** destiné à traiter des produits secs se compose (fig. 114) d'une cuve A tournant autour de l'axe vertical B par l'intermédiaire d'une couronne dentée C et du pignon D et de deux meules M, M' cannelées ou

lisses. Ces meules peuvent tourner autour de leur

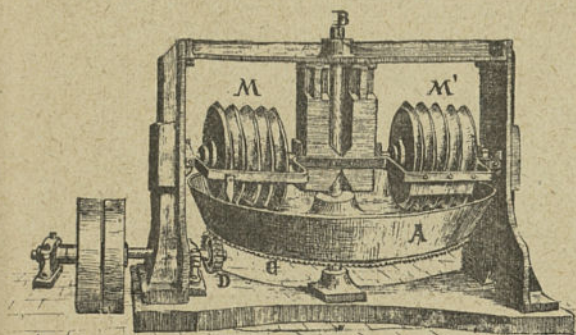


Fig. 111.

axe horizontal par frottement sur le fond de la cuve.

Etant donnés les inconvénients du broyage à sec on traite, très souvent, les produits humides. La poussière est ainsi supprimée. On doit alors employer un broyeur dont le type est représenté figure 112.

Il se compose d'une cuve fixe dans laquelle tournent 3 sphères en fonte dure, entraînées par le collier C.

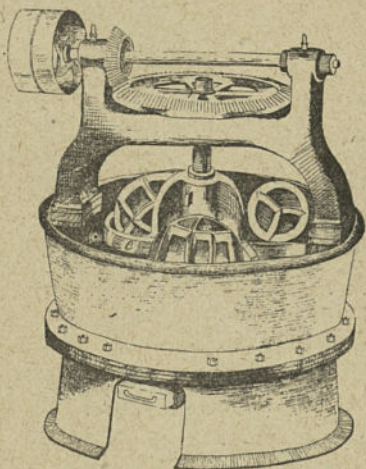


Fig. 112.

Tamisage. — Le sable est retiré du broyeur quand il est suffisamment trituré. On le passe ensuite aux tamis (fig. 62 et 63);

cette opération précède parfois le broyage. Elle a surtout pour but de retirer du sable les corps étrangers qu'il peut contenir : pointes, débris de fonte, etc...

Le sable est ensuite conduit dans des fosses où il est humecté d'eau.

Diviseurs. — Au moment de s'en servir on le retire de la fosse pour le passer au *diviseur* (fig. 413).

LE DIVISEUR comprend une *trémie* *T* dans laquelle on

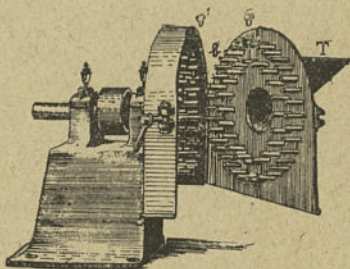


Fig. 413.

lance le sable, deux plateaux $P P'$ munis de *broches* *b* et dont l'un P' est animé d'une grande vitesse de rotation, tandis que l'autre est immobile. Parfois le plateau P est animé d'un mouvement en sens inverse de P' .

De la trémie le sable tombe entre les broches qui le projettent violemment contre les parois de l'appareil d'où il retombe sur le sol prêt à être employé.

Cette opération augmente considérablement les qualités de plasticité et de porosité du sable.

Dans les ateliers modernes on peut voir des sableries automatiques dans lesquelles le sable vieux et le sable de carrière, la houille, jetés dans des fosses, sont transportés par des *élévateurs* dans des réservoirs d'où ils

tombent dans la cuve du broyeur pour passer dans la trémie du diviseur et de là dans des réservoirs où les ouvriers viennent puiser.

Avant de tomber dans le broyeur, le sable vieux est tamisé soigneusement.

Toutes ces opérations se font sous la surveillance de l'ouvrier et sans qu'il ait à intervenir dans les manœuvres pénibles; son rôle consiste à régler les mélanges des divers ingrédients et sables.

INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE

17. RUE JEANNE D'ARC
À LILLE

CHAPITRE VIII
SABLES DIVERS

Sables divers. — La composition des sables, leur *force*, varient beaucoup suivant les genres de moulages auxquels ils sont destinés. Les principaux sables employés sont : le *sable vert*, le *sable étuvé*, le *sable à l'huile*, la *terre*, les *briques*.

Sable vert. — Les moules de faible importance, et destinés surtout à des pièces qui ne seront pas usinées, se coulent *à vert*, c'est-à-dire sans séchage préalable à l'étuve.

L'humidité de ces moules provoque, au moment de la coulée, un grand dégagement de gaz, ce qui exige un sable très poreux. On mélange à ce sable de la houille pulvérisée. Pour les pièces minces ou très petites $1/10^{\circ}$ de houille est le maximum. Pour les pièces plus grosses on peut atteindre $1/8^{\circ}$ de houille.

Ces sables seront plutôt *maigres* et contiendront une faible proportion de sable neuf.

Sable d'étuve. — Il est destiné aux grosses pièces et doit être plus *fort* que le sable vert. Les moules faits avec ce sable sont séchés complètement dans les étuves. L'absence de vapeur d'eau permet de supprimer presque complètement la houille dans la préparation du sable, mais sa porosité doit être augmentée par l'emploi du

crottin ou de tout autre ingrédient quand la constitution, il est insuffisamment poreux.

Enduits. — Pour éviter la fusion partielle du sable au contact du métal en fusion on le recouvre la surface de l'empreinte, d'un corps dont le rôle principal sera d'isoler le sable du contact du métal. Ce corps est le *charbon de bois* finement pulvérisé.

Les moules coulés à *vert* sont enduits de *poussier* de charbon de bois. Ce poussier est contenu dans un sac de toile (fig. 83) que l'on secoue au-dessus de l'empreinte pour former un nuage de charbon; le charbon se dépose ainsi sur le sable humide, sur lequel on le fait adhérer à l'aide des outils divers : truelles, spatules, crochets, lissoirs, etc...

Pour les moulages *étuvés* on recouvre la surface de l'empreinte d'une couche de bouillie obtenue en délayant du charbon de bois, un peu d'argile et de graphite dans l'eau. L'argile a pour but de donner du liant à la pâte obtenue.

Cette *couche* est passée à l'aide des divers pinceaux du mouleur puis *lissée*, c'est-à-dire étalée régulièrement à l'aide des outils cités plus haut.

Les moulages de bronze et d'acier exigent l'emploi d'enduits exempts de charbon (ch. XLIV et XLVI).

Sable à l'huile. — Dans la confection des noyaux (ch. XXIV) on utilise fréquemment un mélange de sable très siliceux et d'huile de lin auquel on ajoute une faible quantité de farine, dextrine ou tout autre corps servant de liant (ch. XXIV).

Terre. — Pour des moulages spéciaux (ch. XXV) on emploie un sable *très fort* délayé dans l'eau à la consistance du mortier. Ce sable prend le nom de *terre*.

Briques. — Pour les mêmes moulages on fait usage de briques employées pour la maçonnerie et de briques en sable obtenues en moulant de la *terre* sous forme de briques. Ces briques sont séchées à l'étuve puis employées dans la construction des moules. Elles sont reliées entre elles par un *mortier* obtenu en délayant dans l'eau de la *terre* finement tamisée.

TROISIÈME PARTIE

LE MOULAGE

CHAPITRE IX

MODÈLES



Modèles. — Dans la majorité des cas la pièce de fonderie s'exécute en partant d'un *modèle* établi dans un atelier spécial par des ouvriers *modeleurs*.

Dans certains cas spéciaux on peut se passer de modèle, la pièce est alors *troussée* (ch. xx).

Un modèle doit posséder deux qualités principales :

1° *Il doit être précis*, de façon que le mouleur qui le reproduit ne risque pas d'obtenir une pièce qui ne réponde pas au dessin ;

2° *Il doit se prêter facilement au moulage*, car si l'on peut exécuter le moulage d'un modèle quelconque il y a grand intérêt à ce que le moulage s'exécute dans le temps le moins long. Le mouleur est considérablement aidé dans son travail quand le modèle a été intelligemment conçu.

Il faudrait poser comme principe que l'apprenti qui se destine au modelage fasse d'abord un stage très sérieux à la fonderie afin de connaître toutes les difficultés du métier de mouleur.

Matériaux. — Les modèles s'exécutent généralement en bois ; suivant leur forme ou leur importance, les bois les plus divers entrent dans leur composition.

Les plus couramment employés sont :

Parmi les bois *tendres* : le *peuplier*, le *tilleul*, l'*aulne*, le *pin* et le *sapin* ; ces deux derniers sont des bois *résineux* ;

Parmi les bois *durs* : le *hêtre*, le *charme*, le *chêne* et le *noyer*.

On emploie beaucoup plus rarement des bois *fins* très durs comme le *cormier*.

Si le modèle doit servir à l'exécution d'un grand nombre de pièces le bois s'abîmera rapidement, il y a alors intérêt à faire le modèle en métal : aluminium, fonte, bronze ; c'est ce dernier qui donne les meilleurs résultats. Le mouleur exécute un modèle dit à *double retrait* sur lequel on moule le modèle métallique qui servira en définitive.

Dans certains cas le modèle peut être en plâtre ou en cire (moulages d'art).

Boîtes à noyaux. — La figure 114 représente un coulisseau dont la forme est simple. Dans ce cas le modèle reproduit exactement la forme de la pièce. Il n'en est pas toujours ainsi. La tubulure représentée en perspective et en coupe figure 115 serait d'un moulage trop difficile si le modèle était semblable à la pièce. Pour simplifier le moulage on est conduit à faire un modèle plein (fig. 116 et 118). L'évidement sera obtenu à l'aide d'un NOYAU confectionné dans une *boîte à noyau* appropriée (fig. 117).

Ce noyau se fixera dans le moule (ch. xxiv) dans des PORTÉES. Ces portées *a* et *b* feront corps avec le modèle qui n'aura plus, ainsi, la forme de la pièce à obtenir.

Pour distinguer modèles et portées, ces dernières seront toujours peintes en noir.

Parties démontables. — Pour aider le mouleur dans sa tâche il est souvent utile que certaines parties du modèle puissent se démonter.

C'est ainsi que le coulisseau de la figure 165 aura les parties A, B rapportées à l'aide de vis. La tubulure

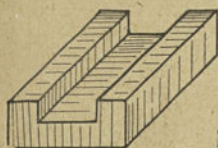


Fig. 114.

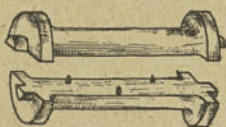


Fig. 118

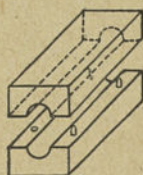


Fig. 117



Fig. 115

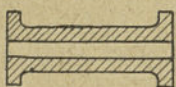


Fig. 116.

précitée sera formée de deux parties semblables réunies par des *goujons* (fig. 118).

Si la tâche du modeleur est légèrement accrue, celle du mouleur est notablement simplifiée, surtout si l'on doit exécuter un nombre de pièces assez important sur le même modèle.

Déformations du modèle. — Le modèle doit subir certaines déformations indispensables.

DÉPOUILLE. — Les parties du modèle placées verticalement dans le moule se retireront difficilement à cause de l'adhérence du sable (fig. 119). Pour remédier

à cet inconvénient on amincit la base ab ; les faces ca' et $d'b'$ ont, par suite, une certaine inclinaison et l'on voit immédiatement qu'après la plus légère montée le modèle se trouve dégagé du sable et sort facilement de l'empreinte (fig. 120).

Pour remédier à l'amincissement de ab on augmente

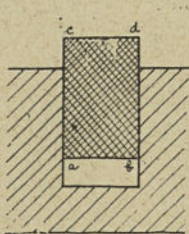


Fig. 119.

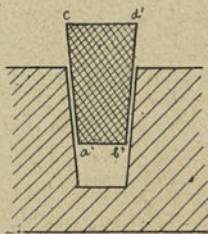


Fig. 120.

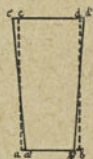


Fig. 121.

la largeur cd . Cette opération s'appelle : *donner de la dépouille*. Si la longueur ac est de 100 millimètres on donnera 1,5 mm. à bb' et à aa' (fig. 121).

RETRAIT. — Le métal liquide emplit exactement l'empreinte laissée par le modèle. En se refroidissant ce métal, suivant la règle générale, se contracte.

Si la longueur de l'empreinte était de 101 centimètres, de la fonte, versée liquide, puis refroidie, n'occuperait plus qu'une longueur de 100 centimètres. Ce phénomène ou *retrait* exige donc que l'on donne aux modèles des dimensions plus grandes que celles de la pièce.

Le *retrait* varie d'importance avec chaque métal et avec les épaisseurs de la pièce.

Certains alliages n'ont pas de retrait ou, plutôt, un retrait excessivement faible (ch. xxviii).

Les métaux couramment employés en fonderie : fonte,

acier, bronze, aluminium, ont des retraits bien différents. Pour éviter des calculs incessants on construit, pour l'usage des modéleurs et des fondeurs, des mètres spéciaux plus longs que le mètre légal. Toutes les longueurs mesurées à l'aide de ces mètres ont, automatiquement, la longueur de la pièce augmentée du retrait.

Ces mètres ont, pour la fonte, une longueur de 101 centimètres; pour l'acier 101,8 centimètres; pour le bronze 101,5 centimètres; pour l'aluminium 101,3 centimètres.

CHAPITRE X

L'OUVRIER MOULEUR

Qualités du bon mouleur. — Parmi les qualités communes à tous les ouvriers il en est une que l'ouvrier mouleur doit posséder particulièrement, c'est la sobriété dans l'usage des boissons. Le voisinage des fours de fusion, des étuves, élève toujours la température de la fonderie et le mouleur n'est que trop porté à se désaltérer. Ici, comme dans toute chose, l'habitude joue un rôle important et l'ouvrier qui, au début, résistera à l'envie de boire pendant son travail finira par souffrir beaucoup moins de la chaleur et de la soif que celui qui se laisse aller à boire inconsidérément.

L'ouvrier mouleur exécute souvent des manœuvres périlleuses en retournant des moules importants; le remmoulage des noyaux est une opération toujours délicate, il est indispensable que, dans ces moments particuliers, sa présence d'esprit ne soit pas diminuée sous peine d'accident grave ou de détérioration du moule.

La connaissance du dessin est indispensable à l'apprenti mouleur qui veut devenir habile dans son art. En effet, il arrive très souvent que le mouleur doit, après le remmoulage des noyaux, vérifier si ces derniers sont bien placés, si les épaisseurs de matière qu'ils laisseront entre eux sont bien celles qui sont prévues. En cas de malfaçon dans les modèles le mouleur doit pouvoir, à l'aide des dessins, trouver les défauts. Dans le moulage

au trousseau, le dessin est le seul guide de l'ouvrier.

L'ouvrier mouleur qui est incapable de lire couramment un dessin industriel ne pourra jamais prétendre au même salaire que celui qui, au contraire, possédera les notions voulues.

Un chef d'équipe, un contremaître ne seront recrutés que parmi les ouvriers qui posséderont des connaissances suffisantes en dessin.

Un bon ouvrier doit connaître à fond la technique du moulage, et par technique il ne faut pas comprendre seulement la confection des moules de pièces différentes mais encore les phénomènes qui accompagnent la coulée d'une pièce, l'action du métal fondu sur le sable, le rôle des ingrédients, la cause des divers défauts que peuvent présenter les pièces et la manière de les combattre.

Conseils. — Quand le mouleur reçoit le modèle de la pièce à exécuter, son premier soin doit être de l'examiner à fond pour déterminer la meilleure façon de mouler, c'est-à-dire la plus sûre et la plus courte. Avant de commencer son moule, de faire la *mise en chantier*, l'ouvrier aura prévu tous les détails du moulage, toutes les difficultés à vaincre, pour ne pas être pris à l'imprévu au cours de son travail. L'exécution d'un croquis sommaire peut aider considérablement la compréhension d'un moulage compliqué. Le temps passé à ces travaux préliminaires sera largement compensé par une exécution plus sûre et plus rapide.

Avant la mise en chantier le mouleur doit dévisser toutes les parties démontables du modèle pour s'assurer que celles-ci ne seront pas retenues par une pointe oubliée ou simplement par la colle ou le vernis.

CHAPITRE XI

SERRE DU SABLE

La *serre* du sable constitue l'opération principale du moulage. Un moule bien serré est généralement réussi.

Des mauvaises *serres* résultent la plupart des défauts que l'on trouve sur les pièces moulées.

La température de la fonte coulée dépasse 1 200°, provoquant, dans le sable du moule, une formation abondante de gaz. Ces gaz sont dus à l'humidité du sable, au charbon et aux divers ingrédients qu'il contient ; ils doivent trouver une issue vers l'extérieur au travers même de la masse, sous peine de provoquer des défauts occasionnant le rebut de la pièce (ch. xxxix).

Une *serre* trop dure, un excès d'argile s'opposent toujours au passage des gaz.

Ce n'est que l'habitude et beaucoup d'attention qui permettront à l'apprenti d'acquérir le tour de main nécessaire pour serrer convenablement le sable.

Si, pour garantir la porosité, l'ouvrier ne serre pas suffisamment, le moule ne résiste pas aux diverses manipulations qu'il doit subir et la fonte provoquera dans une empreinte trop molle d'autres défauts (ch. xxxix).

Trous d'air. — Pour augmenter la porosité d'un moule bien serré on crible le sable, de l'extérieur vers le modèle, de trous à l'aide d'*aiguilles à air* (fig. 75). Cette opération se nomme *tirer de l'air*, elle a pour but

de ménager de minuscules cheminées dans le sable pour l'évacuation des gaz formés pendant la coulée.

Évents. — Pour permettre aux gaz contenus dans l'empreinte, ou qui s'y forment pendant la coulée, de s'échapper librement, on place, sur les points les plus hauts de l'empreinte, des cheminées ou *évents* qui conduiront ces gaz vers l'extérieur (ch. xv).

Serre méthodique. — Pour bien serrer le sable il est indispensable de suivre une méthode bien déterminée :

a. *Serre avec les doigts* : Sur le modèle on dépose toujours une couche de *sable neuf* que l'on serre énergiquement avec les doigts. On tamise ensuite du sable de *remplissage*, pris dans la soute à sable et convenablement humecté ; ce sable est déposé dans le moule sur une épaisseur de 3 à 4 centimètres. Le mouleur le comprime fortement avec l'*extrémité* des doigts sans crainte de serrer trop fortement. Les doigts réalisent des fouloirs d'une souplesse et d'une sûreté idéales. Cette serre est la plus importante.

b. *Serre au fouloir* : Quand la serre aux doigts est terminée l'ouvrier verse, à la pelle, du sable de remplissage sur une hauteur de 6 centimètres environ et le comprime au fouloir en serrant très énergiquement contre les parois du châssis et plus délicatement au-dessus du modèle ; CE DERNIER NE DOIT JAMAIS ÊTRE ATTEINT PAR LE FOULOIR. Cette serre étant effectuée, une nouvelle couche de sable est versée dans les châssis puis serrée, et ainsi de suite jusqu'à remplissage complet. *L'intensité de la serre doit aller en diminuant jusqu'à l'extérieur du châssis.*

c. *Usage de la pilette* : Quand le châssis est ainsi rempli, on nivelle le sable à l'aide de la pilette. *La*

barre à racler termine l'opération en ramenant le sable au niveau des bords du châssis supérieur. Il ne reste plus qu'à percer les trous d'air.

c. *Vérification de la serre* : On peut vérifier que la serre a été bien effectuée en essayant d'enfoncer les doigts sur la surface du *joint*, c'est-à-dire tout autour du modèle. Les doigts ne doivent pas s'enfoncer facilement; la surface doit être ferme, mais céder à une forte pression.

CHAPITRE XII

AVANT LA MISE EN CHANTIER

Détermination des joints. — Si l'on examine la figure 122 représentant le moulage d'une pièce, on s'aperçoit aisément qu'il y a impossibilité à sortir le modèle du sable. Si, par contre, le moule est fait de



Fig. 122.

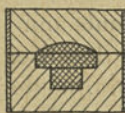


Fig. 123.

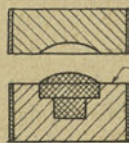


Fig. 124.

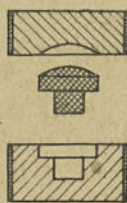


Fig. 125.

deux parties (fig. 123), il sera facile, après avoir soulevé le châssis supérieur (fig. 124), d'enlever le modèle (fig. 125). La surface de séparation des deux châssis s'appelle le **joint**. Déterminer les joints, c'est prévoir le nombre de coupures à faire dans le moule, et les endroits du modèle où elles passeront, pour permettre la meilleure exécution de la pièce.

Il faut toujours chercher à réduire au minimum le nombre de joints pour éviter les *coutures* nombreuses qui se produisent toujours à la séparation des châssis.

Quand les joints ont été déterminés, l'ouvrier s'occupe de la nature du sable à employer.

Sable vert. — Le sable vert s'emploiera de préférence pour les pièces qui ne sont pas destinées à être usinées et qui ne sont pas très massives. Il faut toujours penser que le sable vert produira un dégagement abondant de gaz à la coulée. Les pièces coulées en sable vert ont tendance à *tremper*, c'est-à-dire que leur surface se durcit et, de ce fait, s'usine difficilement. Le moulage en sable vert est le plus économique.

Sable d'étuve. — Les pièces massives, ou devant être soigneusement usinées, se feront toujours en sable d'étuve. Les moulages étuvés donnent des pièces plus saines, d'un aspect plus agréable à l'œil que les moulages à vert; par contre, ils sont plus chers que ces derniers.

Parties usinées. — Les défauts qui font rebuter les pièces destinées à l'usinage se localisent, presque toujours, à la partie supérieure du moule; la partie inférieure ou les faces latérales sont généralement saines. Quand aucune autre considération n'intervient, les parties usinées de la pièce moulée devront se placer dans l'une des positions favorables et, de préférence, à la partie inférieure.

Parties massives. — Pour combattre les effets du *retassement* (ch. xxxix), les parties massives des pièces devront toujours se placer dans la partie inférieure du moule quand cela pourra se faire.

Il est évident qu'on ne pourra pas toujours satisfaire simultanément aux deux conditions précédentes. Il faudra toujours céder le pas aux parties usinées.

CHAPITRE XIII

MOULAGES SIMPLES SUR MODÈLES

Moulage d'un modèle semblable à la pièce, avec joint plan. — La figure 126 représente, en perspective, un modèle de base de trusquin que l'on se propose de mouler. Les dimensions étant peu importantes et la forme peu compliquée, le moulage s'effectuera en sable vert.

Voici comment s'effectuera ce moulage.



Fig. 126.

1^{re} OPÉRATION. — Poser le modèle sur une planche en bois ou *fond* (fig. 127) et à l'intérieur d'un châssis. Placer du sable neuf finement tamisé sur la surface du modèle; achever le

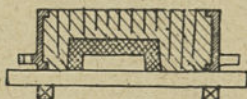


Fig. 127.

remplissage du châssis au sable du tas; serrer fortement avec les doigts, contre le modèle; remplir à nouveau le châssis et serrer au fouloir; donner un coup de pilette pour niveler le sable; passer la barre à racler sur la surface extérieure; percer les trous d'air, nettoyer autour du châssis; retourner le châssis si le modèle est en bois; si le modèle est métallique, retourner l'ensemble formé par le *fond* et le châssis pour éviter la chute intempestive du modèle pendant cette opération.

2° OPÉRATION. — Faire le joint, c'est-à-dire passer la truelle et la spatule sur la face qui était préalablement contre le fond (fig. 128). Cette opération a pour but de raffermir la surface du sable surtout au contact du modèle; mettre du *sable sec* sur le joint.



Fig. 128.

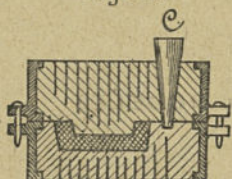


Fig. 129.

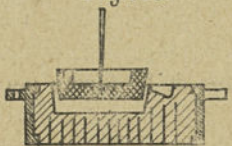


Fig. 130.

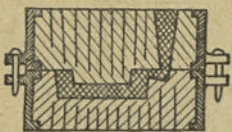


Fig. 131.



Fig. 132.

3° OPÉRATION. — Placer un second châssis sur le premier et un bâton de coulée *c* que l'on enfonce légèrement dans le sable; serrer le sable dans ce nouveau châssis exactement comme dans la première opération (fig. 129); retirer le bâton de coulée après l'avoir *ébranté* en le frappant légèrement et latéralement avec les deux mains; soulever, bien d'aplomb, le châssis supérieur que l'on retourne sur la table de moulage où l'on opère; la surface du joint de ce châssis ne doit être touchée que s'il y a eu des arrachements de sable.

4° OPÉRATION. — Humecter légèrement, à l'aide du *pinceau à mouiller*, le sable autour du modèle; planter un *picot* au centre du modèle (fig. 130); à l'aide d'un marteau, frapper horizontalement le picot dans tous les sens pour *ébranler* le modèle, cet ébranlage ne doit pas être exagéré; sortir le modèle bien verticalement; trancher le chenal de coulée dans la partie inférieure du moule (ch. xiv).

5° OPÉRATION. — Saupoudrer la surface de l'empreinte de poussier de charbon de bois, faire adhérer ce poussier au sable à l'aide de la *spatule* et du *crochet à talon* ou des *lissoirs* de formes appropriées.

6° OPÉRATION. — *Fermer le moule*, opération qui consiste à placer le châssis supérieur sur le châssis inférieur (fig. 131) ; placer le moule sur le sol en interposant une légère couche de sable ; charger le moule des poids nécessaires pour empêcher que la pression du métal ne fasse soulever le châssis supérieur (voir ch. XXXVII) ; couler le métal par l'orifice de coulée.

7° OPÉRATION. — Après refroidissement *complet*, briser le sable pour retirer la pièce qui se présente munie de son jet de coulée (fig. 132) ; donner un coup sec sur la coulée, avec un marteau, de haut en bas, la coulée se sectionne à son intersection avec la pièce. Si celle-ci ne présente pas de défauts, elle sera portée à l'atelier d'ébarbage pour être nettoyée et débarrassée des bavures de métal et de l'*attaque* de coulée.

Moulage d'un modèle semblable à la pièce avec joint gauche. — S'il s'agit de mouler la pièce dont le modèle

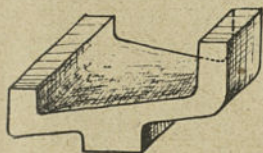


Fig. 133.

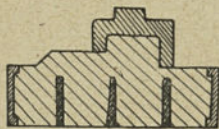


Fig. 134.

est représenté (fig. 133) on ne pourra opérer la mise en chantier comme précédemment.

On tassera, d'abord, du vieux sable dans une partie

de châssis ; la pièce sera posée sur ce sable et le joint exécuté sommairement (fig. 134). La partie du moule ainsi exécutée et qui ne sera pas conservée prend le nom de FAUSSE PARTIE ; elle remplace le fond en bois du moulage précédent. Les opérations se succèdent alors dans le même ordre : serrer le dessous du moule sur la fausse partie (fig. 135) ; retourner le tout, enlever et

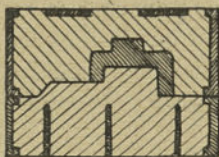


Fig. 135.



Fig. 136.

défoncer la fausse partie, faire soigneusement le joint sur le dessous (fig. 136) ; placer le sable sec sur le joint, mettre en place la coulée et l'évent, et serrer le dessous du moule en ayant soin de placer un crochet pour maintenir la motte de sable débordant du châssis, enlever le dessus, sortir le modèle.

Si ces deux dernières opérations ont provoqué des arrachements de sable, on rapporte du sable neuf et l'on reforme les parties abimées à l'aide de la spatule et des divers outils ; cette opération prend le nom de RACCORDAGE.

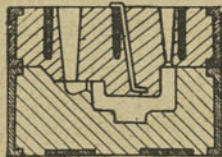


Fig. 137.

On tranche la coulée, l'intersection de l'évent et de la pièce est raffermie par un *congé*, le poussier est passé puis lissé. La figure 137 montre le moule prêt pour la coulée.

Moulage d'une pièce avec noyau. — Le moulage de la pièce représentée (fig. 138) s'opérera dans les mêmes conditions que celles de la figure 126. Le modèle sera muni d'une portée.



Fig. 138.

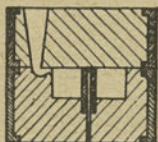


Fig. 139.

Pendant le moulage on percera un gros trou d'air au fond de la portée (fig. 139). Le noyau exécuté ainsi qu'il sera dit (ch. XXIV) sera placé dans sa portée après achèvement du moule.

La cheminée centrale du noyau communiquant avec le trou d'air prévu au fond de la portée, le dégagement des gaz qu'il contient se trouvera assuré.

La figure 139 représente le moule prêt pour la coulée.



CHAPITRE XIV

COULÉES

Forme des attaques. — Les attaques de coulée sur la pièce varient essentiellement avec la forme et la grosseur de la pièce. On emploie généralement les formes représentées figures 140 à 144.

La forme en V (fig. 140) est employée pour les petites pièces ; la forme *rectangulaire* (fig. 141) pour les pièces hautes et minces ; le *trapèze* (fig. 142) pour les pièces



Fig. 140.

Fig. 141.

Fig. 142.

Fig. 143.

Fig. 144.

massives. Il faut remarquer que la petite base est placée sur le joint formant ainsi un étranglement utile pour retenir les crasses qui surnagent toujours dans le bain ; le *rectangle* mince et long (fig. 143) pour pièces longues mais à faible section ; la forme *demi-ronde* pour les sections rondes ou ovales (fig. 144).

Chanfreins. — Il faut toujours abattre l'arête d'intersection d'une attaque avec la pièce comme l'indique la figure 145. Le chanfrein formé a pour but de produire une différence de section qui provoquera la rupture de

la tranche de coulée suivant *ab*. Sans cette précaution on risque de briser l'arête de la pièce ou, même, d'emporter un morceau de la pièce avec la coulée (fig. 146).

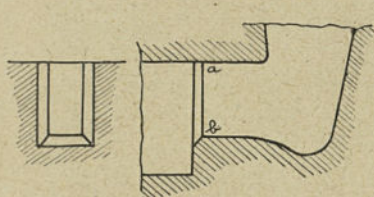


Fig. 145.

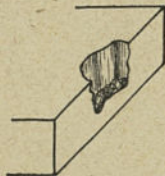


Fig. 146.

Grosueur des attaques. — La grosueur de l'attaque de coulée doit être étudiée soigneusement en se basant sur les principes suivants :

La pièce doit être remplie aussi vite que possible.

La grosueur de l'attaque doit être réduite au minimum nécessaire pour éviter des frais inutiles d'ébarbage. Une trop grosueur section peut provoquer facilement la rupture de la pièce quand on casse la coulée. Dans les pièces

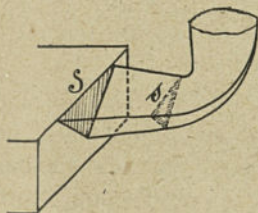


Fig. 147.

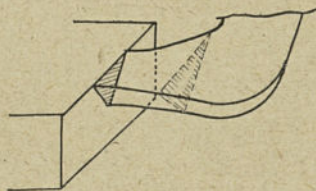


Fig. 148.

fragiles il faudra multiplier les attaques en les faisant très minces.

Ne jamais faire des attaques de coulée dont la section soit supérieure à celle du chenal de coulée, car il s'en-

suivrait que la fonte ne coulerait jamais dans la pièce à pleine section, les crasses pénétreraient facilement dans le moule.

Dans la figure 147 la section *s* est plus petite que *S*, mauvais dispositif. C'est l'inverse dans la figure 148, bon dispositif.

Position des attaques. — La pièce ne doit pas être attaquée indifféremment dans n'importe quelle partie. Pour combattre les effets du *retrait* (voir ch. XL) et pour tâcher d'avoir un refroidissement uniforme il faut de préférence attaquer sur les parties minces, de façon

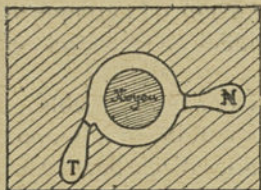


Fig. 149.

que les parties massives reçoivent la fonte qui, ayant déjà réchauffé les parties minces, a perdu ainsi de sa chaleur.

Il faut éviter, si cela est possible, que le jet de fonte ne tombe d'aplomb sur un noyau.

La figure 149 montre en coupe un moule avec noyau; l'attaque tangentielle T est à préconiser plutôt que l'attaque N normale au noyau.

Coulée en source. Coulée en chute. — Il faut éviter également, chaque fois qu'il est possible, de faire tomber la fonte à l'intérieur du moule, d'une trop grande hauteur en chute directe. Le brassage du métal dans l'empreinte est une cause d'oxydation. Pour couler convenablement le cône de la figure 150 il faudra faire aboutir la coulée à la partie inférieure du moule. Cela s'appelle *couler en source*.

Si l'on avait attaqué en *a* on aurait eu la *coulée en*

chute beaucoup moins à préconiser. Les coulées qui n'aboutissent pas directement sur l'empreinte sont dites aussi à *talon*.

Cornichon. — Il peut se présenter des cas où il est impossible d'attaquer la pièce sur ses bords trop minces ou trop fragiles ; d'autres cas où la coulée en source est indispensable sans qu'il soit possible de pratiquer l'at-

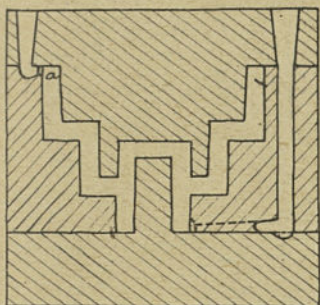


Fig. 150.



Fig. 151.

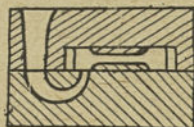


Fig. 152.

taque à l'endroit voulu. On se sert alors du CORNICHON (fig. 151), outil ayant la forme d'une coulée circulaire, en bronze généralement et bien polie. Le cornichon se place lors du moulage dans le sable et se retire au moment de sortir le modèle. La figure 152 représente la coulée d'une roue dentée à l'aide de ce dispositif.

Les coulées en cornichon sont fréquemment employées dans les moulages d'acier (ch. XLIV).

CHAPITRE XV

ÉVENTS, MASSELOTES, BASSINS

Évents. — Nous avons vu (ch. xi) le rôle des évents. Le choix de leur emplacement est très important. Ils peuvent être directs (fig. 153) ou à talon (fig. 154).

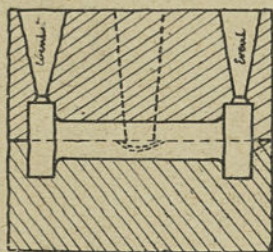


Fig. 153.

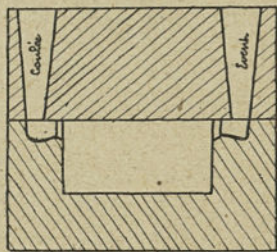


Fig. 154.

Pour éviter de verser le métal dans un évent on donne à l'orifice extérieur la forme ronde pour la coulée et ovalisée pour l'évent (fig. 155).

Il faut placer les évents directement sur la pièce de



Fig. 155.

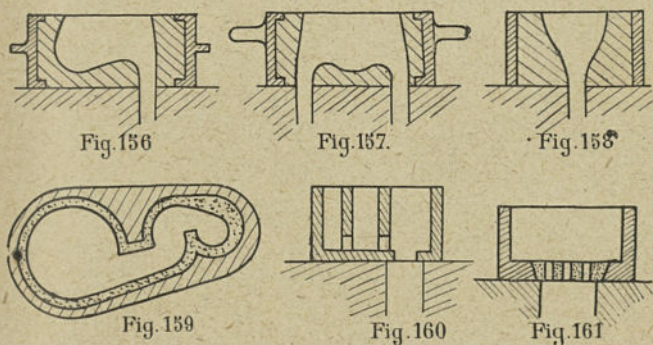
préférence, en ayant soin de munir d'un chanfrein leur

intersection avec l'empreinte. La grosseur des attaques est soumise aux mêmes règles que les coulées.

On ne doit pas abuser des événements ; ils sont cependant indispensables dans les moules présentant des cavités profondes dans le châssis supérieur (cas de brides par exemple) et au-dessus des noyaux.

Masselottes. — Il ne faut pas confondre événements et masselottes ; ces dernières sont de gros événements se plaçant exclusivement au-dessus des parties très massives. Une masselotte peut servir d'évent, l'inverse n'est pas possible.

La masselotte a pour but de fournir du métal liquide à la partie massive d'une pièce lors de son refroidissement pour éviter le retassement (ch. XXXIX). La section de la masselotte est en rapport direct avec la grosseur de la pièce ; *sa hauteur ne joue aucun rôle.*



Bassins de coulée. — Pour couler une grosse pièce à l'aide d'une poche suspendue à l'appareil de levage, il est nécessaire d'avoir, pour recevoir le métal, un orifice bien plus grand que celui de la coulée. On surmonte la coulée d'un bassin taillé dans le sable contenu dans un petit châssis supplémentaire (fig. 156).

Le bassin est utile pour réunir deux jets de coulée sur le même moule (fig. 157). Pour éviter l'introduction des crasses dans le moule, on se sert de *bassins-filtres* qui impriment généralement un mouvement giratoire au métal et éloignent les crasses du trou de coulée (fig. 159 et 160). Pour couler *en pluie* on place au-dessus du trou de coulée un bassin en terre réfractaire muni de petits orifices d'écoulement (fig. 161). Ce dernier bassin est en outre un excellent *filtré*.

Il est souvent utile d'augmenter la pression du métal dans le moule, on y parvient en prolongeant les coulées et les événements hors du moule dans des *godets*, sortes de châssis ronds que l'on place sur le trou d'évent ou de coulée au moment de fermer le moule (fig. 158).

CHAPITRE XVI

MOULAGES A VERT

Moulage avec chape. — Si l'on doit mouler une pièce comme la poulie de la figure 162 on peut exécuter un moulage ordinaire, mais il sera très incommode d'aller raccorder le fond de la jante qui est toujours très mince. On fait alors un joint supplémentaire qui place la surface de la jante dans une partie de châssis spéciale qui porte le nom de CHAPE. Le moule comporte ainsi trois parties et tous ses points sont facilement accessibles.

Le moulage s'exécute de la façon suivante : serrer une fausse partie dans un *dessus* à barres, y placer le modèle. Serrer la chape en faisant le joint sur l'arête de la jante. Serrer le dessous. Claveter les diverses parties et retourner le tout.

Défaire la fausse partie. Faire le joint supérieur de la chape. Serrer le dessus en ayant soin de placer des *crochets* pour soutenir la motte venant avec le dessus. C'est à ce moment que l'on place la coulée et l'évent sur le moyeu que nous supposons sans trou. Dans ce cas particulier et assez rare la coulée se justifie pour permettre une répartition facile du métal; d'autre part, la

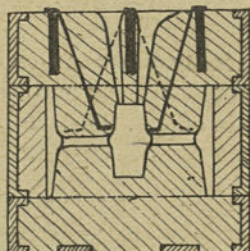


Fig. 162.

jante et les bras très minces se prêtent mal à recevoir les attaques de coulée.

Les trous d'air ont été percés dans le dessous et le dessus, et dans la chape avant la sortie du modèle.

Si le modèle était métallique il serait utile d'ébranler *entre deux sables* en plaçant une barre dans un trou ménagé sur le moyeu sous la coulée ou l'évent; le modèle en bois, trop fragile, ne se prête pas à cette manœuvre.

On se contente donc de lever le dessus bien d'aplomb. Ébranler le modèle, après avoir humecté le joint, et le retirer. Enlever la chape, réparer et noircir chaque partie, faire les congés aux événements et coulées. Fermer la chape et le dessus, le moule est prêt pour la coulée (fig. 162). Si le demi-moyeu supérieur était démontable la levée du dessus se ferait avec moins de risques de rupture du sable.

Moulage sur modèle démontable. — Un modèle démontable dans ses parties étranglées simplifie énormément le moulage. Il est, de même, utile que tous les bossages

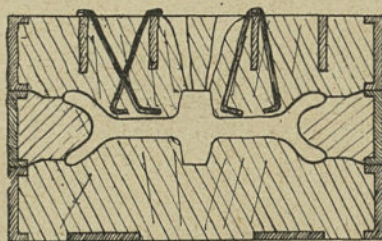


Fig. 163.

ou parties se trouvant en contre dépouille puissent se démonter pour se retirer latéralement dans l'empreinte (fig. 165).

Le galet à gorge de la figure 163 est composé de deux parties assemblées par un large goujon placé dans le moyeu.

Le moule est exécuté avec chape comme le précédent. Après avoir enlevé le dessus, on retire le demi-modèle supérieur ; le dessus est refermé et l'ensemble retourné. On enlève le dessous, ce qui permet de retirer le demi-modèle restant dans le moule.

La figure 166 donne le moulage d'une pièce dans laquelle les barrettes AB sont retirées latéralement dans le dessus avec lequel elles montent au démoulage.

Moulage avec pièces battues. — Il arrive très souvent que le modèle ne peut se démonter, surtout lorsqu'on moule sur une vieille pièce. Dans ce cas les chapes sont remplacées par des *mottes* ou *pièces battues* qui remédieront à ce défaut du modèle.

Le galet précédent s'exécuterait sur modèle non démontable, ainsi qu'il suit (fig. 164) :

Faire la fausse partie, y placer le modèle ; placer des poids tout autour du modèle ; serrer tout autour de

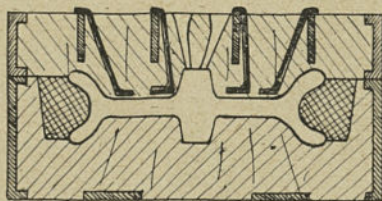


Fig. 164.

celui-ci quatre mottes en se servant d'un petit crochet pour atteindre le fond de la gorge. Le dessus des mottes est battu à l'aide d'un *maillet* pour le durcir convena-

blement. Chaque motte est isolée des voisines par une mince feuille de papier. On obtient ainsi une couronne autour du modèle, on la taille extérieurement en dépouille. Le dessous est serré et le moule terminé comme le précédent. On retire le dessous en premier lieu ; les mottes restent avec le modèle sur le dessus, on les retire une à une. Toutes les parties étant raccordées et noircies, on met les pièces en place dans le dessous et le moule est fermé (fig. 164).

CHAPITRE XVII

MOULAGES ÉTUVÉS

Généralités. — L'exécution du moulage d'une pièce en sable étuvé ne diffère en rien d'un moulage à vert pour l'exécution des joints et la sortie du modèle.

Il est nécessaire d'enduire l'intérieur des châssis avec de la *glaise* délayée dans l'eau avant d'y serrer le sable. Sans cette précaution la motte de sable risquerait, à l'étuvage, de se détacher du châssis.

Le sable neuf posé sur le modèle doit être du sable spécial pour ce genre de moulage (ch. VIII).

Les pièces moulées en sable étuvé sont, en général, plus importantes que celles qui sont exécutées en sable vert ; le sable recevra des pressions plus fortes de la part du métal, la *serre* devra, en conséquence, être plus dure que dans le cas du sable vert.

Les moules terminés sont passés au noir liquide. Les parties déformées par le noir sont soigneusement lissées et reformées à l'outil.

Un excès de lissage est toujours nuisible, car il rend la surface du sable imperméable.

Le noir étant passé finement au pinceau, on peut se dispenser de lisser surtout dans les parties usinées.

Le *raccordage*, le *passage au noir*, peuvent provoquer des déformations des *joints* empêchant ceux-ci de porter parfaitement les uns sur les autres ; après le durcissement dû à l'étuvage ce défaut serait irrémédiable ;

aussi est-il indispensable de fermer, avant la mise à l'étuve, un moule complètement terminé.

Pour empêcher que les divers joints noircis n'adhèrent entre eux, on saupoudre leur surface de *sable sec*.

Après cette opération on répare s'il y a lieu les parties qui peuvent être brisées, on procède au besoin à un second *rappuyage*, puis le moule est envoyé à l'étuve, toutes ses parties étant séparées par des cales de fer afin de permettre aux gaz chauds de circuler facilement dans toute l'empreinte.

Moulage d'un coulisseau. — Le coulisseau (fig. 165) doit être entièrement usiné, les barrettes A, B, C devront être démontables sur le modèle.

Le modèle est posé sur un fond sur les barrettes A, B; la chape est serrée en ayant soin d'y placer la coulée. Le joint étant fait, on serre le dessous après avoir dévissé C. On perce les trous d'air et l'on retourne les deux parties. Le joint supérieur de la chape est terminé. On serre le dessus après avoir placé les événements E, la coulée et les crochets, et après avoir dévissé A et B. Les trous d'air percés, on soulève le dessus, les barrettes montent avec cette partie et seront retirées latéralement (fig. 166). On perce des trous d'air dans la chape à 15 millimètres du modèle; celui-ci est ensuite ébranlé et retiré.

La barrette C restant dans le sable, sera retirée latéralement après que la chape aura été enlevée et après que l'on aura consolidé par des pointes P la lame de sable fragile formée dans le dessous (fig. 167). On tranche la coulée dans le dessous de la chape par deux attaques sur la barrette C. On passe le noir, on lisse, on rappeie et l'on envoie à l'étuve (fig. 168).

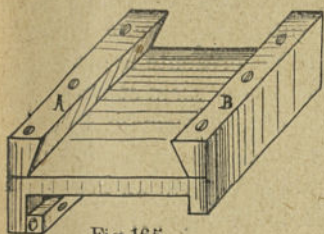


Fig. 165

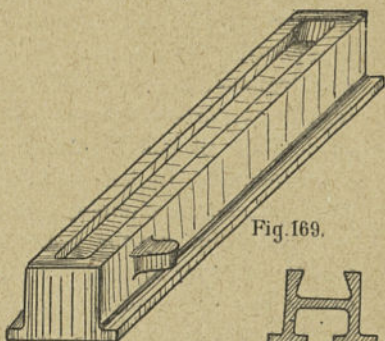


Fig. 169.



Fig. 166

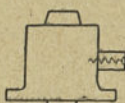


Fig. 171.

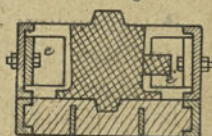


Fig. 172.



Fig 167

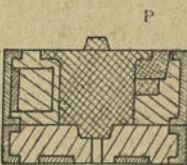


Fig. 173

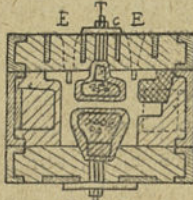
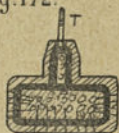


Fig. 174



Fig 175.

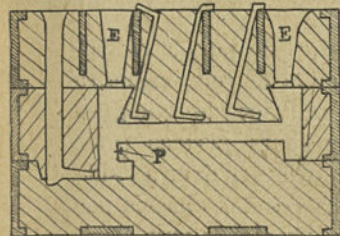


Fig. 168.

Amicj — L'apprenti fondeur.

Moulage d'un banc de machine à centrer. — Soit à mouler un banc de machine à centrer représenté en perspective figure 169. La figure 170 représente la section transversale du banc. Le modèle sera plein et portera deux portées qui recevront les noyaux formant les évidements et laissant entre eux l'épaisseur de la nervure médiane. La face latérale de la pièce porte un bossage qui, sur le modèle, sera démontable (fig. 171).

Prendre un dessus pour fausse partie, y placer le modèle et poser la chape. Celle-ci, vu sa longueur, sera *armée* par des équerres *e* fixées par des boulons aux parois de la chape; ces parois doivent être percées de trous en conséquence (fig. 172). Serrer la chape après l'avoir enduite de glaise et avoir placé, à une extrémité, un bâton de coulée. Serrer le dessous, retourner le tout. Dégager à l'aplomb du bossage pour exécuter la pièce battue P (fig. 173). Serrer le dessus.

On aura eu soin de placer deux bâtons de coulées sur chacune des portées pour permettre l'amarrage des noyaux et le départ des gaz qu'ils contiennent. On placera dans le dessus le bâton prolongeant la coulée de la chape et, à l'opposé, deux événements à talon E, E (fig. 174). Enlever le dessus, percer des trous d'air dans la chape, ébranler et sortir le modèle.

Le bossage, qui avait été dévissé, reste dans la chape. Enlever la pièce battue, raccorder et noircir, remettre la pièce en place et l'*épingler* à l'aide de quelques pointes. Placer les noyaux dans leurs portées (voir ch. xxiv pour les précautions à prendre), les fixer à l'aide des *tirants* filetés T, T', sur les barres des châssis par l'intermédiaire de cales en fer *c*, *c*. Fermer le tout, vérifier si aucun point ne s'est brisé, envoyer à l'étuve en séparant chaque partie par des cales. La figure 175 représente les noyaux à une échelle plus grande.

CHAPITRE XVIII

MOULAGE A DÉCOUVERT

Moulage à découvert. — Pour des cas très particuliers, pour des plaques ou des barreaux généralement, quand une surface de la pièce n'a pas besoin d'être ni bien plane ni bien nette, on exécute le moulage dans un tas de sable qui constitue le dessous du moule. Le dessus est supprimé, le métal est coulé à même dans l'empreinte formée, à *découvert*. Pour ce genre de moulage, on ne se sert pas de modèle.

Confection d'une couche. — Pour que la surface, au contact du sable, des pièces coulées à découvert, ait un bel aspect, sans défauts, il faut que la couche de sable constituant le dessous du moule demandé soit exécutée avec des soins tout particuliers. Le moindre excès de serrage provoque des bouillonnements du métal, à la coulée, et des *soufflures* (ch. xxxix) qui font rebuter la pièce.

Pour exécuter une couche convenablement, il faut opérer ainsi :

1° Placer deux règles (fig. 176) de 15 centimètres de largeur, et de longueur appropriée, à un écartement suffisant pour contenir la pièce. Les bords supérieurs des règles doivent former un plan bien horizontal. Pour cela, *niveler* l'une des règles A au niveau à bulle d'air ; on place à cet effet sous la règle des petites cales de fonte.

A étant nivelée et bien maintenue par des poids, on *dégauchit* B par rapport à A. Pour dégauchir B, placer sur A et B une troisième règle C qui supportera le niveau. Faire déplacer C sur A et B, et caler B de façon que C soit toujours bien horizontale. Fixer B.

2° Remplir de sable de remplissage l'intervalle compris entre les deux règles, niveler ce sable à la hauteur de A et B à l'aide de C (fig. 177).

3° Tamiser du sable sur la couche obtenue, de façon que l'épaisseur de ce sable n'excède par cinq à six millimètres. Pour cela, faire deux petites cales de bois ou de fer *d, d* à l'épaisseur voulue et déplacer sur A et B la règle C sous laquelle on a intercalé les deux petites cales *d, d* (fig. 178).

4° Comprimer le sable tamisé en le ramenant au niveau du bord supérieur des règles A, B. Pour cela, se servir de préférence d'un rouleau R que l'on déplace sur A et B (fig. 179) ; à défaut de rouleau se servir de C, qu'un aide maintient fixe à l'une des extrémités tandis que l'ouvrier frappe le sable en manœuvrant l'autre extrémité.

La couche est prête à recevoir le tracé de la pièce. Le sable n'a qu'une consistance très faible, il cède très facilement sous le doigt. C'est la condition essentielle de réussite.

Moulage d'une plaque. — Proposons-nous d'exécuter la plaque munie de deux rebords de la figure 180. On confectionne une couche de 2 mètres de long sur 1,50 m. de large.

La couche étant exécutée on y trace, en se servant du mètre à retraits et d'une équerre, un rectangle ayant 1 mètre de large sur 1,50 m. de long de la façon suivante :

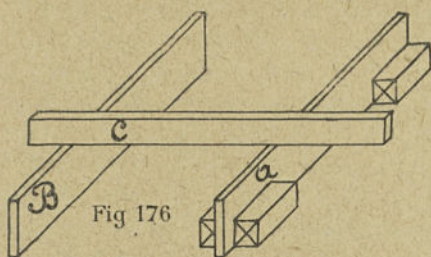


Fig 176

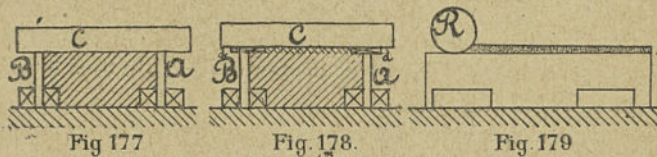


Fig 177

Fig. 178.

Fig. 179

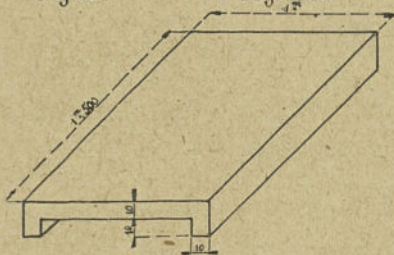


Fig. 180

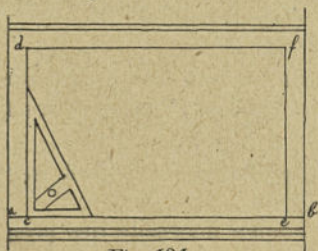


Fig. 181

Tracer à la règle un trait ab à 25 centimètres du bord de la règle A (fig. 181). Porter une longueur ac égale à 25 centimètres. Placer une règle, à plat, sur ab et faire plaquer, sur cette règle, le petit côté de la grande équerre en bois ; tracer, à l'aide d'une pointe, un trait en s'appuyant sur le grand côté de l'équerre. Prolonger ce trait à la règle et porter $cd = 1$ mètre. Porter $ce = 1,500$ m., répéter l'opération précédente en portant $ef = 1$ mètre. Joindre df . Le rectangle $cdef$ a les dimensions désirées.

On construit alors un monticule tout autour du tracé. Pour cela il suffit de placer une règle de 2 centimètres d'épaisseur sur le trait et de tasser le sable tout le long de la règle (fig. 182).

Il ne reste plus qu'à *imprimer*, c'est-à-dire enfoncer,

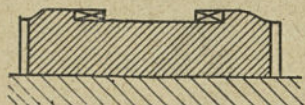


Fig. 182.



Fig. 183.

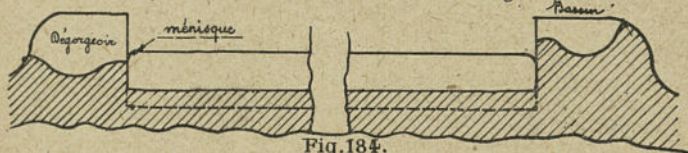


Fig. 184.

une baguette, ayant une section carrée de un centimètre, dans la couche à l'aplomb des murettes formées (fig. 183).

Le moule obtenu est saupoudré de noir et lissé.

Précautions. — La coulée nécessite des précautions particulières. La plaque est coulée par l'une de ses extrémités en ménageant un *bassin* dans le talus

(fig. 184). Le point délicat de la coulée consiste à obtenir l'épaisseur désirée. On y parvient en ménageant à l'extrémité opposée un DÉGORGEUR ; c'est une attaque de coulée correspondant à un bassin et découpée dans la paroi de façon à provoquer l'évacuation du métal dès que celui-ci a atteint la hauteur convenable dans la plaque.

Il se forme à la surface de la fonte libre un MÉNISQUE (fig. 184) d'autant plus prononcé que la fonte est moins chaude. Le ménisque augmente très sensiblement l'épaisseur de la pièce ; aussi, dans le cas précédent le dégorgeur doit être à 7 millimètres du fond de la plaque qui aura cependant une épaisseur de 10 millimètres.

Dès que la coulée est effectuée et que la fonte commence à se figer, on recouvre le métal de sable fin pour éviter un refroidissement trop rapide pouvant provoquer des gauchissements (ch. xxx).

Une plaque dépourvue de nervures se voile très facilement quand elle est coulée de cette façon. On peut y remédier en dégageant le sable qui recouvre le métal figé suivant une croix. La partie dégagée se refroidissant rapidement forme comme une entretoise qui s'oppose au gauchissement.

CHAPITRE XIX
MOULAGE EN FOSSE

But du moulage en fosse. — Il arrive parfois que l'atelier ne possède pas les châssis nécessaires à l'exécution d'une pièce trop grande ou de formes particulières.

On obvie à cette pénurie de châssis en moulant dans le sol. Le sol constitue la partie de dessous et la chape.



Fig. 185

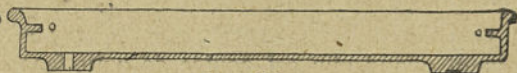


Fig. 186

Il est indispensable de posséder un châssis assez grand pour couvrir le moule et former le dessus. Si l'on ne possède pas ce châssis, on le confectionne avec des plaques de châssis universel ou en assemblant solidement plusieurs châssis entre eux.

Avec ce genre de moulage on économise un matériel qui coûterait fort cher, serait d'un emploi peu fréquent et qui encombrerait le parc à châssis.

Précautions à prendre. — L'aération de la partie de dessous exige des précautions particulières, il sera nécessaire de constituer le fond de la fosse par une couche de coke. Les trous d'air percés dans le dessous abou-

tiront à ce coke et communiqueront avec l'atmosphère par des cheminées d'évacuation *e* (fig. 187).

Le dessus se posant directement sur le sol, sans qu'il soit guidé par des goujons, il est nécessaire de prévoir un système de guidage précis pour le remettre exactement en place lors du remmoulage. On emploie, à cet

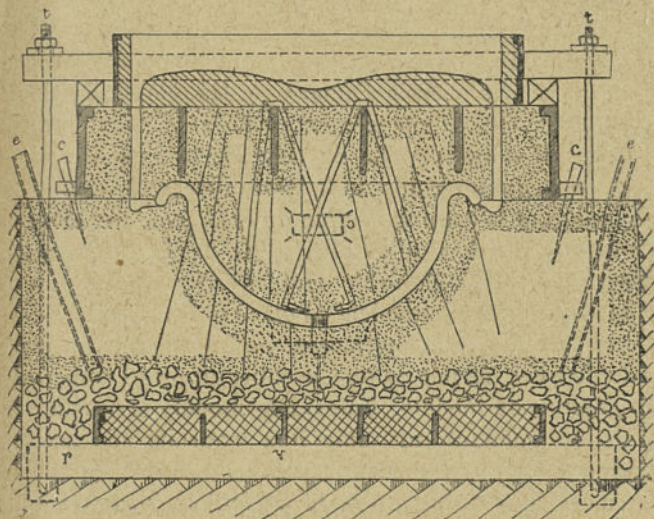


Fig. 187

effet, des coins en fer *c* enfoncés dans le sol contre les oreilles du châssis (fig. 187) ou aux angles de ce dernier.

On peut avoir à craindre une poussée très grande du métal tendant à soulever le dessus (ch. xxxvii) sans que l'on puisse songer au clavetage. Il faut employer alors un grand nombre de poids de chargement toujours encombrants. On remédie à cet inconvénient en plaçant au fond de la fosse des vieux châssis *v* posés eux-

mêmes sur des vieux rails *p* qui les relient les uns aux autres ; l'ensemble, ainsi obtenu, est relié par des tirants *t* au châssis supérieur. On obtient ainsi un *agrafage* parfait (fig. 187).

Moulage en fosse d'un lavabo, en sable vert, sur modèle. — La pièce est représentée sur les figures 185 et 186, en coupe.

Creuser une fosse plus grande que le modèle. Placer sur le fond les châssis d'amarrage, les remplir de vieux sable. Ménager l'emplacement des tirants.

Couvrir d'une couche de coke de la grosseur d'un œuf. Aux quatre coins de la fosse, placer des tubes de fer assurant la communication du coke avec l'extérieur. Recouvrir le coke de sable vieux tassé légèrement. Poser une couche de sable neuf à l'endroit où se posera le modèle. Mettre le modèle en place et l'**IMPRIMER**, c'est-à-dire frapper avec une masse, en interposant un morceau de bois, jusqu'à ce que le sable ait pris l'empreinte du dessous du modèle. Enlever le modèle et vérifier *la serre* en ajoutant du sable aux endroits peu serrés, tandis qu'on en retire des parties trop dures. Quand la serre est convenable, on serre au fouloir jusqu'au joint qui sera fait sur l'arrondi du rebord. Placer le dessus, planter deux piquets à chaque coin en les inclinant légèrement.

Dévisser les oreilles *o*, *o*, et serrer le dessus en ayant soin de placer des crochets pour soutenir la motte de sable. On placera une coulée de chaque côté du lavabo au milieu de sa longueur, un évent à talon à chaque extrémité.

Retirer le dessus, enlever latéralement les oreilles, retirer le modèle après avoir percé des trous d'air allant du joint à la surface de la pièce. Tirer des trous d'air du

fond de l'empreinte jusqu'au coke. Raccorder, placer le petit noyau cylindrique. On a eu soin de percer un gros trou d'air allant du fond de la portée jusqu'au coke ; trancher des attaques de coulée, demi-rondes, sur toute la longueur et de chaque côté de la pièce ; trancher les événements. Passer le poussier, retourner le dessus, réunir les deux coulées par un bassin, rehausser les événements par des godets. Fermer le moule en guidant le dessus à l'aide des piquets.

Placer les tirants dans leur logement, sur les rails, les relier par des traverses de fer reposant sur le châssis supérieur par l'intermédiaire de cales. Le moule est prêt pour la coulée.

CHAPITRE XX

LE TROUSSEAU

Usage. — Lorsqu'une pièce a un *profil* constant, c'est à-dire quand toutes les *sections* verticales que l'on peut faire dans la pièce, en n'importe quel point, sont les mêmes, on peut très bien exécuter l'empreinte en se servant de modèle. Pour cela, on taille dans le sable en se servant de *planches à trousser* qui ont la forme du profil à obtenir et qui sont fixées sur un outil appelé **TROUSSEAU**.

On conçoit immédiatement l'avantage d'un tel procédé quand on doit exécuter seulement une ou deux pièces semblables qui exigeraient un modèle fragile, très périssable et partant très coûteux. Le modèle se réduit à quelques planches ou tôles découpées, d'un prix de revient très faible.

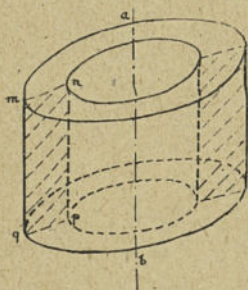


Fig. 188.

Trousseau de révolution. — Une pièce telle que le cylindre creux représenté figure 188 est dite *de révolution*, parce que tous les plans verticaux passant par l'axe *ab* déterminent dans la pièce des sections identiques. Il est facile de se rendre compte que si l'on fait tourner autour de *ab* une section

telle que $mnqp$, elle rencontrera toutes les sections de la pièce. On dit que $mnqp$ engendre le volume de la pièce en faisant une révolution autour de ab .

Le *trousseau de révolution* (fig. 189) comporte un

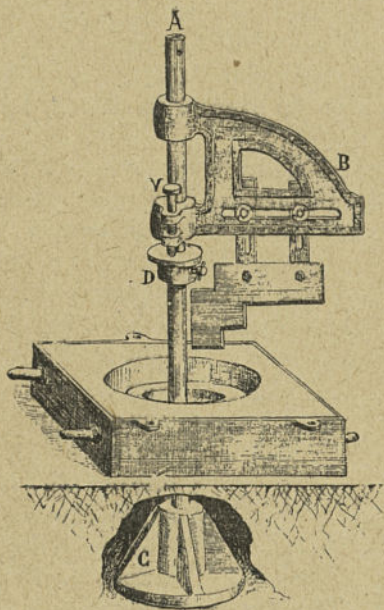


Fig. 189.

arbre d'acier cylindrique A terminé par une partie conique qui s'emboîte dans un évidement semblable ménagé dans une *crapaudine* en fonte C.

Cette *crapaudine* est enfouie dans le sol.

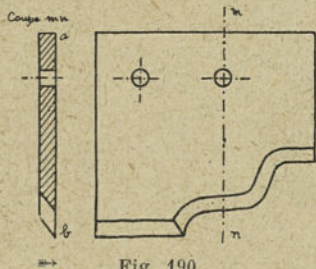
Un *bras*, porte-planches, en fonte B, terminé par une ou deux parties cylindriques alésées au diamètre de l'arbre, autour duquel le bras peut ainsi tourner. Une *bague* ou *butée* D peut coulisser sur l'arbre et s'y fixer

en un point quelconque par l'intermédiaire d'une vis. Le bras est muni d'une vis de réglage V reposant sur la butée et permettant de manœuvrer verticalement le bras pour de faibles déplacements. L'arbre est percé, à son extrémité, d'un trou permettant de l'arracher de sa crapaudine, à l'aide d'une broche.

Le bras est muni d'une rainure permettant le passage des boulons qui fixeront solidement les planches à trousser.

Cet appareil permettra le moulage de toutes les pièces simples et de dimensions n'excédant pas deux mètres de diamètre, telles que poulies et volants.

Planches et jauges. — Les planches à trousser se font en bois, on les découpe au profil de la pièce à trousser,



elles sont percées de trous pour le passage des boulons de fixation; leur partie inférieure est taillée en biseau (fig. 190). Quand la planche tourne dans le sens de la flèche, elle découpe le sable en l'arrachant; en tournant en sens inverse, elle lisse en rattachant le sable arraché.

Les planches complémentaires seront toujours en tôle de 3 millimètres environ d'épaisseur.

La face *ab* de la planche doit coïncider exactement avec l'axe de l'arbre du trousseau. Le biseau est renforcé par une lame de tôle de 2 millimètres d'épaisseur pour éviter une usure rapide de la planche.

La jauge (fig. 191) est une lame de bois de 10 millimètres d'épaisseur portant une entaille demi-circulaire

lui permettant de s'adapter sur l'arbre, mn coïncide avec le plan médian de l'arbre. La jauge est utilisée pour faire les tracés sur les joints du moule.

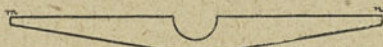


Fig. 191.

Tracés. — Le moulage au trousseau de révolution exige des tracés précis pour suppléer à l'absence de modèle. La pièce obtenue doit avoir la même exactitude que si elle était moulée sur modèle.

Ce sera naturellement la division de la circonférence qui se présentera le plus souvent dans les tracés à faire :

Tracé d'une circonférence : placer une planche sans biseau sur le porte-arbre, planter en l'inclinant une pointe dans la planche, couper la tête de la pointe et la limer pour la rendre pointue ; porter sur la jauge le diamètre de la circonférence (se servir toujours du mètre à retrait) ; placer la jauge sur le joint, contre l'arbre, et régler la planche pour que l'extrémité de la pointe coïncide avec les traits marqués sur la jauge ; enlever la jauge, régler la vis pour que la pointe effleure le sable et tracer la circonférence en donnant un mouvement de rotation au bras.

Diviser la circonférence en deux parties égales : tracer la circonférence, placer la jauge qui détermine un diamètre ; les extrémités du diamètre sont les points de division (fig. 192).

Diviser la circonférence en quatre parties égales : la diviser d'abord en deux, prendre le compas, l'ouvrir de façon à avoir une ouverture plus grande que ao et aussi grande que possible, piquer une pointe en a et décrire un arc mn , se piquer en b et décrire pq ; les deux

arcs se rencontrent en v ; placer la jauge de façon qu'elle passe par v et tracer rs qui donne un diamètre perpendiculaire au premier (fig. 193).

Diviser la circonférence en huit, seize, etc., parties égales: il suffit de diviser chaque partie du tracé précédent en deux parties égales par le même procédé pour avoir la division en huit; en divisant en deux une des dernières divisions on a la division en seize, etc.

Diviser la circonférence en six, trois parties égales: après avoir tracé ab à la jauge, ouvrir le compas pour



Fig. 192.

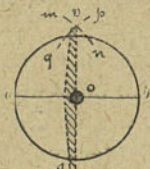


Fig. 193.

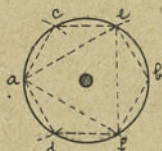


Fig. 194.



Fig. 195.

avoir exactement le *rayon*, soit la moitié de ab ; porter ac , ad , be , bf , avec cette ouverture de compas (fig. 194); chacune des divisions est le sixième de la circonférence; si l'on prend ae , af , ef , on aura la division en trois parties égales.

Diviser la circonférence en cinq parties égales: les volants et poulies ont très fréquemment cinq bras, la division de la circonférence en cinq est une opération géométrique très délicate, on tourne la difficulté en calculant le côté du *pentagone* inscrit dans le cercle donné; il suffit de multiplier le diamètre de la circonférence par 0,588 pour avoir l'ouverture de compas donnant la division cherchée. Exemple :

Diviser en cinq parties égales une circonférence de 800 millimètres de diamètre:

La division cherchée a pour longueur : $800 \times 0,588 = 470,4$ mm.

Il suffit de porter à la suite cinq longueurs égales à 470,4 mm. ; si la dernière division ne correspond pas rigoureusement au point de départ on modifie très légèrement l'ouverture du compas et l'on recommence.

Diviser deux circonférences concentriques en un même nombre de parties égales : faire toujours la division sur la plus grande, tracer à la jauge les diamètres correspondants aux points de division, ils rencontrent la petite circonférence aux points cherchés (fig. 195).

CHAPITRE XXI

MOULAGES TROUSSÉS

Moulage d'une poulie simple. — Proposons-nous de mouler au trousseau la poulie représentée en coupe (fig. 196). Le mouleur est muni des diverses planches à trousser, d'une jauge, et, généralement, de deux demi-moyeux alésés au diamètre de l'arbre du trousseau.



Fig. 196.

Le trousseau est soigneusement vérifié, l'arbre ne doit pas jouer dans la crapaudine; de plus, il doit être rigoureusement vertical. Ce dernier point se vérifie soit à l'aide du niveau vertical, soit à l'aide du fil à plomb.

Voici l'ordre dans lequel se déroulent les diverses opérations :

Placer un dessous sur le sol, de façon que l'arbre soit au centre du châssis et que ce dernier soit bien horizontal. Serrer le dessous, dresser le joint à l'aide d'une planche droite, mettre du sable sec sur le joint de la chape seulement, placer la chape, un bâton de coulée dans celle-ci, et la serrer complètement. Dégager le sable pour donner la forme du dessus et trousser celui-ci à l'aide de la planche en bois A (fig. 197). Enfoncer dans

la chape un repère en bois ou en fer r qui viendra affleurer le joint supérieur.

Le modèle du dessus étant ainsi obtenu, le terminer et le lisser bien soigneusement, Serrer le dessus comme un châssis ordinaire en plaçant le demi-moyeu, la coulée, l'évent et les crochets (fig. 198). Si l'on n'avait pas de

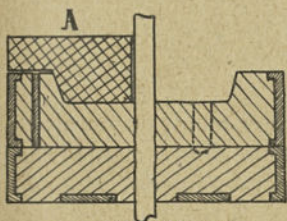


Fig. 197.

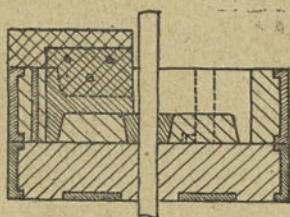


Fig. 199.

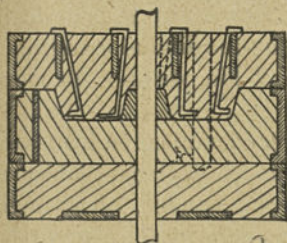


Fig. 198.

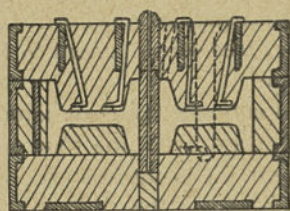


Fig. 200.

modèle de moyeu, celui-ci serait obtenu à l'aide de la planche découpée en conséquence.

Enlever le dessus, placer sur la planche la tôle de 3 millimètres (qui a été repérée à l'outillage) devant donner la forme de la chape et du dessous. Découper la chape en faisant descendre graduellement le bras porte-planche et en dégagant le gros du sable au crochet et à la spatule. Le dessous est largement dégagé pour ne pas gêner cette opération. Enlever la chape et la ter-

miner. Le repère a servi pour limiter la descente du bras très rigoureusement et pour éviter de racler le joint du dessus (fig. 199).

Reformer le dessous qui avait été dégagé et le trousser avec la planche précédente dont la position ne doit plus varier. Imprimer le modèle du demi-moyeu inférieur. Trancher coulée et évent, terminer le moule, placer le noyau (voir ch. xxiv) et couler. La figure 200 représente le moule prêt à être coulé.

REMARQUE. — Dans le cas précédent, on aurait très bien pu éviter la chape en troussant directement la chape et le dessous dans la même opération ; tout dépend de la largeur et de la profondeur de la jante.

Moulage d'une poulie à gorge. — Dans le cas de la poulie (fig. 201) la gorge constitue une difficulté augmentant très sensiblement la durée et l'importance du moulage.

On pourrait opérer comme précédemment en troussant la gorge avec une tôle de forme se déplaçant latéralement. Ce procédé n'est pas à recommander, les arrondis s'obtiennent très difficilement et l'on risque fort de briser le cordon formant la gorge. Il vaut mieux opérer de la façon suivante.

Trousser le modèle du dessous de la gorge sur le dessous (fig. 202), serrer la chape (fig. 203). Trousser dans la chape le modèle du dessus (fig. 204) ; serrer le dessus (fig. 204). Enlever le dessus, trousser le dessus de la chape (fig. 205), la chape se trouve ainsi terminée mi-partie par moulage, mi-partie par troussage. Enlever la chape et trousser le dessous (fig. 206). La figure 207 représente le moule terminé.



Fig. 201.

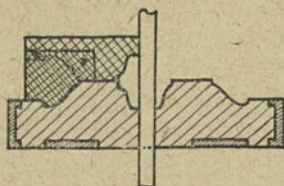


Fig. 206.

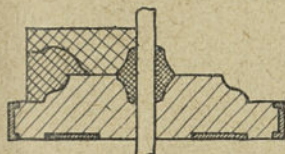


Fig. 202.

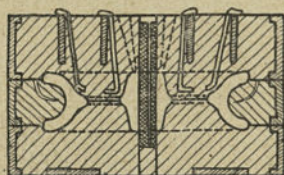


Fig. 207.

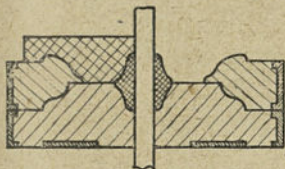


Fig. 203.

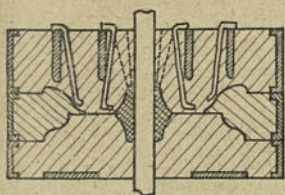


Fig. 204.



Fig. 208.

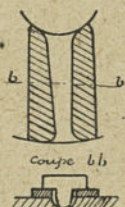


Fig. 209.

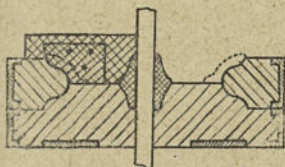


Fig. 205.



Fig. 210.

Les bras. — Cette poulie comporte cinq bras. On a recours, pour leur moulage, à deux procédés. Dans le

premier, le modeleur fournit un modèle de *demi-bras* et le mouleur confectionne en plomb, en zinc ou en plâtre le nombre de demi-bras nécessaires. On trace l'axe de ces demi-bras sur le joint du dessous. On divise la circonférence en cinq parties égales et l'on trace, à la jauge, les divisions correspondantes sur lesquelles on place les demi-bras en faisant coïncider axes et divisions. On trace les pourtours des demi-bras et l'on serre le dessus du moule (fig. 208). Dans le dessous, les demi-bras sont *imprimés* en suivant rigoureusement le tracé préalablement fait.

Ce procédé est le meilleur. Si l'on ne dispose pas de modèle d'un demi-bras, il est indispensable d'avoir deux guides ou gabarits et une trousse (fig. 209). Le pourtour des bras étant tracé sur le joint du dessous et reporté sur le dessus, on place les guides et à l'aide de la trousse ou *raclette* on trousse les bras. La raclette ne peut avoir que la plus petite largeur du bras, le trousseage ne donne donc pas une forme rigoureuse.

Dans les deux cas il faut avoir soin de vérifier par un rappuyage si les bords des bras correspondent bien dans les deux parties. Cela se voit très facilement si l'on a soin de placer du papier sur le tracé inférieur, bien exactement. On dépose une goutte de noir sur les morceaux de papier qui se colleront sur le dessus et permettront de vérifier si les tracés coïncident; dans le cas d'un tracé semblable à celui de la figure 210, on racorde à la spatule pour supprimer toute variation.

CHAPITRE XXII

LE TROUSSEAU HORIZONTAL

Le trousseau horizontal. — De nombreuses pièces, tout en n'étant pas de révolution, ont un profil constant ou peuvent être décomposées en parties ayant séparément un profil constant. Dans ce cas il est encore possible de supprimer le modèle et de mouler la pièce en utilisant seulement quelques règles, gabarits et planches à trousser. Si la pièce présente des nervures ou des bossages, ceux-ci sont imprimés en temps utile et exigent la confection de quelques éléments très simples de modèles.

Enfin, certains noyaux cylindriques se troussent à l'aide d'un trousseau de révolution à axe horizontal (ch. XXIV).

Moulage, au trousseau, d'un lavabo. — Le lavabo moulé sur modèle au chapitre XIX exigerait un modèle assez fragile et fort coûteux ; il est plus avantageux de l'obtenir par troussage s'il ne faut que quelques pièces. Dans le cas d'un grand nombre de pièces et comme *le moulage au trousseau est toujours plus long que le moulage sur modèle*, on exécuterait la première pièce par troussage et cette pièce constituerait le modèle pour les suivantes.

Le moulage de ce lavabo exigerait :

Un cadre de guidage *a* (fig. 212) ;

Une planche *b*, pour trousser le modèle du dessus (fig. 213) ;

Une planche *c*, pour trousser le dessous (fig. 214) ;

Une planche *d*, pour trousser les faces verticales, cette planche porte une pointe se fixant dans le cadre de guidage pour pouvoir pivoter (fig. 216) ;

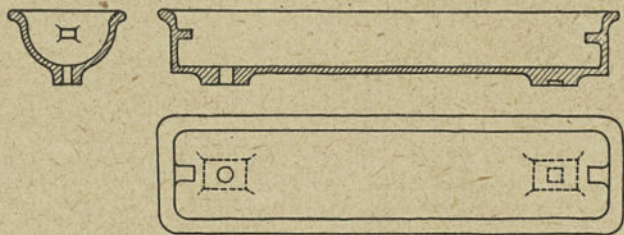


Fig. 211.

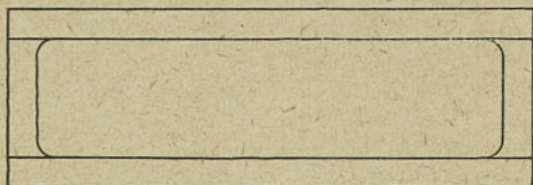


Fig. 212.

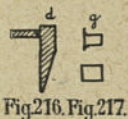


Fig. 216. Fig. 217.



Fig. 213.



Fig. 214.



Fig. 215.

Deux modèles pour les bossages *ef* (fig. 215) ;

Un modèle pour les oreilles *g* (fig. 217).

Pour exécuter le moule on prend les mêmes précautions que pour un moulage en fosse ordinaire.

On trousse le modèle du dessus en se servant du cadre maintenu en place solidement et des planches *b*, *d* ; les

oreilles sont mises en place et maintenues par des pointes. Le dessus est alors serré comme dans un moulage ordinaire sur modèle en fosse.

Après avoir retiré le dessus on trousse le dessous avec les planches, puis on *imprime* les bossages *ef*.

Le moule se termine comme il a été dit pour le moulage sur modèle, en fosse.

CHAPITRE XXIII

TROUSSEaux SPÉCIAUX

Trousseau à potence. — Les pièces de révolution de très grandes dimensions se troussent sur des trousseaux spéciaux. L'arbre est supporté à ses deux extrémités pour assurer sa verticalité.

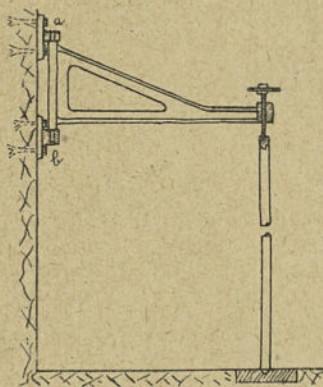


Fig. 218.

La figure 218 représente un trousseau de ce genre, l'arbre repose, par sa partie inférieure, sur une *taque*; sa partie supérieure est maintenue par une vis.

La potence peut pivoter autour de l'axe *a, b*, ce qui permet, après avoir retiré l'arbre, de retirer facilement le moule. On

peut immobiliser la potence en un point quelconque.

Trousseau ovale. — Les volants de grand diamètre ainsi que d'autres pièces se coulent fréquemment en deux parties assemblées après usinage. On peut trousser séparément chacune des parties, mais on préfère, le plus souvent, couler d'un seul jet les deux demi-parties dans

le même moule, en ménageant des coupures dans la pièce ainsi obtenue.

Le trousseau doit pouvoir tracer non plus une circonférence mais bien deux demi-circonférences assemblées par des lignes droites, ab , cd (fig. 219); ces parties ab , cd , représentent l'épaisseur de la coupure dans la pièce. Un trousseau donnant un tel tracé est dit *trousseau ovale* ou encore *trousseau à*

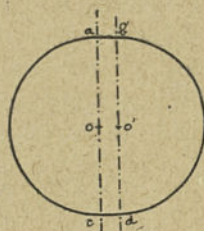


Fig. 219.

excentrique. Le bras porte-planche, au lieu de tourner directement sur l'arbre du trousseau, tourne autour de la pièce e calée sur l'arbre (fig. 220); cette pièce est

un **EXCENTRIQUE**, c'est-à-dire que le centre de la circonférence

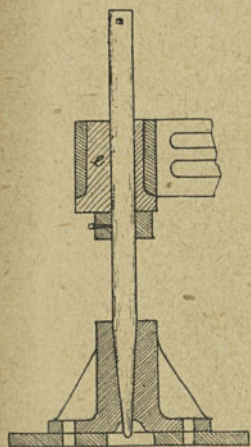


Fig. 220.

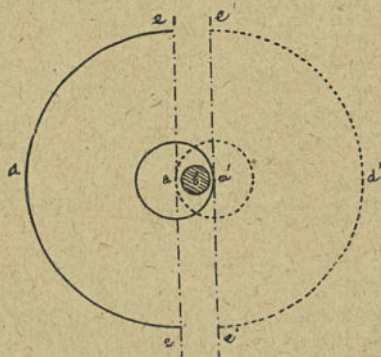


Fig. 221.

extérieure n'est plus confondu avec le centre du trou (fig. 221).

La distance ab des centres s'appelle *excentricité*. En

réalité, le porte-planche tournera autour du centre a et non pas du centre b de l'arbre. On trousse la première moitié du moule et l'on obtient ainsi la demi-circonférence cde . On tourne alors la pièce e sur l'arbre de 180° ou d'un demi-tour, de façon que le centre a vienne en a' , et l'on trousse la deuxième demi-circonférence c'

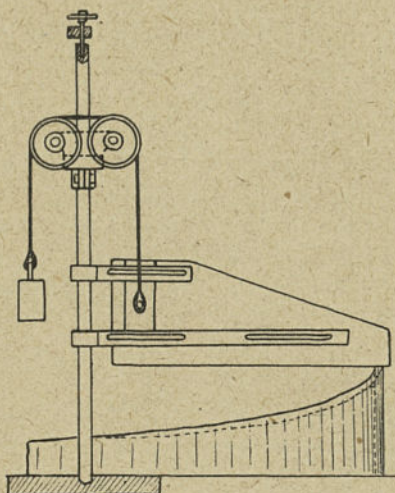


Fig. 222.

$d'e'$. La distance aa' est égale au double de l'excentricité.

Pour obtenir la coupure dans le moule on place des galettes de même hauteur que la pièce, leur épaisseur est égale à la distance aa' diminuée des épaisseurs d'usinage. Ces galettes peuvent être en sable, en terre ou, de préférence, en fonte que l'on recouvre de noir d'étuve ou d'huile de lin saupoudrée de sable sec, mais jamais en tôle.

Trousseaux à hélices. — Les *hélices* de navire se trousse généralement. On exécute tantôt l'hélice à trois ou quatre *pales* d'un seul jet, tantôt on trousse chaque pale séparément pour l'assembler ensuite avec les autres. La face de l'hélice qui travaille en se vissant dans l'eau doit avoir une surface rigoureusement *hélicoïdale* ; sans rentrer dans des considérations trop théoriques pour le cadre de cet ouvrage il suffira de savoir que la planche à trousse doit pouvoir s'élever verticalement tout en tournant autour de l'arbre, pour décrire une telle surface. Le trousseau *hélicoïdal* permet ce travail. L'arbre porte-planche (fig. 222) est suspendu à un système de poulies et se trouve constamment équilibré par un contrepoids. L'extrémité de la planche glisse sur un gabarit qui l'oblige à décrire la surface cherchée.

Le trousseau représenté figure 222 est soutenu par une potence qui n'a pas été représentée.



CHAPITRE XXIV

LES NOYAUX

But des noyaux. — Comme on l'a déjà vu (ch. ix), les modèles un peu compliqués ne peuvent pas être la reproduction de la pièce; les évidements qui rendraient les modèles trop fragiles sont supprimés, on les obtient dans la pièce à l'aide de noyaux fixés dans des portées.

En principe, le noyau sera presque entièrement entouré par le métal, il dégagera des gaz en abondance et des précautions spéciales devront être prises pour l'évacuation de ces gaz.

Les noyaux simples, de faibles dimensions, seront exécutés en sable vert; les noyaux plus importants seront en sable d'étude contenant du crottin; les très gros noyaux se feront en terre.

Suivant leur forme, les noyaux sont faits à la machine, en boîte, au trousseau.

Machine à noyauter. — Les noyaux cylindriques se font rapidement à l'aide de la machine à noyaux représentée figure 223 et qui emploie un sable spécial composé de sable siliceux sans argile, d'huile de lin et de farine ou de dextrine.

Le mélange est introduit dans la trémie T. Un volant V actionne un malaxeur M qui oblige le sable à tomber au fond de la trémie. Ce même volant actionne en même temps une vis placée au bas de la trémie. Cette vis

entraîne le sable dans un tube de laiton bien calibré. Le sable sort du tube avec une forme cylindrique parfaite;

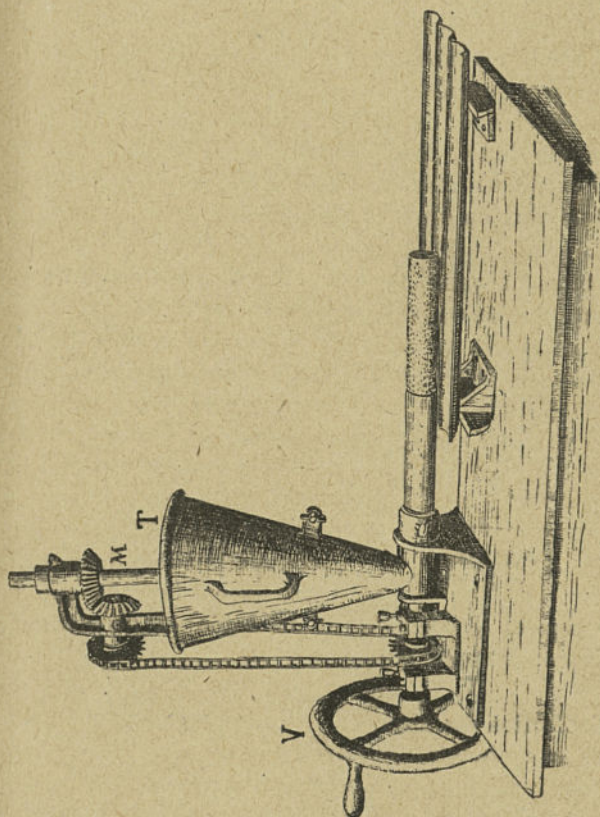


Fig. 223.

l'extrémité de la vis ménage un trou central dans le noyau, ce trou servira de cheminée pour l'évacuation des gaz. Le noyau est reçu sur une tôle ondulée, il n'a aucune consistance et s'effriterait sous le moindre effort.

On le porte, sur sa plaque, à l'étuve; la cuisson lui donne une très grande dureté, on peut alors le scier, le limer.

Au contact de la fonte l'huile brûle et le noyau tombe en poussière au démoulage.

A l'aide de tubes spéciaux, la machine peut produire des noyaux carrés, hexagonaux, etc...

Un mélange de 48 parties de sable, 8 de farine, 1 d'huile de lin, donne de très bons résultats.

Il existe des machines pour faire, en sable ordinaire, des noyaux en grandes quantités.

Boîtes à noyaux. — Les boîtes à noyaux sont de véritables moules en bois, parfois en métal.

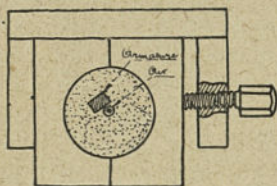


Fig. 224.

Ces moules sont démon-
tables pour permettre, après
serrage, la sortie du noyau.
Pendant le serrage du sable
les parties diverses de la boîte
sont maintenues par une
presse (fig. 224), quelques
coups de maillets donnés alter-
nativement sur chaque face

provoquent le décollement du sable et permettent de retirer facilement le noyau.

Confection des noyaux. — Un noyau est toujours fragile, les manutentions auxquelles il est soumis exigent au contraire une certaine solidité. On est donc conduit à *armer* les noyaux. L'armature peut être une simple tige de fer comme dans un noyau cylindrique (fig. 224) ou une véritable carcasse en fer ou en fonte si le noyau est volumineux et de forme compliquée.

Il est indispensable d'assurer le dégagement facile des gaz par des cheminées appropriées; si le noyau est très

volumineux, des lits de coke, réunis entre eux, assurent l'aération tout en allégeant la masse de sable.

Pour confectionner un noyau cylindrique, on réunit par une presse les deux parties de la boîte (fig. 224), on place dans le centre de la cavité une tige de fer enduite d'argile et une aiguille à air. Le sable est tassé dans l'intervalle laissé libre.

En retirant l'aiguille à air on ménage une cheminée centrale.

Il serait peu commode de serrer ainsi qu'il précède le noyau de la figure 225. Il est préférable d'opérer ainsi qu'il suit : on serre chaque moitié séparément en plaçant

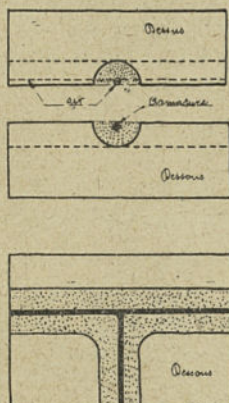


Fig. 225.

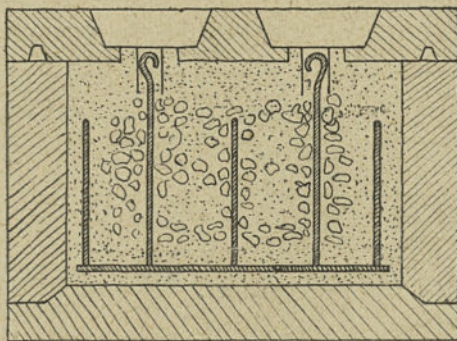


Fig. 226.

dans l'une une armature et dans l'autre deux canalisations pour l'air. On enduit légèrement de glaise les sur-

faces et l'on referme les deux demi-boîtes ; après ébranlage, les deux parties ont adhéré l'une à l'autre.

La figure 226 représente le moulage d'un gros noyau en boîte, une solide armature de fonte assure sa rigidité ; l'armature porte des tirants qui serviront à manœuvrer le noyau ; un lit de coke assure le dégagement de l'air.

Noyaux troussés. — Les noyaux cylindriques se troussent sur un trousseau spécial à axe horizontal. L'arbre

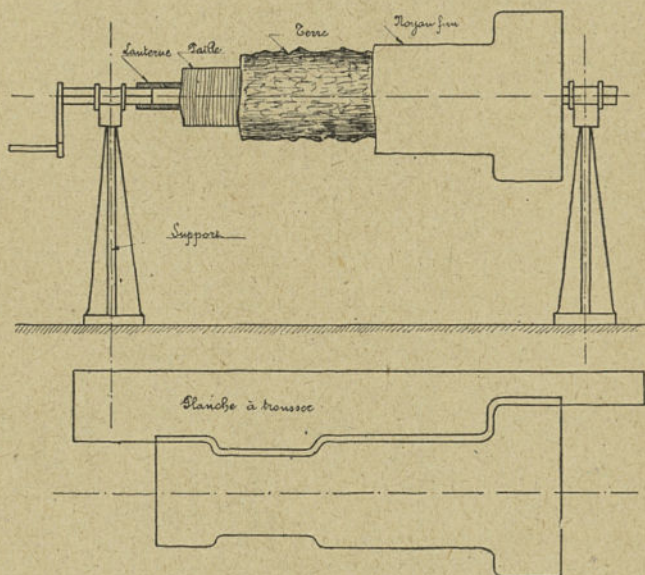


Fig. 227.

est constitué par une LANterne ou tube de fer percé de nombreux trous servant à la fois d'armature et de cheminée. On munit cette lanterne de *tourillons* mobiles sur lesquels on peut adapter une manivelle (fig. 227).

Les tourillons sont supportés par des tréteaux à encoches.
Sur la lanterne on enroule de la paille ou du foin



Fig. 228.

tressés pour alléger le noyau et lui donner de l'élasticité:

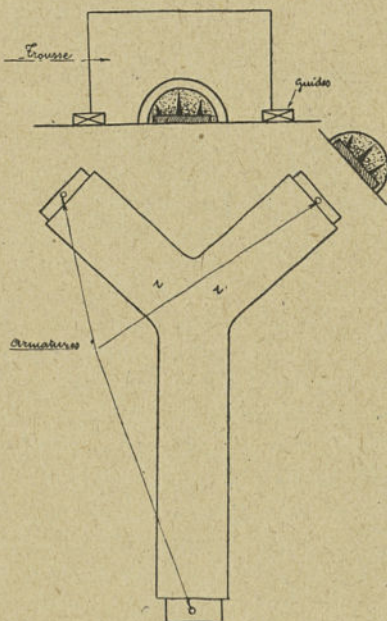


Fig. 229.

Sur cette paille on frotte de la terre à noyauter molle.
On dépose ensuite de la terre plus ferme sur toute la

paille en l'appuyant avec le bout des doigts jusqu'à obtenir la forme grossière du noyau. Cette forme est vérifiée à l'aide d'un gabarit ou planche à trousser découpée au profil du noyau et maintenue sur les tréteaux à la distance voulue de l'axe. On fait sécher la première couche de terre ainsi posée, puis on complète le noyau en ajoutant la terre nécessaire. Pour finir on se sert de terre très molle et l'on tourne plus rapidement; cette terre est lissée par la planche et donne un noyau très régulier à surface unie. Après un nouveau séchage

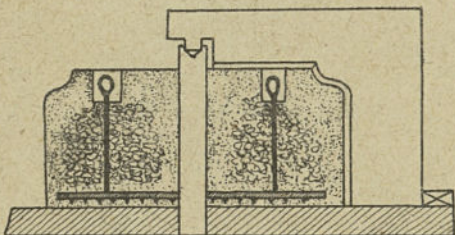


Fig. 230.

on bouche les fentes qui se sont formées et l'on passe au noir. Les tourillons sont enlevés et le noyau séché définitivement est prêt pour le remmoulage.

On trousse également des noyaux à profil constant en appliquant les principes exposés au chapitre XXII.

Le noyau représenté figure 228 se trousse d'une seule pièce avec des planches appropriées, en se servant d'une lanterne, entourée de paille, comme armature.

Le noyau de la figure 229 dont la section est ronde se trousse en deux parties munies chacune d'une armature et de dégagements pour l'air.

Les intersections en *i, i* sont façonnées à la main. Quand les parties sont sèches on les assemble en les collant et

en boulonnant solidement les armatures qui, à cet effet, ont été prévues plus longues que le noyau.

On peut enfin trousser des noyaux en se servant d'un trousseau vertical; pour des cas particuliers le modeler construit un petit trousseau en bois (fig. 230). S'il est en terre, le noyau est bâti à la main et terminé à la planche qui n'intervient ainsi que pour le finissage.

Remmoulage des noyaux. —

Les noyaux, dans un moule, augmentent considérablement les causes d'insuccès du fait qu'ils sont entourés presque entièrement par le métal. Des précautions minutieuses doivent être prises pour assurer le dégagement des gaz formés dans la masse de sable. Si la fonte du moule pénètre dans les conduits d'échappement la pièce est perdue irrémédiablement; cet accident peut se produire quand le noyau se brise sous la poussée du métal ou, le plus souvent, quand le métal se glisse dans la portée jusqu'à la cheminée d'évacuation.

Pour un noyau de faible dimension (fig. 231) on laisse

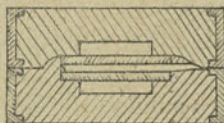


Fig. 231.

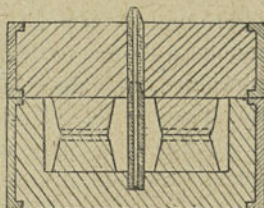


Fig. 232

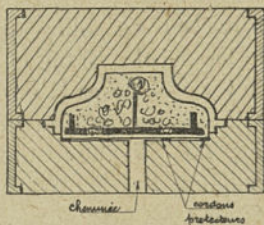


Fig. 233

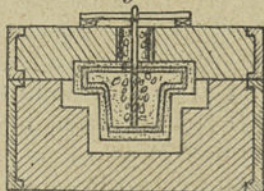


Fig. 234

un seul orifice de dégagement que l'on prolonge dans le moule jusqu'au bord du châssis. On bouche en partie ce dégagement par une tige de fer, une ficelle, du coke menu, et l'on bouche au sable par-dessus. Tige ou ficelle sont retirées après coup.

La poulie de la figure 232 comporte un noyau dans le moyeu; la portée supérieure a été *mise à jour* en la prolongeant par un bâton de coulée. Le noyau est taillé légèrement conique à une extrémité, le trou d'air est bouché à l'autre extrémité; le noyau mis dans sa portée inférieure, le châssis supérieur est descendu, on obture alors l'intervalle entre le noyau et sa portée par un cordon de chanvre, on place une aiguille à air dans le canal de dégagement et l'on serre du sable tout autour de l'aiguille qui est ensuite retirée.

Si l'on est conduit à couler un moule comme celui de la figure 233, on place au fond de la portée un cordon protecteur en soulevant le sable humide avec la pointe de la spatule. Si on le peut, on bouche hermétiquement l'intervalle entre la portée et le noyau.

Il est préférable de couler les noyaux suspendus (fig. 234), le dégagement des gaz chauds ayant toujours tendance à se faire de bas en haut. Dans ce cas le noyau est maintenu par un crochet ou un tirant fileté que l'on fixe solidement sur le châssis à l'aide de barres de fer et de cales; une large cheminée d'évacuation peut être prévue, elle permet d'assurer efficacement la protection de l'air; on la remplit de coke. Ce coke forme cheminée et en cas d'invasion du chenal par la fonte, refroidit cette dernière et peut limiter l'accident.

La figure 235 représente un genre de protection efficace par cheminée garnie de coke.

Noyaux en porte-à-faux. — Il arrive très souvent que

les noyaux ne sont supportés que par une extrémité tout en ayant leur plus grande dimension dans le plan horizontal (fig. 236), il est alors indispensable de les supporter à l'extrémité opposée à la portée. A cet effet on se sert de SUPPORTS (fig. 90 et 91) dont la forme varie avec le genre de noyaux. Dans la figure 236 le noyau repose sur un *support double* dont l'épaisseur est égale à celle de la pièce; ce support n'est destiné qu'à soutenir le noyau jusqu'au moment où celui-ci sera entouré par le métal.

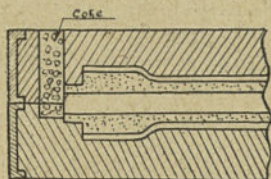


Fig. 235

Quand le noyau est plongé dans le métal liquide il est soumis au PRINCIPLE D'ARCHIMÈDE et reçoit une poussée, de bas en haut, égale au poids de métal déplacé; c'est-à-dire que si son volume est, par exemple, de 0,500 m³ ou 500 décimètres cubes, il recevra une poussée égale à :

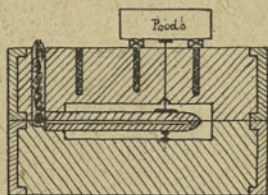


Fig. 236

500 \times 7,2 kg. en prenant pour densité de la fonte ou plus simplement pour poids du litre ou décimètre cube de fonte, 7,200 kg.

Cette pression de 3 600 kilogrammes est largement suffisante pour briser le noyau le mieux armé ou le déformer. On prévient cet accident en plaçant un *support à queue* de dimensions appropriées, sur le noyau (fig. 236). La tige du support traverse le châssis. On place au-dessus de la tige des poids en quantité suffisante pour combattre la pression du métal et l'on intercale, entre la tige et les poids, des morceaux de tôle pour faire un calage. *Le noyau ne doit jamais supporter la charge.*

Les noyaux très longs, comme ceux des colonnes, malgré leurs deux portées, doivent être munis d'un support en leur milieu pour éviter tout fléchissement. Notons qu'un tel noyau placé dans la position verticale ne recevrait aucune poussée dans le genre de la précédente, seuls des efforts latéraux entreraient en jeu en s'annulant réciproquement.

CHAPITRE XXV

MOULAGES EN TERRE

Moulages en terre. — Ce genre de moulage s'applique aux très grosses pièces exigeant des moules très résistants pour supporter les pressions parfois considérables du métal ; il ressort plutôt de la maçonnerie que du moulage, il s'exécute sans châssis et sans modèle avec un outillage très particulier.

Matériaux. — Les matériaux employés sont :

La *terre* (ch. VIII) sous forme pâteuse pour le gros de l'œuvre et de coulis finement tamisé pour la surface du moule.

Les *briques* (ch. VIII) de maçonnerie ordinaire pour la charpente à construire, et en sable pour les parties de l'ouvrage situées à proximité du métal ; le *mortier* pour relier les briques, fait en terre délayée dans l'eau.

L'outillage. — Les moulages en terre s'exécutent toujours au trousseau vertical ou horizontal ; ils exigent donc les mêmes planches à trousser que les moulages en sable. Les châssis sont remplacés par de solides plaques de fonte qui supporteront toute la maçonnerie. Des tirants relieront entre elles les diverses parties du moule.

Moulage d'une cuve en terre. — La description succincte d'un moulage en terre fera mieux comprendre la

particularité de ce travail et montrera l'outillage particulier pour chaque cas.

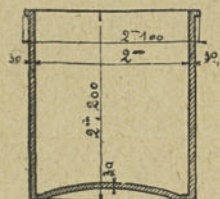


Fig. 237.

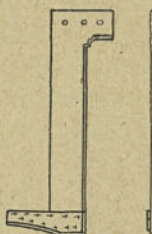
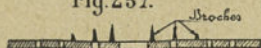


Fig. 238.

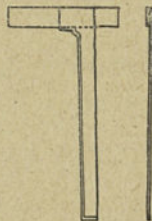


Fig. 239.

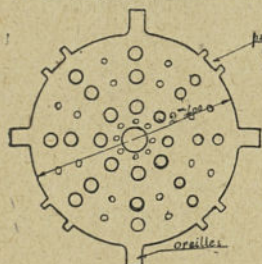


Fig. 242.



Fig. 240.

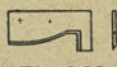


Fig. 241.

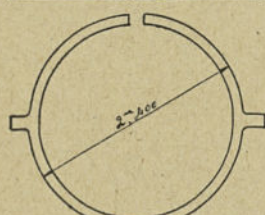
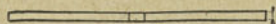


Fig. 243.

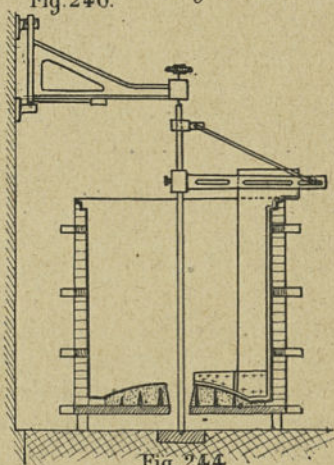


Fig. 244.

Si l'on se propose d'exécuter, en terre, la cuve représentée figure 237 on devra posséder les planches :

Pour le dessous et la surface latérale du moule (fig. 238) ;

Pour la surface latérale du noyau (fig. 239) ;

Pour le dessus du moule (fig. 240) ;

Pour le fond du noyau (fig. 241).

Les armatures nécessaires sont :

La plaque du fond du moule (fig. 242) ;

Les couronnes de renfort du dessous (fig. 243) ;

La plaque du fond du noyau (fig. 245) ;

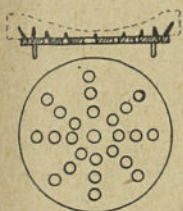


Fig. 245.

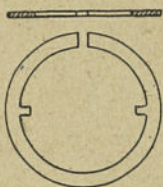


Fig. 246.

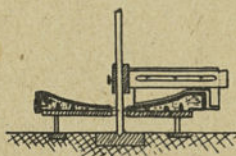


Fig. 247.

Les couronnes de renfort du noyau (fig. 246) ;

La plaque du dessus (fig. 250).

TROUSSAGE DU DESSOUS. — Le moule s'exécute ainsi qu'il suit :

Placer sur cales et niveler la plaque du fond du moule, entourer les broches avec de la paille qui passera dans les trous de la plaque, placer du coke entre les broches, placer la première assise de briques, garnir la plaque de mortier fort en se guidant avec la planche (fig. 244), cribler la terre de trous d'air, sécher au brasero (ch. xxvii), boucher les crevasses, recouvrir de mortier plus fin et trousser, sécher à nouveau. Construire la maçonnerie en briques en plaçant ces dernières à 15 millimètres de la planche, mettre les couronnes de renfort de place en place ; sécher, frotter les briques au mortier fort, passer du mortier plus fin et trousser.

Enlever l'arbre, boucher le trou dans le fond, au mortier ; porter l'ensemble à l'étuve ; après séchage, passer au papier verré la surface, frotter au noir à la main puis noircir soigneusement au pinceau ; sécher à nouveau.

Cette partie est terminée.

TROUSSAGE DU NOYAU. — Le noyau se trousse en

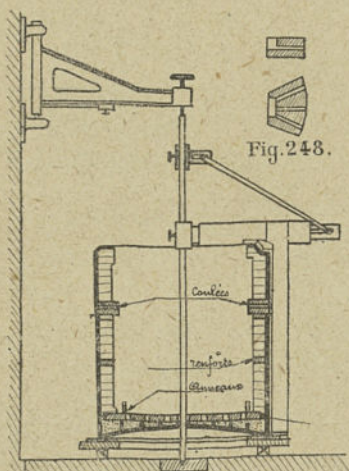


Fig. 249.

deux fois. On exécute d'abord son dessous (fig. 247), en amorçant la surface latérale, on sèche et l'on retourne pour bâtir et trusser le noyau (fig. 249). On se sert de briques en sable pour avoir plus d'élasticité dans la masse au moment du retrait ; on arme par les couronnes (fig. 246) et l'on place en cours de construction des briques portant les coulées (fig. 248). On sèche.

TROUSSAGE DU DESSUS. — Il s'exécute comme pour les parties précédentes, en se servant de la plaque (fig. 250) comme support.

ASSEMBLAGE. — Le noyau et le dessus ont été munis d'un emboitage permettant de les assembler et de les centrer ; des tirants, passant dans les encoches des diverses plaques, servent à relier les deux parties.

On termine le noyau avec le dessus et l'on sèche.

On place alors le dessus sur un lit de coke et l'on descend le dessous qui vient s'assembler sur le dessus. Le tout est relié par des tirants extérieurs. On place un lit de coke sur le fond du noyau. Les lits de coke sont reliés par des cheminées avec l'extérieur de la fosse

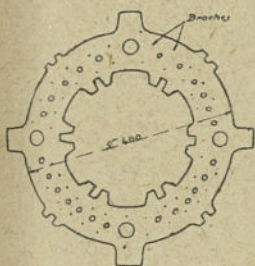
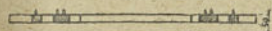


Fig. 250.

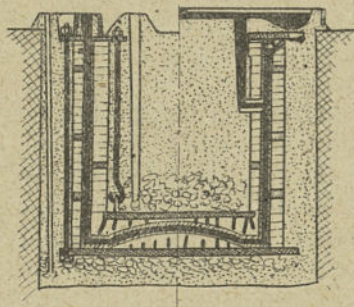


Fig. 251.

dans laquelle le moule a été descendu. On tasse du sable autour du moule et à l'intérieur du noyau en ménageant l'emplacement des jets de coulée. Le moule est prêt pour recevoir le métal (fig. 251).

CHAPITRE XXVI

MOULAGE EN COQUILLE

Moulage en coquille de la fonte. — Pour certains usages il est utile que la fonte moulée soit très dure superficiellement; on obtient ce résultat en faisant subir, dans le moule même, une *trempe* appropriée au métal. La trempe provoque en effet un durcissement notable de certains métaux : acier dur, fonte manganésée; elle consiste dans un refroidissement rapide de la pièce portée à haute température.

On trempe notamment les cylindres de laminoirs, de meunerie, les roues de wagons, les cuves de broyeurs, etc...

Pour obtenir la trempe partielle de la fonte on place dans le moule des parties métalliques affectant la forme de la pièce; ces parties, appelées **COQUILLES**, absorbent rapidement la chaleur du métal tandis que le sable ne laisse s'échapper que très lentement cette chaleur.

La coquille est obligatoire pour obtenir la trempe désirée, mais il est indispensable que la fonte ait une composition bien déterminée (ch. xxxii).

Les fontes ainsi obtenues sont excessivement dures à la surface et très difficiles à travailler.

On arrive à couler, en coquille, c'est-à-dire dans des moules complètement métalliques, des pièces en fonte douce, à l'aide de dispositifs particuliers et très compliqués qui ne ressortent plus du moulage.

Coquilles. — Les coquilles se font en fonte douce. Elles sont moulées, une de leur face affecte la forme de la partie trempée; le modèle recevra une portée dans laquelle se logera la coquille au moment de la coulée.

Si le cylindre (fig. 252) doit avoir la partie *ab* trempée, la coquille aura une face cylindrique; le modèle sera muni d'une portée *abcd* reproduisant la forme de la coquille.

Le moule s'exécute comme à l'ordinaire, au remmou-

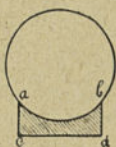


Fig. 252.

lage on place les coquilles dans leurs portées comme on place les noyaux. On a soin de réchauffer légèrement les coquilles (150° environ) pour éviter une trempe trop brusque qui ferait gercer la pièce.

On n'a pas à craindre la soudure de la pièce avec la coquille, surtout quand cette dernière a sa surface légèrement oxydée; pour plus de précaution on badigeonne souvent la surface en contact avec la fonte liquide à l'aide de graphite délayé dans l'huile de lin.

Moulage en coquille d'un cylindre de laminoir (fig. 253).

— Dans un tel cylindre la table seule a besoin d'être trempée; les trèfles *t* et les tourillons T doivent être en fonte douce et, par conséquent, moulés en sable.

Le moule de la table est constitué par la coquille elle-même en une ou plusieurs parties :

Les trèfles se moulent comme à l'ordinaire, en sable.

On emploie, pour ce cas particulier, des châssis spéciaux s'emboîtant dans la coquille. Le tout est solidement relié pour la coulée. Le châssis inférieur porte

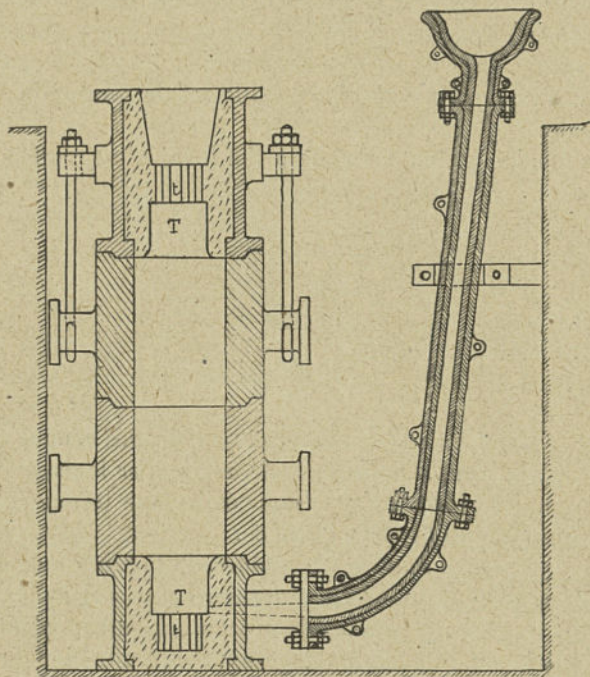


Fig. 253.

l'attaque de coulée tangentielle et en source. La descente du métal se fait dans un châssis spécial de forme appropriée. La température de coulée doit être assez faible pour éviter une trempe excessive.

CHAPITRE XXVII

L'ÉTUUVAGE

But de l'étuvage. — On a vu que les pièces usinées ou très grosses se font en sable étuvé et que l'on enduit, la surface de l'empreinte, de noir liquide. Il est indispensable que ces moules soient séchés aussi complètement que possible pour éviter les accidents provoqués par l'humidité et dont les principaux sont : *soufflures* et *dartres* (ch. xxxix).

L'étuvage se fait, le plus souvent, dans des chambres appelées ÉTUVES ; parfois on est obligé de sécher sur place comme dans le cas des moules en fosse.

Description d'une étuve. — L'étuve (fig. 254) est une chambre construite en briques ordinaires et dont les murs sont entretoisés par des tirants. L'épaisseur des parois doit être suffisante pour éviter toute déperdition de chaleur ; l'une des parois de la chambre est munie d'une porte métallique.

Deux rails placés sur le sol permettent la circulation d'un chariot. Un ou plusieurs foyers F, construits en briques réfractaires, reçoivent le combustible ; le cendrier E permet la vidange des cendres et donne accès à l'air nécessaire à la combustion ; un orifice O permet le chargement du combustible par l'extérieur. Une cheminée C évacue les gaz avec cette particularité qu'elle débouche au niveau du sol en N ; les gaz chauds sont

ainsi obligés de s'élever pour redescendre vers le carneau ; leur chaleur est donc parfaitement utilisée ; un registre R manœuvré de l'extérieur démasque une ouverture dans le haut de la cheminée pour faciliter le tirage pendant l'allumage. On le ferme pour la marche normale. Des étagères courent le long des murs pour placer les noyaux et les petits moules.

Le chauffage doit être plutôt lent que violent, la tem-

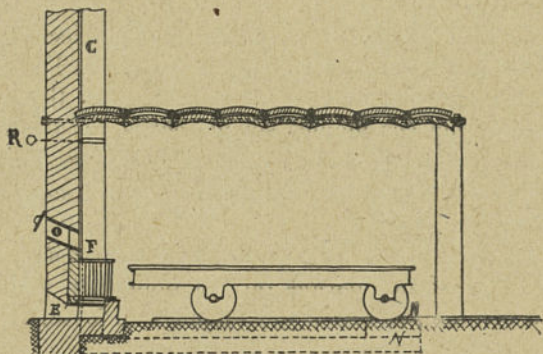


Fig. 254.

pérature ne doit pas excéder 300° . L'étuvage doit durer 12 heures au minimum.

Au-dessus de l'étuve on place le sable que l'on veut sécher avant le broyage. Il est dangereux d'y faire sécher du bois, car une fissure dans la voûte peut provoquer facilement la combustion de ce bois et, partant, un incendie.

L'étuve est chauffée le plus souvent au coke en morceaux ; des foyers spéciaux avec tirage forcé utilisent des menus de coke ou de houille.

On peut encore obtenir le chauffage par la combus-

tion des gaz d'échappement de certains fours ; par l'huile lourde, etc...

Chariots. — Les gros moules sont placés sur un chariot (fig. 254) constitué par un solide cadre de fonte ou en cornières et reposant sur deux essieux. Les moules sont empilés sur le chariot à l'aide des appareils de levage. Le chariot étant garni il ne reste plus qu'à le pousser dans l'étuve. Les coussinets se graissent au suif. Le roulement de tels chariots est très défectueux, on l'améliore en remplaçant les coussinets par des semelles planes.

Disposition des moules. — La température dans l'étuve n'est pas uniforme, elle est plus forte vers la voûte qu'auprès du sol, elle augmente quand on se rapproche des foyers. D'autre part, les moules les plus volumineux sont les plus longs à sécher.

On devra donc charger le chariot de façon que les plus gros moules soient les plus rapprochés du foyer, les plus petits seront les plus éloignés. Les moules devront toujours avoir leurs diverses parties séparées par de hautes cales pour que les gaz chauds puissent circuler librement entre elles ; les faces du joint seront, de préférence, tournées vers la voûte.

Les noyaux doivent toujours être bien séchés, on les rapprochera autant que possible des foyers.

Étuvage sur place. — Les moules en fosse doivent être séchés sur place, seules la partie du dessus et les pièces battues peuvent être envoyées à l'étuve. Deux procédés sont employés pour le séchage sur place :

TÔLES ET BRASEROS. — Ce procédé, le moins rationnel,

consiste à placer dans l'empreinte des braseros (fig. 255), sortes de récipients perforés latéralement, dans lesquels on fait brûler du coke. Plus souvent on recouvre la fosse d'une tôle sur laquelle on place le combustible de séchage. Les $9/10^{\circ}$ de la chaleur sont perdus, les parties proches de la tôle rougie sont brûlées tandis que les parties éloignées sèchent difficilement. Ce procédé exige la consommation d'une grosse quantité de charbon de bois pour provoquer l'allumage du coke; en résumé, il est très onéreux.



Fig. 255.

FOURS SÈCHEURS. — Il est plus rationnel d'employer un four sécheur dont le schéma est représenté figure 256. On brûle sur un foyer du coke d'abord puis du poussier de coke que l'on jette d'ordinaire dans les fonderies.

Un *électro-ventilateur* E souffle l'air nécessaire au tirage par la conduite C; l'air chaud produit est envoyé dans les moules, il sort par la buse B, un tuyau souple et métallique le conduit sur l'orifice de coulée d'un moule complètement fermé (fig. 257).

La température de cet air peut atteindre 800° , ce qui est beaucoup trop. Une deuxième conduite F envoie de l'air soufflé, froid, au-dessus du foyer. Le mélange des deux courants se règle à volonté pour arriver à la température de 300°

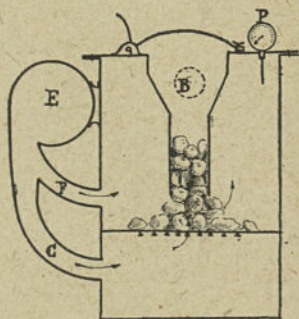


Fig. 256.

environ. Un PYROMÈTRE P placé sur le four indique à chaque instant la température du mélange.

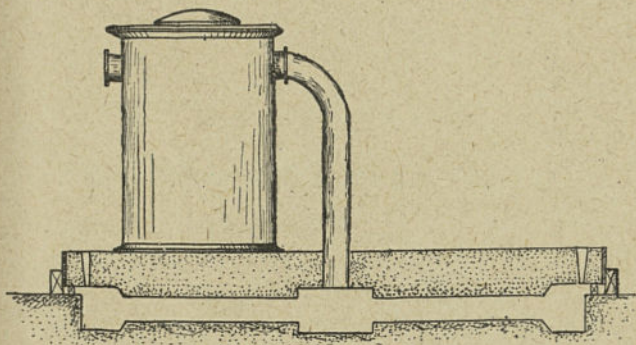


Fig. 257.

Étuves à noyaux. — Les noyaux faits en sable à l'huile, les petits noyaux exigent un séchage rapide et des soins particuliers pour leur manutention. L'étuve portable (fig. 258) employée à cet effet se compose d'un caisson métallique muni, sur le côté, d'un foyer et, sur une face, de tiroirs métalliques sur lesquels on place les noyaux ; la circulation de l'air se fait comme dans une étuve ordinaire. On peut, le cas échéant, sécher de petits moules dans cet appareil sans avoir à allumer spécialement la grande étuve.

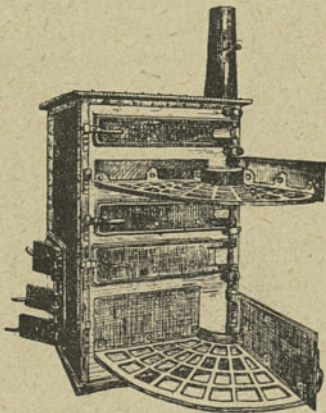


Fig. 258.

QUATRIÈME PARTIE
LE MOULAGE MÉCANIQUE

CHAPITRE XXVIII
MOULAGE EN SÉRIE

But à atteindre. — Dès que, sur un même modèle, on doit exécuter un grand nombre de pièces, c'est-à-dire mouler en série, il faudra rechercher la façon de mouler la plus convenable, étudier le modèle et un outillage de telle sorte que la durée d'exécution d'un moulage soit réduite au strict minimum. La création d'un outillage particulier, toujours onéreux, sera largement amortie par le gain réalisé dans le temps d'exécution.

Modèle métallique. — Si le modèle est assez délicat il ne supportera pas un usage prolongé, on l'exécutera en métal en se servant d'un modèle en bois avec double retrait variant selon que le modèle métallique sera en fonte, en bronze, ou en aluminium.

Si la pièce présente un plan de symétrie on réalisera un gain de temps appréciable au moulage en faisant le modèle en deux parties. Il sera de même utile de rendre le modèle démontable autant qu'on le pourra pour éviter des pièces battues.

Couche en plâtre. — L'exécution d'une fausse partie peut être fort longue ainsi que la recherche du joint définitif. On obviara à ces pertes de temps en exécutant, une fois pour toutes, un joint aussi parfaitement que possible et en coulant sur ce joint, dans un châssis, du plâtre. On obtient ainsi une fausse partie inusable qui supprime toute recherche et toute confection du joint.

Plaque modèle. — Une couche en plâtre A (fig. 259) ayant été faite sur un modèle M à l'aide d'un châssis

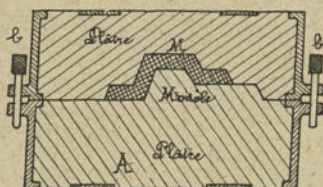


Fig. 259.

spécial muni de deux oreilles à trous. Si l'on place un châssis semblable sur le premier en les réunissant par des broches *b*, il suffira de couler du plâtre dans le deuxième châssis B pour avoir, après séparation, une



Fig. 260.

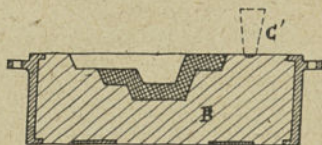


Fig. 261.

PLAQUE MODÈLE DOUBLE en ayant soin de placer un modèle sur chacune des couches en plâtre (fig. 260-261).

Pour avoir un moule complet on placera, sur chaque

couche, un châssis muni de trous et s'engoujonnant exactement sur la couche à l'aide des broches.

Ces châssis serrés seront placés l'un sur l'autre à l'aide des mêmes broches. L'attaque de coulée C faite en plomb, par exemple, est fixée sur la couche A. Il suffit donc de placer un bâton de coulée en *c'* pour obtenir un moule complètement terminé sans autre intervention que celle du fouloir.

On conçoit aisément qu'il y a plusieurs façons d'exécuter une telle plaque modèle qui peut, par exemple, comporter des modèles de plâtre faisant corps avec la couche, ou bien encore des modèles métalliques noyés dans le plâtre. Il est encore très facile de concevoir un joint métallique faisant corps avec le modèle et fixé dans du plâtre ou du ciment.

Plaque-modèle réversible. — La plaque modèle double constitue un progrès marqué sur la couche en plâtre pour l'exécution rapide d'un moule. Elle nécessite deux parties. Pour les pièces de faibles dimensions on peut réunir les deux couches sur une seule en confectionnant une *plaque-modèle réversible*. Les deux parties du moule complet sont alternativement serrées sur la même plaque,

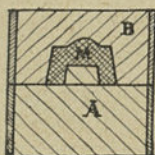


Fig. 262.

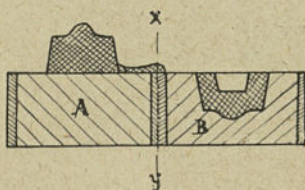


Fig. 263.

il suffit de munir d'un bâton de coulée la partie qui doit constituer le dessus.

Le modèle M (fig. 262) est placé comme précédemment de façon que, après les opérations préliminaires, on ait les deux couches de plâtre A, B. Les châssis employés sont dressés sur une face verticale de façon à s'assembler parfaitement l'un contre l'autre (fig. 263). L'ensemble de la figure 263 comporte un plan de symétrie passant par XY. Si l'on fixe un modèle dans chaque empreinte et une tranche de coulée il est facile de voir qu'un châssis serré sur ce dispositif puis placé, en le

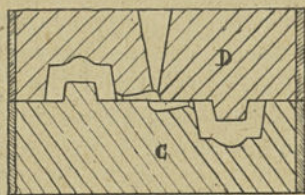


Fig. 264.

retournant, sur le sol, occupe la position de C (fig. 264) ; un second châssis serré de même, muni d'un bâton de coulée, placé sans être retourné sur le précédent, occupe la position D. On obtient ainsi, automatiquement, deux pièces du même modèle au lieu d'une seule avec la

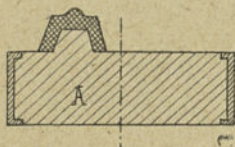


Fig. 265.

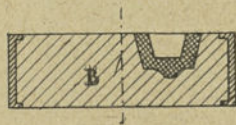


Fig. 266.

plaque double. L'engoujonnage des châssis s'effectuera sur le principe de la plaque précédente.

On peut très bien exécuter une plaque modèle réver-

sible sans outillage spécial raboté; il suffit d'avoir des châssis munis d'oreilles placées sur le même axe et d'exécuter les opérations ainsi qu'il suit :

Obtenir le moule A dans lequel le ou les modèles n'occupent que la moitié du joint (fig. 265), ce joint étant parfaitement dressé.

Serrer la partie B sur A (fig. 266), y placer un

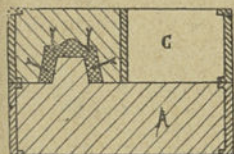


Fig. 267.

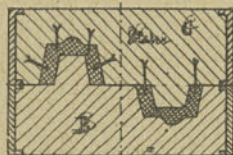


Fig. 268.

deuxième modèle; dans les modèles métalliques visser des tiges pour la fixation dans le plâtre.

Placer un châssis C sur A, couler du plâtre dans la moitié seulement du châssis, laisser prendre le plâtre

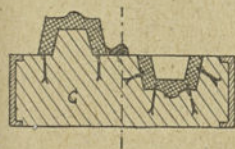


Fig. 269.

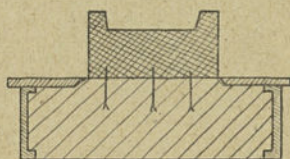


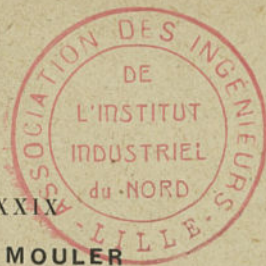
Fig. 270.

(fig. 267); transporter C sur B et achever le remplissage (fig. 268).

La figure 269 montre la plaque symétrique terminée avec la coulée rapportée.

Peigne. — La séparation du châssis et de la couche, la sortie du modèle peuvent provoquer des arrachements de sable exigeant un *raccordage* parfois assez long. On arrive à réduire au minimum les dégradations par l'emploi d'un PEIGNE. La figure 270 montre une plaque modèle pour une pièce ayant des faces verticales très prononcées, le modèle est scellé dans le plâtre du châssis, mais le joint est indépendant du modèle et ne fait pas corps avec le plâtre, il est *mobile*. Quand on a serré le châssis sur la couche on soulève le joint mobile ou *peigne*, le joint entraîne le châssis et supporte constamment les parties de sable qui risqueraient de se détacher.

La confection d'un peigne, par moulage, n'entraîne pas une grosse complication de la plaque modèle. On l'exécute le plus souvent en métal dit sans retrait et dont les compositions les plus employées sont : plomb 42 ; étain 42^a ; antimoine 16, ou plomb 88 ; antimoine 12.



CHAPITRE XXIX

LA MACHINE A MOULER

La *démouleuse*. — Les procédés décrits au chapitre précédent procurent un gain de temps appréciable pour le moulage en série. Ce gain sera notablement augmenté si l'on peut arriver à supprimer toute cause de dégradation. En dehors du peigne on arrive à un démoulage correct en se servant d'un dispositif qui provoque le soulèvement du châssis d'une façon rigoureusement verticale et sans le moindre tremblement. A cet effet la plaque-modèle est montée sur le plateau d'une DÉMOULEUSE (fig. 271), cette démouleuse comporte un organe mobile mû par un dispositif mécanique quelconque et parfaitement guidé par des coulisses.

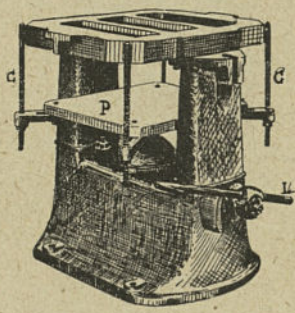


Fig. 271.

Un plateau P surmonte cet organe, sur ce plateau sont fixées quatre tiges ou *chandelles* C terminées par des parties mobiles se vissant ou se dévissant à volonté ; les chandelles viennent porter contre le châssis ; en manœuvrant le levier, les chandelles soulèvent le châssis bien verticalement.

La presse. — Un gain de temps est encore obtenu par le serrage automatique et rapide du sable. Il suffit de munir la démouleuse d'un bras B pouvant tourner autour

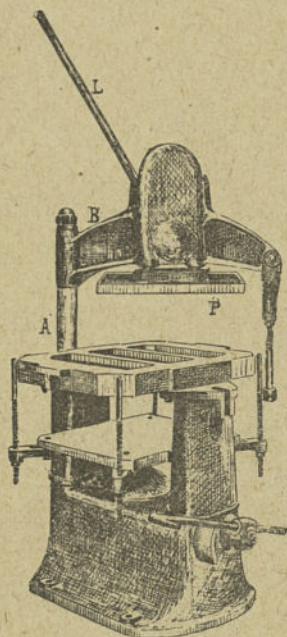


Fig. 272.

d'un axe vertical A ; ce bras comporte un cylindre permettant à un piston de se déplacer verticalement, le piston porte un plateau de serrage P, un levier L commande par *came* le plateau et permet, avec un faible effort, de produire rapidement un serrage très énergique (fig. 272).

Ce mouvement du plateau peut se produire par l'intermédiaire de l'eau comprimée à 50 kilogrammes. La machine devient immédiatement très compliquée, chère et d'un entretien onéreux.

Dans ce dispositif le sable est beaucoup moins serré sur le joint qu'à l'extérieur, ce qui n'est pas logique pour le dégagement des gaz.

La machine à secousses. — Un agent moteur très répandu, actuellement, est l'air comprimé, mais alors le serrage est obtenu de façon toute différente.

Le plateau porte-plaque solidement guidé est soulevé par l'air comprimé, entraînant le châssis ; après une course de 20 millimètres l'air n'agit plus et le plateau retombe brusquement, pour être soulevé aussitôt puis abandonné à nouveau.

Un grand nombre de secousses est ainsi imprimé au moule dans un temps très restreint. Le sable est serré par le choc de sa masse sur la plaque modèle. Le joint est alors plus serré que l'extérieur et la serre se rapproche de celle qui est donnée au fouloir.

L'agent moteur provoque le démoulage.

Ces machines font un grand bruit et ébranlent le sol; ce dernier inconvénient est évité dans certains types. Le prix des machines avec agent-moteur est excessif. La machine à secousses peut être actionnée par poulie et courroie. La poulie calée sur l'arbre manœuvre une came qui soulève le plateau et le laisse retomber alternativement (fig. 273).

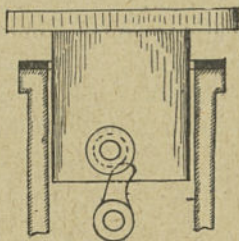


Fig. 273.

La démotteuse. — Les machines à mouler exécutent un grand nombre de moules à l'heure, de ce fait il est nécessaire d'avoir un nombre considérable de châssis. Cet inconvénient est évité par l'emploi de la démotteuse (fig. 274). Les parties du moule sont exécutées dans des châssis, ronds de préférence, parfaitement tournés à l'intérieur et présentant de la dépouille. Après serrage les châssis sont placés sur le plateau de la machine et solidement fixés. Le plateau est mû verticalement.

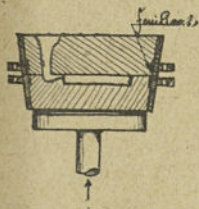


Fig. 274.

Les châssis étant immobilisés la motte de sable est soulevée; pour la manipuler on a placé un cercle de

tôle sur le plateau ; des cercles de feillard placés à la partie supérieure des mottes consolident le sable.

Le vibreur. — Les machines à air comprimé sont souvent munies d'un vibreur, sorte de marteau pneumatique animé d'une grande vitesse et fixé sur le plateau supportant la plaque modèle. Les heurts du marteau coulissant dans un cylindre provoquent un ébranlement tel de la plaque au moment du démoulage que la sortie du modèle s'effectue parfaitement sans le secours du peigne.

CHAPITRE XXX

LES CHÂSSIS DES MACHINES A MOULER

Châssis rabotés. — Des châssis bruts très soignés peuvent parfaitement convenir pour l'exécution des moules sur la machine à mouler mais on obtient une plus grande exactitude dans le moulage par l'emploi de châssis qui ont été rabotés et dressés sur la face qui se pose sur la plaque-modèle. De tels châssis sont évidemment plus coûteux.

Châssis réglés. — Par son principe même le moulage sur plaques-modèles exige des châssis dont les trous des oreilles soient rigoureusement percés au même écartement que les trous de la plaque. On y parvient en perçant plaques et châssis à l'aide d'un gabarit. Quand, à la longue, les trous s'ovalisent et laissent jouer les broches d'engoujonnage on ne peut remédier à cet inconvénient. Il est préférable d'employer des châssis portant des oreilles très épaisses et larges pour recevoir un trou d'un diamètre bien supérieur à celui des broches ; les trous sont munis d'encoches sur leur surface ; le châssis est alors placé sur un cadre portant des broches fixes, on coule du RÉGULE dans l'intervalle laissé entre la broche et les trous. Après avoir retiré les broches on possède des châssis dont tous les trous seront rigoureusement à la même distance ; ces trous pourront facilement se reconstituer après usure du régule ; il suffira, en

effet, de fondre le métal à la lampe à souder et de recommencer l'opération (fig. 275).

Une amélioration notable consiste à placer sur la broche de réglage, un tube de laiton calibré muni d'encoches; le régule emprisonne ainsi le tube. Le glissement des goujons s'effectue mieux sur le laiton et la durée du trou est considérablement augmentée (fig. 276).

Châssis à démotter. — Les châssis à démotter employés avec démotteuses permettent, pour la confection de pièces plates surtout, la suppression d'un matériel coûteux et encombrant.

Ils doivent être parfaitement dressés avec une dépouille

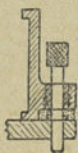


Fig. 275.



Fig. 276.

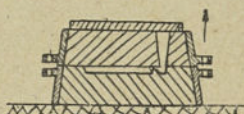


Fig. 277.

assez prononcée pour faciliter le démotage (fig. 274). Un tel châssis peut facilement être employé sans démotteuse en augmentant légèrement la dépouille comme on l'a représentée figure 277. Les parties sont manipulées sans heurts et retournées seulement pour la mise sur couche, un plateau assez lourd est placé sur le sable, l'ouvrier saisit le châssis inférieur par les poignées et, d'un coup brusque, soulève l'ensemble, la motte reste en place. Il est toujours utile d'armer la motte par un cercle en feuillard.

Châssis articulés. — On obtient le moulage en mottes en supprimant les risques provoqués par la dépouille des châssis précédents par l'emploi des châssis articulés (fig. 104).

CINQUIÈME PARTIE

FUSION DE LA FONTE

CHAPITRE XXXI

LA FONTE

Fabrication de la fonte. — La fonte n'est pas un produit naturel. C'est en cherchant à retirer le fer de son *minerai*, qu'on trouve en abondance dans la nature, que l'on obtient la fonte.

Le minerai de fer est une combinaison de *fer* et d'*oxygène* : l'*oxyde de fer*. (Si l'on expose du fer à l'air humide, l'oxygène de l'air se combine aussitôt avec le fer pour donner de l'oxyde de fer appelé communément *rouille*.)

Le minerai de fer est introduit dans un four spécial, le *haut fourneau* avec du coke en alternant les couches de minerai et de coke. Le coke a un double but : 1° porter, par sa combustion, le minerai à la température de fusion ; 2° cette température atteinte s'emparer de l'oxygène qui était uni au fer.

Quand cette *réaction* s'est accomplie on a, à la place du minerai de fer, du fer pur ; mais la température du four, qui peut atteindre 1 400 ou 1 500°, facilite une réaction nouvelle : la combinaison du fer et du *carbone* (le carbone est le nom chimique du charbon pur) qui donne

un produit tout différent du fer et dont la principale propriété est de devenir liquide à basse température (environ 1100°).

Ce nouveau corps, LA FONTE, s'accumule à la partie inférieure du four d'où elle s'écoule, à périodes régulières, dans des rigoles tracées sur le sol de l'atelier pour former des GUEUSES.

Composition de la fonte. — La fonte obtenue au haut fourneau, ou FONTE DE PREMIÈRE FUSION, est un *alliage* excessivement compliqué. Cent kilogrammes de fonte renferment environ 92 kilogrammes de fer, 4 kilogrammes de carbone ou C, 2 kilogrammes de silicium ou Si, 1 kilogramme de manganèse ou Mn, 20 grammes de soufre ou S, 1 kilogramme de phosphore ou P.

Le silicium provient du sable mélangé au minerai. Le manganèse et le phosphore se trouvent mélangés au fer dans le minerai, le soufre provient du coke qui le tenait lui-même de la houille ayant servi à le fabriquer.

La composition de la fonte varie essentiellement : 1° avec le minerai employé ; 2° avec la marche plus ou moins chaude du haut fourneau. La fonte diffère complètement du fer ; en effet, ce dernier commence à fondre à 1510° tandis que la fonte fond vers 1100° (cette température est très variable suivant la composition de l'alliage).

La fonte garde longtemps l'état liquide sans devenir pâteuse, elle a de la FLUIDITÉ, ce qui permet de la couler dans les moules ; le fer, par contre, n'est obtenu liquide qu'à des températures très élevées et ne peut se couler dans des moules car il deviendrait pâteux et se figerait avant de remplir l'empreinte ; *il n'est pas fluide.*

Si on porte le fer au rouge il se laisse marteler, étirer,

souder à lui-même; la fonte ne supporte aucune de ces opérations.

Le fer est résistant, souple, élastique, il s'allonge considérablement avant de se rompre. La fonte est cassante, fragile, ne subit aucun allongement.

C'est à ses divers COMPOSANTS : Carbone, Silicium, Phosphore, Manganèse, Soufre, que la fonte doit ses qualités et ses défauts.

Classification des fontes. — Suivant qu'elles contiennent plus ou moins de graphite (ch. xxxii), les gueuses ont une texture plus ou moins serrée et leur cassure révèle une teinte allant du gris clair au gris très foncé, presque noir. On les classe souvent à la grosseur du grain et, par conséquent, à la couleur; on leur donne alors un numéro d'ordre de 1 à 7 en sautant le 2.

N° 1. Fonte très foncée.	N° 5. Fonte à grain très serré.
N° 3. — à gros grain.	N° 6. — truitée grise.
N° 4. — à grain serré.	N° 7. — truitée blanche.

Le mot *truité* signifie mélange de gris et de blanc avec prédominance de l'une ou l'autre teinte.

En continuant la série on aurait les fontes blanches et rayonnées utilisées pour d'autres usages que la fonderie.

On peut remarquer que jusqu'à une teneur de 2,5 p. 100 en Si le grain augmente, tandis qu'au delà le grain diminue; mais alors la surface de la gueuse devient lisse tandis qu'elle était rugueuse auparavant. On fait alors la classification suivante :

Fontes grises. Peau rugueuse 2,5 à 1,2 de Si.	{	N° 1.	Très foncée.
		N° 3.	Gros grain.
		N° 4.	Grain moyen.
		N° 5.	Grain serré.

Fontes grises.	}	N ^o 1.	Gros grain.
Peau lisse		N ^o 3.	Grain moyen.
2,5 à 3,5 de Si.		N ^o 4.	Grain serré.
		N ^o 5.	Grain très serre.

Les fontes *peau lisse* sont employées de préférence pour les moulages en deuxième fusion.

Les fontes HÉMATITES obtenues avec des minerais très purs sont à peu près exemptes de phosphore et riches en silicium et en manganèse; elles sont très appréciées pour obtenir des moulages résistants. Leur prix est beaucoup plus élevé que celui des fontes ordinaires.

CHAPITRE XXXII

FONTES DE MOULAGE

Fontes de deuxième fusion. — La fonte de première fusion est rarement employée pour la coulée des pièces.

Suivant la région et le minerai utilisé, chaque haut fourneau donne une fonte de composition à peu près constante et dans laquelle un des constituants existe en quantité trop élevée pour que cette fonte soit employée pour les usages mécaniques.

Par exemple, les fontes du bassin de Longwy contiennent couramment 2 p. 100 de phosphore (2 kilogrammes pour 100 kilogrammes de fonte), alors qu'une bonne fonte mécanique doit en contenir au maximum 5 ou 600 grammes par 100 kilogrammes (0,5 à 0,6 p. 100).

On se trouve obligé de faire des mélanges de fontes de diverses provenances, de façon que, après une nouvelle fusion, le produit obtenu ait la composition désirée.

Cette composition varie essentiellement avec l'usage auquel la fonte est destinée. On donne le nom de FONTE DE DEUXIÈME FUSION au produit final.

Rôle des composants. — Pour produire le métal désiré le fondeur doit connaître le rôle des divers composants de la fonte et dans quelles proportions ils doivent se trouver dans les différentes catégories de fontes qu'il aura à produire.

Le carbone est le corps qui joue le rôle principal. Son

premier effet sur le fer est d'abaisser le point de fusion de ce métal et de donner la fluidité à la fonte. Pendant la fusion et la transformation du minerai dans le haut fourneau, le carbone se dissout dans le fer et se combine à lui dans la proportion de 3,5 à 4 p. 100, selon que la température est plus ou moins élevée. Fer et carbone forment une COMBINAISON chimique, c'est-à-dire qu'ils donnent naissance à un corps nouveau de composition invariable (ce sera du reste la seule combinaison que l'on trouvera dans la fonte, les autres corps y seront mélangés à l'état d'ALLIAGES).

Ce nouveau corps est appelé carbure de fer et contient 168 grammes de fer pour 12 grammes de carbone. C'est un produit excessivement dur, peu fluide mais fondant facilement à 1 050°; sa couleur tend vers le gris clair. Pendant le refroidissement lent du métal une grosse quantité de ce *carbone combiné* se sépare de la combinaison et se répand dans la masse de métal sous forme de paillettes appelées GRAPHITE. Le graphite est noir, brillant, très tendre. Après refroidissement, il ne reste plus dans la masse que 0,5 kg. pour 100 kilogrammes de carbone à l'état combiné, 3 kilogrammes à 3,5 kg. de graphite s'étant répandus dans le métal.

Le graphite rend la fonte un peu plus difficile à fondre, mais il la rend très fluide. C'est lui qui donne la douceur nécessaire pour qu'on puisse la travailler; il diminue le *retrait* (ch. XL) provoqué par le carbone combiné; mais, comme inconvénient, il rend la fonte d'autant moins résistante qu'il est en plus grande quantité.

Les fontes de moulage auront des qualités qui varieront avec les proportions relatives des deux corps qui viennent d'être étudiés.

L'ANALYSE est une opération du domaine de la *chimie*, qui permet de trouver et de doser les différents corps

qui constituent une matière donnée; grâce à elle on peut connaître la composition exacte d'une fonte devant répondre à certaines conditions.

Voici la composition de quelques fontes :

	C combiné.	Gra- phite.	Sili- cium.	Man- ganèse.	Phos- phore.	Soufre.
Fonte extra-résistante.	0,62	2,8	1,64	0,65	0,26	0,07
— pour tremper. . .	1,5	2	0,8	1,5	0,4	0,06
— mécanique ordi- naire	0,4	3	2	0,4	0,5	0,10
Fonte pour cylindres à vapeur	0,3	2,9	2	0,8	0,1	0,08
Fonte allant au feu . .	1	2	1,5	1	0,4	0,07

Le fondeur connaissant la composition des fontes de première fusion qu'il possède, fera ses mélanges en conséquence pour arriver au but cherché.

En outre des fontes, le fondeur possède encore : DES BOCAGES, ou débris de pièces de qualités différentes suivant qu'ils proviennent de machines, de pièces de poterie ou de pièces de bâtiment (colonne, balcons, tuyaux, etc...);

DES RIBLONS D'ACIER, qui peuvent intervenir dans les mélanges et que l'on peut considérer, pratiquement, comme exempts de silicium, phosphore ou manganèse, car ils ne renferment ces corps qu'en quantités très faibles;

DES FERROS, alliages particuliers de fer et de silicium ou *ferros-silicium* à teneur variable en silicium (de 10 à 80 p. 100); de fer et de manganèse ou *ferros-manganèse* (30 à 80 p. 100 de Mn) ou *spiegel* (10 à 25 p. 100 de Mn). Les ferros servent à régénérer les fontes trop pauvres en silicium ou en manganèse.

Le fondeur doit savoir que le silicium facilite, dans la fonte, la formation de graphite qui, sans lui, resterait

presque entièrement combiné. Le manganèse, au contraire, favorise la formation de carbone combiné.

Il s'ensuit que le silicium rend les fontes fluides et douces, et que le manganèse les rend peu fluides mais très résistantes.

Le phosphore donne beaucoup de fluidité au métal qui le contient mais, aussi, une grande fragilité.

Le soufre est considéré comme élément nuisible.

Influence du refroidissement. — Un facteur important, pour la qualité de la fonte, est la vitesse de refroidissement. Si la fonte est refroidie brusquement, le graphite n'a pas le temps de se former et tout le carbone reste à l'état combiné.

CHAPITRE XXXIII
FOURS DE FUSION

Fours de fusion. — Les principaux fours employés dans la fusion de la fonte sont :

Les *fours à réverbère* ;

Les *fours à creusets* qui comprennent les *fours potagers* ou fours fixes et les *fours basculants* ;

Les *cubilots*.

Ces fours diffèrent essentiellement dans leur principe et dans leur marche ; tous sont garnis intérieurement d'un revêtement réfractaire devant supporter, sans fondre, des températures oscillant autour de 1500°.

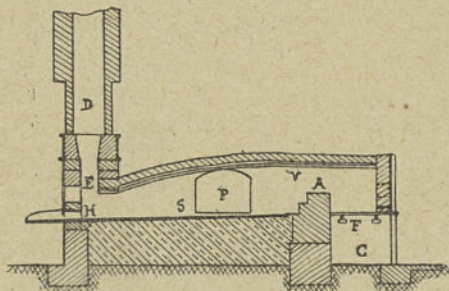


Fig. 278.

Fours à réverbère. — Ces fours comportent un *foyer F* sur lequel on brûle de la houille.

L'air pour la combustion passe par le *cedrier C*. Les

flammas vont frapper la *voûte* V qui les rabat sur la *sole* ou *laboratoire* S où se trouve le métal à fondre qui est chauffé par *réverbération*. La sole est séparée du foyer par une murette A appelée *autel*. Après avoir chauffé le métal les gaz passent dans la *cheminée* D par le *carneau* E. La sole est légèrement inclinée vers le trou de coulée H. Une porte de visite P placée latéralement permet la surveillance de la fusion et le chargement du four.

Un des principaux avantages de cet appareil est de permettre la fusion de très grosses pièces qu'on ne pourrait fondre dans les autres systèmes de fours.

A cet effet il est nécessaire de défaire la voûte pour introduire la pièce, la voûte est rebâtie et la fusion peut s'opérer.

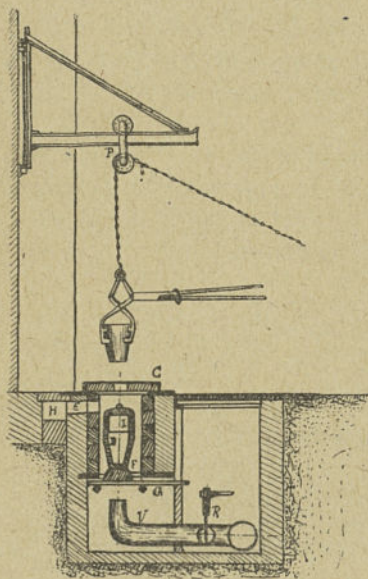


Fig. 279.

Fours potagers. — Les fours potagers font partie des fours à CREUSETS. Dans ce genre d'appareil le métal est placé à l'intérieur d'un creuset réfractaire qui est lui-même soumis à l'action de la chaleur. Le métal est fondu à l'abri des gaz de la combustion.

Le four potager se compose d'une maçonnerie comportant une cavité cylindrique (fig. 279) fermée par une

grille G à sa partie inférieure et par un *couvercle* C à sa partie supérieure. Le *creuset* D est placé sur la grille en interposant une pièce réfractaire F appelée *fromage*.

Un *carneau* E conduit les flammes dans la *cheminée* H. Le combustible employé est le coke métallurgique cassé en menus morceaux pour remplir la cavité laissée libre entre le creuset et la maçonnerie.

L'ouvrier doit veiller attentivement à ce que le coke remplisse constamment la cavité, de façon à ce qu'il ne se produise pas des vides.

Ces fours ont un tirage naturel si la cheminée a dix mètres de hauteur; on peut accélérer la fusion en fermant le cendrier et en faisant arriver de l'air soufflé par un ventilateur dans une conduite V munie d'un registre R.

Il est utile de charger d'un seul coup le métal à fondre dans le creuset; mais ce métal en morceaux occupe un volume beaucoup plus grand que le même métal fondu, on munit alors le creuset d'un prolongement ou HAUSSE formée d'un tronçon de vieux creuset I; cette hausse permet de charger le métal en une seule fois, on la retire vers la fin de la fusion quand le métal liquide occupe le creuset.

La sortie du creuset est une opération délicate. Les creusets sont fragiles, ils se brisent parfois dans le four. On les saisit avec une HAPPE simple (fig. 280), double (fig. 281), articulée (fig. 282). S'ils sont trop lourds la happe est soulevée par un palan P placé à l'aplomb du four (fig. 279).

La forme des creusets varie avec leur destination, suivant qu'ils doivent recevoir fonte, acier, ou bronze, elle varie encore suivant la région; la figure 283 représente la forme la plus courante; la figure 284 est la forme lyonnaise; la figure 285 est la forme spéciale pour

l'acier (ch. LIII), la figure 286 représente le creuset Picard.

Les creusets sont faits, généralement, d'un mélange



Fig. 283.



Fig. 284.



Fig. 285.



Fig. 286.



Fig. 280.



Fig. 281.



Fig. 287.

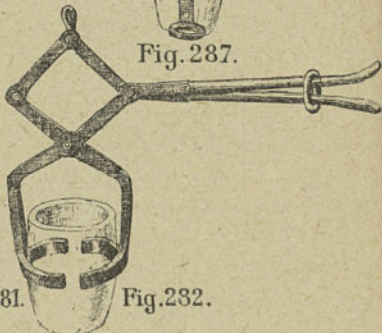


Fig. 282.

de terre réfractaire et de graphite ou plombagine. On doit les recuire soigneusement et lentement avant usage. Il faut éviter de les tenir dans des endroits humides. Leur durée est très variable ; leur contenance varie de 5 à 440 kilogrammes.

On transporte les creusets dans des *brancards* (fig. 287) articulés ou simples, avec ou sans fond.

Fours basculants. — La manœuvre du creuset est toujours pénible et dangereuse, elle peut provoquer la rupture du creuset. On supprime ces inconvénients en utilisant des fours dans lesquels le creuset est fixe. C'est le four entier qui bascule pour vider le métal; il est nécessaire que le bec du creuset reste immobile, pour

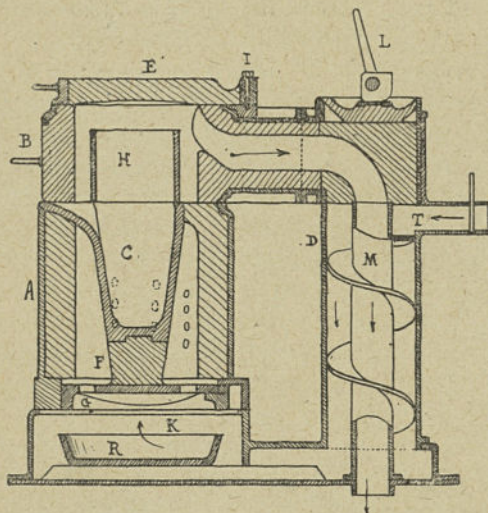


Fig. 288.

cela il faut que l'axe de rotation du four passe par le bec du creuset.

Ces fours sont très pratiques, mais beaucoup plus chers que les fours potagers; ces derniers peuvent être facilement construits par un maçon.

Les fours basculants (fig. 288) sont toujours formés d'une solide enveloppe métallique avec, à l'intérieur, une garniture réfractaire. Leur conduite se fait de même façon que celles des fours potagers.

Le creuset C repose sur la grille G par l'intermédiaire du fromage F ; la partie A du four bascule seule, en cas de rupture du creuset le métal tombe dans le récipient R. La partie B du four pivote autour de la colonne D après avoir été légèrement soulevée par le levier à came L ; B loge la hausse H, un couvercle E pivotant autour de l'axe I permet de suivre la fusion sans ouvrir la partie supérieure du four.

L'air arrive par la tubulure T, passe par la colonne D dans le cendrier K. Les gaz chauds passent dans le tuyau à ailettes M, l'échauffent fortement, de sorte que l'air froid peut se réchauffer au contact des ailettes. De M, les gaz brûlés sont évacués dans une cheminée.

CHAPITRE XXXIV

LE CUBILOT

Le cubilot. — Le cubilot est le four le plus communément employé pour la fusion de la fonte dans les fonderies de deuxième fusion.

C'est un four à *cuve* dans lequel la fonte et le combustible — le coke — sont mélangés. Il en résulte une utilisation complète de la chaleur produite mais, par contre, le métal peut être dénaturé par le contact du charbon et de l'air soufflé pour la combustion.

Le cubilot est un four à *marCHE continue*.

La quantité de métal fondu peut varier au gré du fondeur et de la quantité de moules à couler.

Description. — Le cubilot (fig. 289) comporte une *enveloppe* métallique cylindrique E, en tôle le plus souvent. Cette enveloppe est ouverte à sa partie supérieure ; sa partie inférieure est fermée par un fond en tôle également, en une ou deux parties pouvant s'ouvrir comme des volets. Cette enveloppe est percée de nombreuses ouvertures latérales. Ce sont, en partant du haut : le *gueulard* G permettant l'introduction des matériaux ; les *tuyères* T permettant l'arrivée de l'air de la combustion ; le *trou de laitier* L ; la *porte de réparation* R par laquelle on pénètre dans le four ; le *trou de coulée* C pour la sortie du métal fondu.

L'enveloppe repose sur quatre *pieds* P ; elle porte,

rivée sur elle, la *boîte à vent* B dans laquelle arrive l'air de la *soufflerie*. Les tuyères communiquent avec la boîte à vent, celle-ci porte des ouvertures ou *regards* placés en face des tuyères et par lesquels on peut atteindre l'intérieur du four pendant la marche. Ces regards O

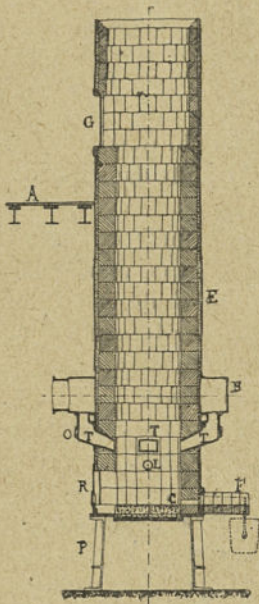


Fig. 289.

sont obturés par des volets mobiles munis d'un verre de couleur. On peut ainsi, de l'extérieur, suivre la fusion.

A l'intérieur de l'enveloppe se trouve une *garniture réfractaire* en terre ou en briques. Cette garniture porte des ouvertures correspondant à celles de l'enveloppe.

Un *plancher de chargement* A permet l'accès du gueulard.

Pour la fusion, la porte de réparation est fermée et l'on fixe un *chenal* F sur l'enveloppe; ce chenal conduit la fonte liquide dans les *poches* de coulée; le fond est relevé, solidement assujéti par un dispositif approprié, et reçoit une couche de sable réfractaire légèrement inclinée vers la coulée.

Le fond prend le nom de *sole*; l'espace compris entre la sole et les tuyères s'appelle le *creuset*; le métal fondra dans la *zone de fusion* située un peu au-dessus des tuyères; entre la zone de fusion et le gueulard se trouve la *cuve* qui reçoit les charges de métal et de combustible.

Le cubilot est placé sous une cheminée en tôle que l'on garnit parfois d'un revêtement réfractaire.

La fusion. — Pour opérer la fusion au cubilot on place des copeaux et du bois sur la sole; après allumage on verse, par le gueulard, du coke graduellement jusqu'à cinquante centimètres au-dessus des tuyères; quand le coke est bien allumé on obture la porte R avec une muraille de coké et du sable; l'orifice de coulée a été obturé en ne laissant qu'un conduit de 25 millimètres de diamètre fermé lui-même, de l'extérieur, par un tampon de sable.

On peut alors mettre en action le ventilateur qui enverra, par les tuyères, l'air nécessaire à la combustion du coke. On charge, par le gueulard, des couches successives de coke et de fonte jusqu'à ce que le cubilot soit plein. La quantité de coke varie suivant le diamètre intérieur du cubilot, la hauteur du lit est constante, soit environ 18 centimètres. Le poids de coke étant déterminé on obtient les charges de fonte en multipliant par 10 la charge de coke. Exemple : 200 kilogrammes de fonte pour 20 kilogrammes de coke.

Les charges de fonte et de coke sont complétées par de la *castine* ou résidu de pierre à chaux dont la quantité variera avec la richesse en cendres du coke.

Au fur et à mesure de la combustion du coke, la fonte descend, en se chauffant de plus en plus, vers la zone de fusion où elle se liquéfie, puis elle tombe dans le creuset. Quand on juge qu'elle est en quantité suffisante, on crève le tampon de sable et la fonte jaillit par le trou de coulée. Le niveau des charges s'est abaissé dans le cubilot, on introduit à nouveau coke, fonte et castine, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la coulée.

Les cendres du coke sont difficiles à fondre; à l'état pâteux elles obstrueraient le cubilot en s'amalgamant avec le coke; il est de toute importance de les rendre fluides. C'est le rôle de la castine ou *fondant* qui, en se

mélangeant avec elles, liquéfiera ces cendres en formant le LAITIER. Le laitier comprend encore de l'oxyde de fer provenant de la fonte *oxydée* ou *brûlée* par l'air ; de la *silice* provenant de la garniture réfractaire.

Le laitier, plus léger que la fonte, surnage celle-ci. Il faut éviter soigneusement toute introduction dans le moule. Pour cela on débouche le trou de laitier L quand on juge le moment convenable ; le niveau du bain s'élevant dans le creuset, le laitier s'écoule naturellement par L. Quand il est froid, le laitier est noir brillant, cassant, ressemblant à du verre.

Le laitier protège efficacement le bain de fonte de l'action oxydante de l'air insufflé ; il filtre les gouttelettes de fonte qui tombent dans le creuset et s'empare d'une partie du soufre qu'elles peuvent contenir.

Après la coulée on ouvre le fond, les matériaux incandescents que contient encore le cubilot : coke, laitier, s'écroulent entre les colonnes où ils sont éteints à l'aide de quelques seaux d'eau.

Les tuyères sont légèrement inclinées vers le fond du creuset, si le bain de métal s'élève trop dans le four on voit apparaître le laitier par les regards et on peut procéder à son évacuation avant qu'il n'ait envahi la boîte à vent.

Quand les abords des tuyères sont obstrués par du laitier figé par le vent on ouvre les regards et, à l'aide d'une barre de fer, on opère le décrassage en poussant vers l'intérieur les matériaux gênants.

Entretien du cubilot. — Après la coulée on trouve la garniture réfractaire usée partiellement dans la zone de fusion surtout ; elle est en outre couverte de laitier provenant de la fusion partielle des briques, ce laitier adhère fortement à la paroi, on le détache à l'aide d'un

marteau de maçon à piquer. Après nettoyage on bouche les plus grosses cavités avec du sable très réfractaire. A cet effet on enduit les parties à réparer avec de la glaise délayée dans l'eau et l'on y tasse le sable de réparation que l'on dame fortement au maillet. On donne ainsi au cubilot sa forme cylindrique naturelle.

CHAPITRE XXXV

VENTILATEURS

Utilité des ventilateurs. — Le cubilot constitue une excellente cheminée dans laquelle on pourrait arriver à fondre le métal ; cette fusion s'opérerait cependant avec une telle lenteur qu'on ne pourrait l'utiliser pratiquement. Il est nécessaire d'activer la fusion en faisant brûler rapidement le coke ; dans ce but on souffle de l'air dans la boîte à vent par l'intermédiaire d'un *ventilateur*.

Débit d'air. — La fusion sera d'autant plus rapide que le débit d'air soufflé sera plus grand. On se tient dans de certaines limites indiquées à la fois par la théorie et par la pratique. Pour une marche normale on souffle 100 mètres cubes d'air pour 100 kilogrammes de fonte à fondre à l'heure. La capacité de fusion étant déterminée par la section du cubilot, le débit d'air variera également suivant cette section.

On compte qu'un cubilot de 0,700 m. de diamètre fond 2800 kilogrammes à l'heure, tandis qu'un cubilot de 1 mètre fond 6 000 kilogrammes ; le premier exigera un volume d'air de 2800 mètres cubes et le deuxième un volume de 6 000 mètres cubes à l'heure.

Il faut pouvoir surveiller le débit d'air fourni au cubilot, on fait usage à cet effet d'appareils précis mais compliqués. L'appareil de la figure 290 donne des indi-

cations peu rigoureuses mais dont on se contente généralement dans la pratique.

Il se compose d'un tube recourbé en U fixé sur une planchette et dans lequel on met de l'eau colorée. Au repos, l'eau garnit le tube à moitié, on marque O sur la planchette en regard de ce niveau. Dans la boîte à vent est vissé un tube qui est relié à l'une des branches du *manomètre*.

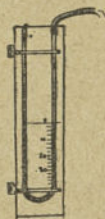


Fig. 290.

La pression de l'air — qui varie avec le débit — fait abaisser l'eau dans une branche tandis qu'elle s'élève dans l'autre, la différence des niveaux indique la pression; on en déduit le débit. La planchette porte une graduation appropriée pour une lecture facile.

Ventilateurs centrifuges. — On emploie diverses sortes de ventilateurs pour alimenter le cubilot; les plus simples de ces appareils sont les ventilateurs centrifuges qui sont souples, d'un entretien presque nul, et d'une grande durée; leur seul défaut est d'avoir un très faible rendement, c'est-à-dire de ne produire qu'un travail à peine égal au quart du travail moteur fourni, soit 25 p. 100. Ils se composent (fig. 291) de palettes métalliques fixées sur un arbre et tournant à l'intérieur d'une enveloppe de fonte ou de tôle; l'air est aspiré par les ouïes, au centre de l'appareil, et rejeté par la buse d'écoulement.



Fig. 291.

Le débit et la force absorbée varient, pour un même modèle, avec la vitesse de rotation.

Conduites. — Les conduites d'air doivent relier le ventilateur à la boîte à vent, on doit les faire aussi courtes que possible, avec le minimum de coudes pour éviter les pertes de pression dues aux frottements et aux remous.

Leur section doit toujours être supérieure à celle de la boîte à vent. Un registre placé sur la conduite, tout près du cubilot, permet d'obturer ou de faire varier la section ; ce registre doit être manœuvré doucement pour éviter des à-coups dans la marche du ventilateur. Le ventilateur centrifuge continue à marcher quand la conduite est fermée, mais alors il n'aspire plus d'air et n'en refoule pas. Il tourne à vide.

CHAPITRE XXXVI

LES POCHEs

Poches à main. — Les poches sont des récipients en tôle, garnis de terre réfractaire et destinés à recevoir la fonte liquide sortant du cubilot, pour la transporter dans



Fig. 292.

le moule. Leur contenance varie de 15 kilogrammes à plusieurs tonnes. Jusqu'à 80 kilogrammes on porte les poches à main. Les poches de 15 kilogrammes (fig. 292) sont rivées à une poignée qui sert à les manipuler.



Fig. 293.

Les poches de 30 à 80 kilogrammes sont placées à l'intérieur d'un *brancard* sur lequel elles sont fixées de façon à en être retirées facilement, elles sont portées par deux porteurs (fig. 293).

Grosses poches. — Les poches au delà de 100 kilo-

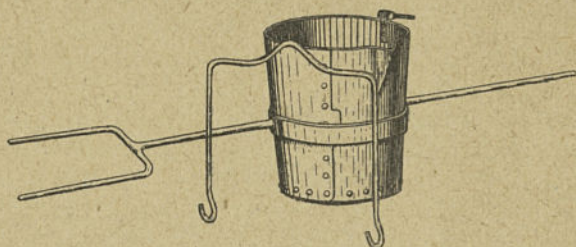


Fig. 294

grammes sont rivées sur leur brancard, un balancier

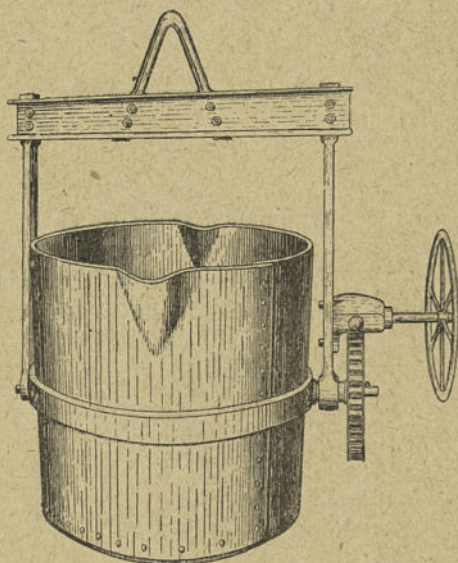


Fig. 295.

permet de les suspendre au crochet de la grue (fig 294),
une fourchette mobile permet de les immobiliser en les

reliant au balancier pendant leur déplacement; en rabattant cette fourchette on peut opérer le basculage de la poche.

La manœuvre des grosses poches est rendue facile par l'emploi de la commande par engrenages (fig. 295). L'axe de pivotement de la poche porte une roue dentée, l'armature supporte une seconde roue actionnant la première et commandée par un volant.

Transport des poches. — Le mode le meilleur pour transporter les poches consiste à les suspendre au cro-

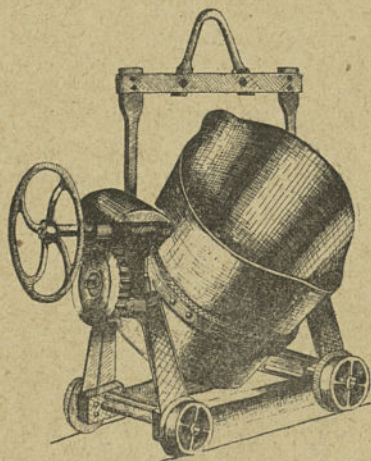


Fig. 296.

chet des appareils de levage qui desservent le cubilot. Il arrive parfois qu'on est obligé de transporter la poche dans un chantier qui n'est pas desservi par le pont. On fait alors rouler la poche sur des rails appropriés en la plaçant sur un chariot aménagé spécialement pour cet

usage. La figure 296 représente un chariot porte-poche permettant de couler sans suspendre la poche.

Poches écrémeuses. — Le laitier qui s'écoule dans la poche surnage la fonte, on l'*écrème* pour le mieux mais

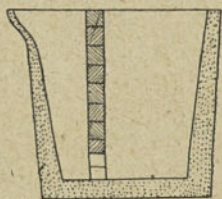


Fig. 297.

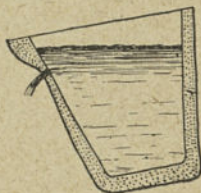


Fig. 298.

il en reste toujours un peu et son introduction dans le moule pourrait produire de graves défauts.

On a imaginé des poches écrémeuses retenant le lai-

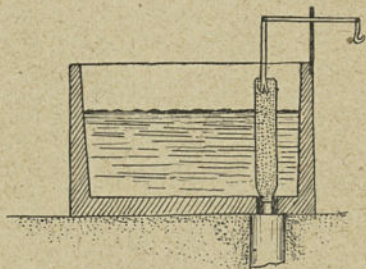


Fig. 299.

tier et complétant ainsi le rôle des bassins de coulée spéciaux.

La poche cloisonnée (fig. 297) est coupée par une cloison réfractaire jusqu'à 5 centimètres du fond, le laitier reste dans le grand compartiment.

La *poche à ouverture latérale* (fig. 298) est percée au-dessous du bec, le métal s'échappe au-dessous du laitier.

La *poche à quenouille* (fig. 299) est percée d'une ouverture dans le fond; un bouchon réfractaire ou quenouille, manœuvré de l'extérieur, permet l'écoulement à volonté du métal.

Garnissage des poches. — La garniture réfractaire doit être l'objet de soins attentifs. Le fond a une épaisseur minimum de 5 centimètres, on le fait de préférence en briques, en ménageant des canaux d'évacuation pour les gaz. La surface latérale est enduite de glaise puis recouverte d'une couche de terre forte riche en crottin, placée à la main et dans laquelle on ménage des cheminées communiquant avec le fond. Ces cheminées sont constituées par des brins de paille ou par de la ficelle qu'on retire après dessiccation.

Il est indispensable de sécher lentement et bien à fond les poches après réfection ou réparation de la garniture; sans cette précaution, au contact brutal de la fonte liquide la terre se boursoufflerait et pourrait même se détacher de la tôle, la fonte chaufferait cette dernière d'une façon excessive, ce qui pourrait provoquer des accidents.

CHAPITRE XXXVII

LA COULÉE

Principes pour bien couler. — Quand la poche, pleine de fonte, est amenée au-dessus du moule, l'ouvrier tenant la fourche du brancard place le bec de la poche à 30 centimètres au-dessus du trou de coulée pendant que son aide, qui tient l'autre extrémité du brancard,



Fig. 300.

facilite cette manœuvre ; un troisième ouvrier muni d'un *crémoir* (fig. 300), pièce de fer ou de fonte rivée à l'extrémité d'une tige de fer, enlève le laitier surnageant le métal et se prépare à retenir dans la poche ce qui aura pu rester sur le bain. Le premier ouvrier commence à renverser la poche en dirigeant le jet vers le trou de coulée ; dès que son jet est bien placé il coule aussi vivement que possible *en maintenant toujours la coulée bien engorgée*. De cette façon les crasses, qui peuvent être entraînées par la fonte, surnagent en vertu de leur faible densité et ne sont pas entraînées dans la pièce.

Quand l'ouvrier voit la fonte apparaître dans les événements il ralentit le débit du métal pour l'arrêter dès que l'orifice de coulée est rempli, en évitant un dégorgeement inutile.

Précautions à prendre. — L'ouvrier mouleur qui pré-

pare son moule pour la coulée doit prendre certaines précautions indispensables :

POIDS DES PIÈCES : il doit s'assurer à l'avance, et cela aussi exactement que possible, du poids de métal qui lui sera nécessaire. Pour cela il doit déterminer le poids propre de la pièce auquel il ajoutera le poids approximatif de la coulée et des événements. Si le modèle ressemble à la pièce, l'ouvrier pèsera ce modèle et multipliera le poids trouvé par le rapport qui existe entre le poids d'un même volume de bois et de fonte. Ce rapport varie avec la nature des bois employés ; il est de 14 pour le sapin ; 13,4 pour le tilleul ; 10 pour le noyer ; 9,7 pour le hêtre ; 9 pour le chêne.

En supposant qu'un modèle en noyer pèse 4,250 kg. la pièce en fonte pèsera :

$$4,250 \text{ kg.} \times 10 = 42,500 \text{ kg.}$$

PRESSION SUR LE CHASSIS SUPÉRIEUR : le métal liquide exerce une pression sur toutes les faces de l'empreinte, la pression sur le châssis supérieur tend à séparer les châssis et à provoquer la FUIITE du métal hors du moule. Cette poussée est relativement facile à calculer ; il suffit d'évaluer la surface de l'empreinte du joint en décimètres carrés, 50 décimètres carrés par exemple, puis de multiplier ce chiffre par la distance séparant le joint du niveau supérieur du bassin de coulée, 3 décimètres par exemple :

$$50 \text{ dm}^2 \times 3 \text{ dm.} = 150 \text{ dm}^3.$$

Ce volume est ensuite multiplié par la densité ou poids d'un décimètre cube de fonte : 7,2.

$$150 \text{ dm}^3 \times 7,2 \text{ kg.} = 1\ 080 \text{ kg.}$$

La poussée est donc de 1 080 kilogrammes. Pour empê-

cher le soulèvement du châssis on le charge d'un poids supérieur au chiffre trouvé, ou, mieux encore, on le clavète. Il ne faut pas oublier que la moindre bavure formée intervient, par sa surface, pour augmenter le chiffre trouvé.

La pression s'exerce ainsi suivant le *Principe de Pascal*. Nous mettons en garde l'apprenti contre l'application d'un principe erroné et trop souvent employé par les ouvriers mouleurs, et qui veut que la poussée sur le moule soit égale au poids de la pièce.

POUSSÉE SUR LES NOYAUX : les noyaux, plongés dans le métal, subissent une poussée de bas en haut, d'après le *Principe d'Archimède*. Cette poussée dépend exclusivement de leur volume. On l'obtient en multipliant ce volume, en décimètres cubes, par 7,2 kg.

Exemple : un noyau cubant 125 décimètres cubes subit une poussée de : $125 \times 7,2 \text{ kg.} = 900 \text{ kilogrammes.}$

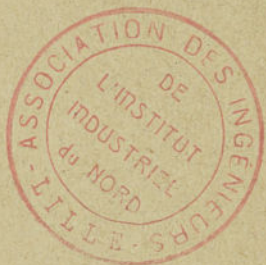
Cette poussée sera calculée aussi exactement que possible et le noyau sera muni de supports et chargé ainsi qu'il est indiqué au chapitre xxv.

FUITES : les fuites de métal peuvent provoquer le rebut de la pièce en empêchant le moule de se remplir complètement. On les prévient en faisant, à la spatule, une traînée sur le joint ; cette traînée soulève le sable qui est rattaché par le châssis supérieur au moment de la fermeture. Pour les grosses pièces on place, sur le joint, dans les endroits exposés : derrière la coulée, pièce près du châssis, etc., des cordons de chanvre, enduits de glaise, avant la fermeture du moule. Une bonne précaution consiste, pour les moules étuvés, à enduire le joint des châssis, après leur fermeture, d'une bouillie épaisse de vieux sable et d'eau. Pour une très grosse pièce, en cas de craintes, on peut plâtrer le joint après fermeture

des châssis. Si, malgré ces précautions, la fuite se produit en cours de coulée, on cherche à l'obturer avec un tampon de sable placé à l'extrémité d'une pilette, par exemple.

AIR DES NOYAUX : il faut faciliter l'échappement de l'air des noyaux par les orifices ménagés à cet effet ; il suffira de placer une tige de fer rougie à l'extrémité de la cheminée pour enflammer les gaz chauds ; pour les gros noyaux on place une poignée de copeaux que l'on allume au début de la coulée.

Il se crée ainsi un tirage qui provoque l'échappement de l'air dans la canalisation prévue.



CHAPITRE XXXVIII

FINISSAGE DES PIÈCES

Décochage. — Après refroidissement du métal le moule est brisé, on en sort la pièce munie de ses coulées et événements, et couverte de sable. Events et coulées sont brisés en ayant soin de frapper de façon à ne pas emporter une partie fragile de la pièce. Le sable brûlé qui recouvre la pièce a perdu toute valeur pour le moulage, on doit éviter de le mêler au sable de remplissage. Ce sable brûlé est jeté après chaque coulée ou sert à faire du *sable sec* pour séparer les joints.

Tonneaux. — Les petites et moyennes pièces sont placées dans une cuve ou tonneau cylindrique ou parallélépipédique tournant autour de son axe. L'intérieur de la cuve est doublé de tôle. On imprime au tonneau un mouvement lent de rotation ; les pièces frottent les unes sur les autres en se décapant parfaitement.

Brosses. — Les grosses pièces sont nettoyées à la brosse métallique (fig. 301), à la main ou montée sur un axe tournant rapidement, dans ce dernier cas la brosse est circulaire.



Fig. 301.

Burinage. — Les attaques de coulée et les bavures sont burinées ou meulées. Les burins sont actionnés à la main ou par l'air comprimé.

Meules. — Les petites pièces sont, de préférence, nettoyées de leurs attaques ou de leurs bavures à la meule émeri (fig. 302); le travail à la meule est beaucoup plus rapide qu'au burin.

Pour les grosses pièces on emploie des meules por-

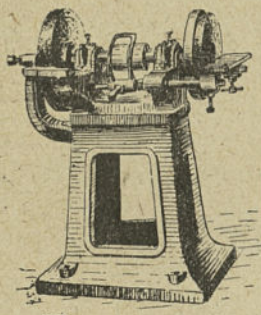


Fig. 302.



tatives mues par des flexibles ou par des petits moteurs électriques dont l'axe porte directement la meule.

Sablage. — Le nettoyage des grosses pièces est long quand il est effectué à la main. On obtient un résultat beaucoup plus rapide en projetant sur les pièces à nettoyer un violent jet de sable entraîné par de l'air comprimé. Le nettoyage ainsi obtenu a l'avantage de donner aux pièces un aspect agréable en rendant leur surface unie et très propre.

CHAPITRE XXXIX

DÉFAUTS DES PIÈCES COULÉES

Défauts. — Les principaux défauts qui peuvent entraîner le rebut d'une pièce sont :

- Les bosses ;
- Les soufflures ;
- Les piqûres ;
- Les crasses ;
- Les dartres ;
- Les retirures ;
- Les reprises ;
- Les gouttes froides.

Bosses. — Les bosses sont des excédents de métal dus à une serre insuffisante du sable ; sous l'effet de la pression du métal le sable cède et se déforme.

Soufflures. — Un excès de serre, un défaut de porosité du sable peuvent empêcher les gaz de l'empreinte de s'échapper, ils restent enfermés dans le métal en y formant des cavités à parois lisses. Ces cavités se trouvent généralement à la partie supérieure de l'empreinte. Les soufflures se forment encore quand le moule présente un excès d'humidité provoquant un dégagement surabondant des gaz. Un noyau insuffisamment sec, ou dont l'air se dégage difficilement, produit le même défaut.

Piqûres. — Les piqûres se présentent sous forme de petites soufflures globulaires très régulières, elles sont toujours groupées en grand nombre, les plus grosses ont 5 millimètres de diamètre. Elles ont pour cause un phénomène chimique : la libération de l'oxygène de certains oxydes de fer ou de soufre contenus dans la fonte ; les bulles d'oxygène libéré s'élèvent vers la surface tant que le métal est liquide et s'arrêtent sous la croûte déjà figée. La pièce présente un aspect normal mais à l'usage les piqûres sont décelées.

Pour remédier à ce défaut, il faut s'attacher à obtenir un métal sain exempt d'oxydes. L'emploi de l'aluminium, en très faible quantité, dans la poche de coulée épure convenablement le métal. L'aluminium très léger doit être maintenu au fond du bain, on l'y introduit dans une boîte en bois fixée à l'extrémité d'une tige de fer ; un bon remède consiste à éviter l'entrée de l'air dans le moule et le brassage de la fonte par cet air ; la coulée à plein jet, en source, en cornichon, forme obstacle à l'introduction d'air.

Les crasses. — Du laitier surnageant le bain, une poche mal écrémée font que de la crasse s'introduit dans l'empreinte, donnant des cavités plus ou moins importantes et toujours disgracieuses.

Dartres. — Quand les gaz contenus dans le sable, au voisinage de l'empreinte, éprouvent de la peine à s'échapper au travers du sable, ils acquièrent une tension due à la forte température, telle qu'ils font éclater le sable qui les emprisonne. Ce sable s'élève à la surface du bain, y formant un trou, tandis que le métal prend la place laissée libre par la plaque détachée. La darte *franche* se caractérise donc par un excès de métal et

un trou ; le sable brisé peut s'émietter dans l'empreinte.

Parfois la plaque de sable se détache à peine, ne formant qu'une légère dépression dans le métal.

C'est la dartre *volante* ; on trouve alors à la surface de la pièce une pellicule très mince de métal et, au-dessous, la plaque de sable.

Les dartres se forment de préférence dans le dessous du moule mais, parfois aussi, dans le dessus.

Les congés sont particulièrement exposés aux dartres. Une serre régulière, de l'air tiré en abondance dans les endroits exposés, un séchage parfait du moule sont les meilleurs remèdes contre ce grave défaut.

Retirure. — La retirure ou *retassement* provient de ce que, dans une partie très massive, la surface de la pièce se fige tandis que le cœur est encore fluide ; quand le cœur se fige à son tour, comme son volume diminue, la surface figée s'affaisse pour suivre le mouvement du centre ; il s'ensuit la formation d'une poche plus ou moins importante à surface rugueuse, arrachée. On remédie facilement à ce défaut par l'emploi de *masselottes*, ou gros évents, placées au-dessus de la partie massive. La masselotte maintient la surface liquide par un apport supplémentaire de chaleur. Si la pièce est très massive on réchauffe la masselotte par des apports successifs de métal chaud ; entre deux opérations on remue le métal, du fond de la masselotte, à l'aide d'une tige de fer manœuvrée de haut en bas. Cette manœuvre s'appelle *pomper*.

Reprises. — Si, par suite d'une fuite ou s'il manque du métal, un temps assez long s'écoule entre le remplissage partiel et le remplissage définitif du moule, la dernière fonte peut ne pas se souder parfaitement à la pre-

mière. En général, la soudure se fait sauf sur les bords où le métal est plus vite figé. On voit alors sur la surface de la pièce une ligne ou *reprise* plus ou moins prononcée.

Gouttes froides. — Il se peut que, par suite d'une fausse manœuvre, très peu de fonte soit versée dans le moule et que la coulée soit interrompue quelques instants, puis reprise. Les premières gouttes roulent dans l'empreinte, prennent la forme sphérique et se figent. Elles surnagent dans le bain et se retrouvent à la partie supérieure de la pièce. Une coulée mal disposée peut encore produire ce défaut.

On confond souvent les gouttes froides -- qui se produisent rarement -- avec les DIAMANTS ou grains très durs sous forme de petites sphères au voisinage de la surface. Ces diamants sont presque impossibles à usiner. Ils sont dus à des phénomènes chimiques très complexes qui se passent au sein du métal lors du refroidissement ; ces phénomènes sont causés par les composants de la fonte tels que le carbone et le silicium.



CHAPITRE XL

LE RETRAIT

Le retrait. — Une des principales causes de défauts et de rebut des pièces moulées est le retrait.

Si l'on coule de la fonte dans l'empreinte laissée dans le sable par un barreau ayant 1 mètre de longueur on constatera, après refroidissement, que la pièce obtenue n'a plus que 0,990 m. de longueur environ.

On dit que le retrait subit par la fonte est de $1/100^{\circ}$. En réalité, suivant l'épaisseur de la pièce, le retrait de la fonte varie de 8 à 12 millimètres par mètre. Les modèles sont établis en conséquence.

Si les épaisseurs des pièces étaient égales et le refroidissement régulier dans toutes les parties du métal le retrait n'aurait aucun effet nuisible, mais il n'en est jamais ainsi.

Dans chaque épaisseur différente le retrait variera ; en outre, la surface de la fonte se refroidit avant la partie inférieure, d'où nouvelles inégalités dans le retrait.

Défauts occasionnés. — Si l'on coule une plaque à découvert, le dessus est figé avant le dessous ; quand ce dernier se fige, le dessus fait obstacle et se voile (fig. 303). On remédie à cet accident comme il est indiqué au chapitre xviii.

Une colonne coulée horizontalement et dans laquelle le noyau n'est pas parfaitement centré, se cintrera par

suite des différences de retrait occasionnées par les différences d'épaisseur.

Pour les longues colonnes terminées par des embases

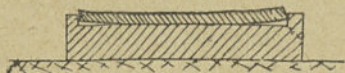


Fig. 303.

assez larges il faut veiller à ce que le retrait — qui peut atteindre plusieurs centimètres — puisse se faire normalement sans que des armatures ou des barres de châssis s'opposent à la contraction.

Il est même nécessaire de dégager le sable pour faciliter ce déplacement. Sans ces précautions on s'exposerait à une rupture de la pièce.

C'est en partant de ce même principe que l'on a intérêt à briser, dès qu'ils sont figés, les évents ou les bassins de coulée qui pourraient gêner le retrait.

Les noyaux complètement emprisonnés dans la fonte

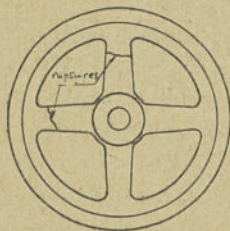


Fig. 304.

subissent, du fait du retrait, des compressions considérables qui nécessitent, de leur part, une certaine élasticité pour éviter la rupture de la pièce ou, tout au moins, des *criques* ou *fissures*.

Dans un volant (fig. 304) la jante et le moyeu, très

massifs, se figent après les bras qui sont, relativement, très minces. Au refroidissement de la fonte le retrait est gêné par les bras ; si ceux-ci sont opposés ils gênent considérablement le retrait, se cassent parfois ou déjettent le moyeu de son plan. On remédie à ces accidents en mettant les bras en nombre impair ou en leur donnant une forme courbe (fig. 305).

Dans une poulie (fig. 306) la jante est très mince et



Fig. 305.

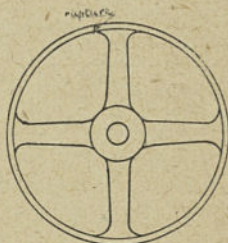


Fig. 306.

se fige la première ; quand les bras se refroidissent ils *tirent* sur la jante qui est souvent brisée. On remédie au défaut comme précédemment.

D'une façon générale, pour éviter les méfaits du retrait on essaiera d'avoir un refroidissement régulier dans toutes les parties de la pièce. A cet effet on attaquera de préférence dans les parties minces pour que le métal arrive moins chaud dans les parties massives.

Il est parfois utile de dégager les parties très massives comme la jante ou le moyeu d'un volant, alors que ces parties sont à peine figées ; on accélère ainsi leur refroidissement.

CHAPITRE XLI

CORRECTION DES DÉFAUTS

Masticage. — Le fondeur a tout intérêt à cacher un défaut rendant l'aspect de la pièce désagréable. L'honnêteté l'oblige à ne le faire qu'avec l'assentiment du client. En tout cas, jamais un défaut nuisant à la solidité ne doit être caché. Des soufflures, des dartres, plus disgracieuses que dangereuses, peuvent facilement se masquer. A cet effet on emploie diverses compositions de mastics. Si la pièce n'est pas soumise à la chaleur, un excellent résultat est obtenu avec un mélange à *volumes égaux* de cire, de soufre et de limaille de fer ; on fond la cire et le soufre à feu doux, on ajoute la limaille, on coule en bâton, et l'on applique avec un fer chaud après solidification du mélange.

On obture très bien une soufflure par un apport de métal fondu obtenu à l'aide du chalumeau oxy-acétylénique ou à l'aide de l'arc électrique.

Soudure par moulage. — Il arrive parfois qu'un bossage a été fortement déplacé au moulage, voire omis, sur une pièce importante ; d'autres fois une partie secondaire d'une grosse pièce est défectueuse ; on peut remédier à ces défauts en rapportant la pièce oubliée ou en refaisant la partie défectueuse qui, par soudure, seront fixées à l'endroit voulu.

Le procédé le plus sûr consiste à souder par moulage.

La pièce principale reçoit un moulage de la partie à rapporter; du métal chaud est versé dans l'empreinte puis évacué jusqu'à ce que la chaleur de la fonte liquide ait fondu le métal solide. La coulée est alors arrêtée et l'empreinte remplie. On a, avant la coulée, chauffé au maximum la pièce pour éviter que l'élévation locale de température ne soit trop brusque et provoque des ruptures.

Il peut arriver qu'au refroidissement, qui est forcé-

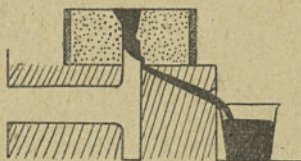


Fig. 307.

ment très irrégulier, la pièce se brise, surtout si elle est de forme compliquée.

La figure 307 représente un exemple de soudure par moulage.

Soudure électrique. — Le chalumeau oxy-acétylénique et l'arc électrique permettent la confection de soudures très sûres et cela d'une façon très rapide.

Le procédé de soudure électrique a l'avantage de ne pas échauffer la pièce en dehors du point précis où se fait l'apport de métal et d'éviter ainsi les chances de rupture par dilatations inégales.

Le principe de l'opération est le suivant : on fait communiquer la pièce avec un pôle du courant, l'autre pôle est réuni à une pince isolée portant une *électrode* d'acier enveloppée d'une gaine isolante et fusible. Si l'on approche

l'électrode de la pièce à souder, l'*arc* électrique jaillit entre l'extrémité de l'électrode et le point voisin de la pièce. La température de l'*arc* dépassant $3\,000^{\circ}$, l'électrode fond goutte à goutte et se dépose sur la pièce qui



Fig. 308.

est fondue superficiellement elle-même au point où l'*arc* a jailli ; le *métal d'apport* se soude ainsi à la fonte (fig. 308).

SIXIEME PARTIE
MÉTAUX DIVERS

CHAPITRE XLII
FONTE MALLÉABLE

Définition. — La fonte est caractérisée par l'absence complète de malléabilité. Il n'existe donc pas de fonte malléable. On a vu au chapitre xxxi que le carbone combiné était la cause de cet état et que, par contre, le fer était très malléable. Il suffira donc d'enlever aux pièces de fonte leur carbone pour rapprocher leur composition de celle du fer et leur donner, par suite, la malléabilité de ce dernier. C'est à un savant français, Réaumur, qu'est due la découverte du procédé à employer.

La MÉTHODE EUROPÉENNE emploie des fontes exemptes de graphite et supprime le carbone combiné en l'oxydant ; elle ne permet que le traitement de pièces de faible épaisseur (20 millimètres environ), et le cœur de la pièce est presque toujours imparfaitement décarburé.

La MÉTHODE AMÉRICAINE traite parfaitement des pièces pouvant atteindre 100 millimètres d'épaisseur, elle n'oxyde plus le carbone combiné mais le transforme en graphite très fin ne nuisant pas à la malléabilité. Cette

méthode bien supérieure à la précédente tend à s'implanter en Europe.

Emploi. -- La fonte malléable est employée pour les pièces de formes compliquées et minces obtenues économiquement par moulage, mais devant supporter des chocs ou travailler dans les mêmes conditions que les pièces de fer ; on fabrique ainsi des clefs, éperons, mors, boucles, etc.

Moulage. — Les fontes employées en Europe devant être peu carburées, en principe, sont peu fluides et ont un grand retrait, ce qui provoque souvent des ruptures, criques, ou gauchissements. Les pièces étant de faibles dimensions et exécutées en grandes quantités, le moulage à la machine est tout indiqué.

Il faut veiller soigneusement aux accidents que peut provoquer un retrait atteignant jusqu'à 20 millimètres par mètre.

Fabrication. — Le principe de la fabrication de la malléable européenne est le suivant : Les fontes de première fusion ayant été refondues au cubilot ou, de préférence, au creuset, sont coulées ; quand les pièces sont refroidies, nettoyées et ébarbées, on les place dans des pots, en fonte ordinaire, au milieu d'un mélange de minerai de fer vieux et neuf appelé CÉMENT OXYDANT. On évite de faire toucher les pièces. Les creusets sont soigneusement fermés et lutés à la terre réfractaire puis portés dans des fours ; là ils sont chauffés graduellement jusque vers 800° pendant 24 heures ; cette température est maintenue durant 24 à 72 heures, suivant l'épaisseur des pièces, puis arrêtée. On laisse refroidir

lentement pendant le même temps. Les pièces sont ensuite retirées des pots, nettoyées.

Dans la méthode américaine les pièces sont seulement recuites sur la sole d'un four ou à l'abri des flammes dans des pots au milieu d'un CÉMENT NEUTRE : brique pilée par exemple qui ne sert que pour protection, sans aucune action chimique. La durée du recuit et du refroidissement est la même sensiblement pour les deux procédés.

Dans la méthode américaine la fusion s'opère au four à reverbère (ch. XXIII).

CHAPITRE XLIII

ACIER

Définition, propriétés, emploi de l'acier. — En principe, le fer pur ne contient pas de carbone ; la fonte de moulage en contient 3 à 4 p. 100. Entre ces deux corps existe toute une série de composés fer-carbone contenant au plus 1 p. 100 de ce dernier corps et que l'on nomme **ACIERS**. De 1 à 3 p. 100 de carbone les composés que l'on pourrait fabriquer n'auraient aucune utilisation en fonderie.

Il y a donc, de 0,05 à 1 p. 100 de carbone, toute une gamme d'aciers. La résistance à la traction de ces aciers croît avec la teneur en carbone (le chiffre exprimé est l'effort nécessaire pour rompre un fil ayant 1 millimètre carré de section, soit un carré de 1 millimètre de côté) pour passer de 35 kilogrammes pour 0,05 p. 100 à 100 kilogrammes pour 0,80 p. 100. Cette résistance sert communément à désigner les aciers ordinaires au carbone.

On dit : un acier à 40, à 50 kilogrammes, etc.

Ceux qui se rapprochent du fer sont doux ou extra-doux, ceux qui s'en éloignent sont durs ou extra-durs. Leurs propriétés se rapprochent du fer ou de la fonte suivant la teneur en carbone.

Les aciers très doux, voisins du fer, sont très difficiles à fondre ; ils se travaillent bien à chaud et se soudent parfaitement ; ils ont une grande élasticité : 20

à 30 p. 100 (c'est-à-dire qu'un barreau de 1 mètre s'allongera de 20 à 30 centimètres avant de se rompre).

Les aciers mi-durs se forgent encore mais ne se soudent plus ; plus résistants que les aciers doux, ils ont moins d'élasticité : 15 à 20 p. 100.

Les aciers durs, extra-durs, très résistants, se forgent difficilement, fondent assez facilement et ont peu d'élasticité : 5 à 15 p. 100.

Une propriété très intéressante des aciers mi-durs à extra-durs réside dans le fait qu'ils prennent la trempe, c'est-à-dire que si, portés au rouge, on les refroidit brusquement, leur résistance s'accroît considérablement. Il faut au moins 0,25 à 0,30 de carbone pour que la trempe puisse se réaliser.

Par contre, si on recuit de tels aciers trempés, c'est-à-dire que si, portés au rouge, ils sont refroidis très lentement, les effets produits par la trempe disparaissent.

En résumé : malléabilité plus ou moins grande ; forte résistance ; possibilité de fusion ; aptitude à la trempe, telles sont les caractéristiques des aciers.

Si l'on ajoute aux aciers des corps comme le nickel, le chrome, le manganèse ou le tungstène, la résistance des aciers peut croître énormément pour atteindre facilement 150 kilogrammes par millimètre carré.

L'acier a remplacé, depuis longtemps, le fer dans tous les usages courants. On a cherché à le mouler et l'on s'est heurté à de sérieuses difficultés qui ont retardé son application sous forme de moulages ; ces difficultés ont été peu à peu vaincues ; aussi, actuellement, l'acier moulé tend-il à remplacer la fonte ordinaire et la fonte malléable.

Production de l'acier liquide. — On fond l'acier destiné au moulage par quatre procédés différents :

- Le creuset ;
- Le four Martin ;
- Le convertisseur ;
- Le four électrique.

Le CREUSET s'emploie dans les fours potagers ou sur la sole d'un four à réverbère, ou sur la sole d'un four Martin (fig. 309).

La forme employée pour les creusets d'acier est repré-

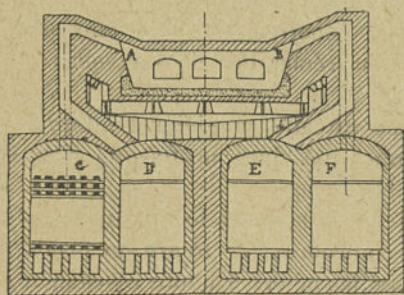


Fig. 309.

sentée figure 285. On place dans le creuset des riblons d'acier de composition voulue ou un mélange de fonte et de fer ; le carbone de la fonte est ainsi dilué dans la masse totale. Si, par exemple, on met 80 kilogrammes de fer avec 20 kilogrammes de fonte à 3 p. 100 de carbone, on obtient 100 kilogrammes d'acier contenant

$$\frac{20 \times 3}{100} = 0,600 \text{ kg. de carbone, soit } 0,6 \text{ p. } 100.$$

Le FOUR MARTIN est un four à réverbère de forme spéciale et dont le fonctionnement diffère très sensiblement de celui du four ordinaire. Le charbon (de la houille) est brûlé lentement et incomplètement dans un gazogène ; les gaz de la combustion arrivent dans le

four par l'une des extrémités A où ils rencontrent un courant d'air chaud qui achève leur combustion et permet, par ce procédé, l'obtention d'une très haute température sur la sole du four. A leur sortie par B, les gaz sont conduits dans des chambres réfractaires E, F, portant de nombreuses cloisons de briques qui sont portées au rouge par la chaleur que contiennent encore les gaz. A ce moment la marche des courants gazeux est inversée, air et gaz passent, séparément, dans les chambres chaudes, pénètrent dans le four par B, sortent par A et vont réchauffer de nouvelles chambres de briques C, D.

La marche est ainsi modifiée à intervalles réguliers tout le temps que dure la fusion, c'est-à-dire 5 à 6 heures.

On place sur la sole du four des creusets contenant le mélange approprié ; ce genre de fusion est surtout employé pour les aciers à haute résistance devant être très purs et ne pas subir le contact des flammes.

Pour les aciers de moulage et les aciers ordinaires on charge les matériaux : fontes, minerais, riblons d'acier, ferrailles, sur la sole du four, on les fond et on affine le mélange c'est-à-dire qu'on le débarrasse — par oxydation — des impuretés, qui sont ici : le carbone, le phosphore, le silicium, le soufre.

La fusion dure de 5 à 6 heures et permet, en cours d'opération, le prélèvement d'éprouvettes avec lesquelles on détermine la composition du mélange aux divers stades de la fusion ; dans la figure 309 on a seulement amorcé les briques dans la chambre C.

Le CONVERTISSEUR procède d'un principe tout différent ; dans cet appareil (fig. 310) on introduit de la fonte liquide obtenue au cubilot puis on projette, à l'intérieur, un violent courant d'air destiné à brûler (oxyder) le

carbone, silicium, manganèse, phosphore, contenus dans la fonte. On tend ainsi à obtenir du fer ; on ajoute alors, en fin d'opération, une nouvelle quantité de fonte parfaitement dosée, donnant au mélange final la teneur en carbone voulue.

Le convertisseur BESSEMER (fig. 310), du nom de son inventeur, a la forme d'une *cornue*, en tôle, garnie intérieurement d'un briquetage réfractaire de 50 centimètres d'épaisseur. Le fond de la cornue est percé de nombreux trous de 20 millimètres de diamètre. L'air de la soufflerie passe par un des tourillons qui est creux pour déboucher dans le fond formant boîte à vent et passer de là, par les tuyères, dans le bain de métal. La cornue oscille autour de ses tourillons pour recevoir la fonte et faire écouler l'acier.

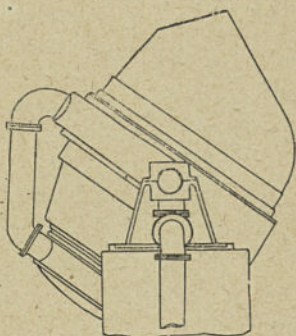


Fig. 310.

Si le briquetage est en silice, comme dans les cubilots, on doit employer des fontes exemptes de phosphore, car celui-ci ne pourrait être éliminé.

C'est le procédé BESSEMER ou acide utilisant des fontes très pures et donnant des aciers de très bonne qualité.

Le laitier formé est bien distinct du métal et s'écume comme celui de la fonte. C'est le procédé généralement employé en fonderie d'acier.

Dans le procédé THOMAS ou basique les briques ne sont plus siliceuses mais en dolomie (carbonate de chaux et de magnésie) ; on ajoute, en outre, des charges

de chaux en cours d'opération, ce qui permet d'éliminer le phosphore de la fonte sous forme de *phosphate de chaux* (utilisé comme engrais). Ce procédé, le plus répandu pour les aciers ordinaires, permet l'emploi de fontes phosphoreuses surabondantes en Europe et en France particulièrement (bassin minier de Lorraine); ces fontes sont les plus répandues et les moins chères.

Le FOUR ÉLECTRIQUE utilise, pour fondre le métal, la

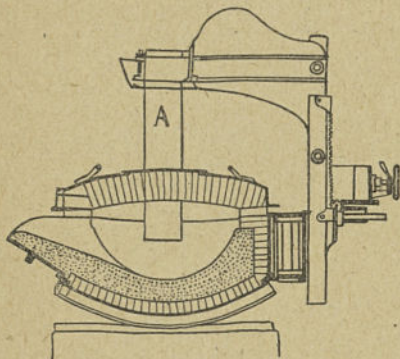


Fig. 311.

chaleur de l'arc électrique; les opérations d'affinage se font comme au four Martin. Le fonctionnement des fours exige des quantités d'énergie électrique considérables, aussi le prix de revient du métal obtenu est-il très élevé à moins d'opérer dans les régions montagneuses où le courant, produit par chutes d'eau, est obtenu très

économiquement. Le principe du fonctionnement des fours les plus répandus est le suivant. Le courant arrive par un conducteur A en graphite, appelé ÉLECTRODE, et ressort par une deuxième électrode. Il se produit entre les électrodes et le métal un arc dont la température dépasse $3\ 000^{\circ}$. Le métal, au contact de cet arc, fond et la température de la masse devient, peu à peu, très élevée sans toutefois dépasser $2\ 000^{\circ}$.

Dans ce four on n'a plus à craindre le contact des flammes ni la dénaturation du métal produite par les entrées d'air. La conduite en est délicate et demande des spécialistes très expérimentés.

CHAPITRE XLIV
MOULAGE DE L'ACIER



Difficultés. — Pour mouler l'acier on s'est heurté à de grosses difficultés qui ont arrêté très longtemps le développement de cette industrie. Ces difficultés sont de trois sortes. Tout d'abord, la température élevée du métal fondu, qui dépasse 1 400° ; une telle chaleur tend à faire fondre le sable du moule et à donner des pièces difformes ou très disgracieuses. Les moulages d'acier ont tendance à présenter des soufflures en quantité exagérée ; la cause initiale de ces soufflures est la présence de l'oxyde de fer dans le bain. On a pu remédier à ce défaut en débarrassant le métal fondu de ses impuretés grâce à des réducteurs puissants comme l'aluminium.

Enfin, le retrait considérable de l'acier (15 à 20 millimètres) est cause de nombreux défauts que l'on atténue par l'emploi judicieux de masselottes, refroidisseurs, toiles.

Ces difficultés ont été vaincues petit à petit et, à l'heure actuelle, on moule l'acier presque aussi facilement que la fonte.

Sables. — Les sables doivent être éminemment réfractaires, très purs, à gros grains. Ils doivent être exempts d'ingrédients pouvant dégager des gaz ; les enduits doivent être sans charbon et les moules étuvés généralement.

La serre du sable doit être plus énergique que pour la fonte, car le peu d'argile contenu ne lui donne qu'une faible cohésion.

Coulées et masselottes. — Les coulées doivent, d'une façon générale, attaquer en source pour éviter toute agitation du métal, tout brassage, pouvant faciliter l'oxydation. La coulée en cornichon (ch. XIV) est souvent employée.

Les masselottes jouent un rôle primordial pour obvier aux retassements; on en place sur toutes les parties massives; il n'est pas rare que l'on soit obligé de leur donner une section égale à celle de la partie qui les porte.

Toiles et refroidisseurs. — Pour éviter le gauchissement ou les criques dues au retrait, par suite des inégalités d'épaisseur, on est souvent obligé de munir le



Fig. 312.

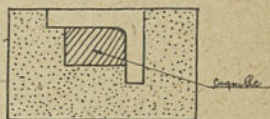


Fig. 313.

modèle de *nervures* ou toiles supplémentaires dans les parties exposées (fig. 312). Ces nervures renforcent la pièce aux points dangereux, mais doivent être supprimées à l'ébarbage, ce qui exige un travail supplémentaire important.

On obtient le même résultat par l'emploi de *coquilles* (fig. 313). Ce sont des pièces d'acier moulées à la forme nécessaire et placées dans l'empreinte à l'emplacement

visé. L'acier se fige en cet endroit rapidement, se trempe et prend une rigidité plus grande.

Il est essentiel d'obtenir un refroidissement régulier des parties d'épaisseurs diverses ; pour cela on noie dans les parties massives des clous de fer à cheval ou tout autre dispositif qui sert ainsi de *refroidisseur* en absorbant une partie de la chaleur de la masse (fig. 314).

Ce n'est que par une longue habitude que l'ouvrier mouleur arrive à discerner l'emplacement exact où il doit mettre ces auxiliaires du moulage.

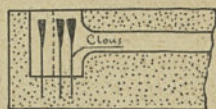


Fig. 314.

Ébarbage. — L'ébarbage de l'acier moulé se complice du fait des énormes masselottes à supprimer ainsi que des toiles supplémentaires. L'emploi du burin pneumatique est indispensable. Le chalumeau oxy-acétylénique apporte une aide précieuse en permettant le découpage rapide des masses supplémentaires. Les soufflures ou criques qui se rencontrent encore trop souvent sont obturées à l'aide du chalumeau ou de l'arc électrique.

Les pièces sont décapées au jet de sable, car le sable de l'empreinte adhère toujours fortement au métal par suite du commencement de fusion qu'il subit généralement.

Recuit. — Les pièces d'acier ne pourraient être employées telles qu'elles sortent du moule, car le refroidissement assez brusque du métal dans l'empreinte provoque une trempe partielle occasionnant dans la pièce des tensions exagérées qui la rendent très fragile.

On remédie à cet inconvénient par un recuit approprié qui redonnera au métal toutes ses qualités de résistance et d'élasticité. A cet effet on place les pièces démoulées sur un chariot que l'on introduit dans un four. La température, variable pour chaque genre d'acier, avoisine 800°. Le recuit dure de quelques heures à quelques jours, suivant la grosseur des pièces.



CHAPITRE XLV

BRONZES ET LAITONS

Définitions. — Les bronzes et laitons sont des alliages obtenus en mélangeant au cuivre de l'étain et du zinc. On donne spécialement le nom de BRONZES aux alliages contenant plus d'étain que de zinc ; le nom de LAITONS est réservé aux alliages contenant plus de zinc que d'étain.

Propriétés. — Le cuivre pur n'est pas employé dans le moulage, il serait presque impossible d'obtenir des pièces délicates et exemptes d'oxydes ; en outre, les propriétés mécaniques du cuivre pur restreignent énormément son emploi. Mélangé à l'étain, il acquiert la dureté qui lui manquait, résiste fort bien à l'action du frottement, se moule parfaitement et trouve de nombreux emplois en mécanique. L'étain augmente considérablement le prix de l'alliage.

Mélangé au zinc, il se prête aussi très bien aux moulages les plus délicats ; mais sa résistance mécanique est moins grande que précédemment. Son prix se trouve, par contre, sensiblement diminué.

Les bronzes ordinaires se brisent facilement à chaud, et ne sont donc pas malléables.

Les laitons sont, au contraire, très malléables à froid et même forgeables ; ils sont susceptibles d'un beau poli.

Les bronzes trempés voient leur dureté diminuer, à l'inverse de l'acier au carbone.

Usages. — Dans la proportion de 88 p. 100 de cuivre et 12 p. 100 d'étain, le bronze s'emploie pour la confection de toutes les pièces à frottement : écrous, coussinets, etc., dans lesquels tournent des pièces d'acier ; il s'emploie également dans la confection des organes traversés par la vapeur. Le bronze contenant 0,5 p. 100 de phosphore acquiert une résistance exceptionnelle tout en se laissant facilement usiner.

Si l'on augmente la proportion d'étain, la dureté du bronze croît ainsi que sa sonorité ; à 25 p. 100 d'étain on obtient le bronze des cloches, métal blanc très dur impossible à usiner sans être trempé.

La monnaie de cuivre contient 4 p. 100 d'étain et 1 p. 100 de zinc ; on l'appelle encore *billon*.

Les bronzes renferment couramment 2 p. 100 de zinc sans que leurs qualités soient trop diminuées.

Les laitons ordinaires renferment 67 p. 100 de cuivre et 33 p. 100 de zinc ; la couleur rouge du cuivre est fortement atténuée ; l'alliage devient jaune, d'où son nom populaire de CUIVRE JAUNE.

On emploie le laiton dans tous les usages courants où le métal n'a pas à supporter de gros efforts, ni des frottements et quand on a besoin d'un beau poli : robinets à eau, douilles de lampes électriques, poids et plateaux de balances, boutons de porte, etc., etc.

Il est encore très employé sous forme de tôles de quelques dixièmes à quelques millimètres d'épaisseur et sous forme de fil.

En faisant varier le pourcentage de zinc de 6 à 40 p. 100 on obtient toute une gamme de laitons employés aux usages les plus divers et notamment en bijouterie.

On combine enfin bronzes et laitons avec divers corps, notamment le plomb et l'aluminium, pour les emplois les plus variés.

Les bronzes à 15 p. 100 de plomb donnent d'excellents résultats dans les coussinets de wagons lourdement chargés.

L'alliage : cuivre 90, zinc 6, plomb 2, étain 2, fournit le BRONZE D'ART employé dans la fabrication des statues.

Préparation. — Les bronzes et laitons sont formés de métaux chers, donc précieux, et s'oxydant (c'est-à-dire se brûlant) très facilement quand, à la température de fusion, ils sont au contact de l'oxygène de l'air. Il y a donc intérêt à les fondre à l'abri des gaz de la combustion, dans des creusets représentés figure 283.

La contenance des creusets étant comprise entre 1 et 440 kilogrammes permet de couler presque toutes les pièces courantes de l'industrie.

Les très grosses pièces, comme les hélices des cuirassés qui peuvent atteindre 10 tonnes et plus, peuvent se couler à l'aide d'une batterie de fours potagers contenant des creusets de 100 kilogrammes, mais on préfère, généralement, les couler au four à réverbère en prenant les précautions nécessaires pour éviter l'oxydation du bain.

Le cuivre fond à 1 100°, le zinc à 410°, l'étain à 228°, le bronze à 900°. Ces différences de températures exigent des précautions particulières pour la confection des alliages. On fait fondre d'abord le cuivre auquel on ajoute, au dernier moment, l'étain, puis le zinc. Le zinc a la fâcheuse propriété de se volatiliser vers 800° et de s'oxyder avec la plus grande facilité ; aussi doit-il rester le minimum de temps possible dans le bain, c'est pour cela qu'on l'ajoute à la dernière extrémité. Malgré cette

précaution une forte partie du zinc s'oxyde, se volatilise et se répand dans l'atelier sous forme de flocons blancs d'oxyde de zinc appelés : laine *philosophique*.

Il est nécessaire de forcer en conséquence la teneur en zinc avant le mélange.

L'alliage doit être bien brassé pour obtenir un bon mélange des divers éléments ; malgré cette précaution, une première fusion ne donne jamais un alliage bien homogène. On doit, pour mouler, ne jamais fondre des métaux neufs exclusivement.

On constitue l'alliage par un mélange de 40 p. 100 environ de bronze vieux (lingots, jets, rebuts, etc.), et 60 p. 100 de métaux neufs.

La facilité avec laquelle le zinc s'oxyde le fait employer pour épurer le métal de ses oxydes.

Il est donc utile d'ajouter dans tous les bronzes 1 à 2 p. 100 de zinc qui disparaîtront presque entièrement à la fusion et nettoieront le métal. Le phosphore, mis en très faible quantité, joue le même rôle.

CHAPITRE XLVI

MOULAGE DU BRONZE

Sable. — Le bronze a la propriété de pénétrer facilement entre les grains de sable si celui-ci n'est pas très fortement serré; il en résulte une surface rugueuse disgracieuse. Les sables employés doivent être à grains fins, aussi purs que possible. L'emploi de la houille dans le sable ou du poussier comme enduit est contre-indiqué, car les composés du charbon donnent, avec le cuivre, un métal poreux.

La porosité joue un rôle beaucoup moins important que dans le cas de la fonte et l'on peut généralement se dispenser de tirer de l'air.

Le sable de *Fontenay-aux-Roses* a une composition naturelle qui le rend propre à mouler, sans mélange, le bronze.

On peut couler à vert ou étuver les moules. L'étuvage donne toujours des pièces plus belles et plus exemptes d'oxydes que les moulages à vert.

Enduits. — Les enduits sont nécessaires pour donner des pièces à surface propre; ils doivent être exempts de charbon et ne pas dégager de gaz lors de la coulée: l'ocre rouge, l'ardoise pilée, délayés dans l'eau, constituent des enduits excellents et très économiques. On passe au pinceau, sans lisser.

En cas de moulage à vert on peut saupoudrer avec les mêmes corps en poudre ou avec du talc.

Retrait. — Le retrait du bronze est excessif, il peut atteindre 15 à 18 millimètres par mètre; aussi doit-on prendre toutes les précautions nécessaires pour parer aux accidents que ce retrait peut causer (ch. XL).

Les attaques de coulées doivent être très fortes, sinon le retassement produit, à leur intersection avec la pièce, des évidements pouvant occasionner le rebut. Les pièces doivent être *chargées*, c'est-à-dire que la hauteur de la coulée doit être aussi forte que possible. Enfin il est nécessaire de munir les pièces de masselottes appropriées pour obvier au retassement.

Coulée. — Il est avantageux de couler debout les moules de bronze en se servant de châssis munis d'ouvertures sur les côtés; ce mode de coulée a l'avantage de charger les pièces placées au point bas du châssis. On peut couler en source ou en chute; dans ce cas, on attaque

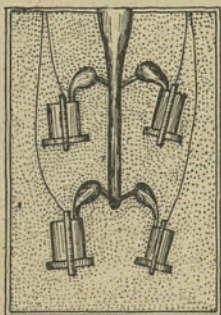


Fig. 315.

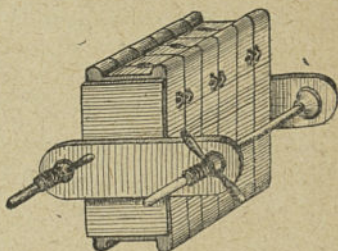


Fig. 316.

sur les masselottes; les attaques sont toujours dirigées de bas en haut (fig. 315) pour éviter, autant que possible, l'introduction des crasses dans la pièce.

Les moules remmoulés sont placés les uns sur les autres sur le plateau d'une presse spéciale (316). Un second plateau maintient l'ensemble des moules. Le tout est renversé pour que les orifices de coulée se trouvent à la partie supérieure.

Il est avantageux d'opérer la coulée en transportant le métal dans le creuset où il se maintient chaud beaucoup plus longtemps que s'il était transvasé dans les poches.

Ébarbage. — Les coulées de bronze sont sciées à la scie à métaux à main ou mécaniquement.

Les attaques sont meulées. Le jet de sable donne aux pièces un aspect particulièrement agréable.

Défauts. — Les défauts de moulage de bronze présentent beaucoup d'analogie avec ceux des moulages de fonte. Les retassements sont plus à craindre ainsi que les piqûres provoquées par l'oxydation du métal. Les retassements, quand ils ne sont pas visibles à l'extérieur de la pièce, provoquent, à l'intérieur, de la porosité qui peut être une cause de rebut pour les pièces soumises à de fortes pressions.

Le bronze se soude par moulage comme il a été dit pour la fonte.

La soudure à l'arc électrique permet de réparer, par apport de métal, les principaux défauts.

CHAPITRE XLVII

ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'aluminium. — L'aluminium est un des plus nouveaux parmi les métaux employés par le fondeur. Ses qualités l'ont vite mis au premier plan.

Son poids spécifique, c'est-à-dire le poids d'un décimètre cube, est de 2,56 kg. tandis que celui des alliages ferreux : fonte, fer, acier, varie de 7,2 kg. à 7,5 kg. et que celui du cuivre est de 8,80 kg. Il est donc d'une grande légèreté; très ductile il se laisse étirer en planches, en fil; son emboutissage est facile. Il se polit bien et, quand il est pur, il est inoxydable. Sa résistance est suffisante pour qu'on puisse l'employer en alliage à tous usages mécaniques.

Pur, il se moule difficilement.

Sa température de fusion étant de 650°, on peut le fondre facilement sur un feu de forge.

Allié au cuivre, au zinc, au magnésium, il acquiert une résistance approchant celle du fer, sans que sa densité soit trop sensiblement augmentée; de plus, il devient très facile à mouler.

Sa faible température de fusion permet l'établissement de moules métalliques ou *coquilles*.

Bronze d'aluminium. — Allié au cuivre jusqu'à 8 p. 100 l'aluminium donne un métal très ductile, s'étirant bien. La densité de l'alliage 92 p. 100 cuivre, 8 p. 100 alumi-

nium, est de 7,78. Le métal obtenu est inoxydable, très résistant, comparable à l'acier; à 0,30 p. 100 de carbone il fond à 900° environ. La préparation du bronze d'aluminium est rendue délicate par le fait des grosses différences des densités des métaux le constituant. Ce n'est qu'après plusieurs lingotages que l'on obtient un métal homogène.

Ces bronzes donnent des pièces d'orfèvrerie ayant l'aspect de l'or. On les emploie dans la confection de pièces soumises à l'action de l'eau de mer.

La nouvelle monnaie de 1 franc et de 0,50 fr. créée après la guerre, est obtenue avec cet alliage.

Alliages mécaniques légers. — Les alliages suivants :

Aluminium, 92 p. 100	Cuivre, 4 p. 100	Zinc, 4 p. 100
— 95 —	— 3 —	— 2 —
— 97 —	— 2 —	— 1 —

dont la densité avoisine 3, sont dits alliages légers. Ce sont les plus intéressants pour l'industrie d'aéroplanes ou d'automobiles, où l'on exige des pièces résistantes et légères. Le cuivre augmente la résistance de l'alliage tandis que le zinc facilite le moulage en donnant de la fluidité.

On les fond au creuset dans les fours potagers en plaçant d'abord le cuivre puis, après fusion, le zinc et ensuite l'aluminium.

Le retrait de ces alliages est comparable à celui de l'acier.

Le magnésium de 0,5 à 1 p. 100 augmente sensiblement la résistance de l'alliage.

Usages. — On emploie surtout l'aluminium au cuivre dans la construction des carters et pistons des moteurs

d'aviation ainsi que pour une foule de pièces n'exigeant pas une résistance exceptionnelle.

Son emploi n'est pas limité dans ces industries.

Partout où la légèreté est à désirer on a recours à lui : machines portatives telles que perceuses, ébarbeuses, etc.

Moulage. — Les alliages légers se moulent de la même façon que la fonte. On emploie de préférence des sables à grains fins pour obtenir des moulages soignés. Le grand retrait exige les précautions à employer en pareil cas.

On moule à vert ou en étuvant, on peut se contenter de chauffer la surface de l'empreinte et de couler aussitôt.

Les alliages légers d'aluminium se prêtent très bien au moulage en coquille. Les moules métalliques peuvent être en fonte. Ils doivent pouvoir se démonter automatiquement dès que la pièce est figée, pour éviter la rupture au retrait provoquée par la résistance qu'opposerait la coquille.



Fig. 317.

Les pièces telles que les pistons de moteur (fig. 317) se moulent avec coquille pour l'extérieur et noyau en sable pour l'intérieur ; les bossages ne se prêteraient pas, en effet, à un déboitage d'un noyau métallique et le piston se briserait infailliblement au refroidissement.



TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

But de la fonderie. — Le modèle. — Le sable. — Le moulage. — Séchage des moules. — Fusion du métal. — La coulée. — Le démoulage. — L'ébarbage. 1

PREMIÈRE PARTIE

L'OUTILLAGE

CHAPITRE II

OUTILLAGE PARTICULIER DU MOULEUR

Diverses sortes d'outils. — Outils en acier. — Outils en bronze. — Outils pour mouleurs en cuivre. 5

CHAPITRE III

OUTILLAGE GÉNÉRAL

Outils servant à manipuler le sable. — Outils servant à serrer le sable. — Outils de parachèvement. — Outillage entrant dans la confection des moules. 12

CHAPITRE IV

LES CHASSIS

Les châssis. — Détails. — Diverses sortes de châssis. . . . 17

CHAPITRE V

APPAREILS DE LEVAGE

Appareils de levage. — Palans. — Monorails. — Grues. —

Ponts roulants. — Cordes, câbles et chaînes. — Manœuvre des moules.	20
-----------------------------------------------------------------------------	----

DEUXIÈME PARTIE

SABLES DE MOULAGE

CHAPITRE VI

SABLES DE MOULAGE

Propriétés. — Composition. — Ingrédients.	25
---------------------------------------------------	----

CHAPITRE VII

PRÉPARATION DES SABLES

Homogénéité. — Séchage. — Broyage. — Tamisage. — Diviseurs	28
----------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE VIII

SABLES DIVERS

Sables divers. — Sable vert. — Sable d'étuve. — Enduits. — Sable à l'huile. — Terre. — Briques.	32
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

TROISIÈME PARTIE

LE MOULAGE

CHAPITRE IX

MODÈLES

Modèles. — Matériaux. — Boîtes à noyaux. — Parties démontables. — Déformations du modèle.	35
---------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE X

L'OUVRIER MOULEUR

Qualités du bon mouleur. — Conseils	40
-----------------------------------------------	----

CHAPITRE XI

SERRE DU SABLE

Serre du sable. — Trous d'air. — Évents. — Serre méthodique.	42
----------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XII

AVANT LA MISE EN CHANTIER

Détermination des joints. — Sable vert. — Sable d'étuve. — Parties usinées. — Parties massives	45
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XIII

MOULAGES SIMPLES SUR MODÈLES

Moulage d'un modèle semblable à la pièce, avec joint plan. — Moulage d'un modèle semblable à la pièce, avec joint gauche. — Moulage d'une pièce avec noyau	47
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XIV

COULÉES

Forme des attaques. — Chanfreins. — Grosseur des attaques. — Position des attaques. — Coulée en source. — Coulée en chute. — Cornichon	52
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XV

ÉVENTS, MASSELOTES, BASSINS

Évents. — Masselottes. — Bassins de coulée.	56
-----------------------------------------------------	----

CHAPITRE XVI

MOULAGES A VERT

Moulage avec chape. — Moulage sur modèle démontable. — Moulage avec pièces battues.	59
------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XVII

MOULAGES ÉTUVÉS

Généralités. — Moulage d'un coulisseau. — Moulage d'un banc de machine à centrer.	63
----------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XVIII

MOULAGE A DÉCOUVERT

Moulage à découvert. — Confection d'une couche. — Mou- lage d'une plaque. — Précautions.	67
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CHAPITRE XIX

MOULAGE EN FOSSE

But du moulage en fosse. — Précautions à prendre. — Moulage, en fosse, d'un lavabo en sable vert sur modèle. 72

CHAPITRE XX

LE TROUSSEAU

Usage. — Trousseau de révolution. — Planches et jauges. — Tracés 76

CHAPITRE XXI

MOULAGES TROUSSÉS

Moulage d'une poulie simple. — Moulage d'une poulie à gorge. 82

CHAPITRE XXII

LE TROUSSEAU HORIZONTAL

Le trousseau horizontal. — Moulage, au trousseau, d'un lavabo. 87

CHAPITRE XXIII

TROUSSEaux SPÉCIAUX

Trousseau à potence. — Trousseau ovale. — Trousseau à hélices 90

CHAPITRE XXIV

LES NOYAUX

But des noyaux. — Machine à noyauter. — Boîtes à noyaux. — Confection des noyaux. — Noyaux troussés. — Remmoulage des noyaux. — Noyaux en porte-à-faux. 94

CHAPITRE XXV

MOULAGES EN TERRE

Moulages en terre. — Matériaux. — L'outillage. — Moulage d'une cuve en terre. 105

CHAPITRE XXVI

MOULAGE EN COQUILLE

Moulage en coquille de la fonte. — Coquilles. — Moulage en coquille d'un cylindre de laminoir. 110

CHAPITRE XXVII

L'ÉTUVAGE

- But de l'étuvage. — Description d'une étuve. — Chariots.
 — Disposition des moules. — Etuvage sur place. — Étuves à
 noyaux. 113

QUATRIÈME PARTIE

LE MOULAGE MÉCANIQUE

CHAPITRE XXVIII

MOULAGE EN SÉRIE

- But à atteindre. — Modèle métallique. — Couche en plâtre.
 — Plaque-modèle. — Plaque-modèle réversible. — Peigne. . . 119

CHAPITRE XXIX

LA MACHINE A MOULER

- La démouleuse. — La presse. — La machine à secousses.
 — La démotteuse. — Le vibreur. 125

CHAPITRE XXX

LES CHASSIS DES MACHINES A MOULER

- Châssis rabotés. — Châssis régulés. — Châssis à démotter.
 — Châssis articulés. 129

CINQUIÈME PARTIE

FUSION DE LA FONTE

CHAPITRE XXXI

LA FONTE

- Fabrication de la fonte. — Composition de la fonte. — Clas-
 sification des fontes. 131

CHAPITRE XXXII

FONTES DE MOULAGE

- Fontes de deuxième fusion. — Rôle des composants. —
 Influence du refroidissement. 135

CHAPITRE XXXIII

FOURS DE FUSION

Fours de fusion. — Fours à réverbère. — Fours potagers. —
Fours basculants. 139

CHAPITRE XXXIV

LE CUBILOT

Le cubilot. — Description. — La fusion. — Entretien du
cubilot. 145

CHAPITRE XXXV

VENTILATEURS

Utilité des ventilateurs. — Débit d'air. — Ventilateurs cen-
trifuges. — Conduites 150

CHAPITRE XXXVI

LES POCHEs

Poches à main. — Grosses poches. — Transport des poches.
— Poches écrémeuses. — Garnissage des poches 153

CHAPITRE XXXVII

LA COULÉE

Principes pour bien couler. — Précautions à prendre . . . 158

CHAPITRE XXXVIII

FINISSAGE DES PIÈCES

Décochage. — Tonneaux. — Brosses. — Burinage. — Meu-
les. — Sablage 162

CHAPITRE XXXIX

DÉFAUTS DES PIÈCES COULÉES

Défauts. — Bosses. — Soufflures. — Piqûres. — Crasses. —
Dartres. — Retirure. — Reprises. — Gouttes froides 164

CHAPITRE XL

LE RETRAIT

Le retrait. — Défauts occasionnés. 168

CHAPITRE XLI
CORRECTION DES DÉFAUTS

Masticage. — Soudure par moulage. — Soudure électrique. 171

SIXIÈME PARTIE
MÉTAUX DIVERS

CHAPITRE XLII
FONTE MALLÉABLE

Définition. — Emploi. — Moulage. — Fabrication. 174

CHAPITRE XLIII
ACIER

Définition, propriétés, emploi de l'acier. — Production de l'acier liquide 177

CHAPITRE XLIV
MOULAGE DE L'ACIER

Difficultés. — Sables. — Coulées et masselottes. — Toiles et refroidisseurs. — Ebarbage. — Recuit. 183

CHAPITRE XLV
BRONZES ET LAITONS

Définitions. — Propriétés. — Usages. — Préparation. 187

CHAPITRE XLVI
MOULAGE DU BRONZE

Sable. — Enduits. — Retrait. — Coulée. — Ébarbage. — Défauts 191

CHAPITRE XLVII
ALLIAGES D'ALUMINIUM

L'aluminium. — Bronze d'aluminium. — Alliages mécaniques légers. — Usages. — Moulage. 198

1045. — ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY. — 5-27

INSTITUT INDUSTRIEL
DU NORD DE LA FRANCE

17. RUE JEANNE D'ARC
À LILLE



CENTRE
DE DOCUMENTATION

EN VENTE A LA MÊME LIBRAIRIE

A. ROULIER. — Éléments de forgeage, chaudronnerie et fonderie.

Éléments de forgeage, chaudronnerie et fonderie. Les métaux employés le plus couramment dans l'industrie. Trempe, revenu, recuit, cémentation. Notions générales de forgeage, considérations générales forgeage par choc à la main et à la machine, forgeage par pression, soudure ordinaire et autogène. Traitements et appareils utilisés en chaudronnerie et en construction métallique, dressage et planage, traçage, cisailage, poinçonnage, rabotage et chanfreinage, cintrage, emboutissage et repoussage, assemblage, rivetage, chaudronnerie du cuivre. Notions de fonderie, considérations générales, moules, outillage à la disposition de l'ouvrier mouleur, moulage de la fonte et de l'acier, défauts des pièces moulées, par A. ROULIER, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur de technologie à l'École d'électricité et de mécanique industrielles. 1 volume in-8 raisin (16 × 25) de 120 pages, avec 101 figures dans le texte et 6 planches hors texte. Broché (250 gr.) 14 fr.

M. LE BOUTELLER. — Modelage mécanique.

Modelage mécanique. Fonderie et étude de la pièce moulée. Le Bois. Méthodes de travail du mouleur. Méthodes générales de construction des formes quelconques et des sections. Exécution du moule. Moulage. Noyautage. Remmoulage. Portées de noyau, conception du modèle. Classification des formes de modèle. Construction proprement dite des modèles. Modèles bois. Modèles de plâtre. Modèles en terre. Modèles mixtes. Bois et terre. Modèle métallique. Couches et plaques modèles. Construction des boîtes à noyau. Classification et simplification des boîtes à noyau. De l'épure. Vérification et réception des modèles. Production des fontes de fer. Minerai. Haut fourneau. Étude chimique des fontes. De la coulée. Moulage proprement dit sur le sol à découvert, dans le sol et en châssis. Sable. Confection du moule. Pendant la coulée. Gaz produits dans le moule. Après la coulée. Solidification de la fonte. Retrait. Défauts, réception des pièces moulées. Fonte trempée. Fonte malléable. La pièce moulée au bureau du dessin. Étude générale. Étude des formes au point de vue modelage, fonderie et usinage, par Marcel LE BOUTELLER, ingénieur A. M. Un volume in-8° raisin (16 × 25) de 116 pages, avec 200 figures dans le texte. Broché (230 gr.) 12 fr.

AN. ENGINEER. — Toutes les soudures.

Toutes les soudures. Plomberie. Ferblanterie. Électricité. Zingage. Tôlerie. Chaudronnerie. Généralités. Alliage pour soudures. Décapant. Chauffage. Procédés généraux et spéciaux de soudure. Soudure de métaux spéciaux, par AN. ENGINEER, ex-chef d'atelier aux usines de la Central Electric Company. Un volume in-8° carré (14 × 22) de 102 pages, avec 149 figures dans le texte. Broché (170 gr.) 12 fr.

C. ROURE. — L'appareillage des fabrications mécaniques.

L'appareillage des fabrications mécaniques. Rôle de l'appareillage. Différentes sortes d'appareils. Classification. Définitions et principes généraux. Conditions générales à réaliser. Disposition de détails des montages au point de vue du serrage. Montages d'usinages, montages de perçage, de fraisage et de tour. Montages d'accélération, serrage rapide, de substitution, reproduction. Montages complets. Étude des montages, conception, classement, fabrication. Considérations financières. Ressources des procédés électriques dans les montages, par CAMILLE ROURE, ingénieur A. M. 1 volume in-8° contenant 300 figures dans le texte. Relié (710 gr.) 45 fr.

Les prix ci-dessus ne sont donnés qu'à titre indicatif et sans engagement de la part de l'éditeur.

