

MUSEE
HOMMAGE
LILLE
446

MANUEL PRATIQUE
DE
L'ART DU FONDEUR

PAR
P. NECTOUX

CHIEF DE FONDERIE



PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

L. GEISLER, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

1, Rue de Médecis, 1

—
1911



MANUEL PRATIQUE
DE
L'ART DU FONDEUR

BMIC 53

Papier et Impression L. GEISLER

AUX CHATELLES

PAR RAON L'ÉTAPE (VOSGES)

ND 1515 389537/- 165650

MANUEL PRATIQUE
DE
L'ART DU FONDEUR

PAR

P. NECTOUX

CHEF DE FONDERIE



PARIS

LIBRAIRIE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE

L. GEISLER, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

1, Rue de Médicis, 1

—
1911



INTRODUCTION

De toutes les branches de l'industrie, la fonderie est certainement celle qui tient la place la plus large et la plus indispensable, car la plupart des objets métalliques employés par tous les autres corps d'état ont pris forme par ses soins ou son intervention.

En raison de cette importance, elle fut de tout temps l'objet d'études spéciales et les ouvrages sur la fonderie sont assez nombreux, mais ils sont loin d'avoir tous la même valeur.

Quelques-uns sont très précieux au point de vue de la composition et des essais sur les propriétés des métaux.

D'autres trop simples ne peuvent donner qu'une idée imparfaite des considérations générales sur l'art du fondeur, sans aucun profit pour le praticien ou pour l'employeur.

Certains, édités pour les besoins de la cause, ne s'occupant guère que de fabrication ou de procédés spéciaux, ne peuvent donner satisfaction aux exigences d'une orientation nouvelle.

Il est reconnu qu'en fonderie l'on ne saurait imposer un principe absolu et ce qui peut être admis dans une région ne peut l'être dans une autre, puisque travaillant essentiellement avec des éléments naturels; le sable, le charbon minéral ou végétal, etc., l'on est obligé de tenir compte de la qualité de chacun de ces produits, aussi bien que des lieux, du tempérament des ouvriers et même du climat.

Malgré les plus louables efforts, l'art du fondeur reste toujours très aléatoire, et si les progrès réalisés jusqu'à ce jour rendent de grands services au point de vue de la fusion, de la résistance des métaux, des ventilateurs, machines à mouler, à ébarber, préparation des sables, etc., les procédés de fabrication proprement dits semblent abandonnés pour longtemps encore aux bons soins d'une longue pratique qui ne s'acquiert qu'avec la sagesse des ans.

Il est juste de reconnaître que, depuis plusieurs années, la fabrication a fait un grand pas; ce résultat est dû aux déplacements incessants des ouvriers qui s'en vont d'une usine à l'autre, croisant les méthodes, vulgarisant les procédés, détruisant ainsi la routine qui est le véritable obstacle du progrès, mettant à la portée de tous les expériences d'autrui, évitant par suite de faire très souvent école dans les choses aussi ingrates de la fonderie.

C'est dans cet ordre d'idées que ce livre a été écrit, c'est un recueil de procédés de fabrication, basé sur vingt-

cinq années de pratique et d'observation, procédés puisés dans de nombreuses usines, depuis la plus grande comme le Creusot, jusqu'aux plus petites où les patrons sont d'humbles producteurs pliés aux exigences de cette loi d'airain qu'est la nécessité de produire avec leurs faibles ressources et faire face à la concurrence.

Ainsi tous les procédés décrits sont tirés de généralités ou employés avantageusement par la majorité des fondeurs.

Pour n'en citer qu'un exemple puisé au hasard : l'engrenage au trousseau, qui est un des travaux le plus couramment obtenu dans ce genre de moulage et pratiqué un peu partout, est exécuté par des moyens assez différents : dans certaines fonderies, c'est à l'aide d'un fragment de denture placé sur une circonférence et permettant de serrer la dent en sable sur place, d'autres en plaçant sur la circonférence un certain nombre de dents en sable obtenues par section dans une boîte à noyau.

Le plus simple est indiscutablement de placer sur la circonférence chaque dent, obtenue séparément dans une boîte, à l'aide d'un cercle diviseur.

Ce procédé, appelé système Saint-Dié, est la spécialité de plusieurs fonderies des Vosges et du Doubs.

Il est reconnu supérieur aux autres, parce qu'un grand nombre de constructeurs répartis dans diverses régions n'hésitent pas à s'adresser dans ces maisons, malgré la distance, pour leurs commandes d'engrenages, tandis que

toutes les autres pièces mécaniques dont ils ont besoin sont commandées sur place, ce procédé donne satisfaction aux constructeurs, aux patrons et aux ouvriers, par un prix de fabrication rémunérateur, un prix de vente relativement peu élevé et un travail soigné donnant toutes les garanties désirables d'une division parfaite.

MANUEL PRATIQUE
DE
L'ART DU FONDEUR

MUS
COMM
LILLE

CHAPITRE PREMIER

FONDERIE DE FONTE

Composition de la fonte de fer. — La fonte est une combinaison de fer et de différents corps, tels que le carbone, le silicium, le manganèse, le phosphore et le soufre en proportions variables.

Carbone. — Le carbone est certainement l'élément le plus important, il entre dans la composition des fontes dans la proportion de 3 à 4 % environ, il existe sous deux états principaux :

1° Sous forme de graphite disséminé dans la masse métallique;

2° Sous forme de carbone combiné, intimement uni au fer.

Le carbone graphitique adoucit la fonte, le carbone combiné la durcit.

D'une façon générale, la résistance de la fonte est d'autant plus grande que la teneur en carbone graphitique est plus faible.

Silicium. — C'est l'élément dont l'influence sur la fonte est le mieux connu. On le trouve dans la fonte en

proportion très variable, de 0,1 % dans les fontes blanches, jusqu'à 17 % dans les ferro-siliciums riches.

Le silicium agit comme adoucissant des fontes, il transforme le carbone combiné en carbone graphitique.

Par lui-même, le silicium paraît affaiblir la fonte, mais il est difficile d'apprécier exactement son action, car elle est masquée par celle qu'il exerce sur l'état du carbone.

Pour obtenir une bonne fonte, le succès dépendra du réglage de la quantité convenable de silicium, en tous cas pour les fontes résistantes la teneur ne devra pas dépasser 1,5 %.

Manganèse. — Le manganèse produit un effet contraire au silicium, il provoque la combinaison du carbone, augmente la dureté, la résistance et le retrait, il favorise l'élimination du soufre.

L'on ne devra pas dépasser 1 % de manganèse sous peine de neutraliser l'effet du silicium et d'obtenir un métal trop dur.

Dans les fontes trempées on l'admet jusqu'à 1,5 % et peut même être dépassé dans les pièces destinées aux acides ou au feu.

Phosphore. — Le phosphore est indispensable dans les fontes d'ornement, la marmite, les tuyaux, etc., car s'il diminue la ténacité, il augmente la fluidité.

Il doit être complètement écarté dans les pièces allant au feu.

Pour les genres de pièces citées ci-dessus on peut l'admettre de 0,8 à 1,2 % ; pour les pièces devant résister au choc ou à la traction, il est bon de ne pas dépasser 0,5 %.

Soufre. — Le soufre, comme le phosphore, tend à blanchir la fonte et transformer le graphite en carbone combiné.

Une fonte résistante ne doit pas contenir plus de 0,05 à 0,1 % de soufre.

Pour les moulages ordinaires, il est bon d'éviter autant que possible sa présence, car pendant la fusion au cubilot la fonte absorbe toujours une partie du soufre contenu dans le coke.

La description qui précède a pour but d'aider le fondeur dans la tâche si difficile de satisfaire les exigences de la clientèle.

Les cahiers des charges pour les travaux de l'Etat, de la marine, l'artillerie, les chemins de fer, les ponts et chaussées et même de beaucoup de clients, imposent aux fondeurs des conditions de résistance telles, qu'il leur est indispensable de connaître les propriétés de la fonte, afin d'obtenir un métal devant remplir les conditions imposées.

Il en est de même au point de vue économique.

De nombreux fondeurs possèdent sur parc plusieurs qualités de fontes de provenances diverses, rentrant dans la composition de leurs alliages à des proportions plus ou moins bien déterminées et donnant parfois des résultats diamétralement opposés à leurs prévisions.

Si au lieu de s'en rapporter uniquement à la cassure et à l'aspect du grain ils exigeaient la composition chimique de leurs achats, ils s'éviteraient, de cette façon, bien des déboires, car la qualité de la fonte ne dépend pas essentiellement de la grosseur du grain.

En calculant méthodiquement le mélange à employer, d'après les analyses chimiques, l'on obtiendra un métal donnant satisfaction, et permettant de réaliser certains bénéfices par un choix plus judicieux sur la qualité des fontes à employer, et sur des proportions plus régulières à admettre dans les charges au cubilot, car

il ne faut pas oublier que le bénéfice le plus certain est celui réalisé sur le lit de fusion.

Éléments étrangers.

Outre les différents corps nommés plus haut qui composent la fonte, il existe encore d'autres éléments qui rentrent en plus ou moins grande quantité dans certaines fontes, suivant la nature des minerais et le mode de traitement qui leur est appliqué.

Parmi ceux-ci, l'on peut citer : l'arsenic qui produit à peu près les mêmes effets que le phosphore ;

L'aluminium, dont les effets sont analogues au silicium, mais qui diminue la fluidité et augmente le tassement ;

Le nickel, le plomb, le cuivre, le titanium, qui existent généralement en faibles teneurs et ne semblent pas avoir une grande influence.

L'on peut modifier la qualité des fontes en y introduisant en proportion convenable des ferro-manganèses ou des ferro-siliciums selon les besoins de la cause, mais ce système ne semble pas devoir se généraliser en raison de l'incertitude des résultats.

Un moyen d'améliorer la fonte, qui semble vouloir se développer, est l'emploi du titane ; cette addition se fait généralement par l'emploi du mélange calorique thermit, son action remplit la double condition suivante :

1° Il dégage une chaleur énorme ; 2° le brassage éprouvé par sa réaction produit un métal plus homogène, par suite de l'expulsion des gaz et des oxydes.

Le titane thermit est placé dans une enveloppe en fer blanc, et plongé au fond de la poche de coulée, à l'aide d'une barre de fer, à laquelle il est attaché,

Formule de composition.

Avec les indications qui précèdent, il faut toujours avoir en vue la destination des pièces à produire.

La poterie, la pièce de machine à coudre, l'article de Paris, dit des Ardennes, les tuyaux minces, les éléments de radiateur doivent être coulés avec des fontes très fluides, c'est-à-dire phosphoreuses, telles que les fontes du bassin de Lonny.

Pour les cylindres à vapeur, l'on doit rechercher une fonte à grains très fins.

La fonte blanche convient particulièrement aux barreaux de grille, car elle s'oxyde plus difficilement.

Pour les pièces appelées à subir de hautes températures, comme les cornues, les fontes à retrait régulier, très résistantes et très peu phosphoreuses, sont à rechercher.

Le tableau ci-dessous résume la composition de plusieurs types de fonte.

SILICIUM	MANGANÈSE	PHOSPHORE	SOUFRE	
2,5	0,7	0,7	0,08	Mécanique, pièce travaillée.
2 à 2,5	0,5	1,5	0,04	
2,2	0,5	1,0	0,06	Cylindre automobile.
2	0,3	0,1	0,02	Lingotière
1,5	1,3	0,5	0,08	Fonte résistante au choc et la traction.
1,4	0,8	0,8	0,08	Cylindre à vapeur.
0,9	0,7	0,7	0,01	Fonte dure, sabot de frein.
0,8	0,8	0,5	0,01	Cylindre de laminoir.
0,5	1,5	—	—	Fonte trempée.

Ce tableau est suffisant comme point de départ.

Il serait superflu de donner des tableaux sur la résistance du métal obtenu d'après ces données, ceci deviendrait purement théorique, car les mêmes mélanges ne

donnent pas des fonderies différentes, puisqu'ils sont soumis à l'influence du combustible, de la gâstine, de la température de fusion, des matières employées au garnissage du cubilot, ainsi que de l'allure au moment de la coulée.

Essais de produits obtenus.

Après avoir suivi dans la mesure du possible les indications qui précèdent, il est préférable de prendre des barreaux d'essai à chaque fusion ou tout au moins à

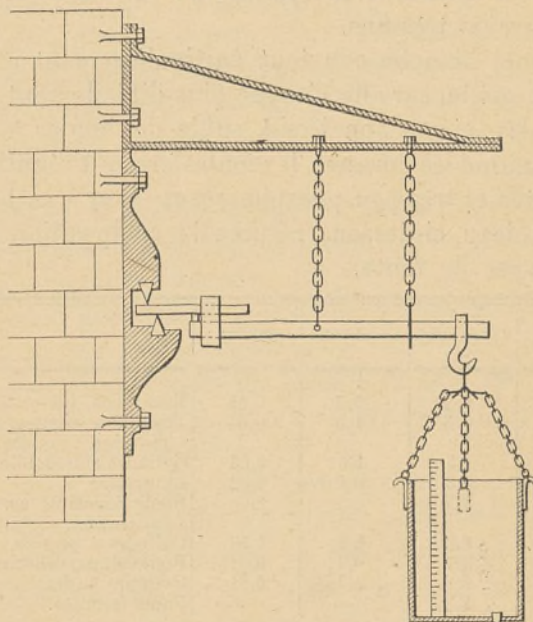


Fig. 1. — Appareil Monge.

chaque nouvel approvisionnement et de s'en rapporter à les propres conclusions.

Les essais se font au choc, à la flexion, à la traction.

Les essais au choc se font sur des barreaux carrés de 4 centimètres de côté, posés sur des couteaux distants de 16 centimètres et soumis au choc d'un mouton de 12 kilogrammes, ils doivent supporter sans se rompre une hauteur de chute de 35 à 40 centimètres d'après le cahier des charges des chemins de fer.

Cet essai est le plus courant, il est à la portée de tous les fondeurs, étant facile à établir à peu de frais.

Les essais à la flexion ont lieu sur la balance de Joëssel ou à l'appareil Monge (fig. 1), les barreaux ont 4 centimètres de côté et 50 centimètres de longueur, la distance entre le couteau inférieur et l'axe de suspension de la charge est de 1^m,500, la charge minimum est de 160 kilogrammes.

La machine d'essai à la traction reçoit des barrettes de 50 millimètres de longueur utile, et la section au milieu doit avoir 20 millimètres de diamètre, les barrettes pour l'acier ont une section circulaire de 13^{mm},8 de diamètre et 100 millimètres de long.

Le minimum de charge est de 8 kilogrammes par millimètre carré pour la fonte, et de 22 pour les aciers moulés.

Pour obtenir des barreaux d'essai dans de bonnes conditions, et à peu de frais de fabrication, on peut employer le châssis représenté (fig. 2) qui produit deux barreaux jumeaux coulés en source dont un peut être utilisé de suite pour connaître la qualité du métal obtenu, et l'autre livré au client s'il est exigé.

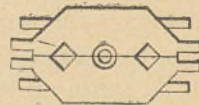
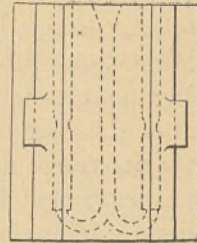


Fig. 2.

Lit de fusion.

Connaissant la composition chimique des matières premières à employer, il s'agit de rechercher dans quelle proportion ces matières doivent entrer dans la composition de la charge.

Pratiquement, il serait impossible de donner une idée même approximative, mais on doit s'attacher à la faire le plus économiquement possible.

En tous les cas, lorsque l'on a plusieurs genres de pièces destinées à un usage différent, le calcul du lit de fusion doit être fait de façon qu'il entre, dans la composition pour chacun d'eux, les éléments voulus et utiles à leur destination.

Pour les pièces sans importance ou travaillant à l'écrasement, comme les plaques de foyer, les armatures, les colonnes, on éliminera complètement les fontes neuves, même pour un tonnage peu élevé, car il ne faut pas perdre de vue que l'écart entre le prix des bocages et celui de la fonte neuve est assez élevé pour réaliser de la sorte des bénéfices considérables.

Il est quelquefois très difficile d'obtenir les résultats que l'on s'est proposé au début de la coulée, car il arrive qu'après avoir préparé telle charge pour un genre de pièce, le mouleur n'a pu préparer son moule pour recevoir la fonte au moment où elle est en fusion, il faut la donner pour d'autres moules de moindre importance, aussi il est de tout intérêt de suivre la fusion, ainsi que le remoulage dans ses moindres détails, afin de modifier la charge s'il y a lieu.

Fonte trempée ou coulée en coquille.

La fonte trempée, obtenue par la coulée en des moules métalliques, diffère des fontes grises, noires ou traitées,

par sa structure et la manière d'être du carbone qui est entièrement combiné; elle peut passer du gris au blanc et du blanc au gris, sans pour cela perdre de ses qualités.

Elle ne doit pas être confondue avec les fontes blanches dénaturées après un certain nombre de fusions successives.

D'une façon générale, la fonte augmente de ténacité jusqu'à la quatrième refonte; stationnaire à la sixième, elle perd une partie de ses qualités vers la huitième; blanche à la dixième, pâteuse sans aucune fluidité et impropre à tout service à la douzième.

Lorsqu'elle est devenue blanche, par suite de refonte, on l'emploie mélangée aux bavures, aux déchets minces ou oxydés, pour couler les fentes des roues de wagonnets à rayons en fer, c'est ce qui l'a fait confondre très souvent avec la fonte trempée dont elle remplit l'emploi sans avoir aucune de ses qualités.

La fonte trempée devrait avoir sa place marquée dans les progrès de la fonderie, car outre ses services dans la marine et l'artillerie par son emploi dans les tourelles et dans les obus (le fameux métal Gruson n'avait pas d'autres origines), elle s'impose dans toutes les pièces travaillant par frottement, et où les conditions de dureté et de résistance sont nécessaires, comme les cylindres de laminoir, les roues de wagon, les rouleaux de friction, les boulets de broyeur, cylindres de meunerie, mâchoires de concasseur, etc.

En France, l'emploi des roues de wagon en fonte est prohibé, il n'en n'est pas de même en Amérique, où presque tous les wagons en sont pourvus, aussi il en ressort des avantages considérables pour les fondeurs qui pratiquent cette fabrication sur une grande échelle, ainsi que

le versoir de charrue qui est ensuite poli, et sur lequel la terre n'adhère jamais.

En France, quelques fondeurs se sont fait une spécialité du cylindre de laminoir ; la Société française, à Gorcy, celle des roues de wagon par le procédé Griffin. Ce genre de fabrication est cependant à la portée de tous les fondeurs, et l'on peut après quelques essais et quelques tâtonnements arriver à de très bons résultats.

Toutes les fontes grises ne peuvent néanmoins être converties en fonte blanche ; la plupart des fontes françaises n'ont aucune disposition à la trempe, et les fontes de l'Est, en raison de leur forte proportion de phosphore, sont absolument impropres à ce genre de travail.

Il est bien entendu qu'il ne peut être question ici des fontes d'affinage fabriquées un peu partout et dont l'emploi peut être admis pour la coulée des guides de laminoir, pièces n'exigeant aucune résistance, tandis que coulée en forte proportion en coquille l'on n'en retire que des pièces généralement brisées en plusieurs morceaux et s'écaillant au refroidissement.

Les produits anglais, américains, suédois donnent de bons résultats, mais leur prix élevé (160 francs la tonne environ) suffit à détourner les fondeurs de faire des essais dans cette voie, surtout s'ils n'ont pas la perspective d'une fabrication courante et rémunératrice.

Il existe cependant un procédé très simple et d'un usage assez répandu aujourd'hui, qui consiste à ajouter, dans les charges au cubilot, à certaine qualité de fonte peu phosphoreuse, comme les fontes du midi, une certaine quantité de riblons d'acier.

L'on arrive, par une étude soignée des mélanges, à des résultats presque aussi favorables comme dureté, résistance et trempe qu'avec les fontes spéciales citées plus haut.

L'emploi de l'acier a pour effet d'amener la division, dans un état plus fin du graphite, et de réduire le carbone.

Il nécessite l'observation de certaines précautions, faute desquelles il peut conduire à de graves mécomptes.

Il exige jusqu'à 18 % de consommation de coke et la fusion doit s'obtenir à de très hautes températures, sans quoi sa solidification se fait presque instantanément, ou tout au moins la fonte devient pâteuse et ne peut remplir convenablement les moules.

On peut adopter comme point de départ la composition suivante :

Fonte peu phosphoreuse..	30 kilogrammes	
Bocage de même nature...	40	—
Acier en chute de rails.....	30	—

Cet alliage donne environ 25 mètres de trempe au barreau d'épreuve coulé en sable, dont une face porte sur une coquille.

Après un premier essai sur cette base, l'on arrive par un dosage convenable d'acier, par charge ou par 100 kilogrammes, à obtenir une trempe plus ou moins forte, selon l'importance ou l'emploi des pièces à couler.

Dans les cylindres de laminoir coulés en sable, la trempe reconnue sur le barreau d'essai ne joue qu'un rôle secondaire, puisque par lui-même le cylindre ne doit pas être trempé, mais elle accuse la dureté qui lui est nécessaire.

Afin d'obtenir la plus haute température jusqu'au moment de la coulée, il est utile d'observer les considérations suivantes :

L'acier étant plus dur à fondre que la fonte, il est bon qu'il soit chargé le premier.

Cependant, comme l'écart entre son point de fusion et

de solidification est à peu près nul, il se fige à la sortie du cubilot au contact de la poche de coulée.

Afin d'éviter qu'une partie de l'acier qui pourrait rester à fondre ne se mélange avec l'alliage suivant destiné à un autre genre de pièce, ce qui pourrait amener de graves inconvénients, l'on peut, si l'on admet une fusion de 3.500 kilogrammes de fonte trempée à 30 % d'acier et des charges à 700 kilogrammes, disposer les charges de la façon suivante :

1 ^{re} charge, fonte neuve ou bocage	700		
2 ^e	—	350 acier	350
3 ^e	—	350	— 350
4 ^e	—	350	— 350
5 ^e	—	700	

La première charge, qui ne comporte pas d'acier, a pour but de former un bain dans la poche de coulée, dans lequel l'acier uni à la fonte dans les charges suivantes viendra se réchauffer, sans adhérer aux parois de la poche et former des croûtes qui surnagent sur le bain et qu'il faut évacuer avec les scories et les charbons au moment de la coulée, en même temps il diminue la quantité d'acier et par suite la trempe que l'on s'était proposée.

Les charges suivantes viennent en quantités à peu près égales, et à une température encore assez élevée pour permettre d'attendre dans un état encore assez fluide le moment de la coulée.

La dernière charge, composée uniquement de fonte, permet à l'acier qui ne serait pas fondu de se mettre en ébullition complète, d'arriver avec elle dans le bain et d'éviter ainsi qu'il en reste au cubilot pouvant se mélanger avec l'alliage suivant qui pourrait être destiné à un genre de pièce où sa présence serait nuisible.

Il est à recommander de tenir la dose d'acier plutôt

forte, et avant la dernière tirée au four, c'est-à-dire lorsqu'il en manque encore 100 ou 200 kilogrammes à la quantité nécessaire à la coulée, on prend une épreuve que l'on fait refroidir immédiatement à l'eau et que l'on casse de suite; si l'on juge par la nature du barreau que la trempe est trop forte, on laisse couler, outre les 200 kilogrammes manquant, une certaine quantité de fonte grise, qui sera en trop, il est vrai, mais qui diminuera la trempe.

Avec ce procédé, on obtient toujours de bons résultats et un métal à peu près uniforme.

Un autre procédé consiste à préparer l'alliage dans une première fusion, c'est-à-dire que l'on fait fondre ensemble 35 à 40 % d'acier, le reste de bocage est coulé en gueuses.

Ce système donne un métal plus homogène et permet de diminuer la trempe en ajoutant à la refonte des fontes grises, d'après la cassure et selon son aspect blanc ou truité, mais ce système est assurément plus dispendieux.

Lorsqu'on est familiarisé avec ces procédés, on fait entrer dans les compositions une certaine partie des jets, coulées et bocages provenant de ces mêmes fontes.

On peut même admettre, dans ces mêmes compositions, les fontes blanches que l'on pourrait disposer occasionnellement, mais en petites quantités, en tenant compte de l'augmentation de trempe qu'elles peuvent donner en principe et il est préférable d'en éviter l'emploi.

En toutes circonstances, les barreaux d'épreuve sont nécessaires; en tous cas, ils sont indispensables en fonte trempée pour reconnaître la profondeur de trempe.

Le barreau d'essai pour la fonte trempée est de 180 millimètres de long, 55 millimètres de large et 45 milli-

mètres d'épaisseur, il est coulé verticalement, la face la moins large contre un marbre en fonte ayant de 80 centimètres à 1 mètre de long ; selon le nombre de barreaux que l'on désire obtenir, il a 20 centimètres de hauteur et 8 centimètres d'épaisseur. On peut se dispenser de le chauffer, mais il est à recommander d'enlever le sable dès que la coulée des barreaux est terminée et de le frotter au pétrole lorsque l'on voudra s'en servir à nouveau.

Il faut employer, pour couler les essais, de petites lingotières coniques que l'on fait chauffer à la température des coquilles des pièces à couler, car la trempe obtenue avec une même fonte, puisée dans une même poche, coulée dans deux lingotières de mêmes dimensions, mais dont l'une est froide et l'autre chauffée à une température très élevée, donnera des résultats assez différents.

Ainsi des essais opérés dans de petites lingotières ayant 20 centimètres de long, 6 centimètres de large et 6 centimètres d'épaisseur, dont l'une était froide, l'autre chauffée à une température élevée, la froide a donné 1 centimètre de trempe, la chaude 5 millimètres seulement.

Par contre, il est plus difficile d'apprécier la structure du grain sur une épreuve coulée en lingotière, que sur celle coulée contre un marbre ; dans ce dernier cas, la cassure présente un grain normal assez gros, avec arrachements dans la partie touchant le sable.

La cassure de l'épreuve en lingot est sèche, sans arrachements, avec un grain absolument serré sur toute la surface.

La fonte trempée, réunissant les conditions de dureté et de solidité, doit présenter une cassure avec arrachements, avec facettes en aiguilles venant se confondre sur un fond légèrement truité et passant au gris ; celle qui mon-

tre une ligne de démarcation très accentuée entre la trempe et le gris n'est qu'accidentelle et n'offre aucune résistance.

Coke de fonderie.

Le succès de la fusion au cubilot dépend essentiellement de la bonne qualité du coke.

Un bon coke doit être pesant et se présenter sous une forme cubique ou allongée très anguleuse, d'une couleur noire grisâtre et un peu luisante.

Le coke léger, boursoufflé en forme d'éponge, à cassure blanchâtre ou cendrée, n'est pas à rechercher, il s'écrase facilement sous la pression de la charge, dégage beaucoup de poussière et ne développe qu'une chaleur insuffisante.

Un bon coke ne doit pas contenir plus de 0,75 % de soufre et 10 % de cendre.

La consommation du coke au cubilot varie entre 8 à 12 % pour les fontes de moulage ordinaire, principalement avec les fontes de l'Est, 12 à 15 pour les fontes du Midi et 15 à 20 pour les fontes aciérées.

Il est à recommander de ne pas trop rechercher l'économie du coke, soit sur la nature, soit sur la quantité à la charge, car il peut en advenir une mauvaise allure à la fusion qui peut la retarder, tout en donnant des fontes trop fluides occasionnant la perte des moules, perte qui, en aucune circonstance, ne peut être compensée par l'économie réalisée sur le combustible.

D'ailleurs lorsque l'on est arrivé dans les limites extrêmes de la consommation en raison des produits à fondre et de l'appareil de fusion, on ne doit jamais diminuer la quantité de la charge de coke, mais plutôt augmenter celle de la fonte.

Ainsi, si l'on opère avec des charges à 700 kilogrammes, si l'on reconnaît en cours de fusion que la fonte est extra chaude, on fera une charge de fonte à 800 kilogrammes puis une suivante à 900, l'on peut même monter jusqu'à 1.000, dans ce cas il faudrait des bocages cassés en morceaux assez menus.

Cependant lorsque l'on a des morceaux de 400 à 600 kilogrammes à passer, on peut augmenter la charge de coke.

L'emploi du coke de gaz, quoique excessivement friable et peu résistant à la charge de fonte, peut cependant être utilisé, mais seulement en cas de force majeure, c'est-à-dire au cas où l'on se trouverait à manquer de coke de fonderie il serait bon alors de doubler la dose et ne pas faire une fusion d'un tonnage élevé, et s'il est possible faire l'allumage avec du coke de fonderie.

Emploi de la castine.

L'emploi de la castine au cubilot a pour but d'assurer la fluidité des laitiers, et d'absorber le soufre contenu dans le coke.

D'après les essais faits pour MM. Sulzer frères, de Wintherthur, sur l'effet des additions de calcaire au cubilot, la quantité serait d'environ 33 % du poids de la fonte.

Cubilot.

Le cubilot est l'appareil le plus répandu pour la fusion de la fonte; l'usage du four à réverbère semble se perdre de plus en plus.

Il n'existe pas dans toutes les branches de l'industrie

d'appareil aussi simple et construit avec aussi peu d'étude et de principe.

Il s'agit d'avoir visité un grand nombre de fonderies pour se rendre compte de ce fait.

Ils sont construits en fonte ou en tôle indifféremment; le plus souvent c'est une ancienne chaudière qui lui sert d'enveloppe, quelques-uns sont des anneaux en fonte superposés, d'autres montés avec des plaques coulées à découvert et assemblées avec des boulons, un autre genre plus original consiste en un simple châssis à tombeau placé verticalement.

Toutes ces formes s'expliquent par le grand nombre d'ouvriers mouleurs qui sont parvenus, à force d'activité et d'économie, au patronat en créant leur matériel eux-mêmes et le plus économiquement possible.

Comme beaucoup d'autres parties touchant à l'art du fondeur, les modifications apportées à ces appareils depuis cinquante ans sont insignifiantes, si ce n'est que l'addition d'un ou de plusieurs rangs de tuyères dont presque tous sont pourvus, au lieu de souffler directement de la conduite de vent au cubilot par une ou deux ouvertures comme primitivement et encore ce système est-il toujours admis dans les cubilots de faibles dimensions.

Cependant les inventeurs de cubilot sont nombreux, et le nombre des brevets tirés à ce sujet est très élevé.

La disposition d'un cubilot reposant sur colonnes avec porte de vidange en-dessous a bien été adoptée, mais ce système n'est pas très répandu, car il oblige à refaire la sole à chaque fusion.

L'on a parlé d'un cubilot à jet de vapeur dispensant de l'emploi du ventilateur ainsi que d'un moteur, mais cet appareil n'a dû exister que dans l'imagination de l'inventeur, car d'après les avantages qu'on lui a prêtés, il

aurait été dans l'intérêt de tous les industriels de s'en munir.

Les cubilots à tirage naturel ne peuvent être cités qu'à titre documentaire, car comme ceux à jets de vapeur, s'ils avaient été pratiqués, il y avait avantage à les utiliser; cependant ces deux systèmes ne sont pas sans intérêt et devraient fixer l'attention des inventeurs et des ingénieurs.

Les cubilots à avant-creuset ne semblent pas avoir un grand succès, cependant dans certains cas, ils rendent de réels services comme, par exemple, lorsque l'on a des pièces importantes à couler, et que l'on veut conserver la fluidité; dans d'autres cas, pour obtenir une certaine quantité d'une même fonte et faire des additions pour en modifier la qualité.

Les petits cubilots de 30 à 40 centimètres de diamètre et deux mètres de hauteur, appelés vulgairement tiges de botte, ont leur utilité dans les fonderies où les fusions sont espacées, lorsque l'on a à livrer quelques pièces pressées, l'allumage est insignifiant, et l'on peut opérer, avec ces petits appareils, des fusions s'élevant jusqu'à une tonne.

L'on a songé, afin d'obtenir une forte pression du vent, à rétrécir le diamètre intérieur des cubilots, en élevant le gueulard de la charge jusqu'à cinq et même six mètres de hauteur.

Les résultats obtenus au point de vue de la célérité et de la température de fusion sont très satisfaisants, mais ils nécessitent beaucoup d'attention dans la disposition des charges, le coke doit être cassé en fragments de la grosseur du poing, la fonte par morceaux ne dépassant pas 25 à 30 centimètres de surface dans ses plus grandes dimensions, et malgré toutes ces précautions il est diffi-

cile d'éviter les accrochages, cause principale de l'abandon de ce genre d'appareil.

Malgré la quantité de brevets, les théories, les descriptions nombreuses sur la forme à adopter, il sera toujours très difficile d'appliquer aux cubilots les perfectionnements apportés dans les hauts-fourneaux, ceux-ci étant des appareils de production, pouvant atteindre des dimensions indéfinies, tandis que le cubilot est un appareil indispensable mais trop minime, son rôle reste toujours secondaire dans les résultats de la fusion.

Pour liquéfier une grande quantité de fonte dans un temps relativement court, il faut une puissance calorique et une pression de vent suffisantes.

Or, le coke joue le rôle principal, c'est sur lui que l'attention du fondeur doit se porter, l'on doit rechercher la qualité avant tout, car des cokes de provenances différentes donnent des résultats diamétralement opposés.

Avec de bons cokes, si l'on veut marcher en excès, c'est-à-dire en forçant la dose par charge, l'on obtient toujours des fontes très fluides même sans avoir une très grande pression de vent.

Il est particulièrement intéressant de se rendre compte exactement comment ce dernier se comporte au cubilot et de ramener les dimensions de celui-ci en rapport avec le débit du ventilateur, de façon à réduire la dépense du coke à sa plus simple expression.

Des observations ont été faites sur deux cubilots de diamètres différents alimentés par un même ventilateur et un moteur électrique de 24 HP :

Le plus grand diamètre, 1 mètre, employé pour la coulée de pièces atteignant un poids de 8 à 10 tonnes, en raison de la plus grande quantité de fonte qu'il pouvait emmagasiner, la fusion se terminait par des pièces de

moindre importance et son rendement ordinaire était d'environ 2.200 kilogrammes à l'heure.

Le plus petit diamètre, 800 millimètres, d'un emploi journalier pour la coulée de pièces de deux à trois tonnes, ainsi que trois tonnes de pièces de 10 à 150 kilogrammes et trois tonnes de plaques de foyer de 15 à 20 kilogrammes l'une, soit un total de 15 tonnes par fusion, son rendement moyen était de 2.500 kilogrammes à l'heure, soit une différence de 300 kilogrammes à l'heure, à l'avantage du plus petit en diamètre; dans ce dernier, la fonte était toujours plus chaude, et la dépense en coke plus faible, mais le rendement diminuait à mesure que le diamètre était agrandi par l'usure.

Des constatations du même genre ont été faites par ailleurs, dans un sens opposé; une première fusion essayée dans un cubilot de 500 millimètres de diamètre installé à côté d'un autre de 800 millimètres alimenté tour à tour par un même ventilateur et une locomobile de 12 HP, la mise en marche était effectuée aux mêmes conditions que pour le cubilot de 800 millimètres de diamètre; le résultat fut si malheureux qu'il fallut arrêter complètement la fusion; cependant, avec un peu d'attention, l'on aurait reconnu qu'il n'y avait qu'à ralentir la vitesse du ventilateur, la pression du vent étant trop élevée pour le faible diamètre du cubilot. La colonne d'eau s'élevait dans les deux cas à 54 centimètres de haut.

De ces différentes constatations, il résulte que non seulement aucune théorie ne vient régler la disposition des cubilots, mais encore leur fonctionnement n'est pas suivi avec toute l'attention qu'il mérite, et que la présence du manomètre, tout en accusant la pression du vent à son arrivée dans la boîte de distribution aux tuyères, ne peut suffire à faire connaître dans quelle

proportion utile il est admis à l'intérieur du cubilot.

Ce n'est pas dans la forme qu'il faut chercher une production économique, mais à concilier ses dimensions en diamètre et en hauteur, avec le débit du ventilateur, et celui-ci en rapport avec le moteur qui l'actionne.

Le moteur électrique convient particulièrement, il

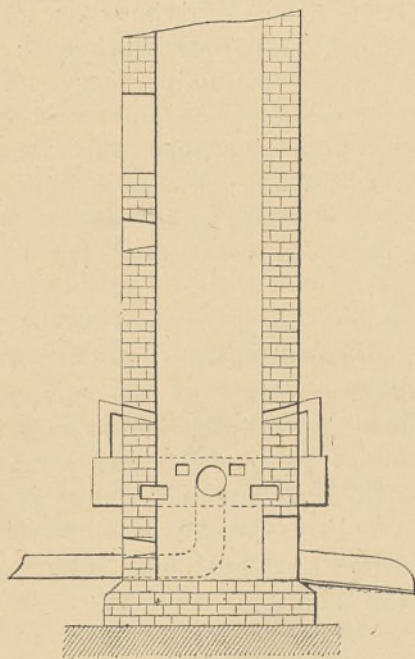


Fig. 3. — Cubilot.

donne une marche absolument uniforme, il évite les à-coups si préjudiciables à une bonne fusion, qui se produisent souvent avec les autres moteurs.

Les dimensions à adopter pour un cubilot pouvant donner de 2.800 à 3.000 kilogrammes à l'heure sont les suivantes (fig. 3) :

La sole doit être élevée à 80 centimètres au-dessus du sol, la hauteur de ce point au gueulard de la charge, 4^m,500, sa hauteur totale doit en toutes circonstances dépasser la toiture du bâtiment, le diamètre au creuset 800 millimètres, au gueulard 700 millimètres, ce qui lui donne une forme légèrement conique ; afin d'éviter les accrochages, la garniture en briques ou en terre doit avoir au moins 300 millimètres d'épaisseur ; il devra posséder une boîte à vent circulaire et deux ou trois rangs de tuyères, le premier à 700 millimètres du fond du creuset, le deuxième à 1 mètre, ces deux rangs de quatre tuyères seront placés dans la boîte à vent, le troisième rang de tuyères prendra naissance par des tuyaux coudés sur la boîte à vent et sera placé à 1^m,500 de distance du fond du creuset.

Un seul rang de tuyères dans la boîte à vent peut suffire, mais il est préférable d'admettre le second qui peut être bouché à volonté ; il donne ainsi une facilité de réglage selon les besoins et le débit de ventilateur.

La section d'ouverture des tuyères à l'intérieur doit avoir au premier rang 150 millimètres de largeur sur 70 millimètres de haut, celle du second 80 millimètres de largeur sur 60 millimètres de haut, enfin celle du rang supérieur 60 millimètres de diamètre ; toutes ces tuyères doivent avoir une pente légèrement inclinée vers le bas.

L'ouverture au bas doit être assez grande pour permettre à l'ouvrier chargé des réparations d'y passer, mais ce n'est pas simplement dans ce but, car outre qu'il facilite la sortie du coke et des scories après la fusion, il peut se faire que, accidentellement, l'on ait à sortir un bloc de fonte qui s'est figé à l'intérieur, à la suite d'un arrêt ou d'un accident.

Une ouverture de 20 à 30 centimètres de largeur et

20 centimètres de hauteur est ménagée au bas de la porte ; c'est dans cette ouverture qu'est pratiqué le trou de coulée pour le passage de la fonte en fusion ; il est à conseil-
ler d'en placer deux avec une petite séparation au milieu, ce qui représente deux petits chenaux. Cet usage, quoique très peu répandu, est d'un grand secours, lorsque, par suite de trop nombreuses tirées, le trou se déforme et s'agrandit, le tampon de terre servant à boucher cède alors sous la pression intérieure, la fonte s'échappe, occasionnant des pertes et quelquefois des accidents. Avec deux orifices ces difficultés sont évitées, car l'on abandonne immédiatement le premier pour tirer au second.

Une autre ouverture de 12 centimètres de diamètre est pratiquée à 15 ou 20 centimètres du fond du creuset pour l'évacuation des laitiers ; elle permet de constater la quantité de fonte emmagasinée, lorsqu'elle s'échappe par ce trou, que l'on bouche avec un tampon de terre ou de sable lorsque l'on désire amasser une plus grande quantité de fonte, alors le laitier surnage au-dessus du bain, s'annonce en se boursoufflant devant les tuyères, qu'il encombrerait bientôt si l'on ne se hâtait de faire la tirée.

La plate-forme de la charge doit être située à 80 centimètres au-dessous du gueulard de la charge, cette hauteur peut paraître exagérée par la difficulté que l'on éprouve à introduire les gros bocages, mais elle permet de ménager une ouverture à niveau de la plate-forme pour le passage d'un ringard, lorsqu'il se produit des accrochages.

La hauteur de la colonne d'eau doit se maintenir entre 55 et 66 centimètres pour un cubilot possédant ces dimensions, il peut fondre des bocages dont le poids d'un seul bloc atteint parfois jusqu'à 800 kilogrammes, sans trop altérer la température de fusion.

La charge de fonte est de 750 kilogrammes, l'allumage absorbe 525 kilogrammes de coke et la consommation par charge est de 35 kilogrammes.

Le revêtement du cubilot se fait en briques, en sable ou en terre réfractaire. Dans ces deux derniers cas on se sert d'un mandrin, le sable ou la terre sont alors serrés au fouloir ; on opère comme s'il s'agissait d'un moule ; une garniture de briques en fonte reposant sur une colonne boulonnée à l'enveloppe, placée à 90 centimètres au-dessous du gueulard de la charge et jusqu'à hauteur de ce dernier, permet de jeter les charges en fonte sans détériorer les parois du cubilot et sert en même temps de guide pour conserver les diamètres dans les réparations.

Dans les fusions d'un tonnage élevé, il est bon de renouveler l'allumage, c'est-à-dire lorsqu'on atteint 12 tonnes, mettre deux charges de coke au lieu d'une ; à la dix-huitième de même.

Pour l'allumage, on peut reprendre le coke sorti du cubilot à la fusion précédente, car ce n'est pas la qualité ici qui est en cause, mais bien la quantité.

Le bouchage de la porte au bas doit se faire lorsque l'allumage a dépassé la hauteur des tuyères.

En principe, la hauteur des charges doit être maintenue à niveau du gueulard et l'on ne doit pas apercevoir les flammes si l'on veut utiliser utilement toutes les chaleurs du cubilot.

Le rendement de 2.800 kilogrammes à l'heure peut être dépassé d'un tiers, en alimentant les charges de morceaux ne dépassant pas le poids de 25 à 30 kilogrammes, mais alors le temps employé au cassage ne compenserait pas celui de la fusion.

Soufflerie.

Le ventilateur est l'appareil généralement admis pour la soufflerie des cubilots.

Le ventilateur Farcot semble être le plus en faveur ; il

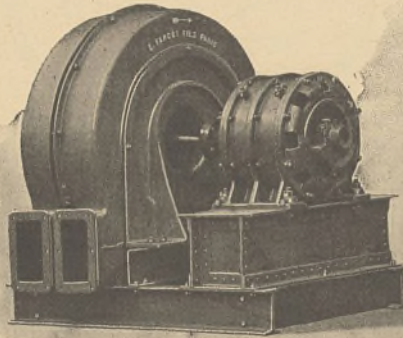


Fig. 4. — Ventilateur Farcot.

remplit d'ailleurs toutes les qualités désirables, au point de vue du rendement, de la solidité et du silence.

Comme il a été dit plus haut, le cubilot étant un appareil d'une extrême simplicité, construit selon les caprices du fondeur ou du constructeur, il est difficile d'établir une relation exacte entre ces deux appareils, mais il y a tout intérêt à prendre un ventilateur d'un diamètre et d'un débit plus grands que celui supposé.

Quelques fondeurs ont adopté la soufflerie Root, mais cet appareil est moins répandu que le ventilateur, quoique donnant de très bons résultats.

Il est indispensable d'établir une colonne d'eau sur la boîte à vent près du cubilot, afin de vérifier la pression ;

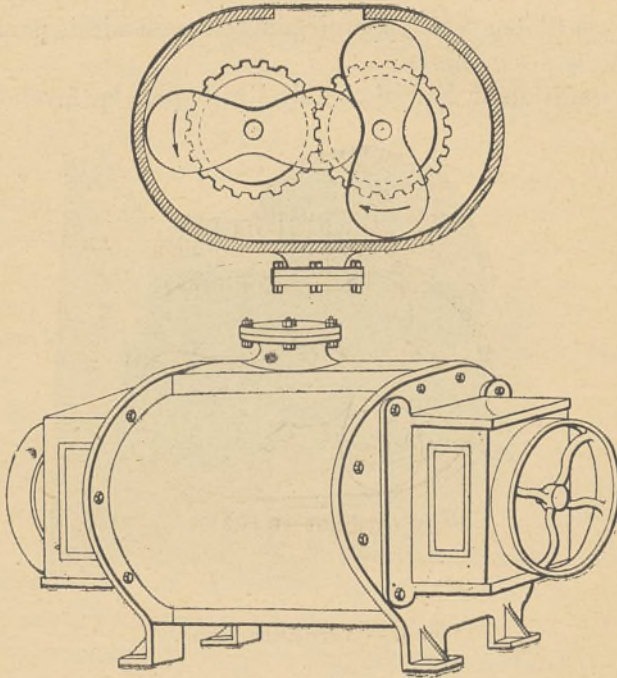


Fig. 5. — Soufflerie Root.

par mesure de précaution on peut en établir une autre à la sortie du ventilateur.

Modelage.

Le modelage est la partie la plus délicate et la plus indispensable en fonderie, aussi il est intéressant, même pour les plus petites fonderies, d'avoir au moins un modelleur attaché à l'établissement, car il arrive très souvent qu'en travaillant sur les modèles des clients, on y ren-

contre des difficultés de moulage, en raison du modèle plus ou moins bien compris, et que le fondeur a tout intérêt à faire transformer à son compte.

De même pour la réparation, l'entretien, la fabrication, et surtout la vérification des modèles, placer les planches à trousser, en un mot tout ce qui peut avantager la production et éviter les rebuts au moulage.

Le progrès en cette partie de la fonderie n'a pas apporté de grandes modifications; d'ailleurs, à part l'introduction des machines à travailler le bois, ce qui permet une production plus économique, l'art du modelleur résidera toujours dans la production manuelle, il ne saurait en aucune circonstance être assimilé à la menuiserie ordinaire.

Plus que le mouleur, il exige des aptitudes spéciales: outre qu'il doit être en mesure de façonner le bois artistiquement, il doit connaître le moulage au moins théoriquement, et le dessin industriel mieux que ce dernier, car de lui dépend déjà une partie de la réussite.

Aujourd'hui le modelage semble suivre une orientation nouvelle qui consiste à faire la plus grande partie de la pièce, dans ses formes extérieures, par boîtes à noyaux. Ce système s'applique aux modèles dont les formes entraînent à des difficultés de moulage, il a l'avantage de supprimer l'armature des chappes, les mottes, etc., il simplifie le moulage qui peut être confié à un ouvrier ordinaire, il augmente les chances de succès.

L'usage, aujourd'hui très répandu, de peindre les modèles est à conseiller; on emploie pour cela un vernis à la gomme laque dissous dans l'alcool à 90°; mélangé au noir de fumée léger ou autre substance, ce vernis a pour effet d'empêcher l'humidité de pénétrer dans les pores du bois, d'empêcher aussi les allongements et les gauchisse-

ments ; il donne des moulages plus parfaits, puisqu'ils sont plus polis, il est bon même de répéter cette opération sur les modèles où l'on travaille en série, chaque fois que le sable commence à devenir adhérent.

L'on ne saurait trop insister sur l'emmagasinage par casier, avec nomenclature pour chaque client ; il y a là un bénéfice à réaliser sur les pertes de temps et de modèle, et une facilité pour tous à trouver celui que l'on désire.

Procédés de moulage.

Les procédés de moulage n'ont changé en aucune façon, depuis de longues années ; cependant l'on est arrivé à produire plus économiquement quantité de pièces, par ce fait que toutes les branches de l'industrie ont une tendance à se spécialiser, et en fonderie particulièrement, il n'en est guère qui ne se livrent à un genre de fabrication spéciale ou tout au moins à certains travaux d'un usage courant.

La mise en chantier d'une pièce quelconque entraîne toujours à une étude, à des hésitations, à la recherche des châssis, d'outillage approprié, augmentant ainsi le prix de la main-d'œuvre, qui rendrait les affaires impossibles, si elle était toujours appréciée à sa juste valeur, mais lorsque ces pièces sont destinées à un client fidèle, l'on se contente des résultats obtenus sur l'ensemble.

C'est donc plutôt dans l'outillage que l'on s'attache à rechercher les perfectionnements que dans les procédés mêmes.

Lorsqu'il s'agit de reproduire un certain nombre d'exemplaires d'un même modèle, on estime que l'on peut gagner un cinquième du temps de la seconde à la première et un quart sur les pièces suivantes.

La spécialisation s'est développée à tel point que le fondeur a parfois plus d'intérêt à s'adresser à un confrère pour la fourniture de certaines pièces qui lui sont demandées.

Il est difficile de lutter comme prix et qualité avec les Ardennes pour l'article dit « de Paris » et pour la pièce mince, en général. Cette supériorité provient des sables de première qualité que l'on trouve dans toutes les Ardennes et faciles à extraire, ainsi que la facilité de s'approvisionner des fontes extrêmement fluides du bassin de Longwy.

C'est encore dans cette contrée que se fabrique la plus grande partie des pièces destinées à l'automobile, aux petits moteurs, ainsi que les petites pièces destinées à l'horlogerie.

Pont-à-Mousson possède l'outillage le plus moderne et le plus perfectionné pour la fabrication des tuyaux et des colonnes.

La poterie, l'ornement, comme les balcons, barres d'appui, pieds de banc, de table, statues, etc., sont les spécialités de la Haute-Marne ;

La poulie, la turbine, l'engrenage, celles du Doubs et des Vosges ;

Les éléments de radiateur, la fonte malléable, de Dôle ;

Les aciers moulés de Paris et Saint-Dizier.

Toutes ces spécialités sont dues à la qualité du sable, de la fonte, de la production habile des ouvriers rompus à ces genres de travaux, à la méthode appliquée à des fabrications sans cesse répétées, ainsi qu'à l'amélioration constante d'un outillage toujours utilisé.

Parmi les nombreuses spécialités remarquables par leurs procédés de fabrication, on peut citer l'élément de radiateur (fig. 6) dont le moulage se fait d'une façon aussi

simple qu'habile par des ouvriers généralement non mouleurs.

Un demi-modèle métallique, en bronze le plus souvent, car ce métal donne des moulages plus parfaits, est fixé sur un plateau en fonte ou en fer raboté.

Chacune des parties du châssis, qui sont interchangeables, viennent s'engoujonner entre elles sur un plateau.

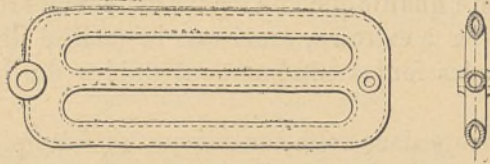


Fig. 6. — Radiateur.

La partie de dessous est placée sur le plateau, elle ne porte pas de barette, ce qui facilite le serrage, une légère couche de sable vert, passé au tamis fin, vient recouvrir la plaque modèle, puis le châssis est rempli de sable et foulé aux pieds de tout le poids du corps de l'ouvrier, un coup de pilette suffit à achever le serrage, on passe alors une règle sur le châssis, afin d'enlever le sable qui pourrait désaffleurer et l'on tire de l'air en grande quantité, on recouvre cette partie de châssis d'une plaque percée d'une multitude de trous qui permettent l'échappement des gaz, on agrafe les trois parties ensemble et on retourne le tout, on frappe légèrement sur le plateau avec un maillet en bois, et on le soulève verticalement; si l'opération a été bien conduite, on obtient ainsi une partie du moule sur laquelle l'outil n'a pas à intervenir.

L'on procède de la même façon pour la partie de dessus, mais celle-ci porte des barrettes, on place à l'une des extrémités du modèle une coulée d'une longueur de dix à douze centimètres environ et 3 millimètres d'épais-

seur et fortement évasée à la partie supérieure; après le serrage du sable, on soulève la partie de châssis, la plaque modèle reste en place.

Le remmoulage se fait tout aussi simplement en plaçant le noyau du corps sur les deux petits noyaux ronds d'orifice de la pièce qui lui font prendre sa position exacte parmi ses faibles épaisseurs.

Le noyau est fait d'un mélange de sable de rivière et d'huile de lin; mais comme ce sable n'offre aucune résis-

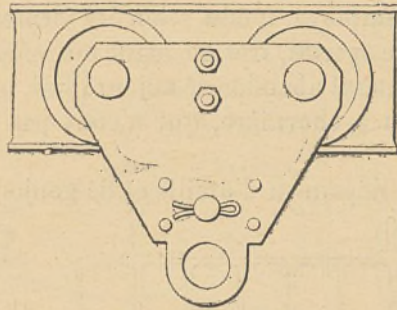


Fig. 7. — Trolley.

tance, il doit être séché dans des boîtes à noyau métallique, placées sur un chariot à étagère dans une étuve spéciale.

Deux ouvriers sont associés pour ces travaux, afin de se donner mutuellement la main, la production est en moyenne de 25 moules par jour.

Lorsque tous les moules sont préparés, on les soulève d'un côté pour les incliner de 20 centimètres environ, afin de faciliter le remplissage au moment de la coulée, car ces pièces, d'une longueur d'un mètre environ, n'ont qu'une épaisseur moyenne de 5 à 6 millimètres.

Tous les moules sont placés sur une même ligne, à l'aplomb d'une tige en fer à crochet suspendue à un trolley pour le transport de la poche de coulée.

Un autre procédé pour le moulage des bornes d'emmarage, colonnes et tuyaux fabriqués en série.

Le modèle métallique ou en bois est en deux parties portant goujons, elles sont séparées par une plaque en tôle de 8 à 10 millimètres d'épaisseur, dépassant les dimensions du châssis de quelques centimètres et percée de trous pour le passage des goujons du modèle, permettant à ceux-ci de se juxtaposer d'une façon précise de chaque côté de la plaque.

Le châssis employé, fondu selon les formes du modèle, est d'un genre spécial, très en vogue autrefois, mais presque complètement abandonné aujourd'hui, appelé châssis à tabatière ou à charnière, qui n'était pas sans intérêt (fig. 8).

Ce châssis, dépourvu d'oreille et de goujon, porte d'un

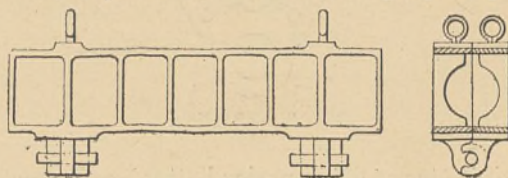


Fig. 8. — Châssis à tabatière.

côté des gonds, de l'autre des anneaux pour le passage des crochets de chaîne; pour dédoubler, on accroche d'un côté par les anneaux et on soulève le châssis qui s'ouvre comme une tabatière, d'où on lui a appliqué ce nom.

L'avantage que présente ce châssis est l'économie de temps sur la manœuvre et son peu d'encombrement, puisque, après être dédoublées, les deux parties restent côte à côte à quelques centimètres l'une de l'autre, mais il est bien entendu qu'il ne peut être employé que pour des pièces n'offrant au joint que des surfaces à peu près planes.

La mise en chantier s'opère en plaçant le modèle sur la plaque entre les deux parties de châssis, la partie de dessous étant serrée, on retourne le tout, puis on soulève la partie de dessus pour placer sur la plaque la deuxième partie du modèle avec la partie de dessus.

Un autre procédé de moulage très économique consiste

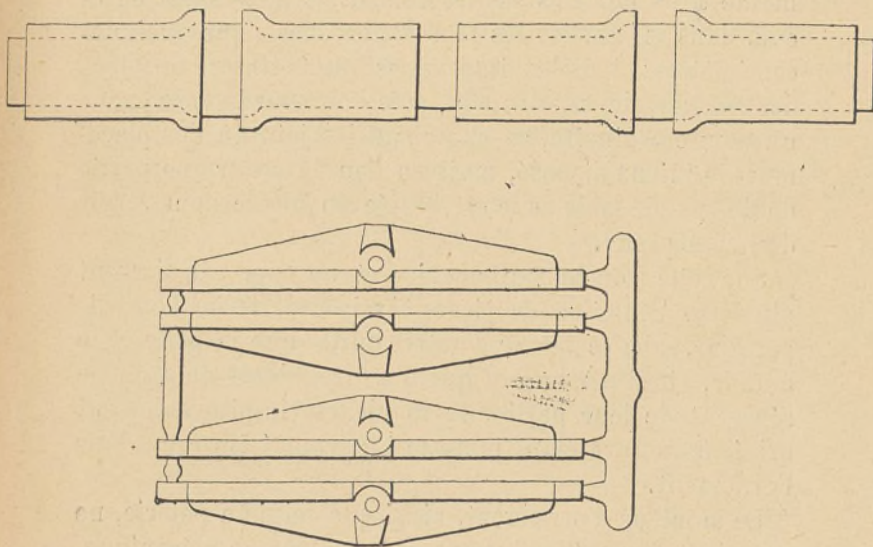


Fig. 9 et 10.

à réunir plusieurs modèles soit par la monture, soit par la coulée, et d'opérer le moulage comme sur un seul, ainsi des modèles cylindriques (fig. 9) des barreaux de grilles (fig. 10), etc.

Le moulage d'ornement n'offre qu'un intérêt médiocre, si ce n'est par son extraordinaire rendement.

Ainsi un pied de table pour marbre de café est payé de 0,20 à 0,25 centimes de fabrication, il pèse environ 9 kilogrammes, sa hauteur est de 70 centimètres, la lar-

geur à la partie supérieure est de 40 centimètres, à la base 25 centimètres.

Les châssis, pour ce genre de travail, sont toujours coulés en bonne fonte, ils sont minces et bas, et par suite très légers.

L'on dispose sur une fausse partie en sable, deux et même trois modèles s'entrecroisant et ne laissant entre eux, dans les parties les plus rapprochées, que quelques centimètres; dans les intervalles restés libres, on place des rosaces, des motifs, etc., puis l'on opère comme pour un moule ordinaire, en cherchant les joints à l'emplacement le mieux disposé, mais au lieu de serrer une partie de dessus en sable, elle est coulée en plâtre pour servir de fausse partie.

Sur cette couche, un ouvrier et un apprenti tireront plusieurs centaines de pièces à raison de 10 à 12 châssis par jour, sans se servir d'autres outils que la pelle et le fouloir, et, si par hasard quelques fragments de sable se séparent de leur partie, le moule est impitoyablement brisé, le raccord étant presque totalement inconnu dans l'ornement.

Le mouleur d'ornement, ainsi que celui en poterie, ne sauraient être confondus avec le mouleur en mécanique, car si ce dernier a le privilège de fabriquer tous genres de travaux, il ne saurait produire avantageusement les pièces dont il est question plus haut, car il est enclin, par la nature que lui ont donnée un long apprentissage et les nombreuses et variées difficultés qu'il y rencontre, à prendre des précautions, sinon nuisibles, en tous cas fort inutiles.

Inversement, le mouleur en poterie ou d'ornement, à part quelques travaux d'extrême simplicité, ne peut se rendre utile dans la mécanique qu'après un second apprentissage.

Moulage au trousseau.

Le moulage au trousseau est vulgarisé aujourd'hui au point qu'il n'est pas nécessaire d'avoir à fournir une pièce complètement circulaire pour l'utiliser.

L'on peut mouler au trousseau indifféremment, avec arbre vertical, horizontal, trousseau carré ou rectangulaire, avec trousse et gabarit.

Le trousseau avec arbre vertical est le plus répandu, c'est ainsi que l'on obtient les cuves, les poulies, les engrenages, les turbines, etc.

Le troussage d'une poulie n'a rien de particulier, si ce n'est que, pour celle en deux pièces, certaines fonderies emploient encore des galettes de coupage en terre ou en sable, qui donnent une rupture plus difficile, tandis que la plaque de coupage en fonte, dont les extrémités se terminent en angles aigus, enduite d'une couche d'huile de lin et de sable sec séché à l'étuve, donne une rupture plus nette; il est à recommander seulement d'avoir soin de mettre deux coulées de même diamètre sur le moyeu de chaque côté de la plaque, afin que la fonte se répande d'une façon uniforme dans toutes les parties du moule, et que les plaques ne fondent pas à son contact.

Le troussage d'engrenages ne change pas, mais la façon de placer les dents est très différente; dans certaines fonderies, on place sur la circonférence des mottes contenant plusieurs dents obtenues dans des boîtes à noyaux, s'il reste un espace libre entre les deux dernières, ou si, au contraire, il ne restait pas suffisamment de place pour la dernière, on avance ou on recule les mottes jusqu'à ce qu'elles se joignent parfaitement.

Un autre procédé plus ancien consiste à tracer, avec

un fragment de couronne portant plusieurs dents, l'emplacement de chacune sur la circonférence, ce tracé étant obtenu on remet le fragment de denture sur la circonférence, et l'on serre le sable dans chaque intervalle pour obtenir la dent sur place.

Aujourd'hui l'usage d'une boîte à noyau ne donnant qu'une dent est très répandu, mais l'on se contente bien souvent, pour mettre les dents sur place, de tracer une division en quatre, six, huit ou douze, et encore, cette division étant tracée sur le sable du joint, est-elle plus ou moins juste ; aussi il arrive qu'au remmoulage l'on tombe à peu près bien à la première, un peu plus mal à la seconde, on resserre alors les dernières places, et si c'est d'une roue d'angle qu'il s'agit, les dents rayonnent peu ou pas du tout.

Les spécialistes de Saint-Dié ont adopté un moyen pratique et habile donnant une précision irréprochable : il consiste à faire un tracé du nombre de dents sur un cercle en fer ; ce cercle est cintré sur le moule d'après l'arbre du trousseau, une planche droite pour les engrenages droits est fixée au porte-planche, elle porte un gabarit à chevron, ou incliné, ou hélicoïdal suivant le cas ; une tige dont l'extrémité est pointue, en cuivre si possible, afin d'enlever une partie de sa rigidité, est fixée de même au porte-planche, la pointe venant se placer au-dessus du point de division ; on place alors une dent dans la portée en l'appuyant contre le gabarit, on la fixe avec des pointes à sable, puis on retire le porte-planche en arrière ; on place une deuxième dent à côté de la première, on ramène le porte-planche en avant, le gabarit portant contre la dent ; à ce moment la pointe de la tige doit se trouver exactement au-dessus du deuxième point de division, si elle le dépasse, la dent est trop faible,

si, au contraire, elle ne l'atteint pas, elle est trop forte, il faut donc la râper jusqu'au moment où elle sera assez faible pour permettre à la tige d'arriver à son point de division, alors on l'enduit au dos d'une colle d'amidon, puis on la remet en place et l'on continue ainsi jusqu'à la dernière (fig. 11).

Ce procédé est très apprécié des constructeurs, car il

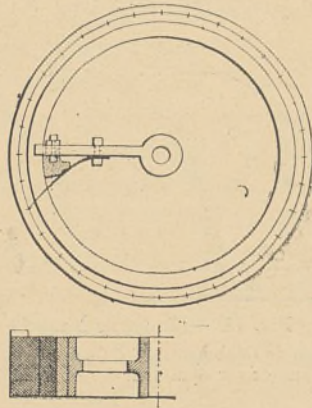


Fig. 11.

permet de livrer des engrenages d'une grande précision, ayant une dureté que ne conserve pas l'engrenage taillé.

Pour les engrenages à lumière, il est préférable de passer le joint intérieur à niveau supérieur de la jante, en battant des mottes à l'extrémité des bras près de la jante, ceci afin d'éviter le frottement de la partie de dessus contre la denture, ce qui se produirait infailliblement si le joint est fait à niveau des bras.

La turbine est troussée avec une grande simplicité, le remmoulage se fait de la même façon que pour les dents d'engrenage, avec cette différence que la division prise

sur le cercle est reportée sur la portée du fond du moule, chaque noyau d'aube prend place dans chacune de ces divisions.

Le plus intéressant, dans le moulage d'une turbine, est certainement d'obtenir la boîte à noyaux d'aube, ou plutôt un noyau qui servira à obtenir cette boîte par le moyen de trousseau (fig. 12).

On commence par faire, sur une tôle de 1 à 2 milli-

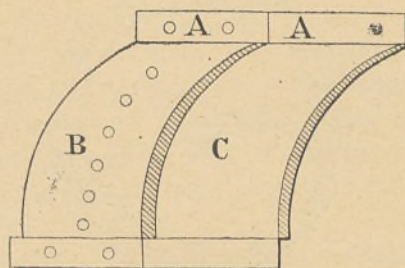


Fig. 12. — Coupe de 2 aubes.

A. Portée. — B. Coupe de l'aube et tracé du gabarit pour noyau. — C. Coupe de l'aube avec épaisseur à serrer en sable.

mètres d'épaisseur, le tracé grandeur d'exécution de la coupe de deux aubes, en y ajoutant 3 centimètres de portée au bas et 2 au-dessus ; on découpe suivant ce tracé deux gabarits, dont un a la forme de l'aube B, l'autre celle d'une partie extérieure correspondante C, on trace à l'aide de l'arbre de trousseau, sur une couche ou sur une plaque, le diamètre intérieur, le diamètre extérieur, le diamètre moyen ainsi que l'ouverture de l'aube.

Sur le diamètre moyen et sur la ligne d'ouverture de droite pour les turbines tournant à droite ou de gauche pour celles tournant à gauche, on place le gabarit d'extérieur, puis l'on serre du sable enveloppant le gabarit, et sur toute la largeur de la turbine, on trousse avec une

règle en fer tranchante, fixée au porte-planche et coulissant le long de l'arbre en la laissant porter et suivre les formes du gabarit.

Cette première opération donne l'empreinte de la face inférieure de l'aube C.

Après l'avoir lissé et frotté au sable sec, on place le deuxième gabarit, celui ayant la forme de l'aube, dans lequel on a percé des trous pour le passage du fer, car celui-ci sert en même temps d'armature ; puis on serre le sable, et l'on trousse, comme il vient d'être expliqué, on obtient ainsi la forme de la face supérieure.

Un coup de trousse vertical à la dimension des diamètres intérieur et extérieur donne la largeur du noyau qui est séché et sur lequel on tirera la boîte à deux parties.

Toutes les mesures sont prises à double retrait.

Comme généralement le bord des aubes se termine en lame de couteau, la disposition de la coulée joue un très grand rôle ; si l'on veut les obtenir nets et vifs, il est de toute nécessité de couler par le moyeu, avec un grand nombre de tranches lorsqu'il est possible, et une large coulée en entonnoir, en versant brusquement et d'une hauteur d'au moins 1 mètre.

L'hélice est trussée par le même procédé, c'est-à-dire en faisant coulisser le porte-planche le long de l'arbre, l'extrémité de la planche reposant sur les gabarits et s'élevant en suivant leur forme dans son mouvement circulaire.

Il existe plusieurs genres d'arbres de trousseau vertical, l'un des plus anciens que l'on retrouve encore dans quelques fonderies consiste en un arbre carré, dont les deux extrémités sont tournées, sur une longueur d'environ 10 centimètres ; celle du bas pivote dans un moyeu quelconque, celle du haut dans un coussin est fixée à une

traverse en bois reposant sur deux piles de châssis remplis de sable.

Ce système long à installer est très encombrant, aussi on ne le rencontre pas souvent.

Un autre système plus employé est un arbre fixé dans une crapaudine, une bague avec vis de serrage soutient le porte-planche qui est mobile, ce système laisse à désirer, car l'alésage du porte-planche est toujours un peu grand

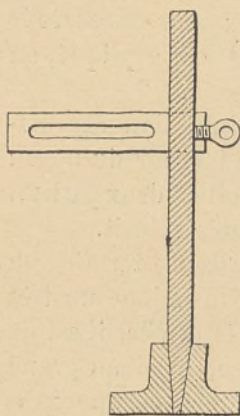


Fig. 13. — Arbre de Troussseau.

pour faciliter l'évolution, aussi les moulages obtenus sont moins précis, le réglage de la bague est aussi plus difficile que celui du porte-planche, elle gêne en même temps au placement de la planche.

Le système le plus recommandable et le plus employé est un arbre tournant dans une crapaudine conique, le porte-planche est fixé sur l'arbre à l'aide d'une vis de serrage, pour un arbre de 40 millimètres; on donne 20 millimètres de cône, si celui de l'arbre correspond exactement à celui de la crapaudine

on l'enduit d'une épaisse couche de graisse consistante, on obtient ainsi une évolution parfaite sans serrage et sans frottement (fig. 13).

Un procédé simple, supprimant crapaudine, arbre, chappe, etc., consiste à ajouter à la planche à trousser, à son axe, une épaisseur de planche qui permet de fixer au centre une pointe de menuisier dont on a enlevé la tête.

Au centre de l'emplacement choisi pour mouler la pièce, on enfonce un pivot en bois de 15 à 20 centimètres

de long, dans lequel on ménage un trou pour le passage de la pointe fixée à la planche.

On peut trousser avec ce système des pièces ayant jusqu'à 1 mètre de diamètre, mais il y a lieu de tenir la planche toujours bien horizontalement, et de s'en assurer, en plaçant le niveau en tous les sens de la surface du moule.

Un coude peut être trousé, s'il a la forme d'un quart

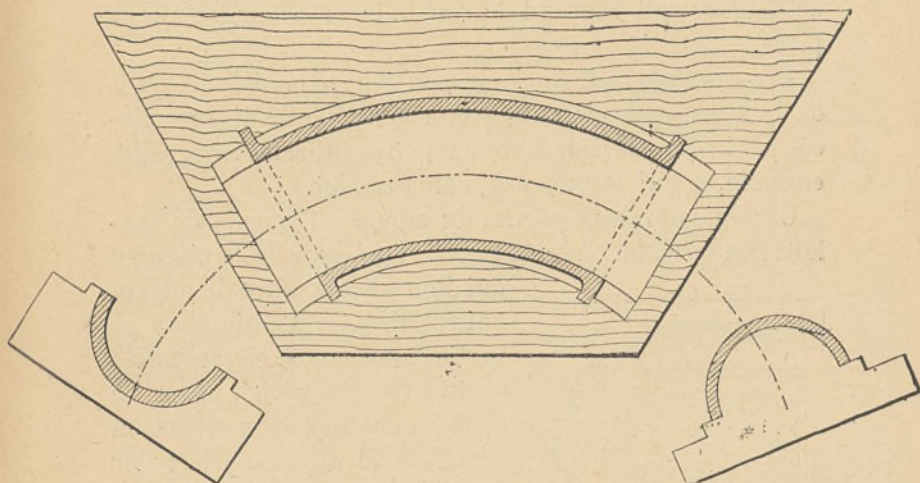


Fig. 14. — Gabarit et trousses pour troussage d'un coude.

de cercle, avec un arbre de troussage, mais si l'une de ses extrémités ne rayonne pas, il est préférable de trousser au gabarit.

Le gabarit donne les formes extérieures de la pièce ; si le coude est à brides, les brides sont fixées au gabarit et servent de barre d'écartement, le noyau est troussé en même temps que la pièce.

Le gabarit étant en place, on troussé la partie de des-

sous au diamètre intérieur de la pièce, cette partie affectera la forme de la boîte à noyau dans laquelle on servira du sable, autour d'une armature jusqu'à la partie supérieure du noyau, on trousse alors cette partie au diamètre extérieur de la pièce, sur laquelle on serre la partie de dessus, cette partie étant serrée on l'enlève, puis on trousse une épaisseur qui ramène le noyau à son diamètre, on l'enlève, et on trousse dans la partie de dessous qui reprend à son tour le diamètre de la pièce.

Dans beaucoup de fonderies, on évite le modèle de coude ou le troussage par une carcasse composée de disques placés par intervalles sur une âme, on comble les intervalles en sable, ce qui donne un modèle complet.

Chacune des deux parties du moule est garnie de galettes en terre ou en sable ayant l'épaisseur de la pièce, ce qui donne le diamètre du noyau, qui est tiré par moitié dans sa partie respective et assemblé après avoir été séché, on retire alors les galettes du moule et on y replace le noyau après avoir étuvé l'un et l'autre.

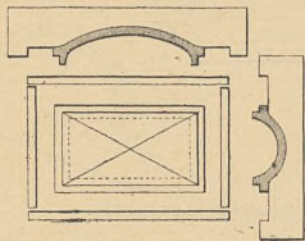


Fig. 15. — Disposition des trousses et règles pour trousser un carré ou rectangulaire.

Ce système est plus coûteux que le troussage et donne des épaisseurs beaucoup moins régulières.

On trousse aussi carré ou rectangulaire à l'aide de quatre règles placées de niveau deux à deux selon l'écartement des trousses.

Ainsi un couvercle bombé, une boîte de vapeur, un cylindre, une embase, un cadre de regard sont autant de pièces très faciles à trusser, toutefois avant de choisir

ce système il reste à étudier s'il y a intérêt sur la fabrication d'un modèle.

Le trousseau carré, sinon inconnu, tout au moins fort négligé, est cependant aussi simple d'exécution que le trousseau circulaire, ou le troussage d'un coude avec lequel il a beaucoup d'analogie, les règles remplacent le gabarit obligatoire dans les formes variées du coude, les trousses sont absolument identiques à celles de ce dernier, chacune d'elles donne d'abord la forme supérieure du moule, sur laquelle on serre la partie de dessus, celle-ci étant obtenue, on troussé l'épaisseur de la pièce avec les cordons, les emboîtements, etc., en y imprimant les bossages et les nervures que pourraient exiger les formes et les besoins de la pièce.

Lorsque les surfaces à trousser circulairement offrent des cordons ou des moulures, on les obtient très rapidement et très nettement en versant, devant la planche, un coulis clair de sable fin délayé dans l'eau, mais alors on doit opérer avec beaucoup de célérité et sans arrêt afin d'éviter l'adhérence du sable à la planche à trousser.

Moulage en terre.

Le mouleur en terre doit non seulement réunir les capacités imposées au mouleur en sable, ainsi que celles du noyauteur, mais il doit posséder encore une connaissance approfondie du dessin.

Sa responsabilité est d'autant plus grande que les travaux à exécuter en terre sont généralement d'un tonnage élevé.

Cependant ce procédé, si intéressant qu'il soit, sans être appelé à disparaître, semble, dans un avenir prochain, être supplanté par le moulage en sable, celui-ci étant beaucoup plus économique.

Les pièces moulées en terre sont généralement plus belles que celles obtenues par le moulage en sable, la terre résistant mieux à la pression et à l'action de la chaleur que le sable, ce qui fait qu'elle est plus recherchée dans les moulages de grandes dimensions et de fort tonnage.

En France, il n'y a plus que très peu de fonderies qui pratiquent le moulage en terre parmi lesquelles on peut citer le Creusot, le Havre, Nantes, Marseille et quelques fondeurs du Nord. On peut même ajouter qu'en principe ce procédé est utilisé dans chacune de ces usines pour le même genre de fabrication, celle des cylindres, condenseurs et hélices, pour machines marines, tandis que l'Angleterre et la Belgique l'emploient beaucoup plus pour des travaux de moindre importance.

Quoique ce procédé ne nécessite ni modèle ni châssis il est beaucoup moins économique que le moulage en sable.

Comme il a été dit il exige de la part du mouleur beaucoup de capacités, aussi celui-ci se fait payer très cher, et comme il y a beaucoup d'études et d'attention dans ce genre de travail, il ne faut pas compter sur la production du chef de chantier, qui compte toujours plusieurs ouvriers sous ses ordres.

Les arrêts pour le séchage, la fabrication des armatures, le râpage, les dispositions spéciales à prendre au moment de la coulée, etc., augmentent considérablement le prix de la main-d'œuvre, et cependant dans certains travaux il est encore préférable d'avoir recours à ce procédé.

Bien connaître le trousseau est la condition essentielle du moulage en terre, la mise en chantier s'opère d'après ces principes, l'arbre est un peu spécial, l'une de ses extrémités repose sur la pointe d'un pivot, en haut il re-

çoit une pointe filetée maintenue par une potence fixée au mur.

Placer l'arbre bien verticalement avec un fil à plomb, le pivot du bas reposant sur une bonne assise, la potence immobilisée et rigide, sont des précautions rigoureusement nécessaires pour obtenir une précision exacte dans toutes les parties de la pièce, car la planche troussant le corps cylindrique est le point de départ de toutes les parties formant l'ensemble du cylindre lorsqu'il s'agit de pièces telles que tubulures, brides, nervures, orifices, échappements, etc.

La plaque sur laquelle repose le moule doit être de forte épaisseur, capable de supporter le poids des armatures, de toutes les matières qui composent le moule, le poids de la pièce, et résister à la pression qu'exerce la fonte liquide, ainsi qu'aux emmenrages qui réuniront le tout au moment de la coulée.

Cette plaque est garnie d'un ou deux rangs de briques selon l'importance et le poids de la pièce, espacées entre elles de deux à trois centimètres, chaque intervalle est rempli ensuite avec des escarbilles ou des déchets de coke, une couche de terre de deux à trois centimètres recouvre le tout.

Les chappes du moule sont composées d'un certain nombre de rangs de briques, assemblées entre deux armatures reliées par des boulons à écrous, ces boulons ne sont définitivement serrés qu'après un premier séchage.

Le moule en terre étant complètement terminé est placé dans une fosse maçonnée si possible, sinon des plaques sont placées aux parois du moule et de la fosse pour recevoir des étançons, puis entouré de sable et pilonné depuis sa base jusqu'à son niveau supérieur.

Le jour de la coulée, on fait passer un courant d'air

chaud dans le moule, en plaçant dans un brasier un tuyau en serpentin qui reçoit le vent du ventilateur et qui réchauffe la pièce dans toutes ses parties, chassant ainsi l'humidité qui aurait pu s'y produire, pendant la durée du remmoulage.

Pour empêcher les scories de s'introduire à l'intérieur

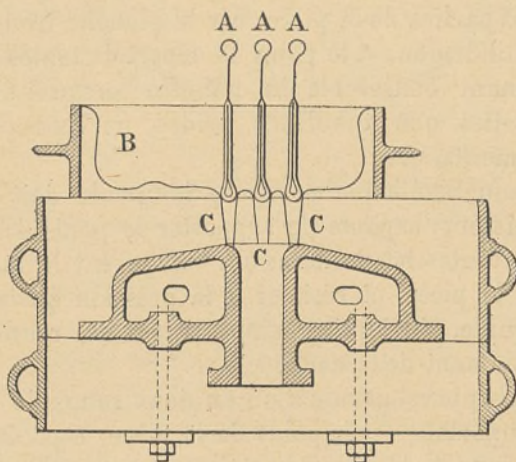


Fig. 16. — Coulée à quenouilles.
A. Quenouilles. — B. Bassins. — C. Coulées.

du moule pendant la coulée on emploie le système dit : à quenouilles ; il se compose d'un bassin élevé au-dessus de la pièce dans lequel des trous sont ménagés à distance déterminée, chaque trou est recouvert par un tampon en terre en forme de poire, placé à l'extrémité d'une tige à anneaux ; lorsque le bain est complètement plein, on retire les quenouilles à l'aide d'une barre de fer passée dans l'anneau, on continue à alimenter le bassin à mesure que la fonte s'introduit dans le moule, des dégorgeoirs sont ménagés sur plusieurs points de la pièce pour déverser le trop-plein,

Quelques instants après la coulée, lorsque l'on suppose que la fonte est suffisamment solidifiée, il est bon de desserrer tous les boulons, afin de ne pas gêner les mouvements du retrait.

Moulage à vert et étuvé.

Quoique le procédé soit absolument le même, il existe une nuance, c'est-à-dire que le foulage diffère, aussi lorsque l'on s'aperçoit que le sable d'un moule est foulé trop dur, il est préférable de l'étuver.

Les pièces mécaniques destinées à être travaillées doivent être de préférence étuvées, ainsi que toutes celles dont le poids trop élevé déformerait les moules en sable vert.

L'étuvage augmente considérablement le prix de la main-d'œuvre, tant en combustibles qu'en manutention des moules, aussi il ne faut pas manquer l'occasion de couler les pièces en sable vert, chaque fois qu'il est possible.

Dans les pièces de grandes dimensions, si l'on n'est pas absolument certain que le moule résiste à la fonte, on peut le flamber avec des copeaux, de la paille, de la bruyère, mais de préférence avec des aiguilles de pin.

Les petites pièces qui, en raison de leurs faibles épaisseurs, présentent des difficultés au parcours de la fonte sont flambées à la résine.

Noyautage.

Le noyautage est la partie la plus délicate dans la fabrication d'un moule, aussi il n'est pas douteux qu'une grande partie des rebuts soit dus à des noyaux défectueux.

Le noyauteur et le mouleur forment deux catégories d'ouvriers bien distincts.

Depuis quelques années, l'usage se répand dans beaucoup de fonderies de supprimer le noyauteur, laissant aux mouleurs le soin de fabriquer leurs noyaux.

Ce système donne d'assez bons résultats tant qu'il s'agit de noyaux en sable, mais dès qu'il s'agit de noyaux en terre à trousser sur une lanterne, on se trouve en présence de nombreuses difficultés, car tous les ouvriers n'ont pas les mêmes aptitudes pour ce genre de travail qui nécessite toujours une petite installation; de là il s'ensuit des pertes de temps assez considérables.

Dans une fonderie moderne, il est préférable d'avoir un atelier de noyautage, muni d'un petit pont roulant, et d'un banc fixe pour trousser les noyaux sur lanternes, avec un côté coulissant pour les différentes longueurs, des rayons pour recevoir les boîtes pour noyaux ronds ou carrés ordinaires, ainsi qu'une étuve spéciale, le tout placé sous la conduite d'un bon noyauteur qui veillera à l'entretien des boîtes et évitera de livrer des noyaux déformés ou insuffisamment secs.

L'on a bien essayé de supprimer les lanternes en fonte, si lourdes, en troussant par plusieurs couches sur un arbre en fer ou en fonte, en entourant le noyau à chaque couche ou simplement à la dernière de barres de fer épousant les formes et reliées par des cercles, mais ce système long et coûteux n'a pas eu beaucoup de succès, d'ailleurs on peut l'admettre facilement dans les pièces coulées verticalement, mais il nécessite beaucoup de précautions dans celles coulées horizontalement, afin d'éviter qu'il se déforme ou se plie sous la pression de la fonte.

La lanterne en fonte est certainement lourde, il est

donc indispensable d'avoir des plaques d'assises sous les portées; mais elle résiste avantageusement à la dilatation instantanée des gaz qui s'enflamment subitement dans le vide du noyau; aussi lorsque l'on ne peut employer de lanterne comme, par exemple, dans les coudes, où, comme il a été expliqué, le noyau est fabriqué par moitié dans chaque partie du moule à l'aide de simples armatures, il est préférable, surtout pour les coudes de grandes dimensions, au lieu de remplir les vides avec du coke, de les combler en sable demi-frais, et d'y tirer de l'air avec une broche, car il arrive parfois que le noyau se fendille sous la pression du coup de gaz et la fonte pénètre à l'intérieur.

Le noyateur, comme le mouleur, doit d'abord s'attacher à reconnaître la bonne qualité des matières premières à employer.

Les sables très silicieux sont les plus recherchés pour les noyaux en sable ordinaire.

De grands progrès ont été faits depuis quelques années dans les matières à employer au noyautage, mais tous ne sont pas encore très répandus.

Les noyaux cylindriques et en partie presque tous les noyaux troussés sont fabriqués en terre dont la composition suit :

- 1 partie sable neuf;
- 1 partie sable vieux;
- 1 partie crottin de cheval,

le tout passé dans un tamis assez gros et broyé aux pieds ou au fouet, mais préférablement aux meules après y avoir ajouté la quantité d'eau suffisante.

Pour les noyaux d'évidement fabriqués en sable dans des boîtes et principalement pour ceux enveloppés presque entièrement par la fonte, on emploie la même

composition, mais sans être broyée, simplement bien mélangée, et arrosée comme le sable de moulage.

Pour les noyaux ronds, carrés ou ovales ordinaires, on peut employer le sable de moulage, ou encore une composition de deux parties de sable neuf et une partie de sable de rivière, ce sable a l'avantage de devenir friable après la coulée et facilite le dessablage.

Une autre composition employée dans certains travaux pouvant dispenser des armatures, et très difficile à vider après la coulée, est la suivante :

- 4 parties sable de rivière ;
- 1 partie farine de seigle.

Les noyaux doivent être séchés dans des boîtes métalliques, car ce sable étant frais n'a aucune consistance, mais il ne faut pas les placer trop près du foyer, car ils brûlent très facilement, et tombent alors en poussière, ou se désagrègent au contact de la fonte.

Le sable à l'huile est composé de :

- 4 parties de sable de rivière ;
- 1 litre huile de lin.

Comme le précédent, il est séché dans des boîtes métalliques.

Un autre sable à noyau qui rend d'excellents services dans les fonderies où on ne fond pas tous les jours, n'exigeant pas d'air et ne craignant pas l'humidité est le sable à la résine, composé ainsi :

- 4 parties sable extra-silicieux (98 % de silice) ;
- 1 partie résine.

Le tout est passé au tamis très fin ; comme les deux précédents il n'offre aucune résistance, et pour le travailler on est obligé de l'agglomérer en délayant de la terre glaise dans l'eau et passée au tamis fin. Les noyaux obtenus avec ce sable sont très résistants, étant secs, ils

permettent de remmouler au fur et à mesure de la fabrication, ce qui est un grand avantage pour les fonderies de petites pièces où la fusion n'a lieu qu'une ou deux fois par semaine.

Sable de moulage.

Le sable de fonderie doit posséder trois qualités indispensables : il doit être poreux, plastique et réfractaire.

Suivant les contrées, on le rencontre de couleur et de qualité différentes.

Le sable donnant les mélanges les plus parfaits pour les petites pièces en fonte ou en cuivre est le sable de Fontenay.

Le sable des Ardennes est aussi très apprécié.

Composition du sable à houille ou sable vert :

2 parties de sable neuf;

3 parties de sable vieux;

1/2 partie de houille pour petites pièces;

1 partie de houille pour grosses pièces.

Pour le sable d'étuve, on peut admettre la même composition moins la houille.

Le noir minéral ou la houille ajoutée au sable a pour but de faciliter le dégagement des gaz, en s'enflammant au contact de la fonte, en même temps il diminue l'adhérence du sable à la pièce.

Cependant son emploi doit être rigoureusement étudié, car s'il entre dans la composition en excès, il produit des piqûres dans la fonte.

Presque toutes les fonderies achètent leur noir minéral tout broyé, mais par mesure d'économie quelques fondeurs se contentent des résidus des lavoirs à charbon qui sont d'un prix relativement peu élevé, les résultats

obtenus avec ces résidus sont assez satisfaisants pour les moyenne et grosse pièces, mais ils laissent un peu à désirer pour l'aspect des petites pièces.

Dans beaucoup de fonderies, principalement dans l'Est, les mouleurs préparent leur sable eux-mêmes, il en résulte une grande économie de ce fait qu'ils ne le gaspillent pas, mais par contre il n'est pas toujours bien préparé et donne des moulages qui ne sont pas du goût des clients.

Dans les fonderies, où on n'emploie pas la force motrice pendant toute la durée des heures de travail, mais seule-

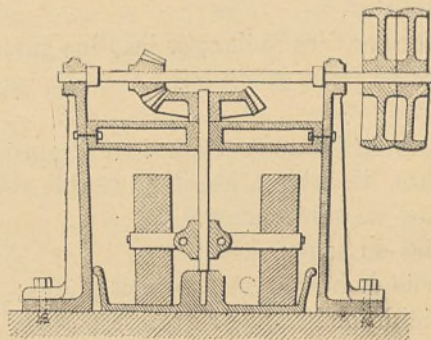


Fig. 17. — Broyeur à sable.

ment au moment de la fusion pour le ventilateur, on se contente de passer seulement le sable neuf au broyeur, puis il est mélangé avec la poussière de terre que l'on tamise, ainsi qu'avec de la houille, après l'avoir arrosé et laissé tremper pendant la nuit.

Dans les fonderies possédant une sablerie, le sable est étendu par couches superposées de vieux, de houille, de neuf, c'est donc déjà allié qu'il rentre au broyeur d'où il est tamisé à sa sortie.

Parmi les nombreux broyeurs existants, celui que l'on rencontre le plus souvent est composé de deux meules

assez lourdes, l'une placée près de l'axe, l'autre suivant les bords de la cuve, un ramasseur, placé en travers et tournant avec les meules, soulève et retourne le sable et régularise le broyage.

Le sable obtenu ainsi est généralement mieux préparé et les moulages sont d'un aspect plus agréable.

Séchage des moules.

Le séchage à l'étuve est le moyen le plus économique, mais il faut mouler en châssis et non dans le sol.

En conséquence, à moins que les dimensions ne s'y opposent, on doit mouler en châssis tous les moules destinés à être séchés, surtout lorsqu'on possède des appareils de lavage assez accélérés.

Dans quelques fonderies, on sèche complètement au charbon de bois, le prix moyen est d'environ 7 francs les 100 kilogrammes ; on juge par ce chiffre que le prix de revient se trouve ainsi considérablement élevé, rien que par le prix du combustible ; d'ailleurs si l'on emploie le coke de gaz ou le coke de cubilot, la dépense, quoique d'un prix inférieur, n'en existe pas moins.

A cette dépense on doit ajouter celle de la perte de temps pour la préparation de la mise au feu, et celle-ci n'est pas moins élevée que la précédente.

Il existe bien une étuve portative, sorte de caisse en fer, contenant un foyer et munie d'un ventilateur avec moteur électrique, mais si elle est économique pour les pièces de grandes dimensions, par contre elle ne s'applique pas aisément à tous genres de travaux.

Aussi pour éviter dans la mesure du possible les frais énormes d'étuvage, s'applique-t-on aujourd'hui à couler des pièces à vert, de grandes dimensions et d'un poids

assez élevé, en les faisant simplement flamber comme il a été expliqué au chapitre des moulages à vert et étuvés.

Un mot au sujet des étuves ordinaires: quelques-unes sont dépourvues de cheminées et c'est bien à tort, celles-ci

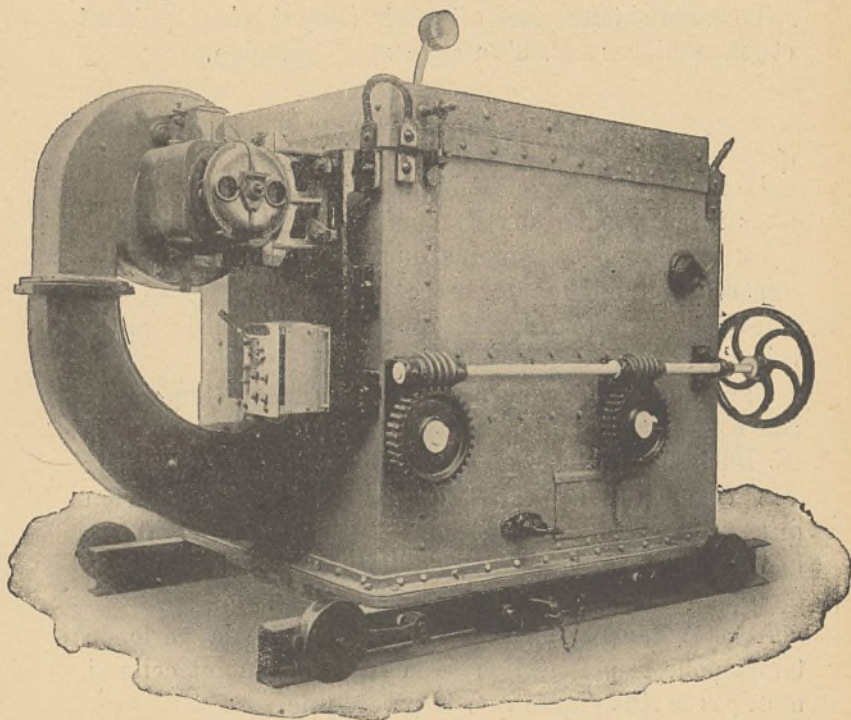


Fig. 18. — Sécheur de moules « Simoun ».

doivent exister, l'ouverture doit être placée à 30 centimètres environ au-dessus du sol, et en sens opposé au foyer.

Le séchage s'opère beaucoup mieux dans ces étuves, car les vapeurs qui se dégagent des moules s'échappent avec facilité par cette cheminée.

Préparation des moules pour la coulée.

Le remmoulage est une partie essentiellement délicate, mais il ne saurait soulever aucune observation étant la conséquence directe du moulage d'une pièce quelconque, c'est-à-dire qu'il est partie intégrale de chaque genre de pièce.

Lorsque le remmoulage est terminé il reste à maintenir toutes les parties de châssis ensemble, de façon que la fonte ne puisse trouver aucune issue par la pression qu'elle exerce sur toutes les parties du moule, autre que par les jets ou événements qui lui sont spécialement réservés.

Lorsque le moule est confectionné en châssis, la chose est très simple, il n'y a qu'à agraffer chaque partie par les oreilles où les brides de chacun d'eux.

Si l'on moule dans le sol, la meilleure disposition à prendre est d'avoir un châssis ou une plaque, placée à une profondeur déterminée d'après la hauteur de la pièce, après laquelle on peut accrocher des tirants ou autres amarrages qui viendront se relier avec la portée de dessus.

Cette précaution a encore un autre but : dans les fonderies où l'on moule beaucoup dans le sol, la mise en chantier s'effectue dans un endroit quelconque.

Au démoulage de la pièce, la fosse est comblée avec le sable même du moule.

Or, après un certain temps, on se trouve à venir mouler sur une partie de l'emplacement de la pièce précédente ; à cet endroit le sable semble offrir la même résistance que dans les autres parties, on moule sans défiance, mais au moment de la coulée, il cède sous la pression de la fonte qui trouve un passage à travers cette partie de l'ancien moule, rencontre un sol mou préparé à la recevoir-

bouillonne, soulève le sable, et outre la pièce perdue, entraîne quelquefois à des accidents par explosions.

Lorsque l'on ne possède pas de faussure sous la pièce à couler l'on est alors obligé de la charger.

Il existe une croyance, très répandue parmi un grand nombre de mouleurs qui prétendent que le poids de la charge doit être égal à trois fois le poids de la pièce, heureusement cette méthode purement empirique tend à disparaître pour faire place à des théories plus scientifiques.

On calcule la charge d'un moule de la façon suivante.

Trouver la surface de la pièce au joint, exprimer cette surface en décimètres carrés multipliée par la hauteur en décimètres prise du niveau supérieur de la coulée au joint, on obtient des décimètres cubes, multiplier par 7.200 pour avoir le poids total.

Soit une pièce ayant 2.500 sur 1.400

Surface $2.500 \times 1.400 = 350$;

Hauteur du joint à la partie supérieure du bassin, 1,20 ;

Volume théorique $350 \times 12 = 4.200$;

Poids de la charge $4.200 \times 7.200 = 30.240$.

Cubage des pièces.

Comme pour déterminer le poids de la charge, la routine tend à disparaître pour rechercher le poids des pièces à couler; est-ce à l'aide du calcul que beaucoup de mouleurs arrivent à le déterminer ?

C'est là un point important sur lequel on ne saurait trop insister et aider l'ouvrier dans cette voie, en évitant par là l'une des plus sottes causes de rebut.

Il est, en effet, stupide d'avoir travaillé plusieurs jours à la confection d'une pièce, en ayant pris toutes les bonnes dispositions pour en assurer la réussite, et de la man-

quer au dernier moment, faute de quelques kilogrammes de fonte.

Si, d'autre part, la quantité de métal prise pour couler la pièce est exagérée et qu'il ne se trouve pas d'autres moules prêts pour la recevoir, c'est donc d'autant de métal qu'il faudra se débarrasser, sur lequel on peut estimer une perte sèche de 2 fr. 25 %, tant pour la refonte que pour le déchet et la main-d'œuvre supplémentaire.

Les formules de cubage sont trop simples et à la portée de tous pour qu'il soit utile de les répéter ici : on doit seulement insister, pour que les épaisseurs soient prises dans le moule même et non sur le dessin, en ajoutant 5 kilogrammes % en plus pour le forçage et les congés.

Les coulées, jets et événements seront l'objet d'une évaluation approximative, dont le poids viendra s'ajouter à celui de la pièce.

Le cubage des poches de coulée intéresse plus particulièrement le chef de fonderie qui doit toujours se rendre un compte exact de l'état de chacune d'elles avant la fusion et pour plus de sûreté il pourra placer des jalons en fer accrochés aux rebords de la poche et descendant jusqu'à la hauteur que doit atteindre le métal liquide.

Pompage.

L'opération du pompage, qui est pratiquée de temps immémorial, se trouve contestée dans son utilité par un auteur allemand.

D'après cet auteur, cette opération peut être évitée en recouvrant la face supérieure des événements d'une épaisse couche de noir végétal.

Suivant cette indication, bien des fondeurs ont fait des essais sur différentes pièces, mais ces expériences ont été la cause d'un grand nombre de rebuts.

Sans prétendre que toute pièce non pompée doit fatalement présenter des porosités ou des tassements, il est absolument certain qu'elles ne se présentent pas toutes de la même façon.

Certaine pièce coulée dans un moule bien sec en fonte extra-chaude peut, d'après le procédé indiqué, être obtenue saine ; mais la même pièce, coulée à une allure de cubilot différente, dans un moule d'apparence bien sec mais n'ayant pas reçu le même degré de chaleur, en raison d'un plus grand nombre de moules à l'étuve, ou pour toute autre cause, il s'ensuivra qu'en employant le même procédé, la fonte viendra se solidifier d'abord aux parois de l'évent, puis rapidement dans toute la masse jusqu'à la naissance de la pièce, et au lieu d'être un conducteur de fonte liquide servant à abreuver la pièce, il devient une surface de refroidissement, et sa cassure fera découvrir des tassements qui auraient certainement été évités ou localisés à l'intérieur par un pompage soigné.

Le pompage est même absolument indispensable dans certains cas où les pièces sont formées de parties minces et de parties épaisses.

Les inégalités d'épaisseur provoquent des différences de retrait ; tandis que les parties minces se solidifient presque instantanément, les parties épaisses restent liquides pendant un temps plus ou moins long, elles se figent insensiblement au contact des parois du moule, alors sous les efforts de contraction des parties solidifiées, le métal se sépare et occasionne les porosités qui ne peuvent être évitées que par le moyen du pompage dans des événements placés sur les parties les plus épaisses, par lesquels on introduit la fonte chaude qui viendra combler les vides.

Écrémage.

L'écrémage, cette chose si simple en apparence et cependant l'une des causes produisant le plus grand nombre de rebuts, mérite une étude spéciale.

Tous les auteurs en fonderie ont traité cette question à peu près de la même façon, et la conclusion est que l'écrémage n'est pas fait avec assez d'attention.

Ce raisonnement comprend une partie de la vérité, mais l'on doit d'abord se rendre compte de la manière dont se comporte le laitier à la sortie du cubilot avec la fonte.

En arrivant dans la poche de coulée il surnage au-dessus du bain et ne reste jamais dans la masse, mais étant très adhérent, dès qu'il entre en contact avec l'air, il se solidifie en partie, se colle aux parois de la poche où la fonte vient le recouvrir, puis se détache partiellement et s'introduit dans le moule pendant la coulée.

Or, il arrive fréquemment au cours d'une fusion que la quantité de métal fondu étant épuisée, le laitier s'échappe par le trou de la coulée.

C'est à ce moment que doit commencer l'opération de l'écrémage.

Voici dans quelles conditions l'on doit opérer :

On a soin de préparer une caisse de sable silicieux, ou à défaut, du sable brûlé de fonderie, tamisé très fin et placé à la portée de la main d'un ouvrier chargé spécialement de l'écrémage des poches sous le cubilot, dès que le laitier apparaît, il doit jeter vivement un peu de sable tout autour des bords intérieurs de la poche afin de former un isolant entre les parois et le laitier.

Lorsqu'on a dans la poche ou dans le creuset la quan-

tité nécessaire de métal, il y a lieu d'éliminer tous les charbons et les scories qui surnagent sur le bain.

Lorsque cette opération, qui doit être menée très rapidement, est terminée, on recouvre toute la surface d'une légère couche de sable qui a pour effet de provoquer une pellicule d'oxyde.

Au moment de la coulée, cette pellicule est repoussée en arrière avec l'écrémoir, sans toutefois être brisée, où elle se maintient d'elle-même jusqu'à ce que la poche soit complètement vide.

Un écrémage fait dans ces conditions donnera toujours de bons résultats.

Les pièces devant subir un usinage doivent être coulées dès le début de la fusion, car malgré toutes les précautions, les creusets finissent par s'encrasser, et malgré toute l'attention que l'on apporte à l'écrémage, le laitier se détache et pénètre dans les moules.

Lorsque l'on a à couler des pièces de grandes dimensions, comme par exemple des tables de raboteuses devant être travaillées sur toutes les faces, on monte un grand bain pouvant contenir 150 à 200 kilogrammes, mais dont le fond dépasse la hauteur du niveau des événements afin de ne pas conserver une masse de fonte inutile après la coulée, on bouche alors le ou les trous de coulée avec des feuilles de fer-blanc très mince, ces feuilles sont maintenues aux quatre coins par quatre pointes à sable, on remplit alors complètement le bain, les feuillards brûlent bientôt sous l'influence du métal liquide qui se répand dans le moule, on maintient le bain toujours plein jusqu'au moment où l'on voit pointer les événements, la masse de fonte contenue dans le bain s'écoule en remplissant ces derniers et les scories n'ont pu pénétrer à l'intérieur du moule.

Un autre procédé consiste à creuser au joint du moule deux espèces de poches, moitié dans la partie de dessus, moitié dans la partie de dessous et reliées entre elles par un petit canal en source; la tige de coulée communique à la première poche dans la partie de dessus, les tranches

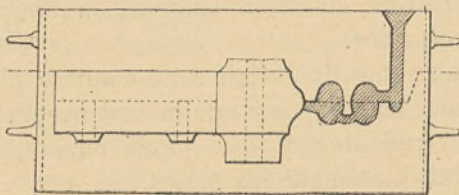


Fig. 19. — Poche à crasse.

de coulée partent de la deuxième poche dans la partie de dessous, le laitier qui pourrait s'introduire par la coulée s'élève toujours au-dessus de la première poche, et si par un arrêt dans la coulée, ou pour une autre raison, il passe à la seconde il remonte à la face supérieure, mais il est rare qu'il s'introduise dans le moule (fig. 19).

Il existe aussi de nombreux procédés plus ou moins brevetés, comme les poches à écumoir, les bains de coulée de forme spéciale, mais après quelques essais, il semble que ces systèmes restent pour quelques temps encore dans le domaine théorique, en tous les cas les fondeurs qui les emploient sont plutôt rares.

Retrait.

Le retrait joue un rôle excessivement important en fonderie, on l'admet généralement à la moyenne de 1 centimètre par mètre dans les fontes de moulage, et l'influence qu'il subit des divers éléments au cubilot est insensible.

Le constructeur doit étudier particulièrement la forme

ainsi que les épaisseurs à donner à ses pièces, au point de vue du retrait, car même avec le plus grand soin il arrive souvent qu'il se produit des fêlures invisibles à la sortie de l'atelier et après un certain temps d'usage, il se produit une rupture à la suite d'un choc ou même sous l'action du froid ou de la chaleur, ou simplement de vibrations répétées.

Les phénomènes du retrait sont d'autant plus traîtres qu'on ne peut leur opposer une théorie absolue.

Outre les ruptures, il occasionne encore, chose plus grave, le gauchissement des pièces.

On évite, en effet, dans une certaine mesure la cassure au retrait, en dégageant l'intérieur des pièces ou en les délivrant des armatures qui travaillent en sens opposé, c'est-à-dire par dilatation, ou encore en compensant par refroidissement, comme dans les poulies et les engrenages, même celles en deux pièces, dont le moyeu est trop épais pour une jante trop mince.

Contrairement à ce que l'on admet encore trop souvent, la force des bras n'entre pour rien dans la rupture de ces derniers.

La théorie s'explique d'ailleurs d'une façon très simple.

Si l'on suppose avoir à fretter un corps cylindrique quel qu'il soit, l'on opérera en préparant un cercle ayant un diamètre légèrement plus faible que la partie à fretter, puis on le fera chauffer de façon à obtenir la dilatation nécessaire pour lui permettre de s'emboîter avec toute facilité, en se refroidissant il reviendra à son diamètre primitif, en comprimant ainsi dans tous les sens la partie frettée.

Mais si, par opposé, l'on préparait un cercle plus grand que la partie à fretter, on aurait beau le chauffer, même

à une température élevée, en se refroidissant il restera toujours un vide entre les deux corps.

C'est donc ce dernier phénomène qui se produit dans les poulies et les engrenages lorsque le moyeu est trop disproportionné à la jante qui représente la frette, et qui devient bientôt froide après la coulée, cessant alors tout retrait, tandis que le moyeu, conservant une haute température, continue le sien, entraînant avec lui les bras qui se séparent de la jante.

L'on ne saurait donc jamais trop insister sur ceci : qu'il est bon de dégager le moyeu, et dans le cas où ce ne serait pas suffisant, vider complètement le noyau, garnir ensuite le fond avec un tampon de terre réfractaire et y verser de l'eau jusqu'à complet refroidissement.

Une opération conduite dans ces conditions évitera les tensions moléculaires qui amènent souvent la rupture de ces pièces en service.

Lorsque, contrairement, c'est la jante qui se trouve trop épaisse, les bras et le moyeu trop faibles, comme ceci se présente assez souvent dans les volants de moteur à gaz ou à pétrole, il est bon de la mettre à nu après la coulée, car alors, continuant son retrait, le moyeu ayant terminé le sien, celui-ci se trouverait déporté par les bras qui deviendraient tordus ou bombés, sous la pression du retrait de la jante.

Une autre difficulté du retrait, déjà signalée est le gauçhissement des pièces, qu'il est très difficile de prévenir d'une façon efficace, et ce n'est guère qu'après avoir constaté le défaut une première fois que l'on peut y remédier.

Dans certaines fonderies, on emploie un remède pire que le mal ; il consiste à rompre le modèle avant le moulage

en sens opposé au gauchissement, mais cette méthode fournit autant de rebut que le gauchissement lui-même, elle a en plus le désavantage de détériorer les modèles.

Ce phénomène que l'on observe sur les pièces à larges surfaces, ou de longueur exagérée, ou encore sur des pièces minces, supportant près des axes des parties épaisses, s'explique par la façon dont s'opère le refroidissement.

Tandis que la chaleur se concentre vers le milieu, les extrémités se refroidissent et perdent leur souplesse, liées intimement à la masse dont elles ne peuvent se séparer, elles n'en continuent pas moins à se rapprocher du centre, en cédant graduellement dans ses parties chaudes et encore malléables, elles se raidissent en décrivant une courbe, sous les efforts de tension du retrait qui cherche toujours à les ramener vers l'axe.

Ce fait est facile à constater sur les plaques coulées à découvert.

Le moyen le plus simple pour remédier à cet inconvénient est de mettre à nu une partie vers le milieu de la pièce, un moment après la coulée, de façon à provoquer un refroidissement à peu près égal sur toute la surface.

Enfin, en attendant qu'une théorie plus précise vienne régler la compensation des retraits, ce n'est que par une suite de constatations et d'observations que l'on pourra chercher à éviter les ruptures et les gauchissements.

On doit recommander spécialement le remmoulage des colonnes et des tuyaux, car trop souvent le mouleur néglige la régularité des chaisseurs sous prétexte qu'elle ne peut être contrôlée après la coulée.

Or, le cintrage que l'on remarque sur ces pièces est dû

à deux causes différentes : la première peut être provoquée par une tête ou une bride située trop près de la barette du châssis, en ce cas, il faut, quelques instants après la coulée, dégager complètement le sable qui se trouve resserré entre ces deux parties afin de permettre un libre retrait.

Le second cas est dû aux inégalités d'épaisseur, car la partie faible étant refroidie a naturellement terminé son

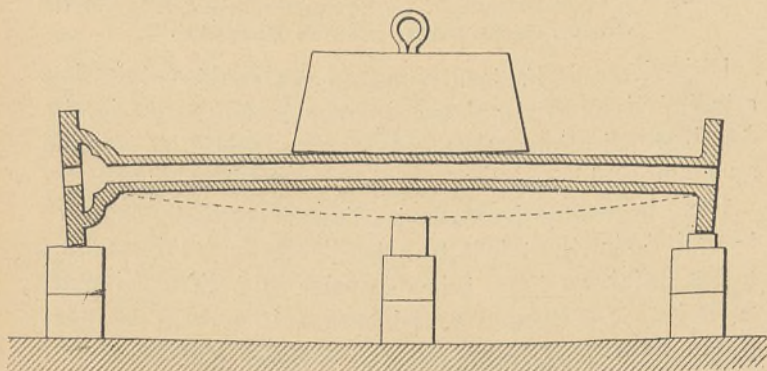


Fig. 20. — Redressage d'une colonne.

retrait, tandis que la partie épaisse continuant le sien amène la convexité de la pièce.

On parvient à redresser certains genres de pièces comme les colonnes, les plaques de chauffage, plaques de four, de cuvelage, etc., par le chauffage, pour cela on place la pièce de façon qu'elle ne repose qu'à ses extrémités ; vers le centre et au-dessous on prépare un calage, sur lequel la pièce viendra reposer en se redressant, mais ayant un intervalle libre, double de la partie à redresser, on appliquera dessus une forte charge, puis on allumera un feu qui sera poussé au rouge et on laissera complètement refroidir ainsi (fig. 20).

Un autre système consiste à frapper, à l'aide d'un marteau, possédant une panne très effilée, une multitude de petits coups très rapprochés sur la partie creuse, ces coups provoquent un allongement qui permettra à cette partie d'atteindre la longueur de celle opposée, cette dernière s'y prêtera et aidera même beaucoup dans cette opération, car elle cherche toujours à échapper à l'effort de tension que lui fait subir la partie creuse.

Enlèvement des jets et coulées.

L'ébarbage de l'acier, le coupage des coulées et des jets est généralement plus long que pour la fonte, aussi cette dernière opération est-elle très souvent pratiquée à chaud au moment du recuit.

Dans beaucoup de fonderies l'on se contente, pour ce travail, du burin et de la tranche, l'enlèvement des masselottes se fait au tour, à la raboteuse ou à l'étau limeur, mais tous ces moyens sont insuffisants pour de grandes productions.

Pour les jets et les coulées, on emploie des machines spéciales fonctionnant dans le genre des cisailles.

Les masselottes sont enlevées à l'aide de scies à métaux construites en vue de ces travaux.

Mais le système le plus récent et le plus rapide, qui permet d'opérer en n'importe quel lieu, consiste à employer le chalumeau oxyhydrique; à l'aide de deux chalumeaux disposés spécialement à cette intention, on enlève en quelques minutes les masselottes les plus volumineuses.

Soudage et réparations des pièces défectueuses.

Cette question intéresse particulièrement le patron ou le chef de fonderie, aucune opération de ce genre ne doit

être tentée sans l'assentiment de l'un ou de l'autre.

Lorsqu'une pièce est reconnue défectueuse pour une raison quelconque, on doit, avant de la mettre au rebut, l'étudier de bien près et voir si elle est irrémédiablement hors service.

L'une des meilleures méthodes pour la réparation de certaines pièces est le soudage.

Cette opération, qui est à la portée de tous les fondeurs, n'est pas pratiquée de la même façon par tous les mouleurs.

L'on peut affirmer sans crainte que presque toutes les soudures sont possibles, sans présenter toutefois la même facilité, aussi doivent-elles être pratiquées avec beaucoup de soin et d'attention.

Dans beaucoup de fonderies, on opère la soudure à froid, c'est-à-dire que l'on se contente de surélever la partie défectueuse à l'aide de galettes ou d'un dégagement dans le sable; on fera couler dans cette partie une certaine quantité de fonte liquide, jusqu'à ce que la partie en contact soit fondue, mais sans avoir, préalablement, chauffé la pièce à souder.

Si cette partie à souder se trouve placée dans un angle ou dans un endroit où la dilatation peut se faire sans difficultés, la soudure réussit très bien.

Si, au contraire, elle se trouve sur une surface de dilatation, la fonte que l'on vient verser communique instantanément un degré de chaleur très élevé à cette partie qui, ne pouvant se dilater, se rompt.

Pour mener à bien l'opération du soudage, il est utile de chauffer la pièce, à un degré de température aussi élevé que possible, sans quoi c'est l'opposé qui se produit, la soudure peut être parfaitement adhérente, mais alors elle se fend au retrait.

Pour les pièces de petites dimensions, les procédés cités plus haut peuvent être admis sans réserves.

Pour les pièces de grandes dimensions, la méthode la plus recommandable est de préparer la soudure en terre, que l'on fait adhérer à la pièce maintenue par une armature en fil de fer, les parois en terre doivent être aussi minces que possible et percées de nombreux trous d'air (cette précaution a pour but de faciliter le calcinage de la terre et d'éviter des piqûres dans la partie soudée), si la partie à souder atteint 5 à 6 centimètres de hauteur, on ménage un premier dégorgeoir à 1 centimètre au-dessus de la partie inférieure à souder, et un deuxième au-dessus de la partie supérieure; les bords doivent être bien dégagés et toutes les parties blanchies à la lime ou au burin.

En certains cas, la pièce peut être enterrée en partie, mais l'autre partie doit être chauffée entièrement, en l'entourant de briques espacées qui forment un foyer dans lequel on allume un feu de coke.

La pièce étant chauffée au rouge, tandis qu'un ouvrier se procurera la fonte nécessaire, un autre débarrassera très lestement le coke des alentours de la soudure, en la consolidant avec du sable frais.

Cette opération très simple ne doit durer que quelques secondes, afin d'éviter les pertes de chaleur, c'est ce qui fait l'avantage de ce procédé sur tous les autres, où l'on est obligé d'enlever tout le feu, de placer des galettes, de les consolider; aussi, dans la plupart des cas, lorsque ce travail est terminé, la pièce est redevenue complètement noire, rendant ainsi la réussite incertaine.

La température de la fonte qui doit servir au soudage doit atteindre le plus haut degré.

Elever la poche de coulée aussi haut que possible, afin

que le poids du métal liquide désagrège insensiblement la partie à souder.

Lorsque l'opération est terminée, on recouvre la soudure d'une couche de charbon de bois en poudre; on applique tout autour les lingots de fonte qui ont servi au soudage, on laisse se consumer le coke qui n'a pas été enlevé en remettant même celui qui a été écarté; on laisse ensuite refroidir complètement.

Dans le soudage des pièces cassées au retrait, comme, par exemple, les jantes ou les bras de poulies, engrenages, volants, ouvertures cylindrique, carrée, rectangulaire, on forcera légèrement l'ouverture à l'aide d'une barre de fer et d'un coin, de façon à provoquer un allongement; aussitôt après le soudage, on retire le coin, la pièce peut alors librement se resserrer, puisqu'en plus du retrait ordinaire elle possède encore l'allongement qu'on lui a donné; faute de cette précaution, il se produit souvent un nouveau cassage au retrait.

Il est à retenir que le principe de la soudure repose essentiellement sur la température à donner à la pièce et à la fonte au moment du soudage.

Il existe aujourd'hui un autre genre de soudure, dite soudure autogène, pratiquée à l'aide du chalumeau oxydrique, avec lequel on fond en même temps que les parois un bâton de même métal que la partie à souder.

Mais si les résultats obtenus sur l'acier sont des plus satisfaisants, ils sont encore fort incomplets pour la fonte, car l'acétylène qui contient beaucoup de carbone rend le métal extrêmement cassant; cependant, avec d'infinies précautions, on arrive à d'assez bons résultats au point de vue du collage des pièces, mais ils restent toujours fort douteux lorsque ces parties doivent être travaillées ou soumises à un effort de pression, en raison des nom-

breuses piqûres dues à la qualité du métal obtenu.

Il en est de même pour l'aluminium et le cuivre, mais l'on est en droit d'espérer que, dans un avenir très prochain, cette application s'étendra avec satisfaction à tous les métaux.

Après la soudure, on peut citer le mastic pour faire disparaître les défauts des pièces défectueuses, on l'utilise pour boucher les trous produits par les retassures, ainsi que par les scories ayant passé à travers la masse, et revenues à la surface, et enfin en toutes les occasions où les réparations de ce genre peuvent faire disparaître les défauts, sans nuire à la solidité de la pièce.

On trouve aujourd'hui dans le commerce des mastics pour fonderie remplissant toutes les qualités désirables, et dont le prix n'est pas plus élevé que le mastic composé de soufre, de cire et de limaille qui était primitivement préparé par beaucoup de fondeurs.

Procédé Griffin.

Le procédé Griffin pour la fabrication des roues de wagons en fonte trempée est exploité par la Société Française à Gorcy.

Ce procédé ne présente pas le même intérêt en France, où les roues de wagons en fonte sont prohibées, que dans les autres États et principalement en Amérique où presque tous les wagons en sont pourvus.

D'origine américaine, ce procédé pour le moulage des roues en coquille supprime l'ancien système, par lequel on coule d'abord la couronne en fonte blanche, et lorsque celle-ci a fait son retrait, on coule le moyeu en fonte grise.

Le moulage des roues Griffin est très simple, il se fait

en châssis spéciaux dont les parties intérieures épousent la forme de la roue, la coquille est fixée à la partie de dessus, la partie de dessous est formée d'une simple rondelle portant deux oreilles qui s'engoujonnent avec celles de la partie de dessus ; l'une est ronde, l'autre est carrée ; pour faciliter le repérage, cette rondelle est recouverte

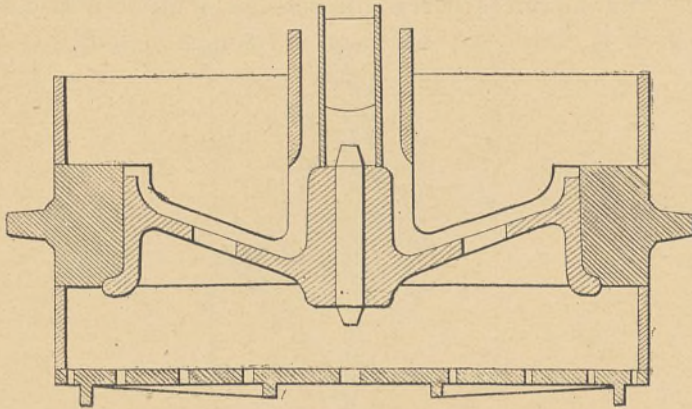


Fig. 21.

d'une plaque percée d'une multitude de trous pour le passage des gaz au moment de la coulée.

Pour le moulage, le modèle est placé sur un fond, la coquille couvre la jante, jusqu'à la moitié de la hauteur du boudin, les barrettes de la partie de dessus suivent la forme du modèle ; de ce fait il n'y a qu'à serrer le sable sans avoir recours aux armatures (fig. 21).

Contrairement à l'ancien système la roue est coulée le boudin en dessous, par quatre tiges sur le moyeu et sans évents.

La partie de dessus est surmontée d'un godet dans lequel est placé le bain de coulée ; le modèle est percé au moyeu de quatre trous de 7 à 8 millimètres de profon-

deur pour recevoir quatre tiges de coulée et les conserver à leur emplacement pendant le serrage du bain.

Après avoir serré le sable du moule jusqu'à la hauteur du moyeu, on place le modèle de bain, qui est échancré sur quatre faces pour le passage des tiges de coulée, et le sable est serré jusqu'à la hauteur du godet.

Cette première partie du serrage étant terminée, on agrafe le plateau au châssis et on retourne le tout.

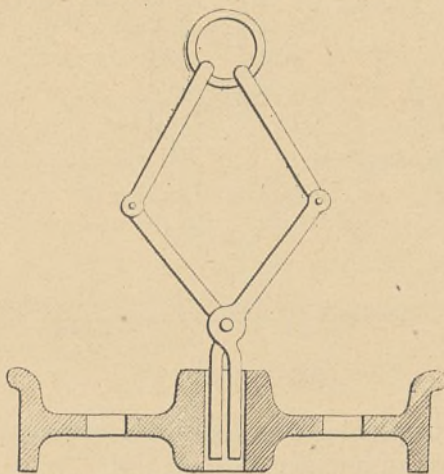


Fig. 22. — Tenaille spéciale dite louve.

On place alors la rondelle formant la partie de dessous sur le moule que l'on vient de retourner, on la remplit de sable que l'on presse avec les pieds, de tout le poids du corps, on remplit une seconde fois en faisant même désaffleurer de 4 à 5 centimètres et, après avoir pressé une seconde fois, on termine la serre à la pilette ; on nivelle en passant une règle sur les bords du châssis ; après avoir piqué de nombreux trous d'air, on étend au dessus de ces trous une couche de sable mouvant d'un centimètre

d'épaisseur sur laquelle on place le plateau, on agrafe une seconde fois le tout que l'on retourne, on retire la partie de dessus, laissant le modèle sur la partie de dessous.

Le remmoulage ne se fait qu'à la dernière heure, et après avoir essuyé et passé la coquille au pétrole pour enlever l'humidité.

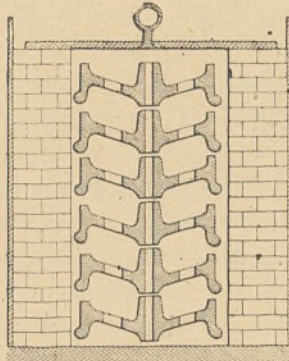


Fig. 23. — Four Fritz.

Le noyau central est fabriqué en sable de rivière à la farine.

La deuxième partie de la fabrication de la roue forme certainement la partie essentielle du procédé.

Le démoulage a lieu quelques instants après la coulée, dès que l'on suppose la pièce suffisamment figée pour être manœuvrée en toute sécurité.

Après avoir dégagé le noyau, on introduit, dans le moyeu, une tenaille spéciale appelée louve, on l'enlève à l'aide de la grue, on la place dans une sorte de cuve revêtue d'une garniture en briques ou en terre réfractaire, formant un genre de four appelé Fritz (fig. 23), où douze à quinze roues viendront prendre place; après avoir fermé

à l'aide d'un couvercle, on le recouvre d'une épaisse couche de sable, afin d'empêcher l'air de pénétrer.

Cette opération doit être menée très habilement, afin de conserver la plus haute température possible.

Ainsi enfermées, ces roues se recuiront sous l'action de leur propre chaleur.

Ce recuit aura comme conséquence :

1° D'amener un refroidissement égal et uniforme dans toutes les parties depuis les fortes épaisseurs du moyeu jusqu'aux parties faibles de la toile, d'éviter ainsi les tensions moléculaires et par suite la cassure au retrait ;

2° D'adoucir la fonte, qui est par sa nature très dure, et faciliter l'alésage du moyeu.

Les produits obtenus par ce procédé donnent toute satisfaction, toutefois le choix des matières premières, ainsi qu'un dosage judicieux, sont indispensables pour mener à bien cette fabrication délicate.

La méthode de fabrication, ainsi que l'outillage perfectionné de ce procédé, offrent un champ d'observations très intéressantes.

Le système de recuit peut, dans certaines circonstances, être mis en pratique, comme il l'a été fait très ingénieusement par un directeur de fonderie dans les conditions suivantes :

Ayant à exécuter 600 écrous de pressoirs à vendange, à un prix relativement bas, il arrivait fréquemment que les pièces cassaient au retrait, malgré toutes les précautions, et la grande quantité de fonte rentrant dans la composition étant de choix, le prix de revient était ainsi très augmenté.

L'érou de pressoir est composé dans sa forme d'un moyeu très épais fileté intérieurement et d'un plateau

portant un grand nombre de trous percés à égale distance, mais sur deux ou trois diamètres différents.

Or, ces trous affaiblissent le plateau qui se refroidit presque subitement, tandis que le moyeu maintient sa température très longtemps, aussi il est de toute nécessité de dégager ce dernier pour hâter son refroidissement, et malgré cette précaution, on n'évite pas toujours la cassure.

A la suite de cette constatation il fut décidé d'utiliser le procédé Griffin pour recuire les pièces en question et leur donner un refroidissement égal dans toutes les parties.

Les résultats obtenus furent tout simplement merveilleux, car à partir de ce jour, tout en réduisant la quantité de fonte neuve, l'on n'eut plus à déplorer les pertes occasionnées par la cassure aux retraits.

La durée du recuit peut être de cinq à six jours; en tous les cas, les pièces doivent être retirées complètement froides.

Fabrication des cylindres de laminoirs.

La fabrication des cylindres de laminoirs n'offre qu'un médiocre intérêt à la majorité des fondeurs, pour la simple raison qu'ils ne sont pas appelés à s'occuper de ce genre de moulage.

Outre qu'il exige des connaissances approfondies sur les alliages, il faut encore un outillage spécial d'un prix très élevé : tels que châssis, arbres de trousseau, coquilles, fosse de coulée, etc. ; aussi avant de se livrer à une telle dépense, faut-il être assuré d'un écoulement suivi des produits.

Cette fabrication est très ancienne et très répandue, car presque toutes les forges possèdent une fonderie pour

l'entretien de leur matériel, et pendant très longtemps chacune d'elles s'est contentée d'employer ses propres produits, qui n'étaient pas toujours de première qualité.

Aujourd'hui, par cette fièvre d'activité et de production que subit la métallurgie, le cylindre de laminoir doit répondre à de nouvelles exigences, que l'on est d'ailleurs en droit de lui demander.

Le cylindre est l'organe essentiel du laminoir ; par son emploi il est soumis à des chocs violents et répétés à chaque introduction de barre dans une cannelure, et pendant le passage de ces barres il doit résister à des efforts de flexion très élevés .

En même temps, pendant le passage de la barre dans la cannelure, il ne faut pas que celle-ci se déforme trop rapidement, car il se produirait alors des inégalités dans les surfaces de laminage qui amèneraient forcément le rebut de la production tout entière.

Pour éviter cette difficulté, on est obligé de remettre le cylindre sur le tour pour ramener les cannelures usées, à leur profil primitif, mais cette opération ne saurait se répéter bien souvent sans amener la mise hors service de ces cylindres ; d'ailleurs à chacune de ces opérations, la durée se trouve de plus en plus réduite, car plus on avance vers le cœur plus la qualité du métal devient impropre au laminage.

Ce n'est pas tout ; si, par la mauvaise nature du métal, le cylindre vient à se rompre sous les efforts de flexion auxquels il est soumis, il amène alors la cessation complète du travail, il faut procéder au démontage et au remontage complet, en passant à un autre genre de production, d'où une perte de temps considérable pour tout le personnel occupé à ce train de laminoir.

Aussi ce n'est que par le choix de fontes appropriées,

et aux bons soins apportés à la fabrication, que l'on peut arriver à éviter ces pertes de temps et de matériel.

On distingue deux sortes de cylindres de laminoir, le cylindre tendre et le cylindre trempé.

Le cylindre tendre est coulé en sable, son rôle est d'étirer et de dégrossir la barre, en passant par les différentes cannelures.

Tous les cylindres de laminoir sont coulés verticalement, le châssis servant à la fabrication du moule est un peu spécial, quoique pouvant servir, dans certaines circonstances, à un autre genre de pièces, les épaisseurs dans toutes ses parties sont de quatre centimètres environ, les joints sont rabotés sur toute leur longueur, il est garni de barrettes formant une demi-circonférence et recouvertes d'un chapeau, dont les rebords servent à recevoir une plaque, afin d'obtenir un fond absolument métallique, pouvant résister à la pression très élevée du poids de la fonte ; il possède à l'une de ses extrémités une ouverture pour le passage de la masselotte, une autre ouverture plus petite est réservée à côté pour le passage de la coulée.

A chaque extrémité et dans l'axe vient se fixer un coussinet avec chapeau recevant l'arbre de trousseau.

Contrairement à la méthode de moulage ordinaire, lorsque la pièce coulée est sortie du moule, on conserve la masse du sable, en enlevant simplement la partie brûlée, en ajoutant à celui qui reste un peu d'eau pour permettre l'adhérence avec celui que l'on rapporte pour la préparation du moule suivant.

Cette masse de sable est d'ailleurs indispensable à la bonne constitution du moule ; elle facilite le séchage, qui serait beaucoup plus long et plus difficile, en raison des plaques qui garnissent le fond du châssis, en même temps elle offre des parois plus résistantes.

Pour serrer le moule en sable, on se sert d'un mandrin que l'on place au centre du moule, afin d'obtenir un vide dans l'emplacement du corps du cylindre, qui facilite le passage de la planche à trousser.

Lorsque les cylindres sont profilés, il est nécessaire d'employer un peigne, c'est-à-dire la contrepartie de la

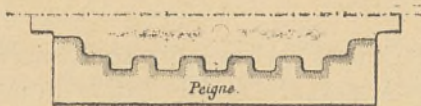


Fig. 24.

planche à trousser qui maintient le sable sur les bords du joint pendant le troussage (fig. 24). La coulée longe le cylindre sur toute la hauteur et vient l'attaquer dans le tourillon du bas avec une ouverture de 15 centimètres de longueur et 3 centimètres de largeur, elle débouche dans le moule tangentiellement à la circonférence du cylindre, afin de donner à la fonte un mouvement giratoire, produisant, sur la surface liquide, un courant en hélice qui détermine au centre du bain une espèce d'entonnoir où se rassemblent les impuretés et les scories qui montent en s'accumulant ainsi jusque dans la masselotte, elles s'échappent ensuite avec 150 à 200 kilogrammes de fonte par un dégorgeoir situé à la partie supérieure.

Après avoir enlevé toutes les parties qui se solidifient à la surface de la masselotte, on la recouvre d'une épaisse couche de charbon de bois en poudre, afin de la maintenir aussi longtemps que possible à l'état liquide, en y versant de temps en temps un peu de fonte chaude.

Lorsque les parois commencent à se solidifier, on introduit une pompe ayant presque toute la hauteur du cylindre, on pompe alors aussi longtemps que possible, trois à quatre heures, selon le diamètre du cylindre, en

alimentant de fonte chaude au fur à mesure du tassement.

Pour un cylindre de trois à quatre tonnes, on peut adopter une masselotte de 28 à 30 centimètres de diamètre et 60 à 70 centimètres de hauteur au-dessus du tourillon.

Il est à recommander de suivre tous les profils des cannelures dans le moulage, car, outre qu'elles offrent des parties de fonte plus serrées, elles développent en même temps une plus grande surface de refroidissement et diminuent ainsi les dangers du tassement.

Avec ces précautions, en coulant avec célérité dans un moule bien sec, on obtient toujours des cylindres de qualité irréprochable.

Pour le moulage en terre des cylindres, on opère de la même façon, avec cette différence que l'on garnit le moule de briques en terre posées à plat dans les parties cylindriques, et sur champ dans les profils, en laissant un espace d'environ deux centimètres du bord de la planche, qui est ensuite comblé en terre, en maintenant le joint un centimètre plus haut, pour compenser l'affaissement pendant le séchage.

Après avoir passé une nuit d'étuve, on enlève à la râpe la surépaisseur, ramenant ainsi le joint à l'axe du cylindre ; après avoir taillé la coulée, bouché les gerçures et noirci on remet à l'étuve.

Ce procédé est plus long que le moulage en sable, et le résultat absolument identique.

Les cylindres trempés sont coulés en coquille.

Ils sont employés pour le laminage des tôles et des feuillards, des fers ronds et carrés, et comme finisseurs de fers profilés.

Le châssis complet pour le moulage d'un cylindre

trempé se compose : d'une partie de dessous portant des barrettes au fond et une ouverture sur le côté pour recevoir la coulée; d'une partie de dessus, semblable à la précédente, mais sans barrettes et sans ouverture; d'une coquille ayant intérieurement le diamètre du cylindre; ces trois parties sont rondes et s'engoujonnent entre elles, la coquille possède une épaisseur de 15 à 20 centimètres, variable d'après la grosseur du cylindre; elle peut être brute de fonderie, en lui donnant un cône d'environ 5 millimètres, le châssis est complété par une coulée en deux parties, ainsi qu'une rondelle pour la masselotte.

La mise en chantier se fait en plaçant le tourillon sur la coquille, celle-ci porte sur chaque face, et sur le bord intérieur, une saillie de 7 à 8 millimètres d'épaisseur et 3 centimètres de largeur, pour recevoir trois ou quatre taquets, supportant le modèle du tourillon et du trèfle, chaque partie de châssis est ainsi serrée à son emplacement sur la coquille.

S'il existe plusieurs tourillons de diamètres différents, il est plus simple d'opérer la mise en chantier sur un plateau dressé, et portant des rainures correspondant aux différents diamètres, qui servent à cintrer les tourillons; des trous sont ménagés dans le plateau pour recevoir les goujons du châssis.

Dans les fonderies où cette fabrication n'est pas très courante, on se contente de trousser une coquille en deux parties en la coupant dans le moule avec deux feuillards; pour le moulage, les deux parties sont réunies à l'aide de deux cercles en fer et de coins; pour le serrage, la coquille est alors placée dans un châssis carré et serrée dans le sable, le moulage s'opère alors comme pour un moule ordinaire.

Les moules sont séchés, la coquille, polie à l'aide d'un morceau de coke, est noircie de préférence à la mine de plomb, elle est chauffée soit avant le remoulage en allumant un feu à l'intérieur, soit après en lui faisant une enveloppe en tôle dans laquelle on allume un feu de charbon de bois.

Le chauffage est indispensable si l'on ne veut pas s'exposer à voir la coquille se rompre à la dilatation, au moment de la coulée.

Comme dans les cylindres tendres, la fonte arrive dans le tourillon tangentiellement à la circonférence de la pièce, en se conformant aux principes expliqués pour la coulée de ces derniers (fig. 25).

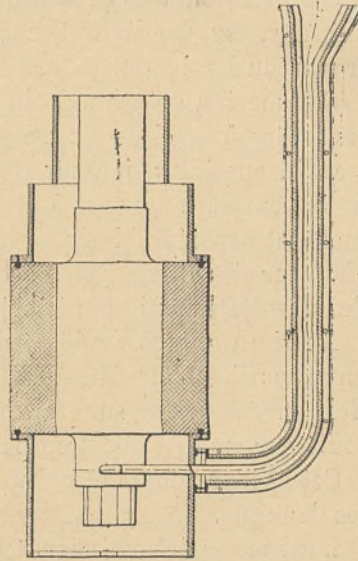


Fig. 25. — Cylindre en coquille.

Si la fabrication a une grande influence sur la qualité des cylindres, le choix et la nature des fontes a une importance supérieure.

Une bonne fonte de cylindre doit être peu carburée et ne renfermer que peu de silicium.

Le manganèse augmente la profondeur de trempe; en excès il la rend lamelleuse, dure, mais très fragile.

Le phosphore augmente aussi sa fragilité.

Une bonne fonte à cylindre doit présenter une trempe à petites facettes en aiguilles, qui se confond insensiblement au truité.

La trempe obtenue avec des fontes dénaturées ou même

avec des fontes d'affinage, offrant de larges facettes, ou passant du blanc au gris sans transition, avec une ligne de démarcation très prononcée ne peut donner de bons résultats, car elle tend à se séparer par écaille dans le travail du laminage.

Comme il a été dit au chapitre des fontes trempées, les fontes françaises ne se prêtent guère à ce genre de travail, aussi faut-il avoir recours aux fontes étrangères ; mais comme toutes ces fontes, d'un prix très élevé, augmentent considérablement le prix de revient, il a fallu chercher des alliages plus économiques, tout en donnant des résultats aussi appréciables.

Aussi un alliage de 65 % de fonte du Midi contenant environ : Si—2,72—Mn—0,93—Ph—0,145 et 35 % d'acier Bessemer donnera sur un barreau de 60 millimètres coulé sur coquille une trempe de 35 millimètres.

Cet alliage pourra être employé indifféremment dans les deux cas.

Dans le cas des cylindres tendres, cet alliage coulé dans le sable ne donnera pas de trempe, mais un grain fin, truité, résistant à l'usure et au choc.

Dans le cas des cylindres coulés en coquille, il donne une trempe en aiguille ne s'écaillant pas et très résistante au choc.

Pour les opérations de la fusion, suivre les indications du chapitre de la fonte trempée.

Enfin, pour terminer sur la fabrication des cylindres de laminoir, il est utile de citer les procédés pour souder les cylindres brisés.

Après avoir creusé un trou dans le sol, le cylindre à souder y est descendu verticalement en ne laissant dépasser en dehors qu'une longueur de 40 centimètres environ.

La partie à souder peut se composer du trèfle seul, du trèfle et du tourillon, quelquefois une première cannelure vient s'ajouter au tourillon et au trèfle.

Dans ce dernier cas le cylindre doit être placé bien verticalement; après avoir fait un point à deux centimètres au-dessus de la partie à souder, et sur une hauteur de parties de châssis reposant au niveau du sol, on serre une chappe de 15 à 20 centimètres de hauteur, la partie de châssis servant à cette chappe doit avoir une ouverture sur le côté, dans laquelle est ménagé un dégorgeoir, cette chappe a dans sa partie inférieure le diamètre de la partie à souder, elle est un peu évasée à sa partie supérieure, elle ne sert en somme que d'entonnoir pour recevoir la fonte qui sert à la soudure et la laisser évacuer par son dégorgeoir.

Cette première partie ainsi préparée est mise de côté.

On opère alors le serrage d'une autre chappe; celle-ci aura la hauteur et le diamètre de la cannelure à remplacer, il est bien entendu que l'on ajoute sur toutes les faces une surépaisseur pour les parties dressées.

Sur cette partie viendra s'engoujonner un moule complet de tourillon trèfle et masselotte.

Toutes ces différentes parties étant ainsi préparées et séchées, la partie à souder est mise à nu et chauffée avec un bon feu de coke.

Au moment de souder, après avoir enlevé le feu et nettoyé, on place la première chappe portant le dégorgeoir, on verse alors sur la partie à souder, à l'aide du creuset, la quantité de fonte suffisante, jusqu'à ce qu'elle entre en fusion, ce que l'on peut juger en passant sur toutes les faces une tige en fer; lorsque cette partie est suffisamment fondue, on enlève la chappe portant le dégorgeoir, qui est remplacée par celle formant l'anneau

de la cannelure à remplacer, ainsi que le moule contenant le moyeu, le trèfle et la masselotte, on charge le tout avec des gueusets et on remplit le moule par cette dernière (fig. 26 et 27).

Le métal ayant servi à la soudure est recueilli dans

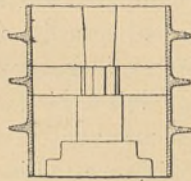


Fig. 26.

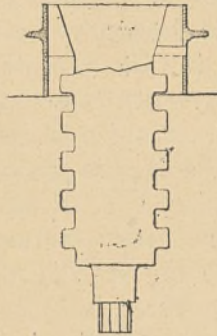


Fig. 27.

une poche, et sert à couler des manchons, des allonges, boîtes de sureté, contrepoids, enclumes et toutes pièces massives en général.

Dans les forges où l'on possède une machine à tailler les trèfles, l'opération du soudage est réduite à sa plus simple expression, le tout se résume en la fabrication d'une masselotte ayant 4 à 5 centimètres de plus en diamètre que la partie à souder, sur une hauteur de 50 centimètres; après avoir chauffé au rouge la partie à souder, on place le moule de masselotte qui possède à sa partie inférieure un dégorgeoir par lequel viendra s'écouler 1.000 à 1.200 kilogrammes de fonte, on bouche alors le dégorgeoir à l'aide d'un tampon de sable ou de terre, on remplit la masselotte que l'on pompe jusqu'à ce qu'elle se solidifie.

La soudure d'un tourillon en fonte sur un cylindre en acier s'obtient par le même procédé, mais il faut veiller

à ce que la fonte ainsi que le cylindre à souder soient élevés à une très haute température.

Prix de revient.

L'examen du prix de revient doit être l'objet de l'attention toute particulière de la part du fondeur ou du chef de fonderie, et un contrôle spécial doit être organisé permettant de connaître dans quelles conditions les marchés ont été exécutés.

La première nécessité qui s'impose est de connaître exactement l'état des frais généraux.

Ceux-ci sont divisés à peu près comme suit :

Local ou location.

Contributions et assurances (Incendie, Accidents).

Sable et terre.

Bois, charbon, houille, coke.

Noirs et houille de moulage.

Meules, limes, outils d'ébarbage.

Pointes, bougies, huiles, petit outillage.

Frais de bureau, voyages.

Direction, comptabilité, employés.

Expédition.

Manœuvres.

Après avoir établi ceux-ci sur un temps déterminé, il est facile de les répartir à chaque genre de travaux à effectuer.

La répartition rencontre beaucoup de controverses chez les directeurs de fonderie.

Tandis que certains admettent la répartition intégrale à tous genres de travaux, d'autres établissent des barèmes, doublant pour les travaux simples dont le prix de fabrication est plus réduit, et diminuant ceux dont le prix est le plus élevé, sous prétexte que le prix de vente

des premiers serait insuffisant, et les seconds exagérés.

Cette dernière méthode est une erreur grossière, dont le résultat immédiat est de faire manquer des affaires d'autant meilleures qu'elles offrent moins de risques.

L'on peut donner comme exemple la plaque de foyer, qui peut être classée dans les moulages les plus simples, et qui est presque toujours coulée en deuxième fusion en raison de sa faible épaisseur.

Si l'on admet comme prix moyen l'application de 100 % de frais généraux sur le prix de la main-d'œuvre; d'après cette méthode, celui des plaques de foyer, étant d'environ 0 fr. 50 par 100 kilogrammes, les frais généraux doublant s'élèveront à 1 %, soit une augmentation de 0 fr. 50 par 100 kilogrammes.

Or la plaque de foyer étant un article de quincaillerie, livrable par wagons de 10 à 20 tonnes, subirait de ce fait une majoration de 50 à 100 francs par livraison, ce qui serait énorme pour une fabrication n'exigeant aucune aptitude, aucun frais particulier, comme sable neuf, pointes, bougies, noir, houille, bois, charbon, limes, etc.

Les barreaux de grille, les pièces de fumisterie, les travaux de forge, classés dans une moyenne de fabrication de 2,50 % verraient les frais généraux s'élever à 5 % et subiraient par le même fait une augmentation de 2,50 %, tandis que certains travaux, comme presque tous ceux qui se rattachent à l'industrie de l'électricité classés dans une moyenne de 10 à 15 francs % exigeant tous les frais particuliers que l'on peut appliquer en fonderie et en plus un ébarbage long et soigné, bénéficieraient du minimum de frais généraux.

Aussi pour ne pas se livrer à des fabrications coûteuses et stériles il est indispensable de les répartir intégralement à tout genre de pièces.

Ébarbage.

A sa sortie du moule, la pièce passe entre les mains de l'ébarbeur, qui la rendra plus ou moins présentable, car si l'ébarbage laisse à désirer, elle perd beaucoup de sa valeur comme aspect, si bien réussie soit-elle comme moulage, tandis que mal moulée mais soigneusement ébarbée, elle sera acceptée sans difficulté par le client.

Il y a avantage à classer les ébarbeurs en deux parties différentes, les burineurs et les râpeurs.

Le râpeur est chargé de débarrasser les pièces des particules de sable qui s'y attachent, de vider les noyaux, enfin du nettoyage en général; le burineur enlève les bavures, les coulées, les événements, les dartres, etc.

Cette façon de distribuer le travail est pratiquée aujourd'hui par beaucoup de fondeurs, elle présente des avantages au point de vue du rendement, elle s'accorde d'ailleurs avec les principes modernes tendant à la spécialisation de chaque genre de production.

Le métier d'ébarbeur n'offre aucune difficulté d'apprentissage, mais il exige une main sûre et un poignet vigoureux; de ces qualités dépend une partie du prix de revient.

Le métier de râpeur n'exige qu'une grande part d'activité, et peut être fait par des apprentis ou des manœuvres, en conséquence il y a tout intérêt à ce que l'ébarbeur ne perde pas son temps à râper.

L'ébarbage s'est beaucoup modifié depuis quelques années, l'ébarbage au tonneau, le décapage à l'acide, au jet de sable, les meules en émeri fixes ou articulées, les burins pneumatiques, forment dans leur ensemble un progrès très appréciable.

Il est bien rare de rencontrer un atelier d'ébarbage pourvu de tous ces engins, mais chacun en particulier en possède une ou plusieurs parties établies selon ses besoins.

L'ébarbage au tonneau, quoique très ancien, n'était pas il y a quelques temps encore d'un usage très répandu, aujourd'hui on le rencontre plus souvent, il convient particulièrement aux fonderies de petites pièces, l'on doit avoir soin de ne mettre au tonneau que des pièces de dimensions à peu près semblables.

Le décapage à l'acide s'obtient en arrosant les pièces avec l'acide, ou en les trempant dans un bain, quelques heures après on les lave à l'eau.

La machine à jet de sable est très appréciée, le sable est projeté contre les pièces, au moyen de l'air comprimé, à l'aide d'une lance, les résultats sont excellents et économiques.

Les meules en émeri trouvent place dans tous les ateliers d'ébarbage, ce sont elles qui rendent les plus grands services, les meules articulées sont peut-être moins employées, mais elles sont indispensables pour le meulage d'un grand nombre de pièces, comme les plaques de dallage, les versoirs de charrue, etc., et sur les pièces à larges surfaces, où elles travaillent avec plus d'aisance et de précision que les meules fixes.

Il existe encore des fonderies ne possédant aucune de ces machines malgré leurs avantages incontestables, ce n'est certainement pas pour éviter une dépense, d'ailleurs bientôt remboursée par le supplément de production, mais plutôt parce que jusqu'ici l'on s'était contenté de la lime et du burin, n'ayant pas prévu l'emploi des machines, les ateliers d'ébarbage se trouvent situés à une distance trop éloignée des moteurs, ce qui entraîne bien souvent, outre l'achat des machines, à une installation complète.

Bâtiments.

Il semble que de tout temps les fondeurs grands et petits ont éprouvé le besoin de morceler les halls de moulage; quoiqu'il en soit, cet usage tend à disparaître et, depuis quelques années, l'on s'efforce dans beaucoup d'anciennes fonderies à détruire ces traditionnelles erreurs.

Toutes ces séparations ne peuvent donner d'autres résultats que de créer des frais de manutention supplémentaires, d'augmenter les causes de rebut par un transport de fonte qui arrive à destination plus ou moins chaude, et rendre la surveillance plus difficile et moins efficace, etc.

Il serait téméraire de vouloir faire adopter un principe général, dans la construction d'une fonderie, ceci est laissé à l'appréciation de l'ingénieur ou du fondeur qui en fera l'installation, selon les besoins, l'emplacement, les moyens et les ressources en sa possession.

Mais qu'il soit question d'une grande ou petite fonderie, il ne faut pas perdre de vue que, de son installation primitive, dépendra dans l'avenir une grande partie des frais généraux.

Dans une construction nouvelle, il faut toujours avoir en vue un agrandissement prochain, ce qui n'engage d'ailleurs à aucuns frais supplémentaires, mais simplement dans la façon d'arrêter les dispositions de construction.

Comme dispositions générales l'on peut envisager, dans ses grandes lignes, un hall central de moulage, formant le corps principal de la construction, desservi par un pont roulant, cet appareil de levage n'est pas plus dispendieux qu'une grue et ne laisse aucune place perdue; aux colonnes supportant le pont peuvent être adaptées de

petites grues ou potences, pour la facilité des petites manutentions.

Vers le milieu de ce hall seront placés d'un côté le cubilot, de l'autre côté et en face, l'étuve, l'espace resté libre entre les deux reçoit le chariot de l'étuve et les poches de coulée.

De chaque côté du corps principal s'élève une travée séparée en deux tronçons l'une par le cubilot, l'autre par l'étuve, d'un côté la première partie est affectée au moulage des petites pièces, elle est desservie par un petit pont roulant, la deuxième est destinée aux moulages sur couches; comme moyen de transport pour les poches de coulée, on emploie de simples chemins de roulement ou trolley, une troisième partie comprend les noyauteurs et les fondeurs en cuivre, quant à la quatrième partie elle est réservée pour les machines, la soufflerie, l'atelier des modèles, cette dernière est close, afin d'éviter les poussières toujours nuisibles; pour la même raison la sablerie sera isolée.

L'ébarbage, dont une partie doit être couverte, est placé sur le prolongement du corps principal du côté des machines, de façon à pouvoir utiliser la force motrice par transmission, pour l'installation d'une meule à émeri dont on ne saurait trop recommander l'emploi.

Le parc à châssis a sa place marquée à l'entrée de l'atelier, quant aux matières brutes, elles seront placées: les fontes près des cubilots, les sables près de la sablerie.

Ainsi orientée, une fonderie pourra produire économiquement, car ce qu'il faut éviter avant tout c'est une manutention inutile, depuis l'entrée de la matière brute jusqu'à sa sortie à l'ébarbage, après sa transformation complète.

L'électricité se recommande comme agent moteur pour les appareils de levage comme pour la ventilation.

Direction.

La direction tient une large place dans toutes les entreprises, ici le directeur doit être un fondeur, et avant tout un homme de décision.

Il est chargé des études, devis, achats, ventes, en un mot, de l'administration en général.

Le contremaître, tout en surveillant la fonderie, la noyauterie, la sablerie, l'ébarbage, la manœuvre, doit s'attacher à rechercher les procédés de moulage les plus simples, veiller au remmoulage, établir les prix de revient à chaque demande et prévoir l'outillage pour chaque genre de pièce.

Il répartit le travail selon les aptitudes de chacun, impartialement, car cette tâche est toujours très épineuse, surtout dans les travaux à prix fait, les ouvriers les plus imparfaits étant très souvent les plus prétentieux.

Il obtiendra d'autant plus d'autorité qu'il déploiera plus d'activité, et ce n'est pas du tout s'abaisser que de mettre à l'occasion la main au travail.

CHAPITRE II

FONDERIE DE CUIVRE ET MÉTAUX DOUX

Procédés de moulage.

Le moulage du cuivre n'offre aucune particularité, les pièces destinées à la mécanique sont obtenues par les mêmes procédés que pour la fonte, toutefois afin d'obtenir des moulages très sains, et autant que la conformation des pièces le permet, il est préférable de les couler verticalement.

Cependant la fabrication des objets de quincaillerie en cuivre jaune ou laiton est tout à fait spéciale ; pour produire économiquement, on emploie un châssis en fer très léger, de 6 à 7 centimètres de hauteur, possédant une ouverture sur le côté, construit spécialement pour la coulée en grappe, les pièces à mouler sont disposées sur une couche en plâtre, ou simplement en sable neuf, elles sont rapprochées les unes des autres de façon à ne laisser d'espace libre que le passage des coulées, celles-ci sont superposées et se croisent de telle sorte

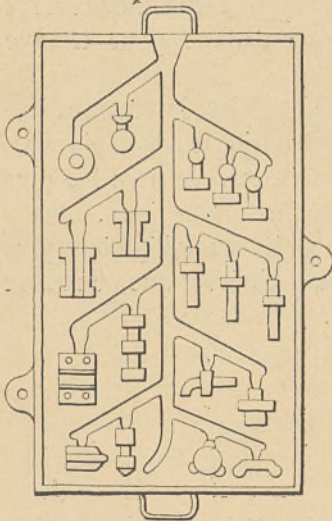


Fig. 28. — Moulage et coulée en grappe pour le cuivre et la fonte malléable.

que le remplissage de chaque pièce se fait graduellement, car le cuivre, généralement plus pâteux que la fonte, donne des pièces avec des angles assez mal venus (fig. 28).

Les moules étant préparés et séchés sont placés sur un plateau reposant sur la traverse d'une presse, chacun d'eux est séparé par une mince couche de sable sec, parfaitement égalisé, lorsque l'on a placé ainsi cinq ou six moules, selon la longueur des vis de presse, on place le deuxième plateau, puis la deuxième traverse, le tout étant ainsi réuni par les deux vis de la presse qui est renversée, les moules se trouvent alors dans la position verticale, on a soin de les incliner légèrement, et de commencer à couler par le moins élevé, cette précaution a pour but, dans le cas où l'on manquerait le jet au moment de la coulée, d'éviter de répandre le métal dans les moules voisins.

Le sable à employer est le même que pour la fonte, mais on doit écarter la houille qui occasionne les piqûres.

L'enduit qui convient le mieux pour les pièces étuvées est la mine de plomb, on emploie aussi l'ocre rouge, mais elle offre moins d'adhérence au sable qui tend à se fendiller, aussi il est préférable de faire un mélange à partie égale de ces deux matières.

Pour les moules coulés à vert, on peut les saupoudrer de farine, de mine de plomb, d'ocre rouge, ou simplement de cendres de bois.

Pour obtenir des pièces bien venues de fonderie avec des angles vifs, dans les moulages coulés verticalement par conséquent, ne possédant pas d'évent ayant issue à l'extérieur du châssis, il est bon de faire une petite trainée à l'aide du bec de spatule, prenant aux angles des joints et allant se perdre sur les bords du châssis, ces trainées ont pour but de laisser échapper les gaz qui se trouvent enfermés dans le moule.

Le foulage d'un moule pour la coulée du cuivre est à peu près le même que pour la fonte, en tous les cas il n'est pas moins dur.

La fabrication des noyaux ne change en aucune façon, seuls les supports qui les maintiennent en place doivent être de même nature que les pièces à couler.

Pour obtenir des moulages sains, on devra veiller à la qualité du métal employé ainsi qu'à la température de coulée qui doit être très élevée.

Appareils de fusion.

La fonderie en cuivre et de ses alliages s'est développée d'une façon extraordinaire, depuis la création de l'industrie de l'automobile, aussi les fondeurs sont devenus légion.

Ce dernier point tient essentiellement à la facilité de fondre ce métal.

Pour les petites et moyennes pièces, on adopte de préférence le four à creuset, dans lequel le métal est fondu en vase clos, où il ne subit aucune altération et très peu de déchet.

Le four peut être construit indifféremment rond ou carré, la dépense en combustible étant absolument la même, mais le four carré présente un avantage, les angles permettent de dégager le creuset, au moment de le retirer, avec plus de facilité.

Il est difficile de donner des dimensions exactes d'un four, car elles dépendent du diamètre des creusets employés, mais on peut admettre les suivantes pour tous les genres : 30 centimètres au-dessous du creuset, 20 centimètres au-dessus, 12 centimètres des bords supérieurs aux parois, ce qui pourrait se résumer comme suit pour un creuset de 100 kilogrammes :

Carré, 52 centimètres de côté, hauteur, 80 centimètres de la grille au couvercle, et 55 à 60 centimètres d'ouverture au-dessous de la grille (fig. 29).

On peut adopter pour le dessus du four un cadre avec

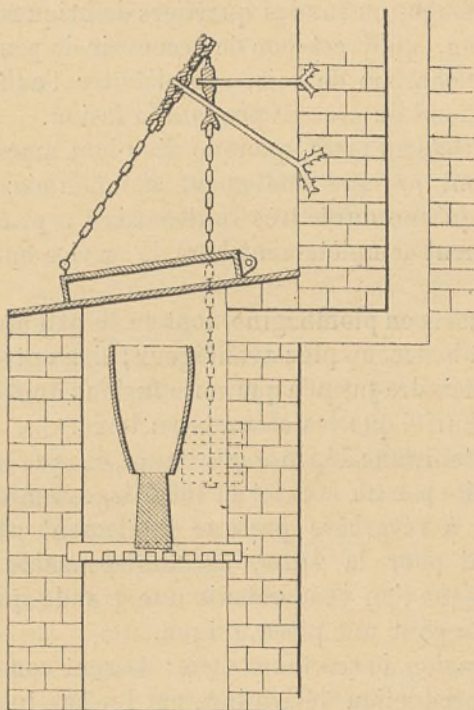


Fig. 29. — Four à creuset.

porte, celle-ci est manœuvrée à l'aide d'une chaîne passant sur deux poulies et munie d'un contrepoids.

Pour obtenir un tirage régulier, la cheminée doit dépasser la toiture du local d'au moins un mètre.

Selon la disposition des lieux, l'on peut opérer la sortie du creuset à l'aide d'une happe coudée horizontalement,

suspendue à un palan attaché à un trolley; avec ce système deux hommes peuvent retirer un creuset de 100 kilogrammes sans fatigue et sans difficulté.

Le creuset repose sur un bloc de terre réfractaire appelé fromage, ou sur des quartiers de briques de même composition, qu'il est bon de recouvrir de poussière de coke ou de charbon de bois, afin d'éviter l'adhérence de ce bloc au fond du creuset pendant la fusion.

Les creusets en terre, quoique d'un bon marché exceptionnel, sont presque totalement abandonnés; ils n'ont d'ailleurs qu'une durée très limitée, six à sept fusions, et ils deviennent complètement hors de service après refroidissement.

Les creusets en plombagine, tout en étant d'un prix plus élevé, sont beaucoup plus avantageux; bien entretenus, ils peuvent atteindre jusqu'à quarante fusions, tout en offrant plus de sécurité que les creusets en terre.

Pour obtenir une dépense minimum, chaque fusion doit être conduite par un creuset de 100 kilogrammes.

Le four à réverbère presque totalement abandonné aujourd'hui pour la fonte, est indispensable pour le cuivre, lorsque l'on veut obtenir une grande quantité de métal fondu pour une pièce unique.

La dimension de ces fours varie; ils sont construits en vue d'une production déterminée par les besoins et l'importance de l'établissement.

La sole de ces fours est inclinée et forme un bassin à sa partie inférieure; on charge les saumons ou les riblons à la partie supérieure, en ayant soin de les disposer de manière à laisser entre eux un passage à la flamme.

Lorsque la quantité de métal destinée à la fusion est réunie dans le bassin et suffisamment liquide, on la laisse

s'écouler par un chenal dans une poche préalablement chauffée.

Il est à recommander, une fois pour toutes, de ne pas brasser inutilement le métal, quel qu'il soit, sous peine de provoquer l'oxydation qui augmente le déchet dans de larges proportions, et de le couvrir pendant la fusion d'une épaisse couche de poussier de charbon de bois.

On emploie la houille pour le chauffage des fours à réverbère, et le coke de fonderie ou simplement le coke de gaz pour les fours à creuset, cependant le premier est préférable au second.

On coule parfois des pièces de 300 à 400 kilogrammes en réunissant dans une poche le métal fondu dans plusieurs creusets, mais ce système est très aléatoire, car il faut que les fours suivent la même allure, et le transvasement refroidit considérablement le métal, aussi il arrive que l'on obtient des moulages remplis de piqûres et de soufflures avec des faces mal venues qui amènent très souvent le rebut de la pièce.

Pour éviter ces désagréments, on peut employer les fours Piat ou les fours Rousseau qui peuvent être considérés comme intermédiaires entre les fours à creuset et les fours à réverbère.

Ces derniers sont à tirage naturel ou à ventilation; on les emploie pour la fusion du bronze, ainsi que pour celle de la fonte, mais pour cette dernière les frais de fusion dépassent de beaucoup ceux au cubilot.

Lorsque l'on dispose de la force motrice, on peut établir un ventilateur qui vient souffler dans les fours à creuset par une conduite donnant sous la grille, dans ce cas le devant de la grille doit être hermétiquement clos.

Alliages du cuivre.

Le cuivre pur n'est que très rarement employé dans les moulages.

Les disques de diamantaire, généralement découpés dans une masse de cuivre laminé, sont parfois obtenus par moulage avec beaucoup de difficultés.

On emploie avec succès un procédé qui consiste à placer le moule sur un plateau pivotant sur un axe, ce plateau est mis en mouvement, tandis que l'on opère la coulée par le centre de la pièce.

Le cuivre n'étant pas employé seul subit de nombreux alliages, parmi ceux-ci le plus employé est le bronze.

Le bronze est une composition de cuivre et d'étain, à laquelle on ajoute, selon les circonstances, une certaine quantité de zinc et quelquefois de plomb.

L'étain a pour effet d'augmenter la résistance ; il entre dans la composition à la moyenne de 12 %, c'est vers 16 à 18 % que l'on obtient le maximum de résistance, il diminue la malléabilité.

Le zinc contribue à rendre l'alliage plus fluide et plus homogène ; on l'admet en quantité variable selon la destination de l'alliage à obtenir.

Le plomb est admis dans la composition des bronzes destinés à certains travaux, il a pour effet de diminuer l'échauffement, d'être plus résistant à l'usure et au choc, dans les coussinets de laminoir on l'admet jusqu'à 12 %.

Les alliages de bronze ne sont pas toujours très homogènes à la première fusion, ils sont sujets aux liquations, on retrouve parfois certaines parties de l'un des alliages, principalement l'étain et le plomb, qui se séparent en taches très nettes sur certains points de la pièce,

L'on peut y remédier en partie en plongeant dans le creuset, pendant la coulée, un branchage vert; à son contact, le métal se met en ébullition et se trouve ainsi brassé jusqu'à ce que le contenu de la poche soit épuisé.

En refondant les jets, les débris, les pièces usagées, le bronze s'allie plus intimement, la composition d'une charge au creuset doit donc en comporter une certaine quantité, le métal obtenu sera toujours plus résistant.

Les variétés de bronze sont très nombreuses, on peut les résumer avec leur composition d'après le tableau suivant :

BRONZE	Cu	Sn	Zn	Pb.	FE	Ph
A canon.....	90	10	»	»	»	»
Pour pièces de machines....	92	8	»	»	»	»
Médaille.....	90	8	2	»	»	»
Monnaie.....	95	4	1	»	»	»
Statue.....	86	6	8	»	»	»
Cloche.....	78	22	»	»	»	»
Coussinet.....	78	9	»	5.	»	7
Pignon.....	86	8	»	»	»	6
Forgeable.....	58	0,5	39	1	1,5	»

Les bronzes phosphoreux sont très recherchés et même exigés par beaucoup de constructeurs, ils sont plus durs et plus résistants que les bronzes ordinaires.

Le phosphore agit comme désoxydant, détruisant l'oxyde de cuivre, il communique au métal une grande fluidité.

Le zinc joue un rôle à peu près analogue.

Le phosphore, le zinc, l'étain, sont chauffés au préalable, puis ajoutés au métal, lorsque le creuset est retiré du four et complètement débarrassé des scories, on brasse le tout avec une tige en fer.

Le manganèse peut être employé aussi comme désoxy-

dant, mais son usage est plutôt spécial, dans son emploi prend le nom de bronze roma.

Le bronze d'aluminium ne présente pas un grand intérêt, après avoir beaucoup fait parler de lui en mécanique, il est presque totalement abandonné; comme ornement on le recherche dans cet alliage pour sa couleur simili-or, il ne s'altère que très peu à l'air et reprend immédiatement une belle couleur jaune, en le frottant avec une brosse métallique.

L'aluminium est chargé au creuset en fin de fusion, il entre dans la composition dans la proportion de 6 à 8 %, en petite quantité il augmente la résistance, en excès il devient cassant, dans les moulages minces il donne d'assez bons résultats, ailleurs il retasse considérablement, aussi il est bon d'étuver toutes les pièces destinées à la mécanique, et de placer de bonnes masselottes ou de bons évents près des fortes épaisseurs.

Le laiton est obtenu par alliage de cuivre et de zinc, il est très malléable et se travaille bien à froid.

Le laiton n'est pas employé en mécanique à cause de son peu de résistance à l'usure, par contre, on l'emploie dans la robinetterie, dans toutes les pièces d'ornement, enfin partout où la qualité du métal n'est pas en cause on le recherche principalement pour sa couleur.

La fusion du laiton se fait le plus souvent dans des fours à creuset à tirage naturel, et à un degré de chaleur uniforme, faute de cette précaution le zinc se volatilise et occasionne des déchets énormes.

Métaux blancs.

Parmi les métaux blancs les plus employés en fonderie, on peut citer en première ligne le zinc et l'aluminium,

puis les alliages d'antifriction, dans la composition desquels rentre l'étain, le plomb et l'antimoine.

Le zinc est destiné aux fonderies d'art, il se moule très bien dans le sable, mais il est généralement coulé en des moules métalliques, montés sur tourillons.

Le moule étant rempli, l'on attend quelques instants, puis on le fait basculer sur ses tourillons, le métal s'échappe par la coulée ne laissant qu'une légère épaisseur qui s'est solidifiée aux parois.

Le zinc s'allie très bien aux autres métaux, mais il est sujet aux liquations et ce n'est qu'à la deuxième refonte qu'on obtient un métal homogène.

Afin d'éviter l'oxydation on le fond sous une épaisse couche de charbon de bois.

La majorité des pièces coulées en aluminium sont destinées à l'automobile, d'ailleurs le seul avantage qu'il présente, c'est d'être très léger, mais son application en mécanique n'offre aucun intérêt, étant trop mou.

Le moulage de ce métal n'offre rien de particulier, ce travail est généralement confié aux mouleurs en cuivre qui l'obtiennent par les procédés ordinaires.

Les alliages d'antifriction sont destinés à servir de garniture à certaines pièces travaillant par frottement, il est coulé dans la pièce même.

Ces alliages sont généralement à base d'étain à teneur suivante Sn — 80 — Sb — 10 — Cu-10.

Certaines petites pièces d'ornement sont coulées en étain pur qui conserve alors tout son brillant et ne s'altère jamais.

CHAPITRE III

FONTE MALLÉABLE

Procédés de moulage.

La fonte malléable est un produit qui se place entre la fonte ordinaire et le fer.

Les fonderies de fonte malléable, peu nombreuses autrefois, ont suivi un développement ascensionnel parallèle à celui de l'automobile, et plus encore à celui des machines agricoles.

Beaucoup de petites pièces destinées à la serrurerie, à l'armurerie, la quincaillerie, etc., enfin partout où la fonte



Fig. 30. — Châssis en fer « Canda ».

ordinaire serait insuffisante, et où le fer forgé deviendrait trop dispendieux, sont obtenues ainsi très économiquement.

Pour le moulage on opère de la même façon que pour le laiton, c'est-à-dire dans des châssis en fer et coulée en grappe verticalement; le démoulage se fait quelques instants après la coulée de manière à laisser à toutes les pièces la liberté du retrait, qui est beaucoup plus considérable que celui de la fonte ordinaire, et que l'on estime être à la moyenne de 25 millimètres par mètre.

Nature des fontes à employer.

La fonte malléable est obtenue au moyen de fontes excessivement pures, provenant de minerais hématites rouges; ces fontes de provenance anglaise sont livrées en petits gueusets blancs ou truites.

Les fontes de Suède et de Styrie, ainsi que certaines fontes du Midi, sont des minerais hématites rouges.

En principe, les fontes destinées à ce genre de fabrication doivent être peu carburées, et plutôt à carbone combiné que graphitique; elles ne doivent posséder ni manganèse, ni soufre, ni phosphore.

Dans ces conditions elles ne sont donc que très peu fluides, aussi on doit couler à une température très élevée.

Le métal est fondu dans des fours à creuset ou au cubilot selon la quantité ou l'importance des pièces à couler.

La densité est un peu supérieure à celle de la fonte ordinaire, elle est variable et se tient entre 7,3 et 7,5.

Recuit.

Le recuit est l'opération principale par laquelle la fonte se transforme et acquiert la malléabilité.

A sa sortie du moule elle est blanche et fragile, aussi l'on se contente de détacher les pièces des jets.

Le recuit a pour but de décarburer la fonte, c'est-à-dire d'éliminer le carbone par suite d'oxydation lente qui se propage peu à peu à travers la masse pendant l'opération.

Les pièces sont disposées par couches dans des pots cylindriques en fonte, sur des lits de minerai rouge ou oxydé : on peut y ajouter diverses matières comme la poussière des appareils à air chaud des hauts-fourneaux.

Il est bon d'enduire les pièces à recuire soit avec de la chaux, ou toute autre matière avant l'empilage dans les pots, et les disposer de façon qu'elles ne se courbent ou ne se déforment pas sous la charge.

Lorsque les pots sont bien remplis et fermés de couvercles en fonte, on les lute soigneusement avec de la terre réfractaire, afin d'éviter l'accès de l'air, puis on les dispose par rangs dans les fours à recuire.

On chauffe insensiblement de manière à atteindre le rouge après dix-huit à vingt heures, puis on maintient cette température pendant trois, quatre et même cinq jours, selon l'épaisseur des pièces à décarburer.

Dans certains cas, lorsque les pièces diffèrent comme forme et comme épaisseur, et ne peuvent atteindre une décarburation complète en une seule fois, on leur fait subir un deuxième recuit.

Cette opération demande beaucoup de soins; c'est d'elle que dépend essentiellement la quantité et la malléabilité du métal.

On doit laisser refroidir vingt-quatre heures avant de retirer les pots du four.

Ebarbage.

Les pièces étant retirées du four, après un recuit convenable, sont susceptibles de passer par les mains de l'ébarbeur, elles peuvent se tordre sans se rompre, elles offrent beaucoup plus de résistance que la fonte ordinaire.

L'opération qu'elles subissent peut être considérée plutôt comme toilette que comme ébarbage, car la majorité des pièces en fonte malléable sont reproduites à un grand nombre d'exemplaires, tirées sur les machines à mouler, ou simplement sur couche, avec modèles métalliques soignés

et rectifiés; aussi les pièces sont généralement très bien venues de fonderie, sans couture aux joints, il n'y a donc plus qu'à les débarrasser de la couche d'oxyde qui s'est formée pendant le recuit. Pour cela, on les fait tourner dans un tonneau où on les expose à l'action d'un jet de sable.

Fusion.

Comme il a été dit, la fonte malléable est, par la nature des fontes blanches ou truitées qui la composent, peu fusible.

Les charges au cubilot ou au creuset, sans être composées essentiellement de fonte neuve, ne doivent comporter qu'une faible partie de fonte provenant des jets, débris ou pièces manquées. En tous cas on ne doit pas admettre les bavures ou coulées ayant subi un recuit.

Dans ces conditions, il est de toute nécessité de surveiller les tranches de coulées, les jets ou événements, d'en étudier l'utilité, et de les restreindre dans la mesure du possible.

Le poids maximum des pièces peut atteindre 10 à 12 kilogrammes et l'on doit étudier les formes ainsi que les épaisseurs à accorder aux pièces, de façon à ne pas être gêné par les retraits, et d'obtenir un point de décarburation parfait.



CHAPITRE IV

FONDERIE D'ACIER

Ses débuts.

L'introduction de l'acier parmi les métaux pour la coulée des moules en sable, en fonderie, est très ancienne.

Sans remonter à son origine, on peut admettre qu'elle fit son apparition officielle, en France, à l'exposition de 1867, à laquelle parurent des pièces en acier moulé, d'une grande simplicité, se rattachant principalement aux travaux de forge.

Pendant les quinze années qui suivent, c'est-à-dire jusqu'en 1882, il semble que ce fut une période de tâtonnements; enfin, à l'exposition de 1889, on trouve des pièces en acier moulé, de formes très variées, et présentées par différentes fonderies.

A cette époque, c'est la Loire qui tient le premier rang, par la Société Verdier à Firminy, la Société Petin et Gaudet à Saint-Chamond, et la Société de Terre-Noire.

Cette dernière surtout avait une supériorité incontestable dans la fabrication de l'acier, et, par suite, sur les moulages. Ayant à sa tête les plus illustres chimistes de France, elle avait su conquérir la première place dans cette fabrication; aussi on peut affirmer que ce ne fut plus de la métallurgie, mais de la science qui sortit de cette Société qui ne jouit pas longtemps de ses succès, car c'est à la même époque qu'elle sombra. Cependant, presque tous les travaux présentés à cette époque par les

différentes fonderies d'acier étaient sensiblement les mêmes, les surfaces des pièces étaient généralement malpropres, et ne semblaient être que des ébauches, le sable et autres matières y adhéraient outrageusement, la masse contenait des quantités de scories et de sulfures, et le décapage indispensable faisait découvrir de formidables criques que l'on évitait à grand'peine sur les pièces à répétition.

Procédés de moulage.

Les procédés de moulage pour la fonderie d'acier ne diffèrent en rien de ceux des autres métaux.

Toutefois comme pour le cuivre, et chaque fois que la disposition du modèle le permet, les pièces sont coulées verticalement.

Cette disposition est absolument indispensable ; l'acier, étant un métal n'ayant pas la fluidité de la fonte, ne coule pas, mais roule comme le fait la fonte blanche, il n'oppose pas une pression nécessaire pour repousser l'air qui se trouve répandu à l'intérieur du moule.

La section de la coulée doit être assez forte pour alimenter les tranches qui doivent être nombreuses, afin de remplir le moule aussi rapidement que possible.

Les événements sont placés sur les parties les plus élevées : sans être de dimensions exagérées, ils doivent être larges et d'épaisseur relative à celle de la pièce, la hauteur doit permettre d'obtenir une pression suffisante pour éviter les retassures, les pièces massives doivent être pourvues de puissantes masselottes.

Les moules doivent être placés en source, et non aux parties supérieures des pièces, car le métal introduit dans le moule par cette dernière disposition entraîne toujours avec lui une certaine quantité d'air, tandis qu'entrant

par la partie inférieure il chasse devant lui l'air et les gaz qui se dégagent ou qui s'y trouvent enfermés.

Le sable à employer doit être absolument réfractaire : il est employé sortant de la carrière, sans aucune préparation, sans broyage, afin de ne pas nuire à sa porosité, qui est une des qualités essentielles pour les moulages d'acier.

On trouve aujourd'hui dans le commerce des enduits qui facilitent le décapage, donnent aux surfaces extérieures un poli assez convenable se rapprochant sensiblement de celui de la fonte.

Il n'en est pas de même pour les parties enveloppées par le métal, comme les dents de pignons de forge, les petits noyaux (qu'il serait préférable dans la plupart des cas de ne pas mettre ou de chambrer), les cannelures de cylindres de laminoir, et enfin toutes les parties s'avancant à l'intérieur du moule.

Toutes ces parties ne pouvant supporter une température aussi élevée se désagrègent, fondent ou brûlent, et font corps avec le métal ; le décapage qui se fait alors au burin devient long et difficile, et ne donne en définitive que des surfaces rugueuses.

Pour les roues d'engrenages, roues de wagons, etc., on opère absolument comme pour les moules destinés à être coulés en fonte, en prolongeant le moyeu de 10 à 12 centimètres : cette partie de métal est ensuite enlevée au tour.

Le moule doit être constitué solidement, la serre très dure, et le séchage soumis à une température élevée et poussé jusqu'à l'élimination complète des vapeurs d'eau.

Les pièces à noyaux peuvent subir deux étuvages : après le premier, on opère complètement le remoulage, et le moule retourne à l'étuve complètement terminé.

Le noyautage demande certaines dispositions spéciales dans le placement des armatures.

Si l'on suppose un bâti, l'évidement du corps sera fait par un noyau ayant une armature en fonte, comprise

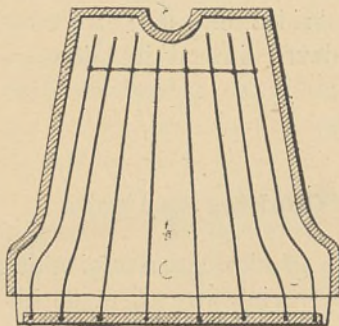


Fig. 31.

entièrement dans la portée ; des tiges de fer noyées dans la fonte et reliées entre elles à la partie supérieure termineront cette armature (fig. 31) ; l'intérieur du noyau sera garni de coke menu, de façon que le fer et le coke puissent céder docilement sous la pression du retrait au moment de la coulée.

Lorsque la pièce est coulée, et sans perdre de temps, on enlève la partie du châssis contenant la portée, on retire l'armature et l'on dégage l'intérieur du noyau.

Dans les pièces circulaires, comme les fonds de cylindre double pour machines marines, dont le noyau est enveloppé complètement par le métal, on peut employer des armatures en fonte, en garnissant les bords extérieurs d'un cordon de paille ayant au moins un centimètre d'épaisseur ; le cordon brûle et laisse un vide sur tout le tour de l'armature qui peut alors se dilater à volonté.

Enfin, si les noyaux sont consolidés avec des barres

de fer, il est préférable que celles-ci soient en deux longueurs assemblées par des liens en fil de fer, plutôt que d'être d'une seule longueur.

Dans la confection d'un moule, chaque fois qu'une partie de sable se trouve engagée entre des nervures, des joues ou des bridés, elle doit être considérée comme un noyau ; on devra introduire dans cette partie de sable un lit de menu coke pour faciliter le retrait et éviter les criques.

Qualités de l'acier.

L'acier moulé a généralement moins de résistance que l'acier forgé ; elle varie entre 45 et 65 kilogrammes par millimètre carré, avec un allongement de 12 à 15 % qui peut s'élever jusqu'à 20 % lorsque le recuit s'est fait dans de bonnes conditions.

L'acier contient environ 1 % de carbone.

Le soufre et le phosphore sont nuisibles à la résistance et leur teneur ne doit pas atteindre 1 millième.

Le manganèse rend l'acier plus fluide, toutefois il ne doit pas dépasser 1 % ; au delà de cette limite il rend l'acier cassant.

La teneur en silicium est d'environ 3 millièmes.

Les aciers de moulage sont généralement des aciers demi-durs, cependant pour certains usages ils peuvent être des aciers durs.

Dans les moulages d'acier, les résultats ne dépendent pas seulement d'un moule bien conditionné, mais plutôt de la qualité du métal, et c'est surtout à ce dernier que l'on doit la plus large part des soufflures.

Pour remédier à cet inconvénient, on a essayé dans les fours Martin des additions de silicium sous forme de

silico-spiegel, ainsi que des additions d'aluminium ; ce dernier, qui rentre d'ailleurs en très petite quantité, est employé de préférence, il donne au métal une grande fluidité, il élimine l'oxyde de fer dissous dans la masse.

L'aluminium est introduit dans le moule par petits fragments à l'aide d'une pelle dès le début de la coulée.

Les moulages d'acier, en général, doivent être recuits : dans certains cas on peut éviter cette opération pour des pièces simples sans importance, mais c'est indispensable dans les pièces de formes variées.

Cette opération a pour but de détruire les tensions intérieures déterminées par un refroidissement inégal dans les diverses parties de la pièce.

Appareils de fusion et coulée.

Le four Martin est l'appareil de fusion le plus employé pour les aciers moulés.

Les petits fondeurs refondent en deuxième fusion dans des fours à creuset.

L'emploi des petits convertisseurs système Wabrand ou Robert s'est beaucoup répandu pour la fabrication des aciers de moulage.

Indifféremment, toutes les poches ou récipients employés à la fonderie de fonte peuvent être mis en service, pour le transport et la coulée de l'acier liquide.

Toutefois, en raison de sa prompte solidification, et pour éviter des transvasements partiels, nuisibles à sa fluidité, on emploie de préférence des poches à quenouilles, fermées par un tampon ayant la forme d'une quenouille et actionnées par un levier.

Ces poches, dont la contenance varie, donnent toute satisfaction pour les pièces d'un poids assez élevé, mais

il n'en est pas de même pour les petites pièces, pour la raison suivante :

Pendant le passage d'un moule plein à un moule vide, le levier de la poche est manœuvré pour abaisser la quenouille de façon à obstruer le trou de coulée; mais malgré cette précaution, il est très difficile d'empêcher complètement

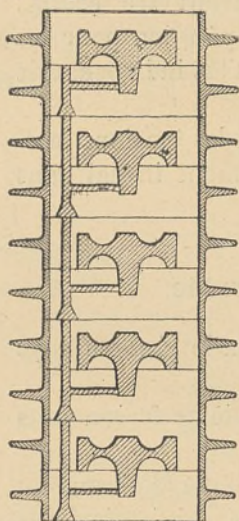


Fig. 32.

le métal de s'échapper, aussi il laisse sur son passage une trainée qui ruisselle le long des moules et s'étend sur la face supérieure, formant un pâté de métal qui s'infiltré dans les joints, rend le démoulage très difficile et devient une cause fréquente de destruction des châssis.

On a tourné en partie la difficulté par la coulée en grappe, non pas le système employé pour le laiton et la fonte malléable, mais un autre genre de coulée en grappe qui consiste à empiler sept ou huit moules de même dimension, reliés et boulonnés entre eux, possédant une même tige de coulée traversant la pile de haut en bas jusqu'à la dernière partie de châssis (fig. 32).

A chaque moule la coulée est évasée et munie d'un cordon de terre molle afin d'assurer la correspondance de chaque trou de coulée et d'éviter les fuites de métal.

Le transport de l'acier à fusion doit être fait avec des appareils de levage à grande vitesse, aussi la majorité des fonderies d'acier possède-t-elle des ponts roulants électriques.

Malgré la coulée en grappe et toute la diligence appor-

tée dans la coulée des moules, l'inconvénient signalé plus haut se trouve atténué mais non supprimé.

L'on peut cependant assurer une coulée régulière et

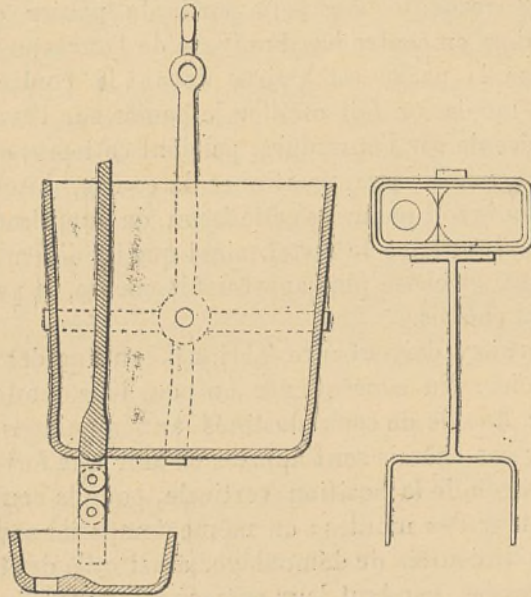


Fig. 33. — Poche à panier.

sans perte de métal en adoptant sous la poche un dispositif spécial, appelé panier.

Cet appareil comme son nom l'indique a la forme d'un panier (fig. 33).

Il est suspendu à son axe et au-dessous du trou de coulée, à l'aide de broches mobiles, qui permettent de le renverser en avant et en arrière ; sur le côté est fixée une armature à deux branches qui assure la manœuvre d'oscillation.

L'une des extrémités du panier est percée d'un trou de même diamètre que celui de la poche.

Pendant le transport de cette dernière d'un moule à l'autre, le panier est renversé en arrière, c'est-à-dire en sens opposé à l'ouverture, le métal qui s'échappe de la poche est recueilli dans cette partie du panier qui se trouve alors en contre-bas du niveau de l'ouverture.

Lorsque la poche est arrivée devant la coulée d'un nouveau moule, on fait osciller le panier sur l'avant, le métal s'écoule par l'ouverture, pendant ce temps on soulève la quenouille pour continuer la coulée, jusqu'à ce que le moule soit plein. De cette façon, on supprime complètement les pertes de métal, ainsi que les difficultés du démoulage, et chose plus appréciable encore, la perte de nombreux châssis.

Ces derniers doivent être fabriqués en vue des moulages d'acier. En conséquence on peut leur donner une épaisseur double de ceux destinés aux moulages de la fonte, car ces châssis sont appelés à subir une forte pression en raison de la position verticale, pour la coulée, et de la hauteur des moules : en même temps ils sont soumis à des difficultés de démoulage, ainsi qu'à des températures élevées, pendant leur passage à l'étuve.

Cette température, qu'il faut chercher à maintenir jusqu'au moment de la coulée, a une grande influence sur la qualité des pièces obtenues au point de vue de l'aspect, des piqûres, soufflures, retassures, criques, etc.

Dans un moule froid, la première goutte de métal qui tombe dans la coulée jaillit dans le moule, rebondit, et se sépare par petits grains qui roulent et se solidifient instantanément. On les retrouve un peu partout dans l'intérieur de la masse et dans les angles principalement, où ils occasionnent quelquefois le rebut de la pièce.

Lorsque le métal prend contact avec le fond du moule, il bouillonne : il se forme alors dans la masse des petits

globules de gaz, qui, ne pouvant s'échapper, produisent les piqûres et les soufflures.

Enfin, à mesure que le moule se remplit, le métal se solidifie au contact des parois froides, principalement dans les parties minces; les parties épaisses n'étant plus alimentées, il se produit alors des retassures et des criques.

Si au contraire le moule a conservé une haute température, le métal, rencontrant un élément plus favorable, s'étend plus docilement, sans bouillonnement, évitant ainsi les piqûres, l'aspect extérieur est plus agréable, les angles venant bien vifs, la solidification qui s'opère d'une manière plus uniforme permet un retrait plus régulier sur l'ensemble de la pièce, écarte ainsi les tassements et les criques, et augmente dans une large mesure les chances de succès.

CHAPITRE V

MOULAGE MÉCANIQUE

Influence du moulage mécanique.

L'introduction de la machine à mouler, en fonderie, constitue le point le plus appréciable du progrès, dans cette branche de l'industrie.

Elle a pris en quelques années des proportions tellement considérables, qu'il est bien peu de fonderies ne possédant au moins une machine, et il est très probable que, dans l'avenir, elle deviendra un outil de première nécessité.

Quoique les opinions diffèrent sensiblement sur l'utilité et le rendement de ces dernières, l'on est obligé de reconnaître qu'elles influencent beaucoup le marché, et à titre documentaire, on peut citer l'exemple suivant :

Dans le courant de l'année 1907, une des plus importantes Sociétés parisiennes mettait en adjudication la fourniture en un seul lot de :

2.300 pièces, poids unitaire 55 kilogr., total	126.500 kilogr.
2.300 — 7 —	16.100 —
550 — 46 —	25.300 —
550 — 6 —	3.300 —
<hr/> Soit 5.700 pièces	<hr/> pour 171.200 kilogr.

Comme on peut le constater par ces chiffres, l'affaire était très intéressante. Aussi, parmi les nombreux fondeurs consultés, la majorité se basant sur la production

ordinaire du moulage à la main, soumissionnèrent pour un prix de 23 à 25 francs %, ce qui était normal pour cette mémorable période d'activité, et cependant l'affaire fut enlevée à 18 fr. 50 %, prix basé sur une production de moulage mécanique.

Ceci n'est qu'un aperçu parmi tant d'autres, et il n'est pas rare de rencontrer des travaux à grandes reproductions, ayant subi une baisse de 3 à 5 francs par kilogramme sur les anciens prix depuis l'introduction des machines : aussi, le plus grand nombre des pièces en séries ne seraient plus économiquement réalisables sans elles.

Ceci ne revient pas à dire que le moulage mécanique est arrivé à un degré de perfectionnement et de vulgarisation tels, qu'il soit devenu d'un usage très courant.

Loin de là, car si beaucoup de fondeurs ont fait acquisition de machines, tous n'ont pas leur emploi, certains même, après plusieurs essais, les ont totalement abandonnées, et les arguments qu'ils développent sont de nature à leur donner raison.

Utilisation des différents principes de la machine à mouler.

Il serait difficile de dire à quelle époque l'on a commencé à se servir des machines à mouler, cependant l'on peut affirmer que depuis très longtemps on a utilisé les différents principes, soit seuls, soit accouplés, qui constituent le type de la machine actuelle.

Les presses à mouler étaient employées autrefois dans le moulage des pièces plâtres ou ayant beaucoup de dépouilles ; elles étaient actionnées au moteur ou à la main, le moule était placé sur un chariot monté sur roue, le châssis rempli de sable était amené sous la presse où s'opérait le serrage, puis ramené en arrière pour le dé-

moulage qui se faisait à la main : ces presses avaient donc pour principe le serrage.

Le Creusot fabriquait autrefois, en grande quantité, des plaques à damier, servant au parquetage des chambres de machines à vapeur, dites Corliss, le modèle était fixé sur un marbre creux, traversé par quatre colonnettes, surmontées d'un taquet disposé pour recevoir les portants du châssis ; les colonnettes étaient supportées par des traverses placées à l'intérieur du marbre et reliées entre elles par un jeu d'excentriques actionnés par un levier, le serrage du sable se faisait au fouloir, le levier était enlevé pendant cette opération et remis en place pour le démoulage qui était obtenu rigoureusement vertical.

L'emploi du peigne se retrouve un peu partout et à toutes les époques, il a été vulgarisé par les machines actuelles ; par sa simplicité pour l'obtenir, il est encore employé avec beaucoup de succès, indépendamment des machines, pour la fabrication des barreaux de grilles à plusieurs lames.

Il en est de même des couches modèles, mais celles-ci coûtaient généralement très cher, et elles n'étaient guère employées que pour les pièces à joint plan, les modèles coupés en deux parties et fixés de chaque côté d'une même plaque, ou sur deux plaques différentes ; dans ce dernier cas, les châssis serrés ainsi séparément devaient être absolument interchangeables. C'est ainsi que se fabriquaient beaucoup de pinces de machines agricoles, en particulier les menottes de rateaux ; avec des plaques irréprochables et bien au point, l'on arrivait à une production presque aussi élevée que celle obtenue avec les machines à mouler.

Enfin, les presses à mouler, accouplées aux démou-

leuses, existent depuis très longtemps, mais elles étaient créées en vue d'une fabrication spéciale.

Moulage mécanique actuel.

Toutes les machines actuellement utilisées, quoique différentes par les dispositions mécaniques, ont toutes le même but : celui de réaliser sur une même base tous les principes employés pour la fabrication des pièces en série, c'est-à-dire qu'elles peuvent recevoir une ou plusieurs plaques modèles, un ou plusieurs peignes, presser le sable et démouler verticalement.

Ainsi constituées, il va sans dire qu'elles deviennent le centre de tous les mouvements et de toutes les opérations pour la fabrication d'un moule, elles écartent ainsi toutes fausses manœuvres, et évitent les pertes de temps.

D'après cette description, et l'éloge qu'en font tous les constructeurs sans exception, il semble qu'il n'y ait plus qu'à posséder une machine et avoir à fabriquer une série de mêmes pièces, pour réaliser des économies considérables sur la main-d'œuvre, mais comme toute médaille a son revers, la machine à mouler a le sien, elle soulève un nombre de petites difficultés, qui paralysent ses effets ; la preuve réside en ceci, c'est que depuis 1895, pour ne pas dire plus tôt, époque où elle faisait son apparition munie de tous les perfectionnements qu'on lui connaît aujourd'hui, jusqu'à 1907, soit plus de dix ans, elle a traversé cette période d'une façon si lente et si pénible, qu'elle n'était accueillie que par un nombre de fondeurs relativement peu élevé, et si, en ces dernières années, son cercle d'extension s'est un peu élargi, c'est plutôt pour suppléer à la pénurie d'ouvriers mouleurs et peut-être aussi par l'exigence de quelques construc-

teurs qui imposent des pièces exactement conformes et interchangeables : il est donc évident qu'elle n'a pas donné satisfaction sous tous les rapports.

Or, si on lui avait reconnu toutes les qualités qu'on lui a prêtées, elle se serait imposée d'elle-même et répandue beaucoup plus vite, car les premiers possesseurs de machines auraient eu le privilège de la plupart des marchés, par des prix à rabais. Il s'ensuivait donc que les concurrents devaient s'en munir de même.

Voici d'ailleurs ce que disait M. Ronceray dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, juin 1906 :

« On a pu se rendre compte, par les exemples que nous avons passés en revue rapidement, que la question du moulage mécanique est loin d'être simple, puisqu'elle a donné naissance à tant de machines de systèmes différents pour arriver à un même but. Il faut considérer en outre que tous les moyens mis en œuvre n'ont pu résoudre, jusqu'ici, qu'un nombre très restreint de cas, non pas à cause de l'impossibilité absolue, mais pour ainsi dire de l'impossibilité relative, parce qu'il ne suffit pas d'une machine à mouler pour faire des moules, il faut encore que cette machine comporte une plaque modèle. »

Et l'on peut ajouter qu'il faut encore un mouleur très capable pour fabriquer lesdites plaques, quoique l'on ait prétendu très souvent qu'il suffit d'un mouleur ordinaire. Cette opération est d'une très grande importance, puisque c'est de là que dépendra la qualité des pièces fabriquées par ce procédé, le résultat obtenu étant indépendant de la volonté de l'ouvrier qui les produit.

Le moulage mécanique n'ayant été traité jusqu'ici que par des intéressés, tous se sont bien gardés d'en démontrer les inconvénients à moins toutefois que ceux-ci fussent

généralisés et donnassent lieu à un système d'outillage spécial.

Lorsqu'un fondeur a paru s'intéresser au moulage mécanique ou a manifesté l'intention de se rendre acquéreur de machine, il est bientôt encombré de catalogues, prospectus, ou de représentants de différentes maisons, qui tous ont la prétention que leur système respectif est le meilleur et le plus avantageux, puis, afin de le convaincre, on le prie de se rendre compte auprès de telle ou telle maison ou dans un atelier spécial. Dans ce dernier en effet, il peut constater que l'on fabrique un moule ou dix ou vingt, et ceci en très peu de temps, aussi il en sort généralement convaincu après avoir conclu un marché.

Rentré chez lui, il attend la machine qui ne tarde pas à arriver, et avec elle les tâtonnements, les hésitations, les déceptions.

Sur sa demande on lui envoie un spécialiste pour établir une première couche, mais on choisit des modèles simples, car cette personne a beaucoup à faire, et ne saurait rester trop longtemps sans augmenter les frais, si bien qu'elle quitte l'établissement sans avoir pu le mettre suffisamment au courant, sans avoir préparé des plaques modèles sérieuses, et enfin sans avoir obtenu les résultats démontrés à la conclusion du marché.

C'est alors seulement que le fondeur commence à comprendre que les expériences auxquelles il a assisté ne sont que de circonstance : elles sont faites sur des plaques modèles ayant coûté très cher ; le maniement est fait par des hommes habiles et très experts ; le sable, les châssis, et tous les accessoires sont combinés afin d'arriver à une grande production ; les noyaux, si il y en a, ne sont pas placés, et généralement les moules ne sont pas coulés. En résumé ce qu'il constate, c'est que ce n'est pas

tout à fait ce qu'on lui avait dit tout d'abord; qu'il suffit d'avoir une machine avec une plaque modèle, et que l'on peut charger sa bonne de faire des moules.

Il existe en effet des fonderies travaillant même totalement mécaniquement, mais elle ne sauraient en cette circonstance être assimilées à celles qui se livrent à tous genres de travaux.

Ces usines, créées spécialement pour un genre de fabrication, ne produisent des pièces toute l'année que pour un article unique, quelques-unes possèdent des installations toutes modernes où rien n'a été négligé : les machines perfectionnées, les distributeurs de sable, les plaques modèles obtenues, autant par ajustage que par les moyens préconisés, le personnel lui-même est dressé d'une façon automatique pour chaque partie. En conséquence il ne pourrait exister aucune comparaison entre ces ateliers qui n'ont pas connu d'autres modes de production, et ceux qui au contraire ne connaissent rien de ce genre de moulage.

Obstacles au développement du moulage mécanique.

Les types de machines sont nombreux et variés et si leur but est le même, les résultats sont parfois très différents et c'est déjà un point de départ en cette circonstance, que le choix judicieux d'une machine pratique en conformité avec les pièces à fabriquer.

Comme construction, s'il en est de soignées, d'autres au contraire sont fabriquées en dépit de toutes les règles de la plus élémentaire mécanique, et semblent être créées simplement comme article commercial sans aucun souci du but d'utilité.

Dans ces conditions il n'est donc pas extraordinaire de rencontrer de premières difficultés de ce côté, mais celles-ci sont insignifiantes puisqu'elles sont particulières à un genre de machine.

Les obstacles qui se dressent contre l'extension du moulage mécanique en général sont assez nombreux et peuvent être classés ainsi qu'il suit :

- 1° Le prix de revient d'une plaque modèle;
- 2° La mise au point;
- 3° L'outillage.

Prix de revient d'une plaque modèle.

Les plaques modèles obtenues autrefois par ajustage coûtaient très cher, cependant on en couvrait assez facilement les frais, car en principe elles étaient créées pour les pièces à grande reproduction.

Aujourd'hui, ces plaques s'obtiennent avec une grande facilité par les seuls moyens de moulage ordinaire, mais contrairement à la prétention de certains constructeurs de machines ou d'outillages spéciaux, cette opération essentiellement délicate doit être exécutée, non pas par un ouvrier ordinaire, mais par un ouvrier habile, et ayant surtout beaucoup de connaissances et d'initiative, car c'est précisément de lui que dépend tout le succès.

Les plaques modèles sont préparées en plâtre, en ciment ou en métal, le plus souvent en métal blanc n'ayant que très peu de retrait, quelquefois en bronze ou même en fonte. Dans ce dernier cas il faut beaucoup de précision dans la préparation de la plaque, car le métal étant plus dur, les retouches sont beaucoup plus longues et plus difficiles; d'ailleurs leur usage n'est pas à conseiller, à

moins qu'elles ne soient appelées à être terminées au tour.

Elles sont faites avec ou sans peigne selon la disposition des pièces à mouler; en plâtre ou en ciment, lorsqu'il ne s'agit que d'un nombre relativement peu élevé; en métal pour les grandes reproductions.

Elles se présentent dans trois cas différents :

1° Deux couches sans peigne;

2° Une couche avec peigne et une couche sans peigne;

3° Deux couches avec peigne.

Dans le premier cas, qui est le plus simple, on opère de la façon suivante :

On tire autant de modèles métalliques, soit pleins, soit évidés, que la couche peut en contenir.

Par les moyens ordinaires, on place les modèles primitifs sur une couche, en ayant soin de rechercher le joint à l'endroit le plus propice, puis on opère de façon à constituer un moule comme s'il devait être coulé, moins cependant les noyaux s'il doit en comporter. Le raccord, s'il y a lieu, doit être fait avec soin, les coulées tranchées très proprement, les modèles sortis du moule sont remplacés par les modèles métalliques.

Ainsi préparé on place sur chacune des parties du moule un cadre en bois ou en fonte s'engoujonnant parfaitement avec ces dernières, en ayant soin de placer des bagues dans trois endroits différents pour le passage des chandelles, ces bagues doivent correspondre au peigne s'il y en a un, sinon au châssis; cela fait, on remplit de plâtre chacune de ces parties; lorsque le plâtre est durci, on les sépare, on les lave à grande eau en les brossant avec une brosse de chiendent, afin d'enlever le sable qui y reste adhérent, un petit grattage est quelquefois nécessaire pour terminer, puis l'on passe au vernis gomme-laque.

Dans le deuxième cas, pour les pièces offrant dans l'une des parties quelques difficultés de moulage ou n'ayant pas de dépouilles, la confection d'un peigne est toujours nécessaire ; on l'obtient de la façon suivante :

Pour les pièces pouvant reposer sur une surface plane, l'on serre une partie de châssis sur un fond bien droit ou sur un marbre, de préférence, on dispose ensuite les modèles sur cette couche de manière à composer une plaque modèle, en ayant soin de les rapprocher le plus possible, tout en ménageant l'emplacement des coulées. On trace alors les contours extérieurs des modèles ainsi que la forme du châssis qui doit servir à la confection des moules, on découpe le sable dans toutes les parties non couvertes par les modèles, en donnant une épaisseur d'environ 8 millimètres, mais en creusant un peu dans les endroits trop étroits, tandis qu'au contraire on doit arriver au plus mince possible aux abords des modèles, en se tenant plutôt en dedans afin de permettre un peu d'ajustage, car le modèle doit passer dans le peigne avec beaucoup de précision, avec autant, mais pas plus de liberté qu'il n'en existe dans l'ébranlage d'un modèle au sable.

Ainsi taillée, cette partie est recouverte d'une autre à surface plane qui produit un moule complet dans lequel on coule le métal choisi.

Le peigne étant obtenu, on lime les ouvertures pour le passage des modèles.

Cette opération terminée il reste à établir la couche ; pour cela, on place le peigne sur une couche en sable, on trace les intervalles restés vides, sur ces intervalles viendront prendre place les modèles correspondants. On serre alors le sable du moule en ayant soin de ne pas le déplacer, cette partie de moule étant serrée et retournée on remet le peigne en place, on s'assure que chaque ou-

verture affleure exactement les bords extérieurs des modèles en retirant ceux-ci à travers le peigne, on enduit ce dernier d'huile ou d'un isolant quelconque, on place le cadre puis les bagues, et l'on verse le plâtre.

Le troisième cas s'applique aux pièces dont les joints de formes variées exigent deux peignes, un pour chaque partie.

Pour obtenir ces deux peignes on fabrique un moule composé des modèles à reproduire, en ayant soin de rendre apparents tous les contours des modèles.

Sur chacune des parties de ce moule (mais sans retirer les modèles), on place une partie correspondante, dans celle-ci on coule une légère couche de plâtre sur toute la surface du moule que l'on finira de serrer en sable (cette opération peut se faire en sable, mais on choisit le plâtre de préférence, étant plus résistant); sur chacune de ces couches en plâtre et toujours avec des châssis interchangeables, on serre sur chacune d'elles deux parties, ce qui représentera deux moules complets.

On creusera sur une partie de chacun de ces moules, comme il a été expliqué précédemment, mais l'un à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure; chacune d'elles étant recouverte de sa partie correspondante et coulée en métal, elles donneront les deux peignes pour l'établissement d'un moule complet.

En possession des deux peignes, il reste à établir les couches pour chacun d'eux. On se servira du moule en plâtre, sur lequel on serrera une partie; sur chacune de celui-ci les deux peignes prendront place sur leur partie respective; dans les intervalles vides de chaque peigne on placera des parties de modèles métalliques. Les modèles primitifs qui ont repris leur place pour cette opération sont retirés et remplacés de même par des parties de

modèle métallique. Après avoir enduit les peignes d'une couche d'huile, on termine comme il a déjà été expliqué, en plaçant sur ces derniers un cadre et des bagues pour le passage des chandelles, et en remplissant en plâtre.

Connaissant ainsi tous les détails pour la fabrication d'une plaque modèle, on peut établir aisément le prix de revient pour chacun des cas.

Le premier n'exige en somme que le prix de fabrication d'un moule ordinaire, de quelques modèles métalliques, auxquels s'ajoute le prix des cadres et du plâtre, soit environ 9 francs.

Lorsqu'il ne s'agit que de modèles simples on peut à la rigueur éviter les modèles métalliques par une couche entièrement en plâtre.

Le second, qui exige la fabrication des modèles, d'un peigne et de deux couches, peut être estimé avec les accessoires à 18 francs.

Enfin le troisième qui est le plus souvent employé, quoique assez simple, demande, comme on peut le reconnaître, un certain temps d'exécution. On doit d'abord lui accorder quelques heures d'étude pour la disposition des modèles, il ne faut pas moins d'une journée pour obtenir un peigne tant pour le moulage que pour l'ajustage, on peut en compter autant pour chacune des couches avec les modèles qui la composent, le lavage, retouche et vernissage, ce qui représente cinq jours à 6 francs minimum, soit 30 francs. Les deux cadres sont représentés par une valeur de 3 francs pièce, les matières employées, comme le plâtre, les bagues, le vernis s'élèvent environ à 4 francs, le tout représente exactement la somme de 40 francs.

On reconnaîtra qu'une pareille somme ne permet pas d'appliquer avantageusement le moulage mécanique pour

quelques centaines de pièces, comme on le prétend souvent.

En conséquence, avant de décider à mouler à la machine une série de pièces, il est indispensable d'ajouter au prix de fabrication mécanique, basé sur le nombre de pièces à reproduire, le prix de revient de la plaque modèle, afin d'obtenir un prix moyen.

De cette façon, il ne pourrait se glisser aucune méprise, et les travaux ne seraient entrepris mécaniquement qu'autant que le nombre de reproductions assurerait un certain bénéfice.

Mise au point.

En possession de plaques modèles, obtenues comme il est expliqué plus haut ou par tout autre procédé, il reste à les fixer sur la machine.

Les moyens sont très nombreux et assez différents, la plupart des fondeurs possédant un agencement particulier.

Quoique l'on ait prétendu qu'il ne faut que quelques minutes pour placer ou changer une couche, ce qui peut être vrai pour certains genres de machines, cette opération occasionne toujours une perte de temps plus ou moins grande.

Il est absolument indispensable que la couche soit fixée solidement, sans quoi, par suite du peu de jeu laissé dans les bagues pour le passage des chandelles, si celles-ci ne se trouvent pas dans une position rigoureusement verticale, il se produit un serrage au moment de soulever le moule, qui occasionne un déplacement de la couche provoquant des arrachements de sable dans les diverses parties du moule.

Lorsque la couche est convenablement placée, que le

châssis s'engoujonne sans difficulté et avec précision sur cette dernière, que le plateau de serrage qui doit rentrer avec aisance dans l'intérieur du châssis est fixé à la place qui lui est destinée, que les chandelles et les dépoussoirs coulissent dans leurs bagues ou dans leur emplacement respectif, on s'assure du passage des modèles dans le peigne, ainsi que du bon fonctionnement de la machine, et l'on commence l'opération du moulage.

Après une première épreuve, s'il se produit des arrachements, l'on recommence une deuxième, puis une troisième; si les arrachements persistent, il faut immédiatement rechercher s'ils proviennent d'un dérangement de machine, de réglage, de chandelles, etc., ou d'un vice de fabrication dans l'établissement de la plaque modèle.

Enfin, après avoir obtenu un moule bien conditionné, on le prépare pour être soumis à la coulée, on s'assure alors qu'il offre toutes les garanties désirables pour résister à la fonte, que les pièces obtenues sont exemptes de tout défaut de moulage, et qu'elles sont rigoureusement conformes au modèle imposé.

Cette précaution est indispensable avant de livrer une couche au moulage, car sans elle on s'exposerait, si l'on accordait trop de confiance à l'apparence ou à l'aspect des moules obtenus, à ne fabriquer pendant un ou plusieurs jours, selon que les fusions sont espacées, que des pièces non conformes ou portant des soufflures ou des retassures, ou encore des refus provoqués par un serrage trop dur, ou des variations aux joints des pièces, ce qui est un des cas des plus communs et le plus grand inconvénient du moulage mécanique.

Pour remédier à ce dernier désagrément si préjudiciable, l'ouvrier chargé d'établir les couches devra s'attacher à les mettre convenablement au point avant

de les livrer au moulage et suivre la fabrication dans ses moindres détails. Il devra connaître tous les organes des machines, afin d'être en mesure de trouver sans hésitation les causes d'arrêt, et d'y remédier instantanément; il devra vérifier la position des noyaux indépendants du moule, s'assurer de l'échappement des gaz, et si l'on emploie le moulage en motte, sans cercle, c'est lui qui devra montrer la façon d'enterrer les moules, la serre entre chaque rang.

L'outillage.

L'outillage joue un rôle important dans le moulage mécanique.

L'emploi d'un grand nombre de châssis interchangeables, tout en rendant de grands services, augmente les frais dans des proportions telles, qu'il est difficile de les couvrir avec les bénéfices réalisés s'ils ne sont pas d'un usage journalier.

Aussi, depuis longtemps, on a cherché à les remplacer par un outillage moins dispendieux, et aujourd'hui la majorité des machines ne travaillent qu'avec un ou deux châssis.

Le plus remarquable est celui particulier à la machine Bonvillain; il est de forme circulaire, chaque partie est en une seule pièce, mais pour être pratiquement utilisable, il doit être accompagné de la machine à démotter qui est un accessoire indispensable, mais qui rend d'immenses services, non seulement dans le démottage, mais aussi dans le remmoulage des pièces minces ou portant de profondes saillies.

Dans ce châssis sont placés des cercles en fer servant à consolider la motte qui sera soumise à la coulée sans

avoir à la garantir extérieurement. Ces cercles, en feuillets de 2 millimètres d'épaisseur et de 3 centimètres de largeur, sont légèrement plus petits que le diamètre intérieur du châssis, ils sont fixés deux à deux dans chaque partie. En serrant du sable en un point quelconque, entre les intervalles restés libres du châssis et du cercle, ceux-ci se maintiennent assez solidement pendant l'opération du moulage, sans offrir une résistance nuisible au moment du démottage; ils offrent encore un avantage particulier, malgré leur faible épaisseur, le moule peut contenir des pièces d'un poids relativement élevé, que l'on peut couler en toute sécurité, la pression se transmettant intégralement en tous les sens.

Un autre genre de châssis très souvent utilisé est le châssis démontable en bois.

Il est de forme carrée ou rectangulaire, il s'ouvre de quart en coins à l'aide de charnières situées dans un angle et d'une fermeture à l'angle opposé.

Ces charnières et fermetures spéciales à ce châssis sont en vente à la maison Glaenzer et Perreaud. Avec ce système, la pression exercée par le serrage du sable, soit mécaniquement, soit à la main, n'a aucune influence sur les vis qui les fixent, comme ceci se produit sur les charnières et les crochets ordinaires qui se tordent et s'arrachent après quelque temps d'usage.

Il présente différents avantages, dont le premier est qu'il peut être manœuvré pendant toute une journée sans fatigue et par un seul homme, étant d'un poids absolument insignifiant, tandis que le châssis de fonte est d'un poids trop élevé pour une manipulation si souvent répétée et exige la présence de deux ouvriers, ce qui augmente considérablement la main-d'œuvre.

Il arrive souvent que, pendant son transport de la

machine à la couche, le moule, même étant serré normalement, glisse le long des parois du châssis qui seul reste entre les mains, et vient se briser aux pieds de l'ouvrier, aussi doit-on le maintenir verticalement jusqu'au moment de le déposer, mais par mesure de précaution, au lieu d'offrir des surfaces planes, les parois doivent porter des rainures creusées dans le bois, ou des nervures en reliefs, de huit à dix millimètres d'épaisseur, avec les angles complètement arrondis.

Les moules sont placés, au fur et à mesure de la fabrication, sur trois ou quatre rangs, en laissant entre chacun d'eux un espace d'environ 20 centimètres, pour permettre d'ouvrir et retirer le châssis pour le démottage.

Lorsque le moulage est terminé, on élève tout autour un cadre formé de planches maintenues par des piquets en fer, on comble les intervalles de sable que l'on serre à l'aide du fouloir, en ayant soin de ne pas le repousser à l'intérieur du moule, ce qui couperait les épaisseurs, mais il faut éviter aussi les fausses serres, sans quoi le contraire se produirait, les épaisseurs deviennent trop fortes, et la fonte, trouvant une issue, peut même compromettre les moules voisins.

Le deuxième avantage est la facilité de démouler, un seul coup de pelle dans chaque intervalle permet de mettre les pièces à jour, elles sont retirées aussitôt à l'aide d'un crochet en fer. Cette opération doit être faite quelques instants après la coulée, sans attendre le durcissement du sable qui rendrait ce travail long et difficile.

Aussitôt après, le sable est arrosé afin qu'il puisse uniformément absorber son eau jusqu'au lendemain, et être ainsi mieux préparé pour le moulage.

Le troisième avantage est que l'on n'a pas à manipuler

un grand nombre de châssis qui seraient chauds et rendraient le démoulage difficile et pénible, et deviendraient encombrants.

A signaler cependant un inconvénient grave, c'est la grande quantité de sable qu'il faut préparer à chaque coulée, car il faut remarquer qu'il en rentre autant dans les intervalles que dans les moules proprement dits.

On peut remédier à cet état de choses en coulant de

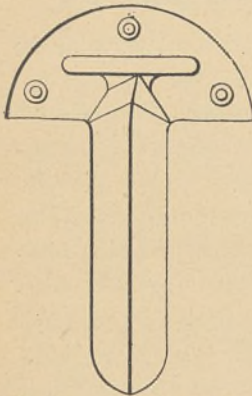


Fig. 34. — Goujon pour châssis démontable en bois.

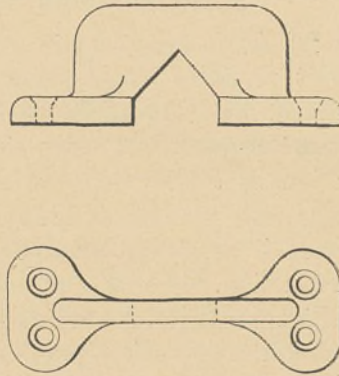


Fig. 35. — Goujonnière.

petits cadres en fonte de 3 à 4 centimètres de hauteur et 5 millimètres d'épaisseur, que l'on cale à l'intérieur du châssis dans les points les plus rapprochés des angles, afin d'éviter de les faire fléchir. De cette façon il est inutile d'enterrer les moules, d'où économie de temps et de sable. Cependant le poids des pièces doit être limité, car une trop forte pression ferait céder le milieu, les pièces alors se déformeraient et deviendraient autant de rebuts.

On construit aussi des châssis ronds, en deux parties, c'est-à-dire s'ouvrant sur le côté, en tôle d'acier de 5 à 6 millimètres permettant d'utiliser les cercles en fer, mais

ils sont peut-être moins recherchés, par la difficulté que l'on éprouve à obtenir un goujonnage parfait, tout en convenant très bien pour certains genres de petites pièces que l'on peut placer en cercle tout autour de l'axe, il se prête moins bien aux pièces de formes allongées que le châssis rectangulaire.

Application rationnelle du moulage mécanique et de ses procédés.

Il est absolument certain que la machine à mouler ne saurait produire avantageusement tous les travaux de moulage, mais son utilité est incontestable, elle s'impose de la même façon que la matrice dans les pièces à répétition dans le travail de la forge à bras.

Dans cette branche de l'industrie comme dans celle de la fonderie, le travail manuel est la source principale de la production. Si l'on n'a qu'une ou quelques pièces seulement à reproduire, ces pièces sont façonnées au marteau, en s'aidant à l'occasion du pilon, mais lorsque le nombre devient assez élevé l'on n'hésite pas à établir des matrices, pour donner presque instantanément les formes d'une partie ou même de la totalité de la pièce, sans passer par l'opération longue et coûteuse du martelage.

Ainsi en fonderie le moulage mécanique doit être considéré au même titre que le matriçage des pièces de forge, il a la même raison d'être et doit être employé chaque fois que le nombre de pièces permet l'établissement d'une couche, afin de faciliter l'exécution du travail et de diminuer les frais de main-d'œuvre.

Les nombreux inconvénients que l'on rencontre dans ce genre de moulage, tout en retardant son développement, ne pourraient être de nature à le faire abandonner complètement.

On doit au contraire s'attacher à vaincre cette résistance et sortir de cette désagréable situation.

Par contre, ce serait vraiment ridicule de persister à vouloir obtenir mécaniquement toutes pièces à répétition, parce que l'on possède une machine, car de trop exiger l'on n'obtient parfois rien de bon.

Pour suivre la fabrication avec méthode, chaque fois que l'on a plus d'une pièce à reproduire sur un même modèle, l'on doit étudier s'il n'y a pas lieu d'employer des procédés particuliers.

Ainsi, si l'on a deux pièces à fabriquer sur un modèle dont le joint de formes variées demande un temps assez long pour l'établir, on peut, après s'être muni de deux châssis semblables, serrer successivement les deux parties de dessus sur la première partie de dessous. Lorsque le modèle est retiré du sable on le place sur la deuxième partie de dessus et l'on serre la partie de dessous, de cette façon on évite la fausse partie en même temps de découper et préparer le joint du second moule.

Ce procédé peut s'appliquer selon le nombre de châssis que l'on dispose jusqu'à dix ou douze fois.

Lorsque l'on dépasse ce chiffre, il est préférable d'établir une fausse partie en sable neuf, que l'on répare chaque fois après le moulage, et de la mouiller légèrement, afin de l'entretenir dans un état mi-frais.

La couche en sable est utilisée lorsqu'il ne s'agit que de deux ou trois douzaines de moules; au delà elle est faite en plâtre ou en ciment, de quelques centimètres d'épaisseur, elle résiste mieux et est d'un maniement plus facile.

Il faut cependant remarquer que la fausse partie n'offre qu'un avantage, celui de ne pas avoir à chercher le joint

à chaque mouveuu moule, mais ce procédé vulgaire est loin d'être suffisant, et l'on peut prétendre mieux.

C'est dans les très petites pièces, surtout, qu'il y a avantage à rechercher des procédés économiques, car dans la composition d'un moule il n'est pas rare de voir rentrer cinq ou six modèles différents, dont les intervalles entre chacun d'eux offrent des languettes de sable qui se brisent au démoulage, obligeant à un raccord long et nuisible à l'aspect des pièces.

Il existe un procédé très simple, mais il nécessite l'emploi d'un châssis interchangeable ou d'un châssis démontable.

Après s'être muni de deux cadres correspondant à ce dernier, on compose avec celui-ci un moule complet des pièces à reproduire, on tranche les coulées le plus proprement possible en ayant soin de leur donner des dimensions en rapport avec le poids des pièces. Le moule étant complètement terminé, on place sur chaque partie un des cadres, dans lequel on coule du plâtre : on obtient ainsi deux couches modèles.

On moule alors séparément sur chacune de ces couches ; lorsque chaque partie est serrée on la retourne avec sa couche que l'on enlève, après cette opération il n'y a plus qu'à placer les noyaux, et le moule est complètement terminé.

Ce procédé n'est que la vulgarisation du moulage sur plaque modèle, que l'on obtenait à grands frais autrefois. Il est employé avec avantage pour de petites pièces très délicates et confiées à des manœuvres ou simplement à des apprentis, il ne demande pas de grandes quantités de pièces : on peut pour plusieurs séries de cinquante, cent, cent cinquante, ou deux cents, en tenant compte du nombre de modèles pour chaque série, composer une

couche à l'aide de surmoules, ce qui permet de tirer sur cette dernière une série de cinquante moules, et de se débarrasser avantageusement d'un seul coup de plusieurs commandes, qu'il serait trop long de fabriquer par les moyens ordinaires.

Machine simple à démouler.

Il n'existe certainement aucune fonderie qui, à certains moments, n'ait à reproduire plusieurs centaines et même quelques milliers de pièces sur un même modèle, mais dont le tonnage ou la dimension de ces pièces ne justifie pas l'achat d'une machine.

On peut alors installer pour une somme relativement

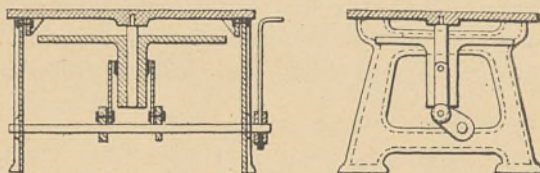


Fig. 36.

minime une petite machine à démouler très simple, avec laquelle on obtient les résultats les plus satisfaisants (fig. 36).

Elle est composée d'un plateau supporté par deux pieds, au centre du plateau est fixé un arbre vertical rond, portant un plat servant de glissière à un second plateau qui est manœuvré par deux manivelles reliées à deux excentriques fixés sur un arbre traversant les pieds, et manœuvré par un levier; le premier plateau reçoit la plaque modèle, le deuxième supporte et soulève les chandelles.

Cette machine est d'une extrême simplicité, elle est à recommander, car elle est d'un montage facile et peu

coûteux. Toutes les pièces étant brutes de fonderie, elle permet d'opérer sur couche en plâtre ou en métal, avec ou sans peigne; les pièces obtenues sont d'aspect irréprochable, et la production dépasse de beaucoup celle à la main.

Elle permet de se livrer à l'apprentissage de la fabrication des plaques modèles, de se rendre compte exactement des difficultés et du prix de ces dernières, en un mot de fixer l'opinion sur les avantages du moulage mécanique, et d'écartier toute surprise pour le jour où l'on désirerait faire acquisition d'une machine sérieuse.

Châssis mécanique.

Lorsque la disposition des modèles présente des difficultés pour le moulage mécanique, soit par sa hauteur ou sa forme, on peut utiliser un châssis démontant méca-

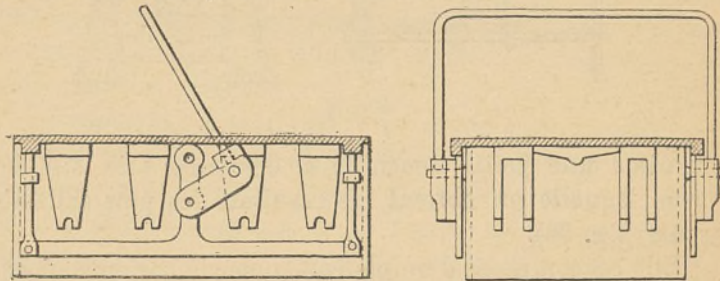


Fig. 37.

niquement qui permet de confier les travaux à des élèves ou à des manœuvres dressés.

Ce châssis a été créé par suite de difficultés éprouvées pour livrer très rapidement quelques milliers de supports de bascules sur différents modèles, et utilisé par la suite en d'autres circonstances (fig. 37).

Le mécanisme est composé de deux jeux d'excentriques du même genre que ceux des machines fonctionnant à la main, placés de chaque côté du châssis ; ce dernier est le châssis démontable en bois, on moule sur des couches modèles obtenues. Comme il a été expliqué précédemment ce système a l'avantage de ne pas exiger de peigne, chaque partie étant serrée, on la retourne avec la couche, mais au lieu de les séparer à la main comme il a été expliqué pour le moulage sur couche, l'on fait fonctionner les excentriques à l'aide d'un levier en forme d'anse, qui repose sur deux points d'appui, et soulève la couche verticalement comme le fait la machine à mouler.

L'appareil complet, qui peut être construit à peu de frais par l'ouvrier chargé des réparations ou de l'entretien de l'usine, est enlevé et remis en place selon les nécessités.

Il présente un système qui rend des services très appréciables dans certains genres de travaux en série, et peut, si on le désire, être soumis à la pression de la machine à mouler et être retiré pour l'opération du démoulage. Il est à remarquer qu'il présente un avantage sur la plupart des machines : c'est la plaque modèle et non le châssis qui est soulevée, ce qui permet, au cas peu probable où il se produirait des arrachements, que les particules de sable détachées retombent en place.

Emploi des châssis existant en fonderie.

On peut employer pour le moulage mécanique tous les genres de châssis existant en fonderie, mais dans ce cas il faut les débarrasser de leurs goujons, s'ils ne sont pas interchangeables, en les remplaçant par des faux goujons placés à l'intérieur du moule et ayant leur em-

placement dans la plaque modèle; il n'y a alors aucune précaution à prendre pour la préparation des moules

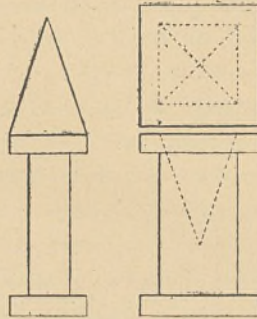


Fig. 38.

pour la coulée, qui s'opère de la même façon que pour les moules ordinaires (fig. 38).

Charges des moules en motte.

Les charges pour moules en motte sont spéciales.

Elles sont rondes, carrées ou rectangulaires, selon le mode de châssis choisi (fig. 39).

Elles portent un trou conique au centre pour le passage

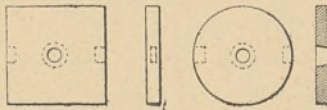


Fig. 39.

de la coulée, la partie la plus large est tournée contre le sable, afin de la débarrasser de la fonte assez facilement, au cas où ayant coulé trop fort, celle-ci s'élèverait dans la hauteur de la charge.

Deux vides sont ménagés sur deux points différents, afin de les manœuvrer avec aisance.

CONCLUSIONS

D'une manière générale, la question du moulage mécanique paraît à l'heure actuelle encore assez compliquée, elle l'est en effet mais beaucoup plus parce qu'aucune méthode ne règle ce genre de moulage, que parce que chaque genre de machine, et chaque fonderie, opère par un système différent.

Après un examen attentif l'on reconnaît très vite que les machines les plus perfectionnées, celles qui donnent les résultats les plus appréciables, apportent un soin particulier à tous les détails de l'outillage qui doit assurer une fabrication soignée et rémunératrice; le choix des châssis pour le moulage, le châssis spécial pour obtenir les couches, le cadre dans lequel elles sont préparées, les cercles pour consolider les mottes, les poids de charges, les goujons, les bagues, les chandelles, les dépoussoirs, etc., enfin tous les moindres détails entrant dans la combinaison ont été étudiés et réglés à l'avance avec un soin méticuleux.

Partant de ce principe, si une simple petite machine dépourvue de tout accessoire que l'on trouve dans le commerce à des prix modérés suffit aux besoins des travaux en cours, il est plus sage, avant que de se livrer à la fabrication par des procédés expéditifs, pour satisfaire une légitime curiosité, d'adopter dès le début un système unique d'opération qui aplanira bien des difficultés dans l'avenir.

La plus grande partie du succès dépendra du choix d'un ouvrier habile et intelligent pour l'établissement

des couches, qu'il ne livrera qu'après les avoir mises au point et essayées lui-même, ce qui lui permettra de juger exactement le nombre de moules que l'on peut produire et que l'on devra exiger de l'ouvrier chargé de l'exécution des pièces.

En suivant ponctuellement les indications données dans les précédents chapitres, l'on arrivera à éviter les écueils, à vaincre l'esprit de routine, à entrer enfin dans la voie du progrès, et à donner aux machines à mouler la place qui leur est due.

Classification des machines à mouler.

Après avoir passé en revue les différents obstacles qui ont entravé le développement du moulage mécanique, et constaté qu'il est au pouvoir de tous de les surmonter, il est utile d'étudier les différents types de machines existantes.

Le nombre de types de machines à mouler est extraordinaire : en principe, elles ne diffèrent les unes des autres que par leur disposition mécanique, leur but étant absolument le même.

*Machines démoulant au-dessus de la plaque modèle ;
Machines démoulant en dessous de la plaque modèle ;
Machines à peigne.*

Démoulage au-dessus de la plaque modèle. — On peut laisser le modèle fixe et soulever le châssis, ou laisser le châssis fixe et faire disparaître la plaque modèle : le premier système est beaucoup plus utilisé que le second.

Machines allemandes. — Dans toutes les machines allemandes de ce type, le châssis vient reposer directement sur la plaque modèle, trois ou quatre tiges viennent affleurer le châssis pendant le moulage ; ces tiges sont

réunies par une traverse; pour le démoulage, on agit sur cette traverse par un excentrique ou par la pression hydraulique; les tiges soulèvent le châssis, la pression pour le serrage du moule est donnée, soit à la main, soit à l'aide d'un piston hydraulique.

Machines Tabor. — Les machines américaines Tabor sont des machines pneumatiques. Elles ne peuvent, en raison de la fluidité de l'air, exercer une pression progressive, comme le font les machines hydrauliques, elles procèdent par petits chocs, puis terminent par un choc plus violent.

Pour le démoulage, on fait agir un vibreur pneumatique, qui ébranle ou le châssis, ou la plaque modèle.

Le démoulage se fait en soulevant le châssis, la plaque modèle restant en place.

Ces machines, assez répandues au début, sont moins recherchées aujourd'hui, le vibreur n'agit pas toujours d'une façon uniforme, et, comme dans le moulage à la main, les pièces ne sont pas toujours absolument interchangeables.

Machines à châssis fixe. — Avec ces machines, c'est la plaque modèle qui se soulève, mais il faut retourner le châssis; ce mouvement est nuisible pour la conformité des pièces, surtout lorsqu'elles possèdent une certaine hauteur.

Cette machine est utilisée dans la fabrication des radiateurs.

Machines à imprimer. — Presque toutes les machines à imprimer sont de création allemande, la plaque modèle est placée à la partie supérieure de la machine, le modèle se trouve disposé au-dessous de la plaque modèle.

Le châssis est placé sur le plateau qui est situé à l'extrémité du piston hydraulique, on le remplit de sable,

on fait agir la pression [qui amène le châssis en contact avec la plaque modèle, le modèle s'imprime dans le sable, en supprimant la pression, le piston descend, entraînant avec lui le châssis, opérant ainsi le démoulage.

Cette machine n'est pas recherchée, car elle ne saurait donner une serre absolument régulière comme les autres machines; il faut d'ailleurs que les modèles possèdent une forte dépouille, et qu'ils n'aient qu'une faible hauteur.

Machines mixtes. — Cette machine réunit deux systèmes à la fois, elle possède à sa partie inférieure le mécanisme des machines à imprimer, et à sa partie supérieure celui des machines ordinaires.

La plaque modèle porte en dessous une face des modèles, en dessus l'autre face, qui reçoit une partie de châssis.

On remplit ce châssis inférieur de sable, puis on fait descendre le châssis supérieur, reposant sur la plaque modèle, ensuite on emplit le châssis supérieur, on abaisse le plateau jusqu'à ce qu'il fasse pression sur le sable de la partie supérieure, puis on fait marcher le piston qui agit sur les deux châssis en faisant buttoir contre le plateau supérieur.

Ce système n'est pas plus recherché que le précédent, surtout à cause de la serre qui se fait quelquefois trop fort à la partie inférieure, et pas assez à la partie supérieure.

Machines à plaque renversable. — Les machines à plaque renversable sont les plus nombreuses; le plateau est monté sur tourillons, chaque face du plateau porte une partie de la plaque modèle.

Elles fonctionnent de la façon suivante : le châssis,

étant placé sur la plaque modèle, est fixé au moyen de clavettes, on le remplit de sable, et l'on donne la pression, soit à la main, soit hydraulique. Cette première partie étant serrée, on retourne la plaque modèle, en faisant accomplir au plateau un mouvement de rotation. L'on place le deuxième châssis, et l'on recommence l'opération du serrage.

Ces machines démoulent de deux façons différentes, les unes soulèvent le châssis, tandis que, dans d'autres, le châssis est déposé sur un chariot, on relève le plateau avec la plaque modèle, le chariot est ramené en arrière pour retirer le châssis.

Ce système déjà ancien n'est pas très recherché, les opérations sont généralement plus longues qu'avec les autres machines. Le clavetage est toujours nuisible au moule, et le démoulage n'est pas toujours rigoureusement vertical.

Machines à tables tournantes. — Le système que l'on construit beaucoup aujourd'hui comporte deux ou trois tables, le plus souvent deux; chaque table qui pivote autour d'une des colonnes du bâti porte une plaque modèle.

Tandis que l'une des tables est placée sous la machine pour recevoir la pression, une autre se trouve en dehors à la disposition d'un ouvrier, qui place le châssis et la quantité de sable pour la serre: ces deux opérations terminées, on fait tourner les tables qui ne font que changer de place pour recommencer l'opération.

Il existe différents types de machines de ce genre, qui se distinguent par le principe du démoulage.

Quelques-unes d'entre elles donnent de bons résultats, selon le genre de pièces à mouler.

Elles sont économiques, car elles permettent d'occuper deux ouvriers sur une même machine.

Machine à renversement Bonvillain et Ronceray. — Cette machine a été créée en vue des pièces à gros noyaux comme les marmites, etc.

On moule suivant les procédés appliqués à toutes les autres machines, mais on fait pivoter le plateau ainsi que le piston de serrage qui ne forment qu'une seule partie autour d'un axe horizontal, pendant que la pression s'exerce.

Le démoulage a lieu en dessous, de cette façon on n'a pas à craindre les déformations du moule.

Cette machine un peu spéciale convient très bien pour certains genres de pièces.

Machines à peigne et châssis fixes. — Ces machines, de créations allemande et anglaise principalement, se composent d'une presse, hydraulique et de deux tables de moulage qui se déplacent sur rails à droite et à gauche de la presse.

Dans certaines machines anglaises de ce genre, le sable n'est pas pressé, mais pilonné.

Comme dans les machines à tables tournantes, tandis qu'une table est soumise à la pression, l'autre qui se trouve en dehors de la presse reçoit le châssis et le sable, et viendra reprendre à son tour la place sous la presse.

Le sable étant serré, la plaque modèle est tirée hors de la presse, elle s'abaisse au moyen d'une came et disparaît dans la partie basse de la table, en traversant le peigne.

Comme beaucoup d'autres, cette machine ne peut être utilisée avec avantage pour tous genres de travaux : d'ailleurs le déplacement d'une plaque modèle est toujours préjudiciable.

Machines à peigne et châssis soulevés. — Ce type de

machines semble être celui sur lequel les constructeurs de machines se sont arrêtés en ces derniers temps; comparativement, c'est celui qui donne les meilleurs résultats.

Il nécessite peut-être plus de précision dans la fabrication des plaques modèles, mais les pièces obtenues sur ces machines sont absolument identiques.

Parmi les machines françaises de ce genre, on peut citer les machines Bonvillain et Ronceray, pour les machines à pression hydraulique.

On trouve aujourd'hui chez les gros quincailliers des machines fonctionnant à bras, et absolument identiques à la machine Farwell, mais de construction française.

Un mot sur ces machines qui, à première vue, n'inspirent aucune confiance. Leur construction étant très soignée leur a valu d'être souvent imitées, cependant on ne peut faire mieux, elles n'ont rien à modifier, rien à transformer, et pour être juste, il faut reconnaître que les dérangements qui se produisent dans la machine proviennent plus de sa conformation que de sa construction.

En effet, le plateau de presse ou sommier, d'un poids relativement élevé, et situé à la partie supérieure, exerce une grande influence sur tous les autres organes, dans ce mouvement d'avant à l'arrière qui lui est imprimé pendant la manipulation.

Malgré ses petits défauts, par son prix abordable et son fonctionnement simple, cette petite machine devrait avoir sa place dans toutes les fonderies qui n'en sont pas munies.

Utilisée à propos et avec connaissance de cause, elle rend bien des services, et couvre en très peu de temps son prix d'achat.

Machine à démotter. — Comme il a été expliqué précédemment, le grand nombre de châssis interchangeables qu'il fallait employer fut un obstacle au développement du moulage mécanique.

On a remédié à ce grave inconvénient en faisant le démottage, soit avec le châssis démontable soit à l'aide d'une machine spéciale.

La machine à démotter Bonvillain et Ronceray se recommande particulièrement, elle est d'une grande simplicité et rend de grands services aussi bien pour le démottage que pour le remmoulage. C'est dans cette dernière opération surtout, dans les pièces minces ou dans celles portant des creux profonds, qu'elle remoule avec une précision parfaite, sans avoir recours aux grands goujons toujours gênants dans les différentes opérations du moulage.

Plaque-modèle reversible. — Le genre de plaque-modèle est celui utilisé généralement pour les machines Bonvillain et Ronceray : elles sont obtenues avec un outillage spécial, elles présentent un avantage, c'est de donner le double de pièces de celles qu'elles montrent sur la couche.

Le principe de ces plaques est le suivant : supposons les deux parties d'un même moule, placées côte à côte, bien parallèles et sur le même axe ; sur l'ensemble de ces deux parties on constituera une seule plaque-modèle.

Cette plaque-modèle ne comportera en effet qu'un seul modèle en deux parties, mais au moulage l'on aura soin de placer les châssis de façon que la partie supérieure d'une pièce vienne recouvrir sa partie inférieure ou, en terme de fonderie, chaque partie doit être placée bout par bout au sens du moulage.

Clichage. — Les clichés ne sont pas autre chose que de

petites plaques-modèles obtenues comme il vient d'être expliqué.

Ils sont placés au nombre de trois ou quatre, selon les dimensions de la table à clichés.

Cette table n'est qu'un châssis construit en vue de recevoir ces différents clichés et de permettre de les changer en très peu de temps.

Dans les fonderies de petites pièces, comme, par exemple dans la fonte malléable, ce genre de plaque-modèle rend de grands services, car il permet d'exécuter des commandes d'un petit nombre de pièces en même temps que d'autres à grandes quantités.

Machines à couler.

La dénomination de machines dites à couler n'explique pas très bien leur rôle; elles sont d'ailleurs assez peu répandues, en tous cas il n'en n'existe que fort peu en France.

Pour bien expliquer l'emploi de ces machines, il est bon de rappeler que de tout temps l'on a cherché à remplacer le moulage ordinaire par un genre de moule dans lequel on pourrait couler indéfiniment, sans être dans l'obligation d'en fabriquer un nouveau après chaque coulée.

La solution de ce difficile problème semble encore à résoudre: les résultats, sans être absolument insignifiants, sont jusqu'à ce jour assez modicores.

Parmi les procédés employés donnant des résultats pratiques, le plus simple est l'emploi de moules métalliques, surtout s'il ne s'agit que d'obtenir des pièces en fonte dure ou trempée; mais si la trempe doit nuire à la pièce, on enduit le moule de matières que l'on trouve dans le com-

merce et qui, sans être renouvelées après chaque coulée, empêchent la trempe.

Un autre procédé plus employé consiste en un moule métallique de même forme, mais dont les dimensions dépassent de quelques centimètres celles de la pièce, et garni intérieurement de petites aspérités qui retiennent un revêtement en terre.

Mais quel que soit le procédé employé, l'on comprend que les moules s'échauffent rapidement, et deviennent d'une manutention difficile, et après un certain temps impossible.

Pour de petites pièces, comme les petits guides de laminoir, chacune des deux parties est fixée aux extrémités d'une tenaille; cette tenaille peut elle-même être suspendue, mais pour des moules d'un poids plus élevé ce système ne serait plus suffisant, et les branches de la tenaille, en s'échauffant, s'ouvriraient sous la pression de la fonte qui s'échapperait du moule.

La machine à couler n'a donc d'autre but que de recevoir le moule et de le placer dans les différentes positions qu'exigent le remmoulage, la coulée et le démoulage.

Elles se composent, généralement, d'un plateau inférieur sur lequel est fixée l'une des parties du moule, ce plateau est maintenu horizontalement pour le placement des noyaux s'il y a lieu, l'autre partie du moule est fixée à un plateau supérieur qui est relevé pour la circonstance, puis abaissé sur la première, les deux parties sont alors clavetées ensemble. Cela fait, on imprime un mouvement de rotation à la machine qui place le moule dans une position verticale en arrière pour l'opération de la coulée, celle-ci étant effectuée, le moule reprend sa position horizontale, le plateau supérieur est relevé, celui inférieur ramené à la position verticale en avant, les

pièces se détachent et viennent tomber devant la machine.

Lorsqu'il ne s'agit que d'obtenir des pièces pleines, l'on peut employer un système de machine très simple, représenté par la figure 40.

Cette machine se compose de deux flasques supportant

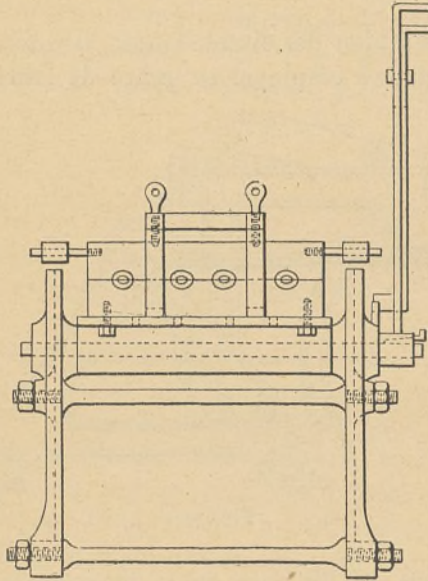


Fig. 40.

un plateau que fait mouvoir, autour de son axe, un levier manœuvrant sur un secteur.

Le moule est fermé au bas par des charnières, à la partie supérieure par des vis de serrage, il est fixé sur le plateau à l'aide de boulons.

Le plateau est placé horizontalement pour le serrage des vis, puis verticalement en arrière pour la coulée, ramené à sa position primitive pour le desserrage des vis, et enfin verticalement en avant pour le dégagement des

pièces ; dans ce dernier mouvement, la partie supérieure du moule conserve la position horizontale, en roulant par deux galets sur les flasques de la machine.

L'on comprend la grande quantité de moules que l'on peut alors couler, avec une aisance parfaite et une grande célérité.

Ainsi, dans bien des circonstances, il y aurait avantage pour le fondeur à employer ce genre de fabrication, sur-

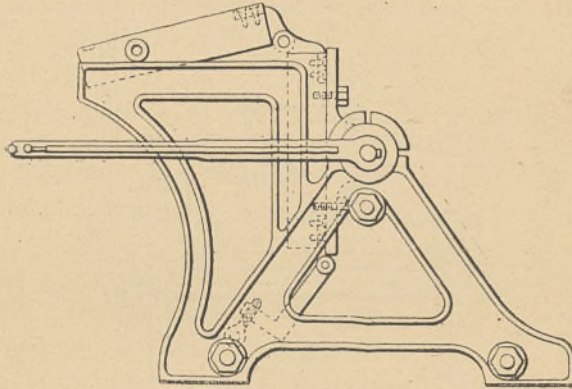


Fig. 41.

tout lorsque la qualité de la fonte n'est pas en jeu, dans les pièces d'ornement, les rosaces, les flammes, les volutes, les lances, les raccords de tuyaux, les petits barreaux de grilles, nombre de pièces allant au feu gagneraient comme qualité par ce procédé, ainsi qu'un grand nombre de pièces en fonte trempée, comme les guides de laminoir, les billes, les rouleaux, pointes de pieux, boulets de broyeur, contrepoids de lampe, etc., et tant de pièces qui se désignent d'elles-mêmes par leur nombre et leur destination.

Les moules métalliques s'obtiennent par les procédés de

moulage ordinaire. Les modèles étant disposés sur une couche, on opère pour obtenir une première partie du moule après avoir fait le joint aux endroits propices, on place sur cette partie, et dépassant de quelques centimètres les extrémités des modèles, un cadre en bois de l'épaisseur que l'on désire donner au moule métallique en ayant soin de ménager dans chaque angle, si possible, des repères coniques représentés par la figure 42, puis l'on remplit de

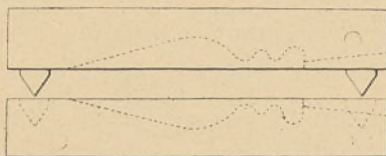


Fig. 42. — Disposition des repères dans un moule métallique.

plâtre. Lorsque ce dernier est complètement solidifié on retourne cette partie qui conserve les modèles, on la débarrasse du sable qui pourrait y adhérer ; après avoir passé une couche d'huile, on la recouvre d'un cadre correspondant qui à son tour est coulé en plâtre, on retire les modèles, chaque partie est alors moulée séparément avec beaucoup de soin, l'on obtient ainsi un moule complet.

Les pièces non unies ne doivent pas avoir des dimensions trop élevées, et c'est surtout la forme qui doit être l'objet d'une étude particulière, car le retrait de la fonte se fait très difficilement : c'est ce qui explique la grande difficulté de ce genre de moulage et le peu de progrès dans cette voie.

Pour la coulée il est recommandable de n'employer que des fontes très chaudes et des moules chauds que l'on enduit de temps en temps de mine de plomb délayée dans l'eau. Les coulées et les événements doivent avoir des sections assez fortes pour alimenter la pièce, mais sans

exagération. Dans les pièces où les événements ne sont pas nécessaires, il est bon de creuser de petites rainures pour l'échappement de l'air contenu dans l'intérieur du moule ; sans ces précautions élémentaires l'on obtiendra le plus souvent des pièces creusées ou brisées au retrait.

Le démoulage doit se faire très habilement, dès que la fonte paraît être solidifiée, aussi à ce point de vue la machine joue un rôle essentiellement indispensable.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

FONDERIE DE FONTE

Composition de la fonte de fer.....	4
Formule de composition.....	5
Essais des produits obtenus.....	6
Lit de fusion.....	8
Fonte trempée ou coulée en coquille.....	8
Coke de fonderie.....	15
Emploi de la castine.....	16
Cubilot.....	16
Soufflerie.....	25
Modelage.....	26
Procédés de moulage.....	28
Moulage au trousseau.....	35
Moulage en terre.....	43
Moulage à vert et étuvé.....	47
Noyautage.....	47
Sable de moulage.....	51
Séchage des moules.....	53
Préparation des moules pour la coulée.....	55
Cubage des pièces.....	56
Pompage.....	57
Ecrémage.....	59
Retrait.....	61
Soudage et réparation des pièces défectueuses.....	66
Procédé Griffin.....	70
Fabrication des cylindres de laminoirs.....	75

TABLE DES MATIÈRES

Prix de revient.....	85
Ebarbage.....	87
Bâtiments.....	89

CHAPITRE II

FONDERIE DE CUIVRE ET MÉTAUX DOUX

Procédés de moulage.....	92
Appareils de fusion.....	94
Alliages du cuivre.....	98
Métaux blancs.....	100

CHAPITRE III

FONTE MALLÉABLE

Procédés de moulage.....	102
Nature des fontes à employer.....	103
Recuit.....	103
Ebarbage.....	104
Fusion.....	105

CHAPITRE IV

FONDERIE D'ACIER

Ses débuts.....	106
Procédés de moulage.....	107
Qualités de l'acier.....	110
Appareils de fusion et coulée.....	111

CHAPITRE V

MOULAGE MÉCANIQUE

Influence du moulage mécanique.....	116
Utilisation des différents principes de la machine à mouler.....	117
Moulage mécanique actuel.....	119
Obstacles au développement du moulage mécanique.....	122
Prix de revient d'une plaque modèle.....	123
Mise au point.....	128

TABLE DES MATIÈRES

L'outillage	130
Application rationnelle du moulage mécanique.....	134
Machine simple à démouler.....	137
Châssis mécaniques.....	138
Emploi des châssis existant en fonderie.....	139
Charges des moules en motte.....	140
Conclusions.....	141
Classification des machines à mouler.....	142
Machines allemandes	142
— Tabor.....	143
— à châssis fixe.....	143
— à imprimer.....	143
— mixtes.....	144
— à plaque renversable.....	144
— à tables tournantes	145
— à renversement Bonvillain et Ronceray.....	146
— à peigne et châssis fixe.....	146
— à peigne et châssis soulevé.....	146
— à démotter.....	148
Plaque-modèle réversible	148
Clichage.....	148
Machines à couler.....	149