B5C6
A15\B377-
1954
OFF

matériaux industriels

MAURICE BARRIERE

H.-E. TANNER

JEAN-MARIE GAUVREAU

Bibliothèque Nationale du Québec

Simon Julien 20 x
Ed
4
~~4~~
8 94

matériaux industriels

Les ouvrages publiés dans la collection de l'Office des Cours par correspondance, étant l'œuvre personnelle de leurs auteurs, n'engagent que leur seule responsabilité.

2e édition 1954

Imprimé au Canada

TOUS DROITS RÉSERVÉS

MINISTÈRE DU BIEN-ÊTRE SOCIAL ET DE LA JEUNESSE

matériaux industriels

MAURICE BARRIÈRE,
inspecteur des Écoles de
l'Enseignement Spécialisé

H.-E. TANNER,
ex-professeur, École Technique de Montréal

JEAN-MARIE GAUVREAU,
directeur, École du Meuble

ENSEIGNEMENT SPÉCIALISÉ
DE LA PROVINCE DE QUÉBEC

OFFICE DES COURS PAR CORRESPONDANCE
506 EST, RUE STE-CATHERINE - MONTRÉAL

B5C6
A1S/B377-
1954
OFF

introduction

Ce manuel, indispensable aux étudiants de première année technique durant leur période d'orientation, a pour but d'initier à la connaissance des différents matériaux employés de nos jours dans l'industrie. Il montre à les différencier, fait connaître leur provenance ainsi que leurs propriétés et leurs usages.

Les auteurs ont dû condenser un sujet très vaste où chaque matériau ferait l'objet d'un volume séparé. Aussi, ont-ils complètement omis les formules chimiques de même que les calculs qui s'y rapportent.

On confond généralement métaux et alliages. Combien peu, en effet, distinguent le fer et l'acier ! D'autres s'imaginent que le cuivre, le laiton et le bronze ne sont qu'un même métal vendu sous des noms différents. Par ailleurs, les métaux et les alliages réagissent de diverses manières, soit à l'air, soit à l'humidité. On en voit se couvrir de rouille et d'autres s'enrober de vert-de-gris. De plus, certains objets, qui ont l'apparence du fer, se brisent sous l'effet d'un choc et prouvent ainsi qu'ils sont de fonte ; d'autres, ont une grande résistance aux chocs, à la torsion, etc. Autant d'apparences, d'analogies et de dissimilitudes où il faut introduire un peu de lumière.

On peut grouper les métaux en trois catégories distinctes.

a) Les métaux ferreux : le fer, les fontes et les aciers.

b) Les métaux non-ferreux : le cuivre, l'aluminium, le zinc, l'étain, le plomb, etc.

c) Les alliages : les laitons, les bronzes, les duralumines, les métaux antifriction, etc.

Presque tous les métaux proviennent de la croûte terrestre d'où on les extrait intimement mêlés à d'autres éléments. Outre les métaux, la terre fournit aussi l'anthracite, l'huile minérale, l'amiante, etc., tandis qu'à la surface du sol, la végétation procure le bois, les huiles de lin, de coton, de ricin, la laque et le caoutchouc, matériaux fort utiles à des degrés différents.

Pour en faciliter l'étude, on a divisé ce manuel en quatre parties. La première, à laquelle on a cru utile d'inclure un exposé des traitements thermiques ainsi qu'un aperçu des différents types de soudure en usage, groupe le fer et ses dérivés : fontes et aciers. La deuxième partie comprend les métaux non ferreux. La troisième partie traite des alliage métalliques obtenus par le mélange, en proportions diverses, de deux ou de plusieurs des métaux étudiés dans la deuxième partie. Enfin, le dernier groupe comprend les matériaux divers et non-métalliques. Cette partie, très abrégée, où nous n'avons étudié que les matériaux les plus usuels, donne tout de même une bonne idée du savoir indispensable à un technicien.

Afin d'aider dans l'étude d'un sujet aussi vaste, les auteurs ont préparé des questionnaires. Insérés à la suite de chaque matériau ou groupe de matériaux, ils faciliteront la revision de la matière.

L'auteur remercie sincèrement ceux qui ont bien voulu présenter des suggestions heureuses en vue de la seconde édition du présent volume de façon à rendre certaines parties plus assimilables.

Maurice Barrière

TABLE DES MATIÈRES

Première partie

Fer et dérivés

Préparation du minerai 1
Concentration par flottement 13
Sidérurgie 18
Combustibles de hauts fourneaux 23
Haut fourneau 31
Fontes 45
Fer 59
Acier 67
Traitements thermiques 90
Soudures 98

Deuxième partie

Métaux non ferreux

Cuivre 106
Aluminium 110
Magnésium 116
Zinc 120
Plomb 123
Étain 126
Cadmium 128
Mercure 129
Nickel 131
Cobalt 134
Molybdène 135
Chrome 136
Bismuth 138
Antimoine 140
Tungstène 142
Manganèse 144
Vanadium 146
Emploi des poudres de métal en métallurgie 146

Troisième partie

Alliages

Alliages de cuivre 151
Alliages d'aluminium 154
Alliages de magnésium 155
Alliages de plomb 156
Alliages d'étain 157
Alliages de nickel 157
Alliage Alnico 158
Aciers à coupe rapide 160
Alliages fusibles ou à basse fusion 162
Métal blanc 165

Quatrième partie

Matériaux non métalliques

Cuirs 168
Peintures 171
Vernis 175
Amiante 177
Abrasifs 180
Verre 184
Colles 188
Mastic 190
Ciment 191
Caoutchouc 193
Matières plastiques 197
Lubrifiants 200

Cinquième partie

Bois

Arbre et bois 203
Industrie du bois 211
Séchage naturel et artificiel 218
Défauts et maladies des bois 228
Bois durs et bois mous 235

1

fer et dérivés

PRÉPARATION DU MINERAI

A toutes fins pratiques, on peut dire que tous les métaux proviennent de la terre; d'ordinaire, le métal n'y existe pas à l'état pur mais intimement combiné à d'autres éléments (corps simples formés d'une seule substance comme l'oxygène, le carbone, le soufre, etc.).

Pourcentage approximatif des divers éléments de la croûte terrestre

Oxygène	46.6
Silicium	27.6
Aluminium	8.0
Fer	5.0
Calcium	3.4
Sodium	2.7
Magnésium	2.6
Potassium	2.5
Titanium	0.5
Carbone	0.22
Hydrogène	0.21
Phosphore	0.17
Soufre	0.08
Nickel	0.018
Cuivre	0.0019
Zinc	0.00005
Plomb	0.00005
Autres	0.4
TOTAL	100.0

La terre et le roc qui contiennent les métaux sont appelés minerais; ces derniers sont formés d'un ou plusieurs métaux à l'état d'oxydes, de sulfures, de carbonates, de silicates, etc., en plus d'une certaine quantité d'impuretés dont il faut nécessairement libérer la partie métallique. Cette séparation se fait, en général, sous l'influence d'une chaleur intense qui décompose les oxydes, les carbonates, etc., quelquefois par l'action chimique d'un fondant. L'expérience a démontré que si on épure le minerai avant de le réduire, on obtient une baisse sensible dans le prix de revient du métal; par économie, on soumet donc presque tous les minerais à des traitements dits de préparation avant leur réduction. Voici quelques-uns de ces traitements suivant l'état du minerai à la mine: le forage, le concassage, le broyage, le lavage, le séchage, le tamisage, le grillage, la concentration par flottation, la concentration magnétique et l'agglomération.

Ces traitements, on le comprend facilement, réduisent le pourcentage de la gangue, partie terreuse qui enveloppe le minerai, et augmentent d'autant la teneur en métal du minerai.

Forage *(drilling)*

La pelle mécanique est l'instrument principal dans l'exploitation à ciel ouvert d'une mine. Elle sert à retirer le minerai que l'on dépose dans des wagonnets et transporte à l'usine où se fait l'épuration. S'il se rencontre du roc, le minage s'impose; on emploie la foreuse pneumatique pour creuser les trous dans lesquels on insérera la cartouche de dynamite qui fera éclater la masse rocheuse. Les mines se trouvent, en général, loin des villes; l'extraction à la dynamite se fait ainsi sans difficulté et sans danger.

Concassage *(crushing)*

Il faut concasser les minerais afin de donner aux quartiers de roc une grosseur uniforme. On exécute généralement cette opération à l'aide de concasseurs mécaniques.

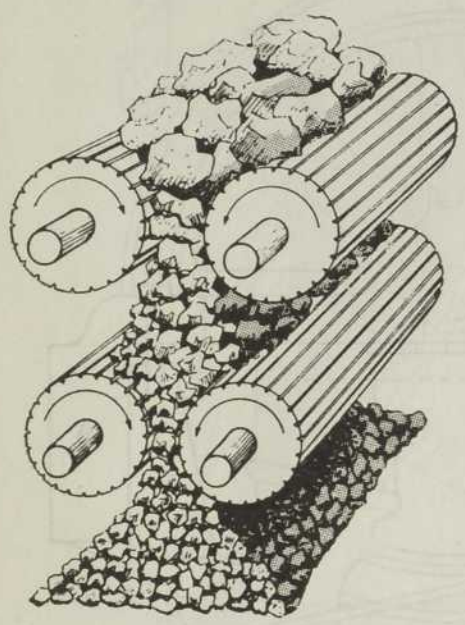


Fig. 1. Concasseur à cylindres (crusher)

Il en existe plusieurs genres dont le concasseur à cylindres rotatifs, le concasseur à mâchoire mobile et le concasseur giratoire. Le premier genre consiste en deux paires de cylindres superposés (fig. 1). Les cylindres d'une même paire tournent en sens contraire l'un de l'autre, tel qu'indiqué par les flèches. Les cylindres peuvent être unis ou rainurés. Les rainures leur donnent de l'emprise sur les quartiers de roc jetés sur la paire supérieure. Le roc est forcé de passer entre les cylindres dont l'écartement est constant. La paire de cylindres inférieurs ressemble à la première sauf que l'écartement est moins considérable. Cette disposition diminue par le fait même la grosseur des fragments qui arrivent à la partie inférieure. On retire, sous le concasseur, le minerai concassé à la grosseur voulue.

Le concasseur à mâchoires (fig. 2) consiste en un bâti A, une mâchoire fixe B, une mâchoire mobile M et un coin d'ajustement C. La commande est fournie à la mâchoire mobile M par un système de bielle et manivelle qui oblige cette mâchoire à osciller tel qu'indiqué par la flèche. La distance entre les mâchoires à leur partie inférieure détermine la grosseur des morceaux de roc. Cette distance se règle à l'aide du coin d'ajustement mis en action par l'écrou au-dessus de ce dernier. Le minerai arrive donc par la partie supérieure; à chaque tour de la manivelle, la mâchoire mobile se rapproche et broie le roc qui descend par gravité pour être broyé davantage au tour suivant. L'opération se répète jusqu'au moment où le minerai débouche par la partie inférieure. La surface des mâchoires est rainurée ou rugueuse pour éviter tout déplacement vers le haut et tout glissement du roc.

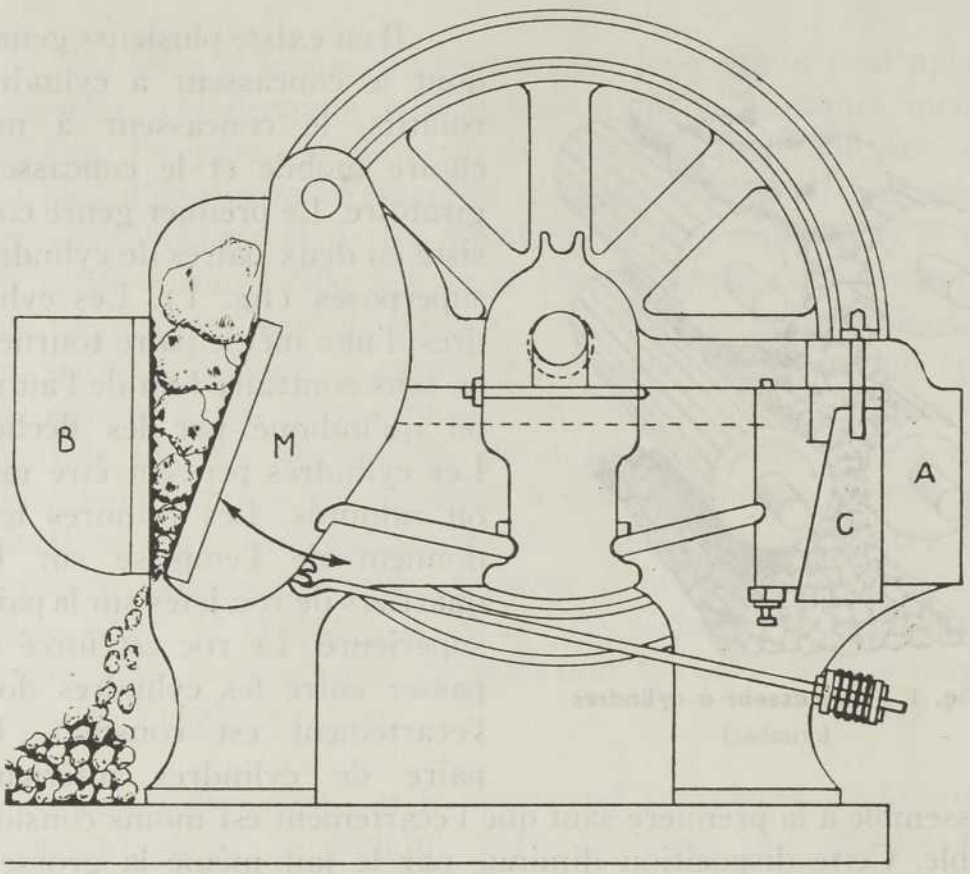


Fig. 2. Concasseur à mâchoires (jaw crusher)

Concasseur giratoire *(gyratory crusher)*

Le concasseur giratoire consiste en un tronc de cône renversé qui forme le bâti de la machine. A l'intérieur de ce tronc de cône s'en trouve un autre mais plus effilé celui-ci. Le cône intérieur est animé d'un mouvement de rotation à l'aide d'engrenages situés au bas. De plus, on peut l'ajuster à la hauteur voulue pour permettre de varier la grosseur des morceaux. On charge par le haut et on retire le minerai au bas (fig. 3).

Broyage *(milling)*

Le but du broyage est de réduire la grosseur des quartiers de roc obtenus du concasseur et, dans certains cas, de pulvériser le minerai.

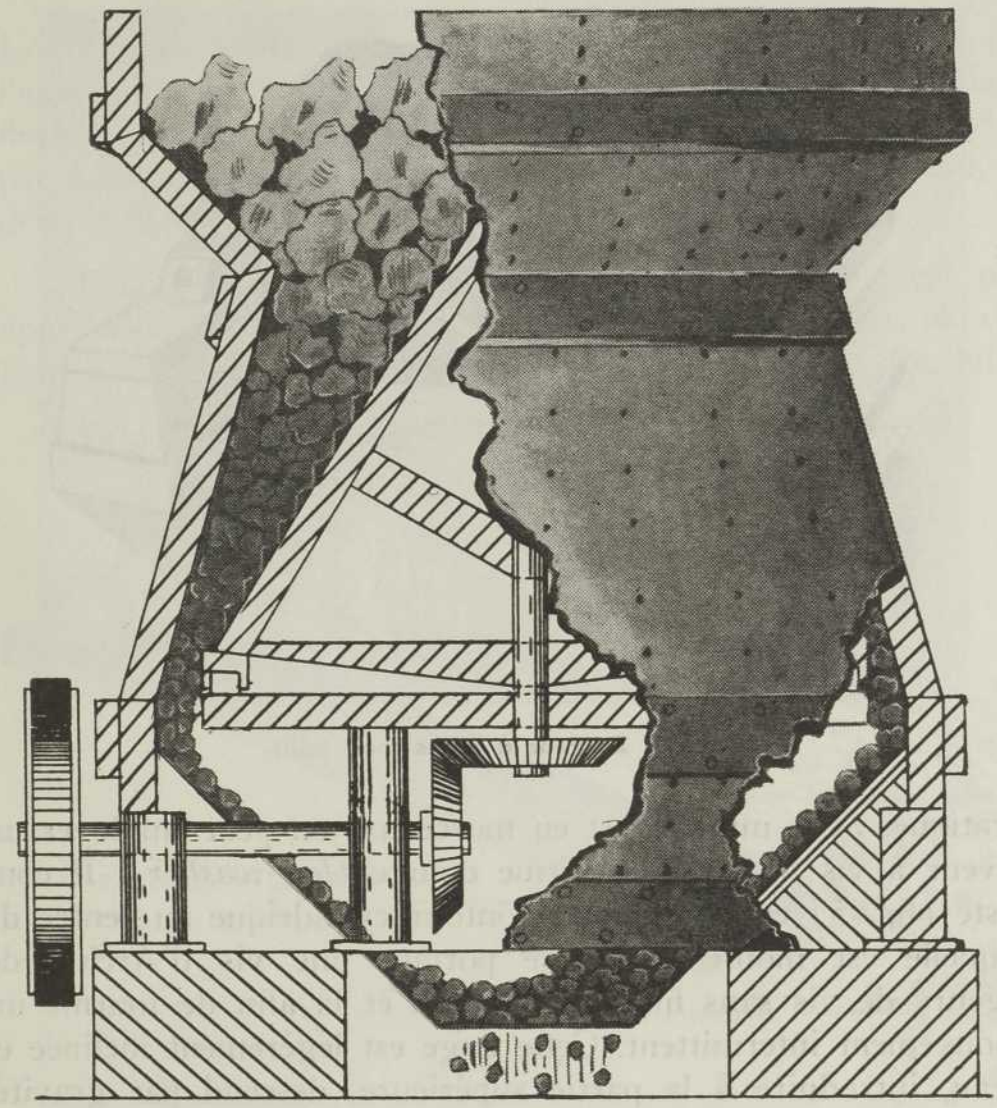


Fig. 3. Concasseur giratoire

Broyeur à billes *(ball mill)*

Le broyeur à billes est un tambour d'acier animé d'un mouvement de rotation et à l'intérieur duquel on dépose le minerai concassé et une quantité de billes d'acier. Le culbutage constant des billes et du minerai pulvérise celui-ci (fig. 4).

Lavage *(washing)*

On doit laver le minerai pour le débarrasser de la terre ou des particules fines dont la teneur en métal est sans valeur

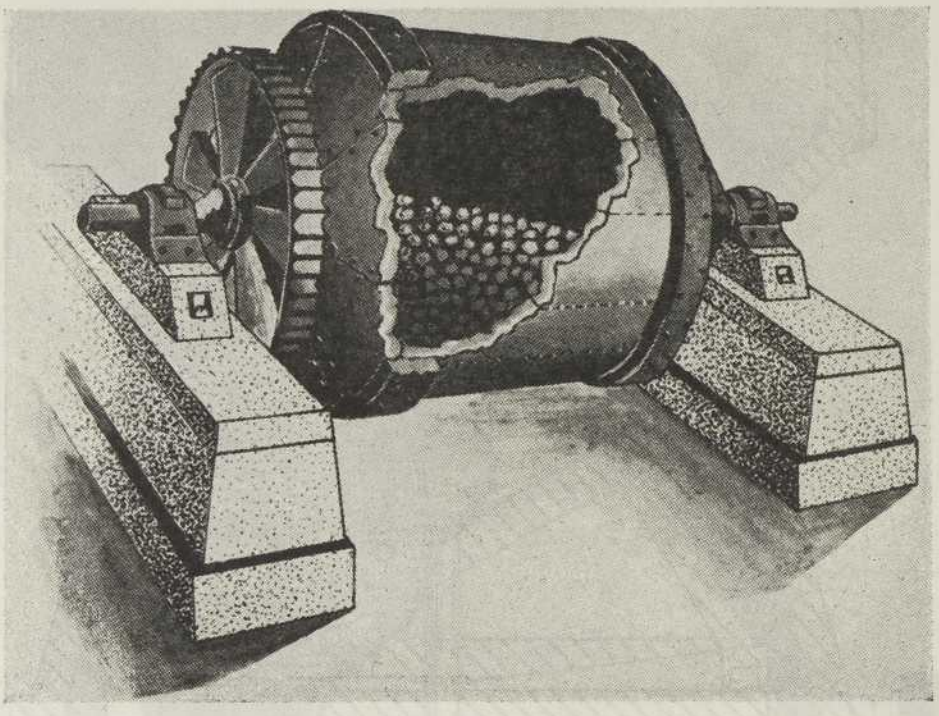


Fig. 4. Broyeur à billes (ball mill)

pratique. Si le minerai est en morceaux, on peut employer un laveur à vis sans fin en forme d'auge *(log washer)*. Il consiste (fig. 5) en une auge à contour cylindrique au centre de laquelle est monté un arbre portant une vis d'Archimède (genre de vis sans fin) entaillée ici et là afin de fournir un mouvement intermittent. Cette auge est légèrement inclinée et l'eau, introduire à la partie supérieure, descend par gravité.

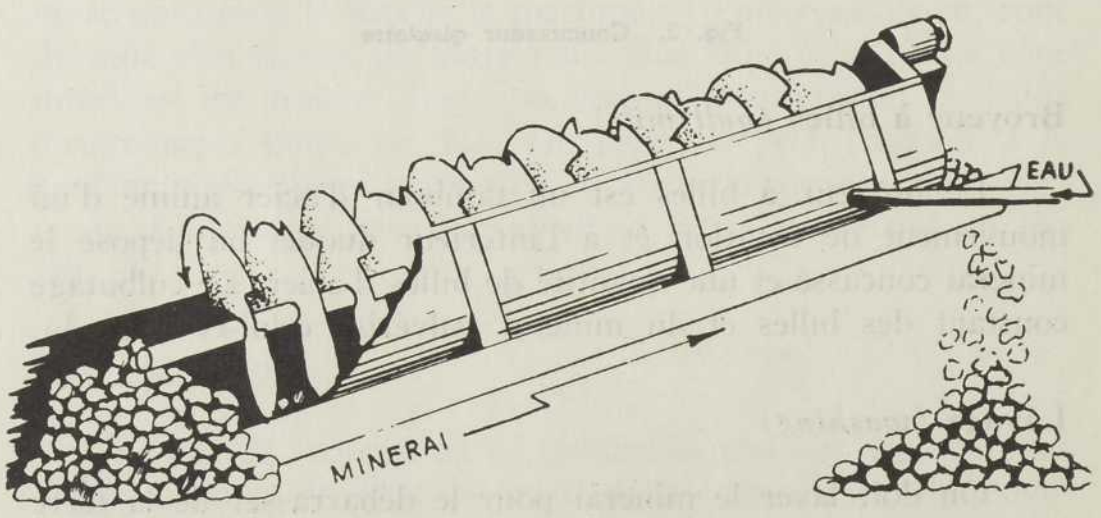


Fig. 5. Laveur (log washer)

Le minerai, qui entre dans l'appareil par le bas, est happé par l'extrémité de la vis d'Archimède qui tourne dans le sens de la flèche; l'action intermittente de la vis force le minerai à monter par à-coups, ce qui l'effrite et permet à l'eau, qui descend, de délayer la terre qui y adhère.

Quand le minerai est fin, le laveur à courroie est plus approprié; il consiste en une large courroie rainurée parallèlement aux bords qui se déplace lentement (fig. 6). On laisse

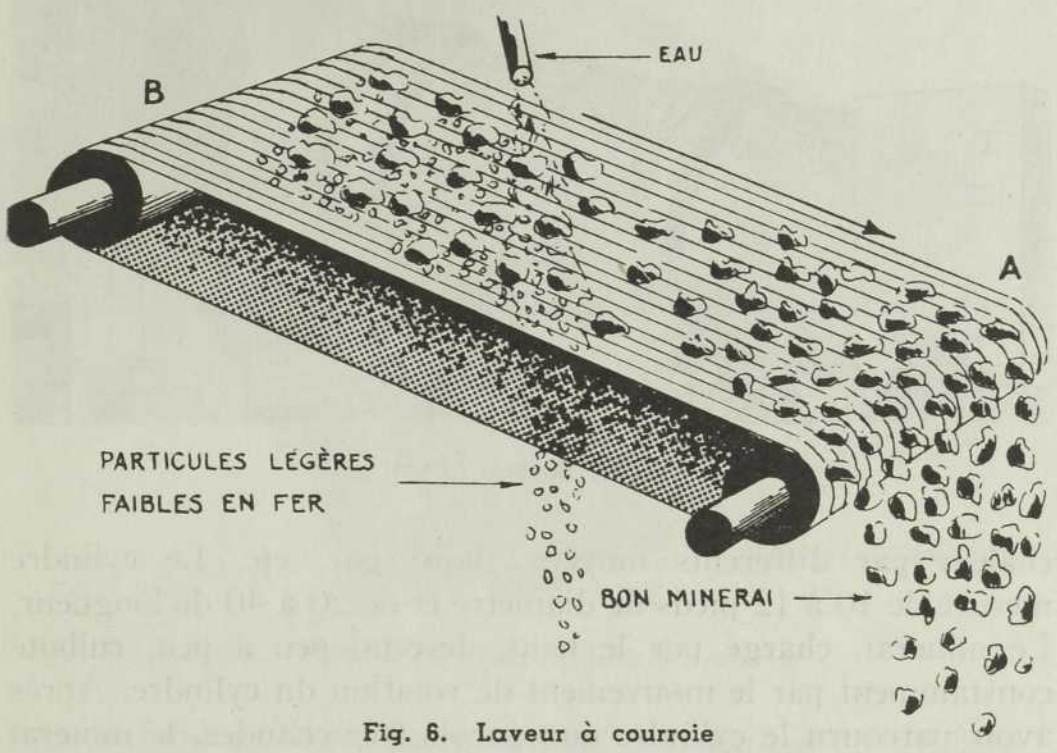


Fig. 6. Laveur à courroie

couler en travers de la courroie un courant d'eau à faible pression. On charge le minerai en B; l'eau entraîne les particules de terre les plus légères et les projette hors de la courroie. quant aux particules plus lourdes qui contiennent du métal, elles restent en place pour être ensuite déversées dans des baquets à l'extrémité A de la courroie.

Séchage *(drying)*

Le minerai à réduire doit être sec, c'est-à-dire, parfaitement débarrassé de toute humidité. C'est une condition essen-

tielle à la réduction. Le séchage s'opère à proximité de la mine pour diminuer les frais de transport calculés au poids.

Le séchoir de minerai le plus simple consiste en un cylindre rotatif (fig. 7), légèrement incliné sous lequel on applique la

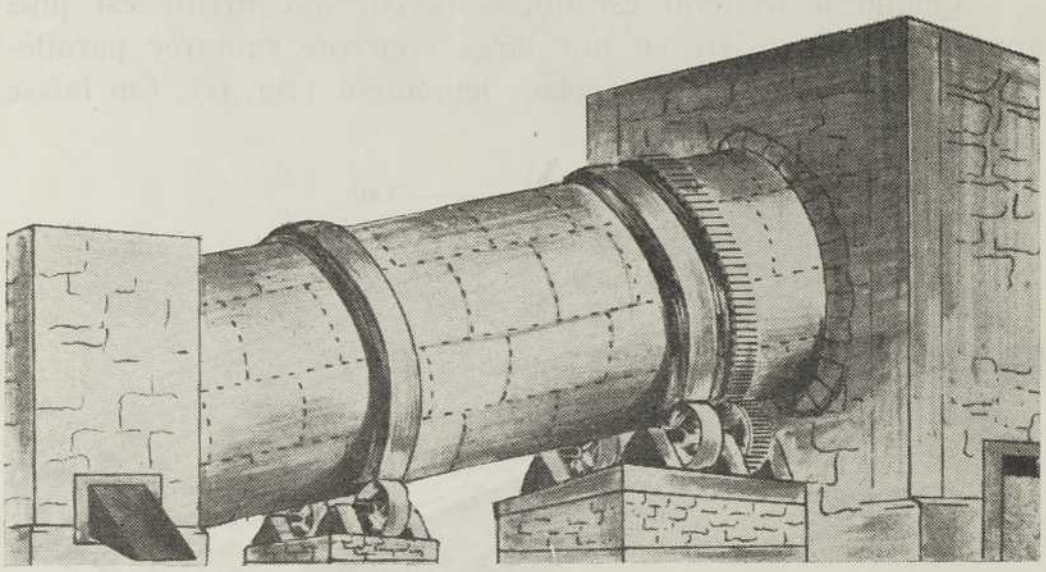


Fig. 7. Séchoir (dryer)

chaleur par différents moyens: bois, gaz, etc. Le cylindre mesure de 10 à 12 pieds de diamètre et de 20 à 40 de longueur. Le minerai, chargé par le haut, descend peu à peu, culbuté constamment par le mouvement de rotation du cylindre. Après avoir parcouru le cylindre aux parois très chaudes, le minerai sort de l'appareil, dans le bas, parfaitement asséché. Un mécanisme qui permet de modifier l'inclinaison du cylindre est généralement fixé à l'appareil afin d'accélérer ou de ralentir la vitesse de la descente du minerai selon son degré d'humidité lors du chargement. Certains traitements, comme la concentration magnétique, demandent un minerai parfaitement sec, si on veut en obtenir des résultats convenables.

Tamisage

Cette opération a pour but d'enlever les particules fines contenues dans le minerai qu'on obtient du concasseur. Les

morceaux qui ne passent pas au tamis sont broyés à nouveau tandis que les particules trop fines qui sont une perte totale au haut fourneau sont soumises au procédé de l'agglomération que l'on verra plus loin.

Les tamis sont généralement mécaniques. Les tamis du type alternatif ou à secousse (fig. 8) consistent en une boîte

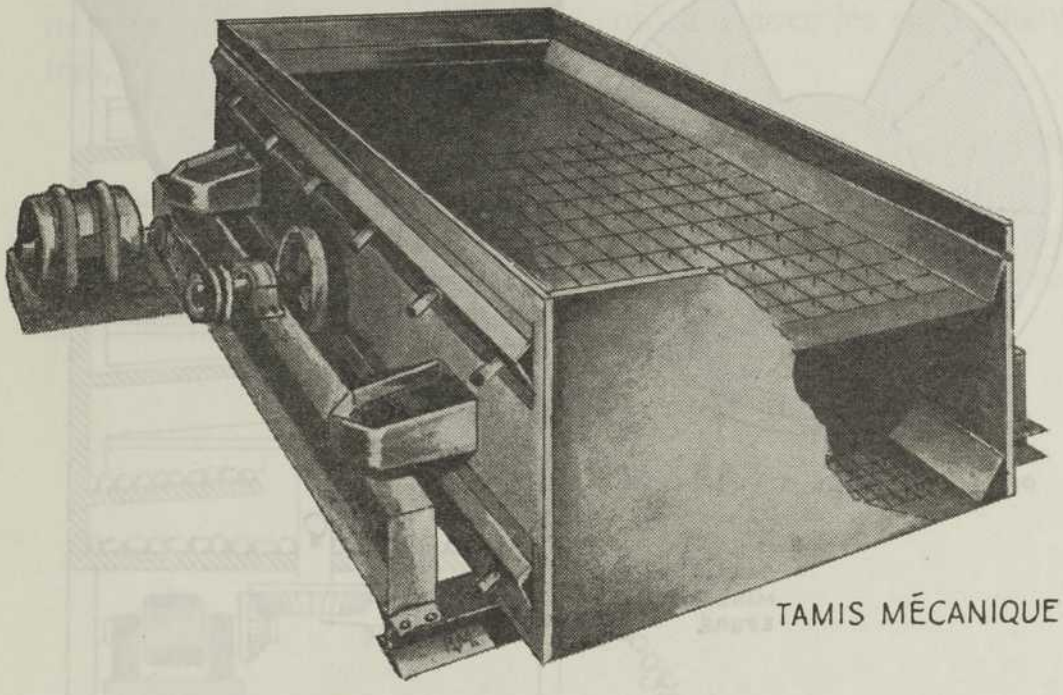


Fig. 8. Tamis à secousse (screening machine)

d'acier à fond grillagé. La grandeur des mailles du grillage correspond à la grosseur du minerai ; la boîte est montée sur une glissière munie de roues et actionnée dans un mouvement alternatif grâce à un système de bielle et de manivelle.

Grillage *(roasting)*

Cette opération, sous l'effet de la chaleur dans un four fermé à sa partie supérieure, a pour but de débarrasser le minerai des éléments volatils qu'il contient. Ce traitement s'applique surtout aux minerais qui contiennent du soufre, l'élément chimique le plus nuisible à la bonne qualité de la plupart des métaux. Le four à griller (fig. 9) consiste en une enveloppe

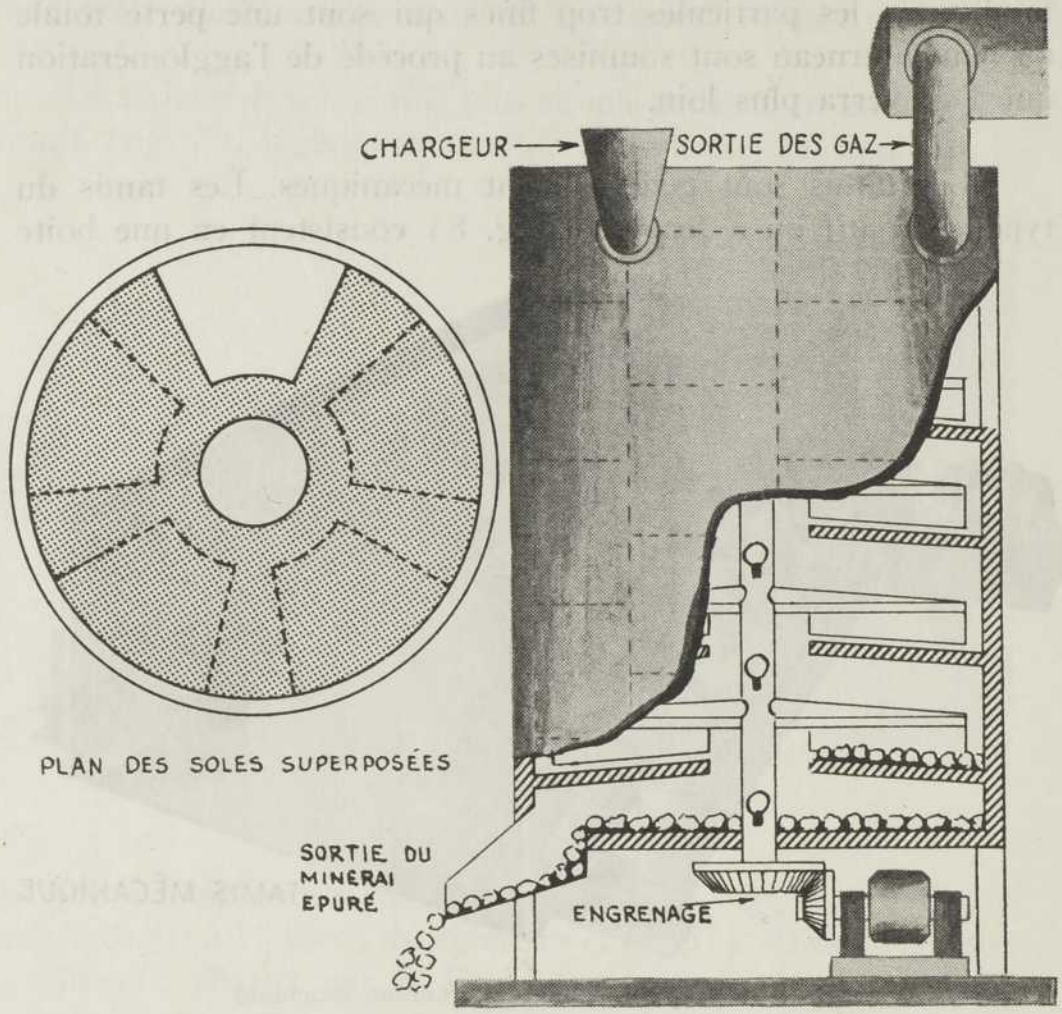


Fig. 9. Four à griller (roasting oven)

cylindrique de 10 à 15 pieds de diamètre, à l'intérieur duquel se trouvent 5 ou 6 soles superposées. Chacune des soles est percée d'un trou qui permet au minerai de tomber sur celle qui est immédiatement en dessous. En effet, les trous dans les soles sont disposés en quinconce, disposition qui force le minerai à faire un stage sur chaque sole durant la révolution de l'arbre central. Cet arbre porte des espèces de grattoirs en contact intime avec chaque sole; il est animé d'un lent mouvement de rotation à l'aide d'engrenages coniques situés au bas de l'appareil.

Le four est chauffé par le bas où il possède une ouverture suffisante pour admettre librement l'air qui oxyde le soufre, convertissant ainsi les minerais sulfureux en oxydes.

On chauffe à une température suffisante pour volatiliser les éléments indésirables mais moindre que le degré de fusion du minerai. On charge le four à la partie supérieure. L'action des palettes montées sur l'arbre central culbute sans cesse le minerai qui se trouve en contact constant avec les soles chauffées, ce qui facilite la volatilisation.

Selon l'outillage dont on dispose, on pourra récupérer les gaz qui sortent à la partie supérieure et en obtenir des produits utiles par distillation. Dans quelques cas, le grillage rend certains minerais magnétiques; cela permet alors l'épuration par la concentration magnétique.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entendre par minerai ?
2. Quel est le métal le plus abondant dans la nature ?
3. Quel est le but du concassage ?
4. Quel est le but des traitements de préparation du minerai ?
5. Nommer huit des traitements de préparation étudiés.
6. Quel est le but du broyage ?
7. Nommer deux genres de concasseurs.
8. Décrire l'opération d'un concasseur à cylindre.
9. Décrire l'opération d'un concasseur à mâchoires.
10. Faire un croquis d'un concasseur à mâchoires.
11. Nommer deux genres de laveurs de minerais.
12. Décrire la marche d'un laveur à vis sans fin.
13. Pour quelles raisons doit-on sécher le minerai ?
14. Pourquoi doit-on tamiser le minerai ?
15. Nommer deux genres de tamis mécaniques.
16. Quel est le but principal du grillage du minerai ?
17. Quel effet peut avoir le grillage sur certains minerais, outre la disparition des éléments volatils ?

CONCENTRATION PAR FLOTTATION

La contration par flottation est un procédé très en usage de nos jours, surtout sur les minerais contenant du soufre qui sont presque imperméables et portés à flotter à la surface d'un récipient rempli d'eau, tandis que la gangue pénétrée par l'eau, s'alourdit et se dépose au fond du récipient.

L'huile, contrairement à l'eau, adhère bien aux sulfures. C'est pourquoi on en ajoute une faible quantité au minerai afin

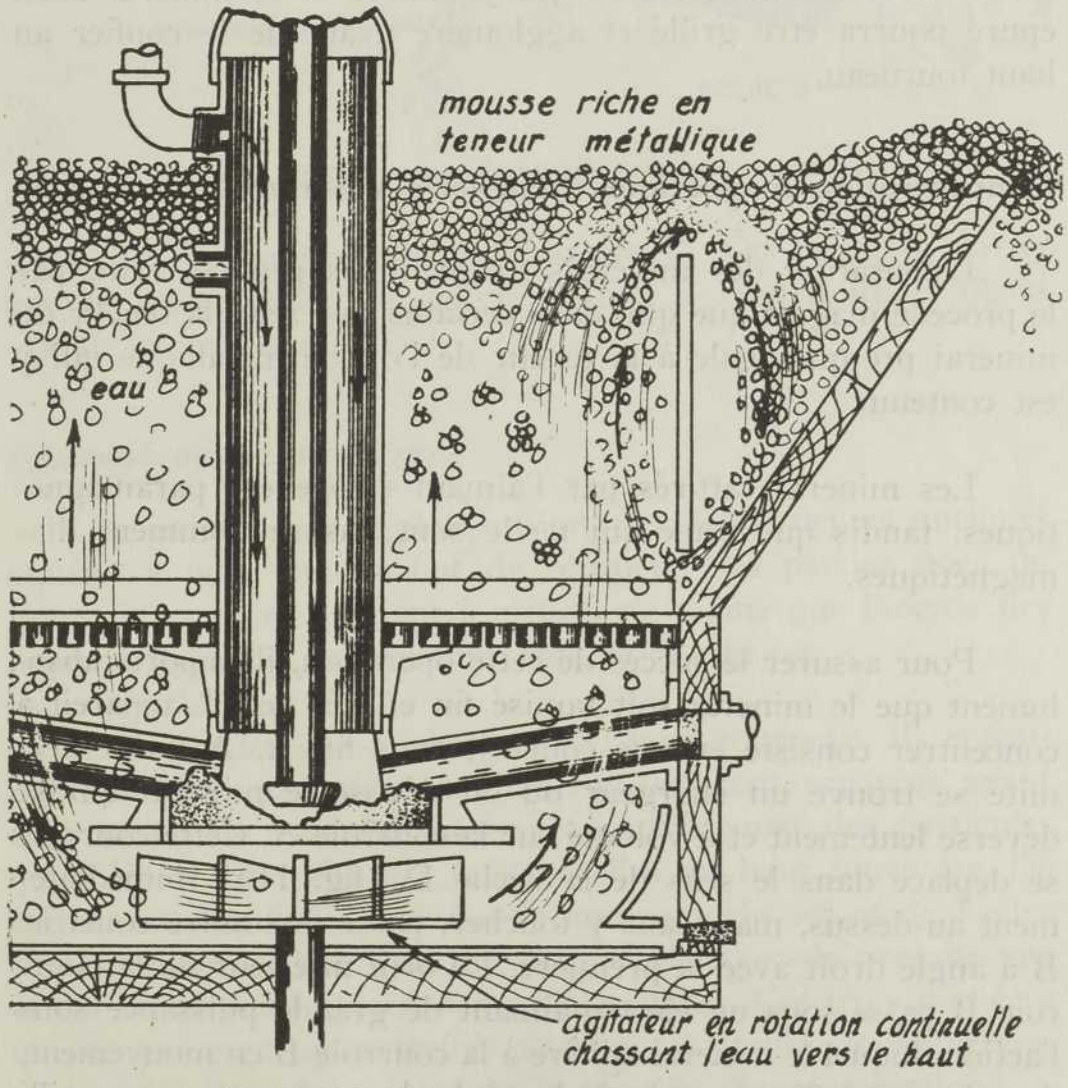


Fig. 10. Procédé de la flottation (flotation process)

d'en améliorer le pouvoir flottant, l'huile ayant une plus faible densité que l'eau. On emploie de l'huile de pin ou autre dans la proportion de 2 à 3 livres par tonne de minerai (fig. 10).

Opération. Le minerai devra être broyé et tamisé très fin (.020" ou moins). On ajoute l'huile en mêlant intimement le mélange (huile et minerai) qu'on appelle pulpe. On verse ensuite celle-ci dans un récipient rempli d'eau qu'on pourra agiter mécaniquement ou pneumatiquement afin de faire mousser à la surface les particules riches en métal, tandis que celles faibles en teneur métallique qui ne flottent pas, sont entraînées par gravité au fond du récipient. Cette mousse que l'on retire sera libérée du film d'huile qui y adhère et le minerai ainsi épuré pourra être grillé et aggloméré avant de le confier au haut fourneau.

Concentration magnétique *(magnetic separation)*

L'épuration des minerais magnétiques peut se faire par le procédé magnétique qui, dans certains cas, rend la teneur du minerai presque égale à la teneur de l'oyxde métallique qui y est contenu.

Les minerais attirés par l'aimant s'appellent paramagnétiques, tandis que ceux qui ne le sont pas se nomment diamagnétiques.

Pour assurer le succès de cette opération, il importe absolument que le minerai soit tamisé fin et très sec. L'appareil à concentrer consiste en une courroie sans fin A. A une extrémité se trouve un chargeur où on dépose le minerai qui se déverse lentement et à volonté sur la courroie A. Cette courroie se déplace dans le sens de la flèche D (fig. 11). Immédiatement au-dessus, mais sans y toucher, passe une autre courroie B à angle droit avec la première. Le brin inférieur de la courroie B passe sous un électro-aimant de grande puissance sous l'action duquel le minerai adhère à la courroie B en mouvement, dans le sens indiqué par la flèche C. Le bon minerai est recueilli

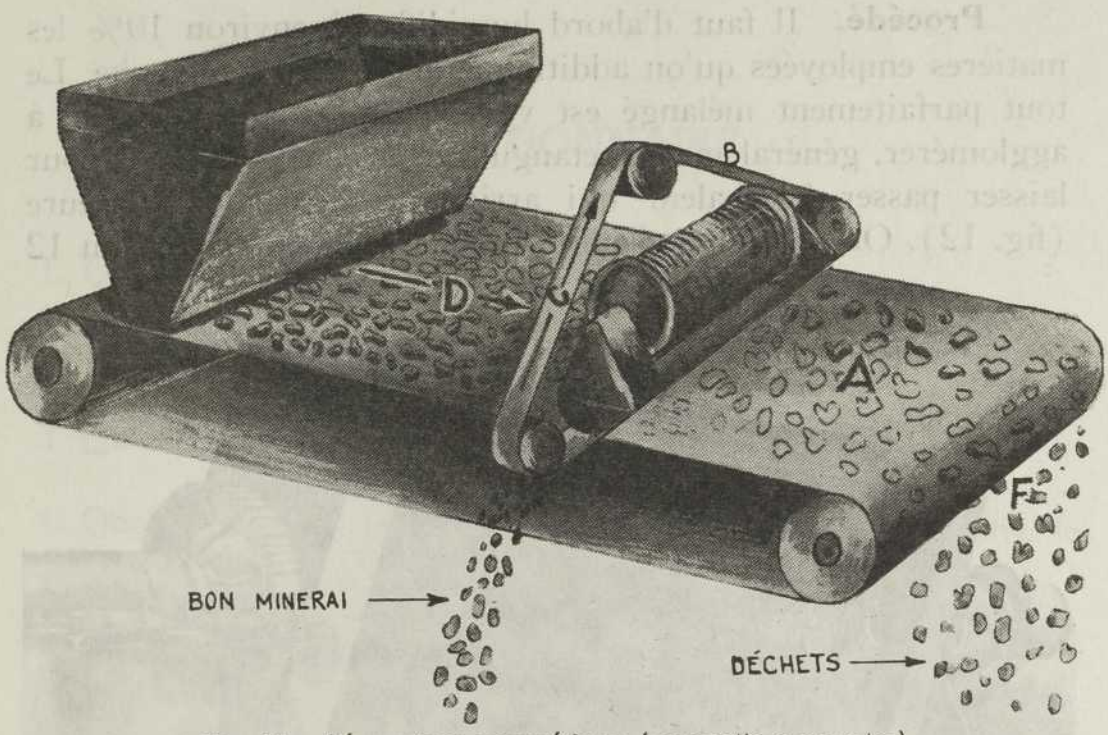


Fig. 11. Séparateur magnétique (magnetic separator)

dans des wagonnets sous la courroie B. On retire la partie pauvre du minerai, qui est le déchet, à l'extrimité F de la grande courroie A.

Agglomération *(sintering)*

Le procédé par agglomération, développé depuis quelques années, a pour unique but de récupérer les parties fines du minerai, les suies du haut fourneau de même que l'oxyde des laminoirs, venant des moulins dans le cas du fer.

Lorsque les gaz s'échappent du haut fourneau, ils entraînent de fines particules de minerai qui sont séparées avant l'utilisation du gaz. Le tamisage produit aussi des particules que l'on ne peut charger telles quelles au haut fourneau. De même, les moulins où se fait le laminage du fer et de l'acier produisent aussi une quantité formidable d'oxyde presque pur et par conséquent à forte teneur métallique. Ces trois matières qui ne présentaient autrefois aucune possibilité de réduction, sont maintenant récupérés par le procédé d'agglomération.

Procédé. Il faut d'abord humidifier à environ 10% les matières employées qu'on additionne aussi de 5% de coke. Le tout parfaitement mélangé est versé ensuite dans une sole à agglomérer, généralement rectangulaire et percée de trous pour laisser passer la chaleur qui arrive de la partie inférieure (fig. 12). On verse le mélange sur une épaisseur d'environ 12

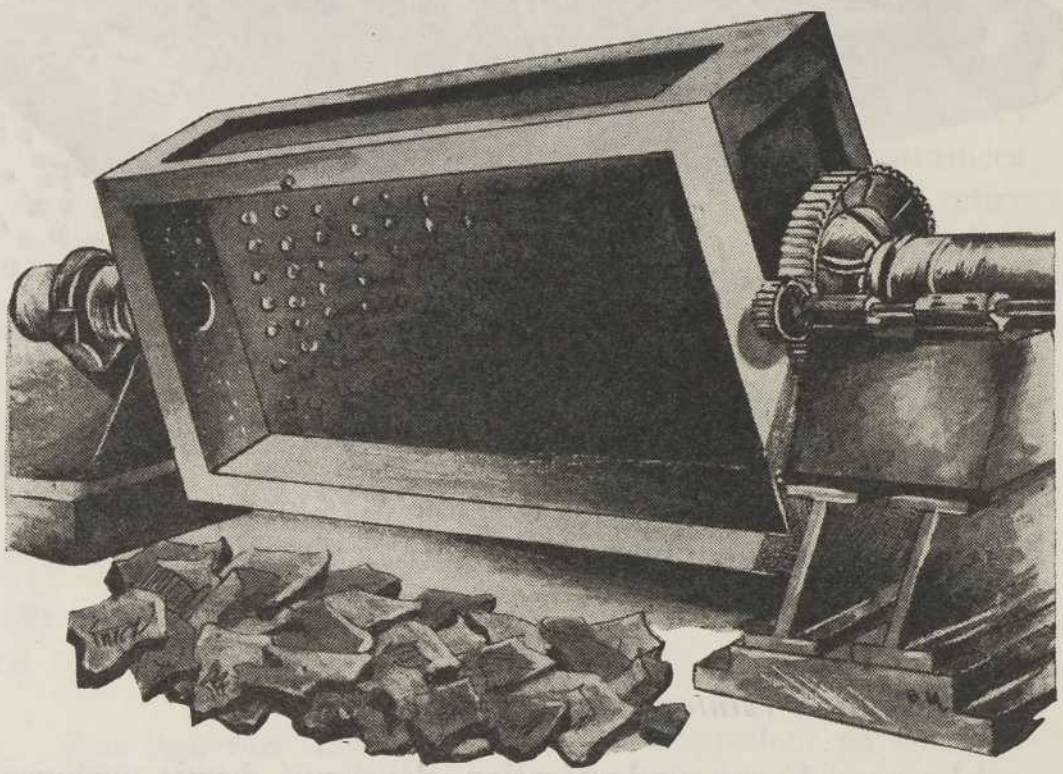


Fig. 12. Sole à agglomérer (sintering pan)

pouces et on applique la flamme qui cuit et agglomère le mélange pendant une quinzaine de minutes. La sole repose sur des pivots qui lui permettent de tourner sur elle-même pour vider sa charge; les morceaux, broyés à la grosseur voulue, sont ensuite chargés dans le haut fourneau.

QUESTIONNAIRE

1. Quel est le but de la concentration magnétique?
2. Décrire l'opération de la concentration magnétique.
3. Qu'entendre par procédé d'agglomération?
4. Quelles sont les matières généralement agglomérées outre le minerai fin?
5. Décrire le procédé d'agglomération.

SIDÉRURGIE

La sidérurgie *(iron metallurgy)* est l'art de fabriquer le fer et ses composés, tels que les fontes et les aciers divers.

Fer ***(iron)***

L'usage du fer, dont certains déclarent la découverte tout à fait accidentelle, remonte probablement à la période qui suit celle que l'on appelle l'âge de bronze. On raconte qu'à la suite d'un feu de forêt, un amas de bois se serait embrasé au-dessus d'un dépôt de minerai en surface; on s'aperçut, par la suite, que la terre était recouverte d'un métal inconnu jusqu'alors. Ce métal, doté de propriétés particulières, s'avéra d'une certaine utilité et on chercha à en obtenir d'autres quantités en répétant l'opération dans les mêmes conditions, à savoir: un roc ou une terre particulière et un combustible qui fournit une grande chaleur: le bois. Voilà qui explique pourquoi, jusqu'à vers 1850, le charbon de bois fut à peu près le seul combustible employé pour la réduction du minerai de fer.

De nos jours, on est tellement habitué à toutes les commodités usuelles du fer que l'on en sous-estime l'importance et l'utilité. Le fer fait partie de notre civilisation. Que de bienfaits ne lui doit-on pas depuis la coloration des tuiles et des briques rouges jusqu'aux produits chimiques! Sous sa forme métallique, le fer et ses composés sont si universellement employés que leur disparition entraînerait celle de la civilisation moderne.

Le minerai se compose de la partie métallique que l'on désire et des impuretés que l'on appelle gangue. Ces impuretés sont presque toutes séparées du fer lors de la réduction du minerai dans les hauts fourneaux. Réduire un minerai signifie donc séparer la partie métallique importante de son oxygène sous l'effet d'une chaleur intense en présence de carbone fourni

par le combustible, alors que le carbone se combine à l'oxygène et s'échappe par la cheminée du four.

Minerais ***(ores)***

Afin de différencier les minerais de fer, on leur a donné des noms distincts dont voici les cinq principaux. Le tableau suivant donne la teneur respective en fer de même que la formule chimique de l'état dans lequel le fer s'y trouve.

Minerai	Couleur	Formule	Pourcentage
Magnétite	gris-noir	Fe_3O_4	72%
Hématite ou oligiste	rouge	Fe_2O_3	70%
Hématite ou limonite	brun	$2\ Fe_2O_3, 3\ H_2O$	60%
Sidérite ou fer spathique		$FeCO_3$	48%
Pyrite de fer	jaune	FeS_2	45%

Les pourcentages donnés ici pour les différents minerais dérivent des formules chimiques correspondantes et n'indiquent pas la teneur réelle du minerai lui-même. Cette teneur est affectée par la quantité plus ou moins grande des impuretés. Le fer est le deuxième métal en plus grande importance dans la nature. Il en existe dans presque toutes les parties du monde, mais les dépôts les plus riches existent aux États-Unis, en

France, à Terre-Neuve, à Cuba, en Russie, en Angleterre, au Brésil, en Allemagne. A l'heure actuelle, le Canada ne produit qu'environ 40% du minerai nécessaire à son industrie; ce minerai vient presque uniquement de l'Ontario où l'on extrait une hématie et une sidérite riches en fer. Pour suffire à la demande, environ 60% du minerai est importé des États-Unis.

Aux États-Unis, la région qui comprend le nord de l'état du Michigan, le Wisconsin et le Minnesota fournit 80% de la consommation locale. Les gisements les plus importants de cette région sont la Mesabi Range d'où l'on retire en majeure partie de l'hématite. Les états de New York, de New Jersey et de Pensylvanie fournissent une bonne quantité de magnétite.

Dans le Québec des recherches ont démontré l'existence de quantités considérables de minerai de bonne teneur de fer dans le Nouveau-Québec. Certains géologues prédisent même que, dans quelques années les gisements du Québec dépasseront en importance ceux de la Mesabi Range.

On exploite généralement les mines de fer à ciel ouvert, afin de diminuer le coût de l'extraction. On évite ainsi le creusage souterrain qui nécessite la construction de puits et de galeries. A la mine Mesabi Range, certains endroits sont creusés à 1000 pieds de profondeur à ciel ouvert.

Pour retirer le fer du minerai, on doit en faire la réduction au haut fourneau. Le Canada possède de ces hauts fourneaux à Sydney, en Nouvelle-Écosse, ainsi qu'à Hamilton, au Sault Sainte-Marie et à Port Colborne, en Ontario. Les hauts fourneaux de Sydney traitent surtout le minerai qui vient de la mine Wabana, à Terre-Neuve. Plus de la moitié du minerai traité dans les hauts fourneaux de l'Ontario provient des États-Unis.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entend-on par sidérurgie?
2. D'où vient le fer dans la nature?
3. Sous quelle forme trouve-t-on le fer?
4. Chimiquement parlant, à quel état se trouve le fer dans le minerai?
5. Quelles sont les deux parties qui composent un minerai?
6. Qu'appelle-t-on gangue?
7. De quelle manière sépare-t-on la gangue du minerai?
8. Qu'entend-on par la réduction d'un minerai?
9. Nommer au moins trois minerais de fer.
10. Quel est le pourcentage de fer dérivant de la formule chimique de
    a) l'hématite brun?
    b) la sidérite?
    c) la magnétite?
    d) l'hématite rouge?
11. Le fer est-il le métal le plus abondant dans la nature? Quel rang occupe-t-il?
12. Nommer quatre des principaux pays producteurs de minerai de fer.

13. Le Canada produit-il assez de minerai de fer pour sa consommation?

14. D'où vient le minerai de fer canadien?

15. Quelles sont les possibilités d'avenir du Québec en minerai de fer?

16. Aux États-Unis, quel est le plus grand district producteur de minerai de fer?

17. Est-il avantageux d'exploiter une mine de fer souterraine?

18. Quel est le grand avantage des mines de fer à ciel ouvert?

19. Le Canada possède-t-il des hauts fourneaux? Où?

COMBUSTIBLES DE HAUTS FOURNEAUX

Pour la réduction du minerai de fer au haut fourneau, on emploie le charbon de bois, l'anthracite et le coke. Leur choix dépend souvent de la facilité relative avec laquelle on peut se les procurer, mais il est bon de noter que les deux premiers sont presque totalement remplacés, de nos jours, par le coke.

Charbon de bois *(wood charcoal)*

Le charbon de bois fut le premier combustible employé durant plusieurs millénaires, à cause de la facilité de se le procurer et des faibles quantités requises par des fours rudimentaires à faibles débits. En réalité, c'est le meilleur combustible à cause de sa forte teneur en carbone — de 85 à 90% — de sa grande facilité de combustion et aussi de l'absence totale de soufre. D'autre part, si l'on considère les quantités considérables de minerai traité aujourd'hui, on s'explique pourquoi on en a presque abandonné l'emploi.

Cependant, certains hauts fourneaux opèrent encore avec du charbon de bois afin d'obtenir une fonte en gueuse plus pure avec laquelle on produit certains aciers de qualité. Pour donner une idée approximative de la quantité de charbon de bois nécessaire à la réduction du minerai, voici le cas d'un haut fourneau canadien: afin de produire environ 180 tonnes de fonte en gueuse, chaque jour, il consomme une quantité de charbon de bois qui représente une corde de bois de ½ mille de long. Comme les hauts fourneaux modernes produisent quotidiennement de 800 à 1000 tonnes de fonte en gueuse, on comprend que l'utilisation du charbon de bois devient alors impossible.

Production. Dans certains comtés de la province — Portneuf, Lotbinière, Témiscouata, Labelle — la production du charbon de bois est devenue une véritable petite industrie. Voici les deux procédés employés: la carbonisation en meules et la carbonisation en four de briques. D'après la première méthode, on plante d'abord en terre un poteau d'une quinzaine de pieds autour duquel on dispose des branches fines pour l'allumage. On place ensuite autour de ce poteau les quartiers de bois dans une position de 45° environ (fig. 13) sur trois

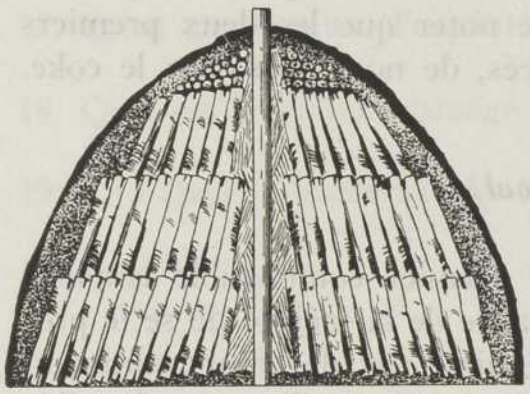


Fig. 13. Meule de charbon de bois (charcoal pit)

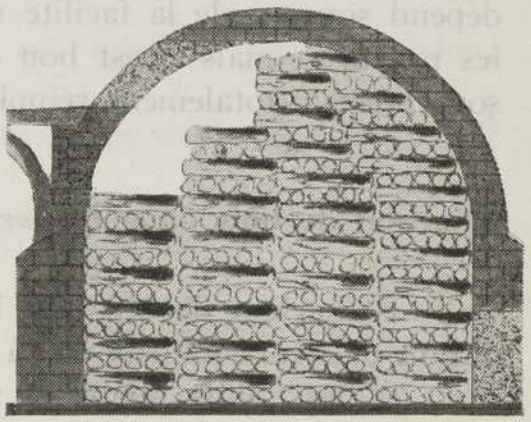


Fig. 14. Four à charbon de bois (charcoal oven)

ou quatre rangs superposés en forme de dôme jusqu'à une hauteur de 12 à 15 pieds. On recouvre ensuite la meule d'une épaisseur de 4 à 6 pouces de gazon, de paille ou de mousse. On ne ménage qu'une ouverture au-dessus pour l'allumage. Une seconde couche de 2 à 3 pouces de terreau humide et battu vient couronner le tout. Le feu s'allume par le haut et se propage lentement vers le bas. Une fois que le feu est bien pris, on bouche l'ouverture supérieure et la carbonisation commence dès que le bois est séché. Elle dure de 15 à 18 jours environ pour une meule d'une dizaine de cordes et environ 5 semaines pour une meule d'une centaine de cordes.

La seconde méthode — la carbonisation en fours de briques — est un procédé sensiblement analogue; il a surtout pour but d'éviter de recouvrir le combustible comme dans le procédé par meules (fig. 14).

Si l'on dispose du capital nécessaire, on pourra employer un four hermétiquement clos et récupérer les gaz qui s'en dégagent. La distillation de ces gaz donnera des produits utiles à l'industrie: alcool méthylique, acide acétique, goudrons de bois, huiles de pin et de cèdre, térébenthine, résine, etc. On choisit, pour la fabrication des charbons de bois métallurgiques, des essences de bois dur qui fournissent des charbons de bois capables de résister aux grandes pressions auxquelles ils sont soumis dans les fours. On emploie aussi les charbons de bois comme combustibles domestiques, pour les traitements thermiques, pour les filtres et la nourriture des poussins, en médecine, etc. Le charbon de bois pour la réduction du minerai de fer présente quatre avantages principaux: il fournit un combustible plus pur, requiert beaucoup moins d'air pendant la combustion, exige une plus petite quantité de pierre à chaux comme fondant et est exempt de soufre.

Anthracite

La production du fer s'avère si considérable que la quantité de bois employée menace d'épuisement complet les réserves forestières. C'est pourquoi certains pays ont dû interdire aux métallurgistes l'usage du charbon de bois pour fin de réduction. Ceux-ci durent donc recourir à l'anthracite ou charbon dur alors employé dans les fours à puddler. Comme ce combustible renferme une forte teneur de soufre et que l'opération du haut fourneau exige qu'on mêle le combustible au minerai, on obtenait des fontes en gueuse soufrées, c'est-à-dire de qualité très inférieure. L'emploi de l'anthracite ne dura, pour cette raison, qu'environ vingt-cinq ans en Amérique. On lui substitua le coke que l'on utilisait déjà à cette fin en Angleterre.

Coke

L'usage du coke commença vers 1875 en Amérique. On employait alors le Bee Hive Coke (en ruche d'abeille) ainsi nommé à cause de la forme particulière (fig. 15) des premiers fours en maçonnerie. Ils consistaient en un plancher incliné

surmonté d'un dôme, percé à la partie supérieure d'une ouverture de chargement; dans le bas se trouvait une porte de déchargement.

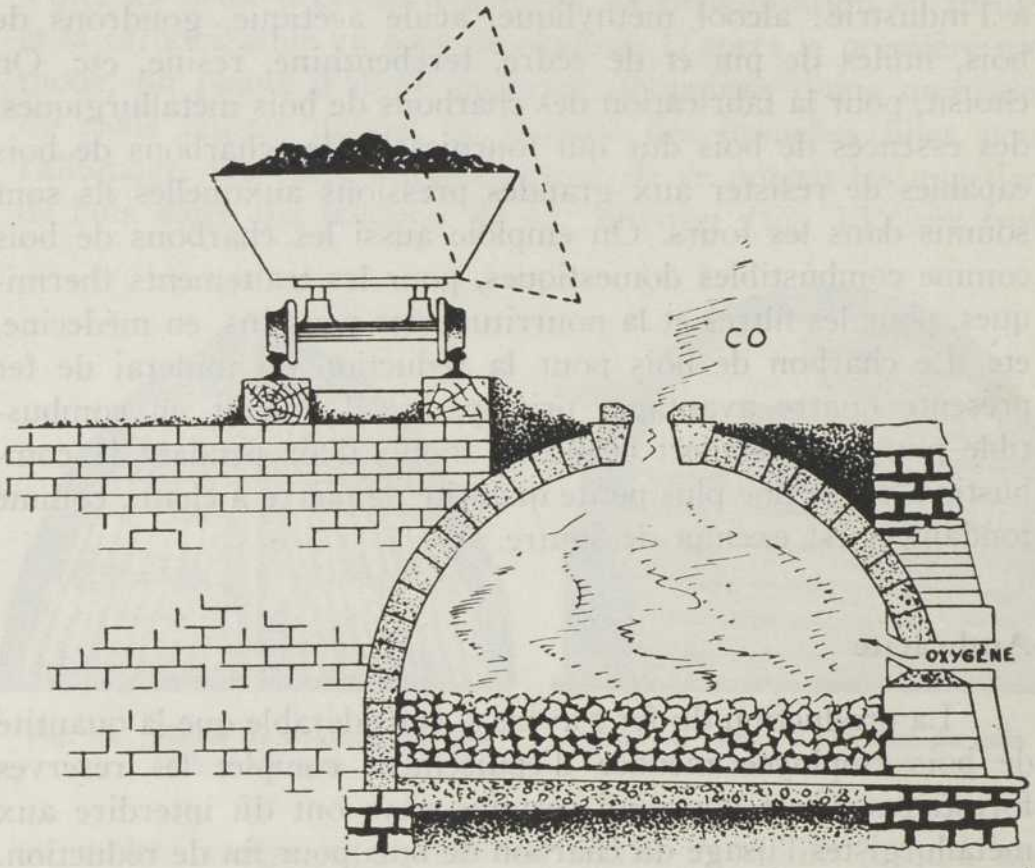


Fig. 15. Four à coke (coke oven)

Opération. On chauffe le four avec du bois jusqu'à ce que l'intérieur devienne rouge; on bouche la majeure partie de la porte de devant où l'on ne laisse qu'une faible ouverture à la partie supérieure pour faciliter la circulation nécessaire à l'échappement des gaz. Les wagonnets d'anthracite sont ensuite vidés dans le four par l'ouverture supérieure qui sert en même temps de cheminée. On charge ainsi de 6 à 8 tonnes de charbon et la carbonisation se termine au bout d'environ 72 heures. On retire alors la charge; on l'arrose pour en empêcher la combustion complète. On obtient ainsi du coke qui pourra être broyé et tamisé pour usage. Le coke est un combustible léger, poreux et de couleur grisâtre. Les gaz qui se dégagent pendant la carbonisation se répandent dans l'atmosphère et

détruisent généralement toute végétation plusieurs milles à la ronde. Aussi, trouve-t-on ces genres de four à l'écart des centre urbains, groupés, côte à côte, par batteries de 40 à 50 de chaque côté des voies ferrées.

Coke, sous-produit *(by-product coke)* — méthode moderne

Comme pour la fabrication du charbon de bois, si la carbonisation du coke s'opère dans un four clos avec récupération des gaz, ceux-ci fourniront, par distillation, quantité de produits utiles et faciles à vendre.

La production du coke en fours clos débuta vers 1900 avec des fours dont on voit un schéma à la figure 14. Il s'agit d'un compartiment étroit de 12" à 14" de largeur, haut de 6 à 12 pieds et long d'environ 40 pieds, à parois munies de conduites où circulent des gaz à haute température (2000°F.). Aucun combustible ne touche au charbon qui représente la charge. Une quarantaine ou plus de ces compartiments peuvent être placés côte à côte avec un mur mitoyen, afin d'économiser le combustible (fig. 16).

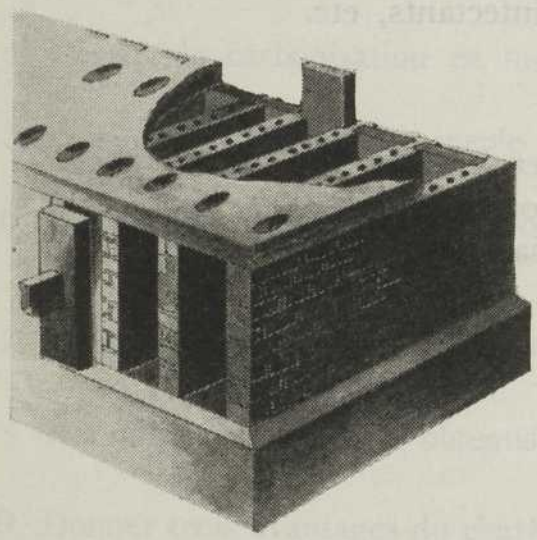


Fig. 16. Four à coke By-Product
(By-Product coke oven)

On charge le four par le haut et on en bouche l'ouverture. On fait ensuite circuler le long des parois les gaz chauds qui carbonisent la charge en 24 heures environ. Les compartiments, selon leurs dimensions, peuvent contenir chacun de 10 à 20 tonnes de coke. Les fours se vident par les extrémités amovibles de chaque compartiment. Une sorte de poussoir pénètre par une extrémité et force le coke à sortir par l'autre; le coke reçoit, aussitôt sorti, un abondant arrosage qui en arrête la combus-

tion. Pendant la carbonisation, on récupère et on distille les gaz de chaque four.

Voici les quantités approximatives des produits de la carbonisation d'une tonne d'anthracite après récupération et distillation:

2,000 lb. de charbon = 1,500 lb. de coke plus 5,000 pi. cu. de gaz

5,000 pi. cu. de gaz = 2.25 gallons de benzol
.71 gallon de goudon
.5 gallon de toluol
.25 gallon de naphte
45 lb. d'ammoniaque
teintures, résines, alcool dénaturé, désinfectants, etc.

Avantages:

a) Obtention rapide et en grandes quantités.
b) Forte teneur de carbone: près de 90%.
c) Bonne combustion, sans dégagement de fumée.
d) Chaleur intense.

QUESTIONNAIRE

1. Nommer les différents combustibles dans l'ordre de leur emploi à la réduction du minerai de fer.

2. Quelle est la raison principale pour laquelle le charbon de bois n'est plus employé dans la grande production des hauts fourneaux?

3. Quels sont les deux procédés de production du charbon de bois dans la province de Québec?

4. Décrire la carbonisation en meules.

5. Faire un croquis d'une meule à carboniser.

6. Quel est l'avantage de la carbonisation dans les fours de briques?

7. Quel est l'avantage de la carbonisation en vases clos?

8. Nommer trois produits obtenus par la distillation du bois.

9. Donner trois avantages du charbon de bois comme combustible au haut fourneau.

10. Quel est le grand inconvénient de l'anthracite comme combustible au haut fourneau?

11. Qu'entendre par Bee Hive coke?

12. Décrire la construction d'un four à coke Bee Hive?

13. Expliquer le procédé d'obtention du coke dans un four Bee Hive?

14. Quel est l'inconvénient capital des fours Bee Hive?

15. Qu'entendre par le coke (sous-produit)?

16. Décrire la construction d'un four à coke (sous-produit).

17. Quelle quantité de coke obtient-on d'une tonne d'anthracite?

18. Nommer 4 des principaux produits de la distillation de l'anthracite.

19. Nommer trois avantages du coke comme combustible au haut fourneau.

HAUT FOURNEAU

Le haut fourneau *(blast furnace)*, de par ses fonctions, est le cœur d'une aciérie. Son unique but est de séparer la gangue de la partie métallique du minerai ; cette opération s'appelle la réduction. De son creuset, on retire la fonte en gueuse qui pourra être refondue après solidification ; on obtiendra alors de la fonte grise. Ou bien cette fonte en gueuse pourra être transformée en fer, aciers ordinaires ou aciers spéciaux (fig. 17).

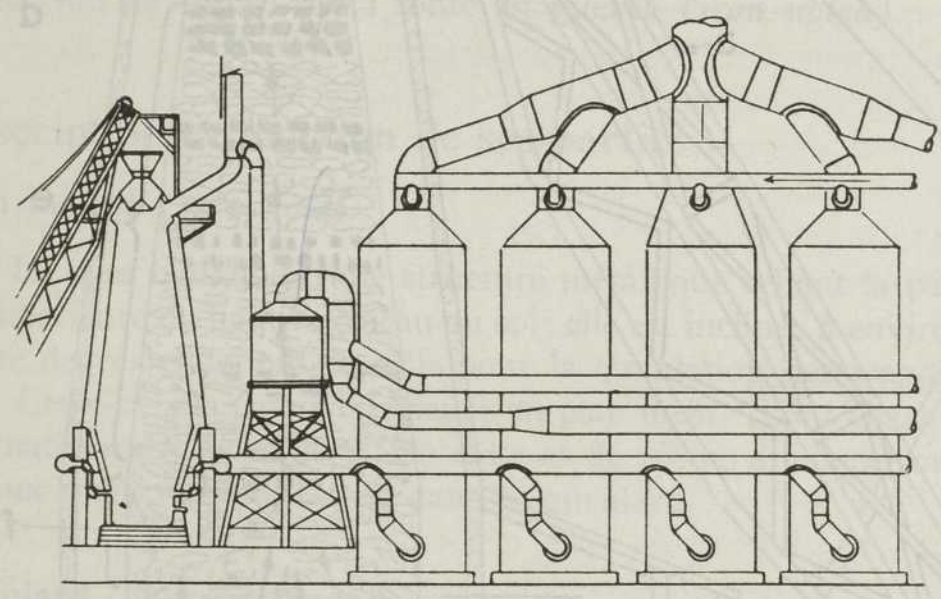


Fig. 17. Vue d'ensemble d'un haut fourneau avec récupérateurs
(blast furnace with stoves)

Construction du haut fourneau

Le haut fourneau moderne symbolise la puissance industrielle. C'est une tour imposante de près de 30 pieds de diamètre et d'environ 150 pieds de hauteur, si on inclut la superstructure métallique (fig. 18).

Les parois intérieures sont en briques réfractaires de qualité, enveloppées de feuilles d'acier.

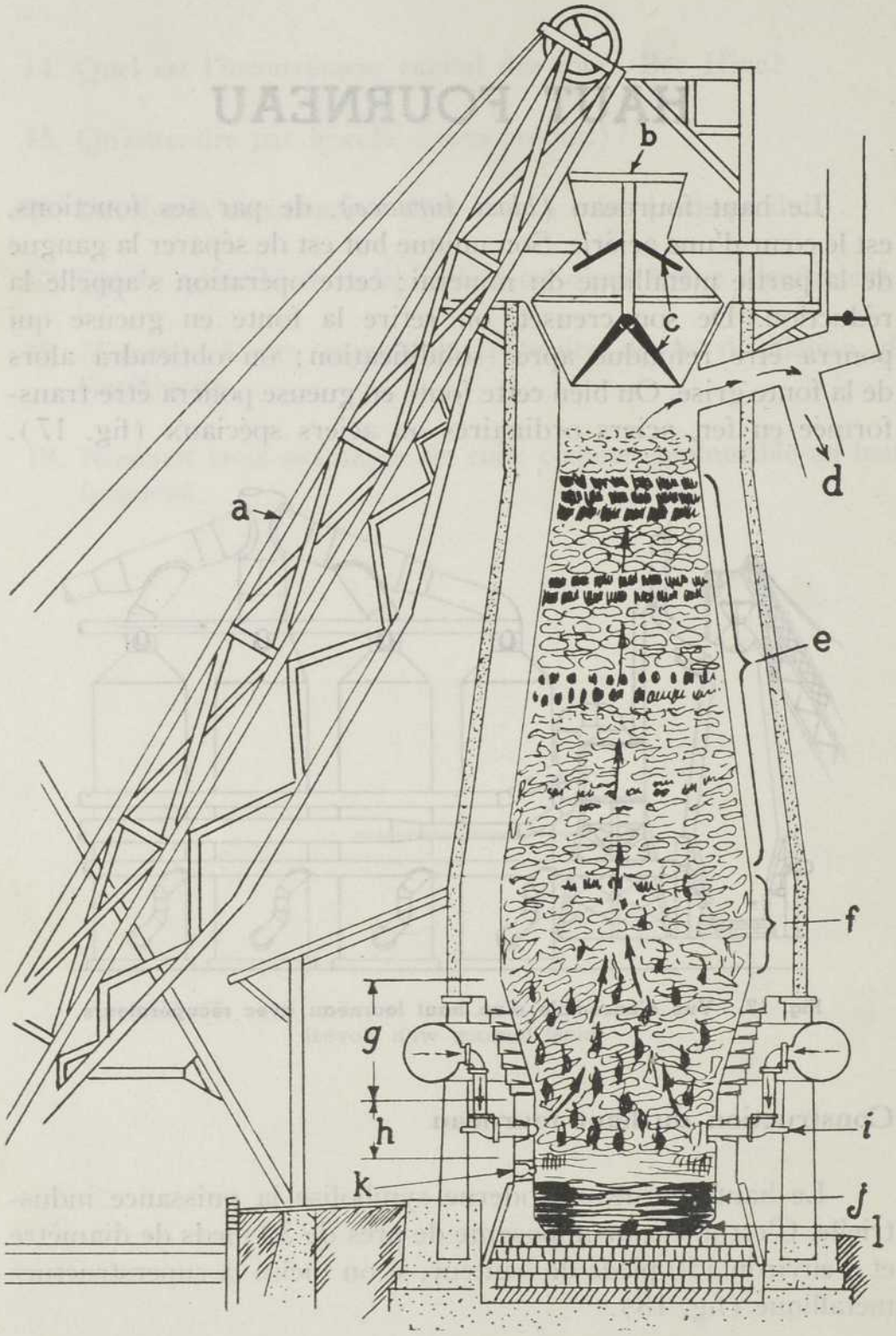


Fig. 18. **Haut fourneau** (blast furnace)

Voici les parties essentielles d'un haut fourneau :

a) un plan incliné *(skip hoist)*
b) le gueulard *(charging hopper)*
c) deux cônes mobiles *(bell traps)*
d) deux tuyaux d'échappement des gaz *(down comers)*
e) la cuve *(stack)*
f) le ventre *(belly)*
g) les étalages *(bosh)*
h) l'ouvrage *(tuyeres level)*
i) les tuyères *(tuyeres)*
j) le creuset *(hearth)*
k) le trou de coulée des scories *(cinder notch)*
l) le trou de coulée de la fonte en gueuse *(iron notch)*

Description et fonction de ses parties

Plan incliné *(skip hoist)*

Le plan incliné est une structure métallique reliant la partie supérieure du haut fourneau au sol ; elle est inclinée à environ trente degrés et munie de rails pour la circulation des wagonnets. Ceux-ci, à la partie inférieure du plan incliné, sont chargés alternativement de minerai, de coke et de pierre à chaux, matériaux qu'ils vont déverser dans le gueulard.

Gueulard *(charging hopper)*

Sorte de grand entonnoir fait de plaques d'acier, le gueulard est la seule porte de chargement du haut fourneau. A la partie inférieure se trouve une trémie fermée par l'un des cônes mobiles.

Cônes mobiles *(bell traps)*

Les cônes mobiles admettent le minerai dans le haut fourneau à demande. On les met en marche verticalement afin d'ouvrir les trémies à tour de rôle et d'empêcher les gaz de s'échapper vers l'extérieur.

Ils sont de diamètres différents; le plus petit assure la fermeture étanche à la partie inférieure du gueulard, tandis que l'autre, d'environ double diamètre, ferme une trémie de diamètre correspondant, située plus bas.

La trémie supérieure a ceci de particulier: elle est animée d'un lent mouvement de rotation qui assure la distribution uniforme du minerai à l'intérieur du haut fourneau même.

Tuyaux d'échappement des gaz ***(down comers)***

Tous les gaz produits par la combustion du coke à l'intérieur du haut fourneau sont récupérés; ils possèdent encore un certain pouvoir de combustion dont on tire profit. Ces tuyaux d'échappement servent de conduites pour amener ces gaz aux appareils de nettoyage où on les débarrasse de la suie. On les brûle ensuite dans les récupérateurs ou on s'en sert pour actionner des moteurs à gaz attelés aux souffleurs qui fournissent l'air aux tuyères.

Cuve ***(stack)***

La cuve est un tronc de cône évasé vers le bas afin de faciliter la descente des solides qui sont des couches alternatives de minerai, de coke et de pierre à chaux. Cette forme particulière prévient alors le grippage des matières aux parois du four, ce qui pourrait causer des accidents sérieux. La partie supérieure du tronc de cône peut avoir environ 20 pieds de diamètre intérieur, tandis que la base atteint près de 30 pieds. Quant à la hauteur intérieure, elle est d'environ 70 pieds.

Ventre ***(belly)***

Le ventre, situé immédiatement sous la cuve et d'une hauteur d'environ 10 pieds, est de forme cylindrique. A ce stage, les matières se dessèchent et la réduction proprement dite commence. Le diamètre intérieur, de près de 30 pieds, correspond au diamètre inférieur de la cuve.

Etalage ***(bosh)***

Immédiatement sous le ventre se trouve un tronc de cône de faible hauteur, environ 10 pieds, mais évasé vers le haut. La réduction du minerai s'accentue de plus en plus au fur et à mesure que l'on approche du niveau des tuyères immédiatement au-dessous. Voilà qui explique cette diminution constante du diamètre intérieur du haut fourneau, diamètre qui, à la petite base de ce tronc de cône, en est réduit à 25 pieds.

Cette partie du haut fourneau est la plus intensément chaude; la température atteint presque 3500°F. à la partie inférieure des étalages, au dire de certains opérateurs. C'est pourquoi on emploie des briques à feu très réfractaires pour garnir cette partie principalement. En plus, des conduites d'eau sont placées entre les briques afin d'assurer un refroidissement adéquat.

Ouvrage ***(tuyere level)***

L'ouvrage, partie cylindrique de près de 25 pieds de diamètre est située immédiatement sous les étalages. Elle porte à sa périphérie des trous pour loger les tuyères. La hauteur de cette partie est d'environ 6 pieds.

Tuyères ***(tuyeres)***

Les tuyères sont des tubes en bronze creux et refroidis par un courant d'eau. On en a de 12 à 20 également disposés dans les trous pratiqués à cette fin aux étalages. Ils servent uniquement à l'introduction de l'air qui arrive chaud (1500° à 1700°F.) et sous une pression de 15 à 25 livres au pouce carré.

Le refroidissement à l'eau empêche l'extrémité des tuyères de fondre sous l'effet de la forte chaleur à l'intérieur du haut fourneau.

Creuset *(hearth)*

Le creuset est une partie cylindrique, haute d'environ 10 pieds et d'un diamètre de près de 25 pieds, où viennent aboutir deux matières en fusion; au fond, la fonte en gueuse plus lourde et le laitier (scories en fusion) plus léger, qui surnage. Sur le côté, à la partie supérieure, est percé un trou de coulée pour le laitier, tandis que dans le bas, à environ un pied du fond, se trouve le trou de coulée de la fonte en gueuse.

Trou de coulée des scories *(cinder notch)*

Ouverture généralement rectangulaire, le trou de coulée des scories est pratiqué à la partie supérieure de la paroi du creuset. Lorsque le laitier (scories liquides) s'accumule jusqu'aux tuyères, on débouche cette ouverture et on laisse écouler les scories. On coupe généralement l'air aux tuyères durant cette opération. On obture cette brèche avec de la glaise avant de réadmettre l'air aux tuyères.

Trou de coulée de la fonte *(iron notch)*

Le trou de coulée de la fonte est semblable au précédent. Après avoir laissé écouler une certaine quantité de fonte en gueuse, on obture l'ouverture à l'aide d'un fusil pneumatique qui lance des tampons de glaise, qui se solidifient et bouchent hermétiquement l'ouverture.

Note. Les différentes dimensions énumérées précédemment sont, à peu de choses près, celles d'un haut fourneau d'un débit quotidien d'environ 1000 tonnes de fonte en gueuse.

Fonctionnement du haut fourneau

Négligeant l'allumage pour étudier le fonctionnement d'un haut fourneau en opération, on voudra bien se rappeler que

cet appareil opère 24 heures par jour et 7 jours par semaine à l'année, ceci pour raison d'économie. En effet, on comprendra qu'on ne peut allumer tous les jours un four de cette dimension comme une petite fournaise domestique. On n'arrête le four que pour les réparations strictement nécessaires.

On charge le haut fourneau de 15 à 19 tonnes en une vingtaine de minutes, alors que les wagonnets qui rampent sur le plan incliné viennent déverser leur contenu tantôt de minerai, tantôt de coke ou de pierre à chaux, fondant employé pour liquéfier les cendres du coke de même que la gangue du minerai.

On déverse ainsi plusieurs wagonnets avant d'abaisser le premier cône qui ferme la trémie au bas du gueulard. Comme on l'a vu précédemment, la trémie supérieure est en rotation lente pour faire la distribution uniforme de la charge qu'elle porte. Lorsque s'ouvre le second cône mobile, la charge s'engouffre dans le haut fourneau en conservant l'ordre dans lequel on l'a amenée au gueulard, c'est-à-dire minerai, coke, pierre à chaux, etc.

Au fur et à mesure que les matières solides descendent par gravité, les gaz chauds remontent, poussés par l'air insufflé aux tuyères. Ces gaz s'engagent dans les tuyaux d'échappement des gaz. On notera que pour produire environ 1000 tonnes de métal, on retire près de 6000 tonnes de gaz : on calcule qu'à la sortie du haut fourneau les gaz atteignent une vélocité de 300 milles à l'heure.

Les solides chargés se dessèchent au fur et à mesure qu'ils se rapprochent des étalages où la température est très élevée (3500°F.). A la partie inférieure des étalages, tous les solides sont amenés à l'état de fusion et le fer se combine au carbone en excès et donne la fonte en gueuse, tandis que les cendres du coke et la gangue sont liquéfiées sous l'action chimique de la pierre à chaux et de la chaleur en formant les scories (laitier) ; ces deux liquides tombent dans le creuset immédiatement en dessous.

A toutes les deux ou trois heures, on retire le laitier d'abord par le trou de coulée des scories ; ensuite, on débouche le trou de coulée de la fonte. Chaque tonne de fonte en fusion donne en même temps plus d'une demi-tonne de scories.

Les scories sont des déchets qui peuvent être utilisés. Si l'on coule ces scories en fusion dans l'eau, elles deviennent granulées et peuvent servir à la fabrication de blocs de ciment Pour ce qui est des quelque 6000 tonnes de gaz obtenues quotidiennement, la majeure partie sert à chauffer les récupérateurs (réchauds). On emploie ce qui reste pour actionner les moteurs à explosion qui entraînent les dynamos servant à produire l'électricité. On les emploie aussi pour le chauffage des différents fours de l'aciérie.

Récupérateurs ou réchauds

Tout haut fourneau s'accompagne ordinairement d'au moins 4 récupérateurs : immenses tours de 25 pieds de diamètre et d'environ 100 pieds de hauteur (fig. 19). Chacun consiste en

une enveloppe d'acier garnie à l'intérieur de briques à feu et divisée en deux compartiments. Deux bouches d'air sont aménagées dans le bas, une dans chaque compartiment ; la cheminée est branchée sur la bouche d'air du compartiment des briques. Les récupérateurs sont essentiellement des réchauds *(hot stoves)* dans lesquels un des compartiments sert à brûler les gaz venant du haut fourneau tandis que l'autre consiste en une grande quantité de briques à feu disposées en chicane, de manière à présenter une aussi grande surface de chauffe que possible. On chauffe durant environ 40 minutes. Les gaz doivent contourner toutes les briques en chicane avant de gagner la cheminée, chauffant ainsi les briques à blanc (2000°F.). Quant le tout est bien chaud, on coupe les gaz.

Il ne reste plus qu'à faire pénétrer l'air froid dans la bouche d'air du compartiment portant les briques rougies, au contact desquelles l'air se réchauffe et vient sortir par l'autre

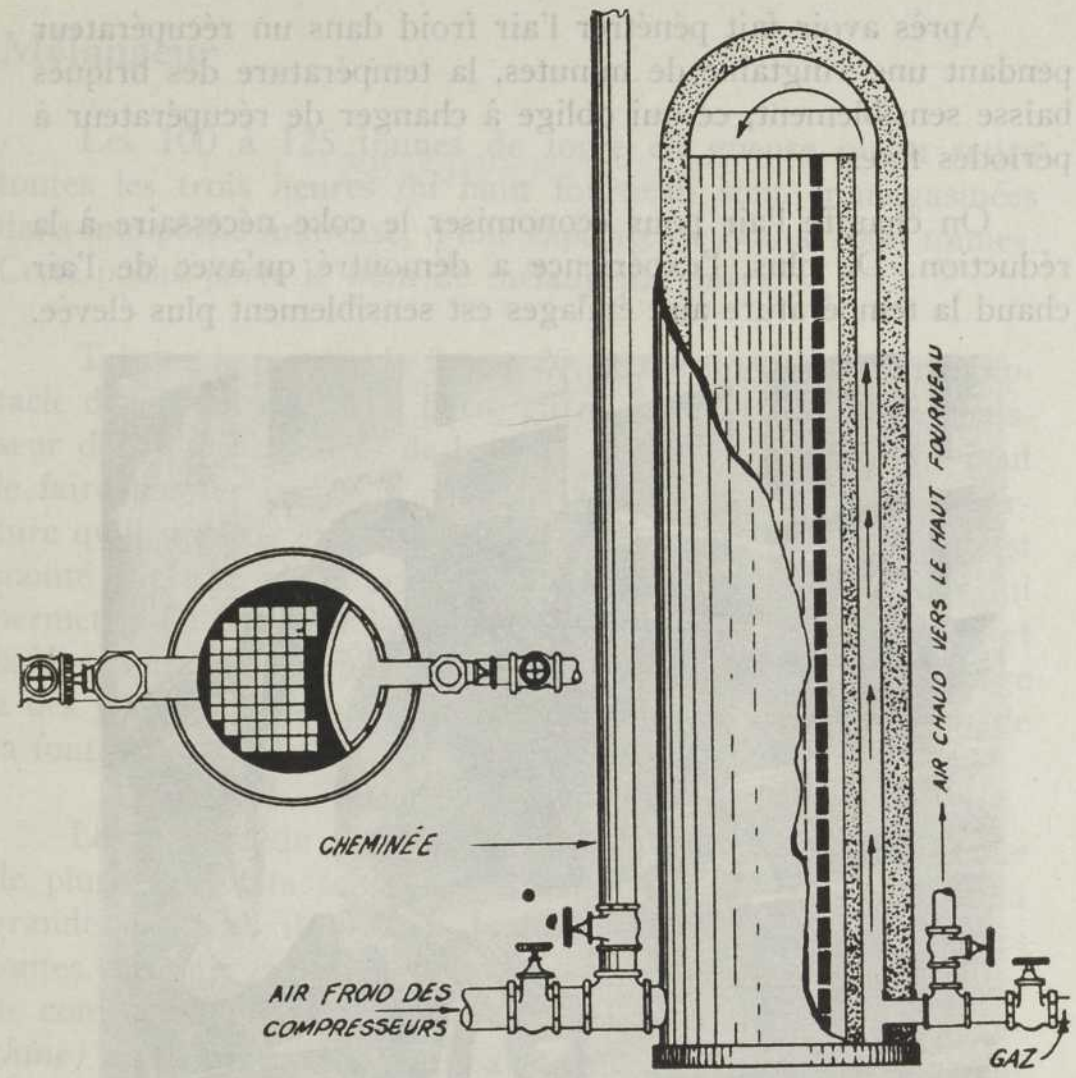


Fig. 19. Récupérateur (hot stove)

bouche d'air, après avoir suivi en sens inverse le trajet qu'ont parcouru les gaz durant la période de chauffe. Des soupapes convenables ouvrent et ferment à tour de rôle les différents conduits, assurant la marche normale de l'appareil. L'air surchauffé sort alors du récupérateur à une température d'environ 1800°F. d'où on l'envoie aux tuyères du haut fourneau.

Pendant qu'on souffle l'air froid dans un récupérateur, on chauffe les trois autres. Leur nombre de quatre permet les réparations nécessaires à tour de rôle sans avoir à arrêter le haut fourneau. On peut facilement opérer avec seulement trois de ces appareils.

Après avoir fait pénétrer l'air froid dans un récupérateur pendant une vingtaine de minutes, la température des briques baisse sensiblement, ce qui oblige à changer de récupérateur à périodes fixes.

On chauffe l'air pour économiser le coke nécessaire à la réduction. De plus, l'expérience a démontré qu'avec de l'air chaud la température aux étalages est sensiblement plus élevée.

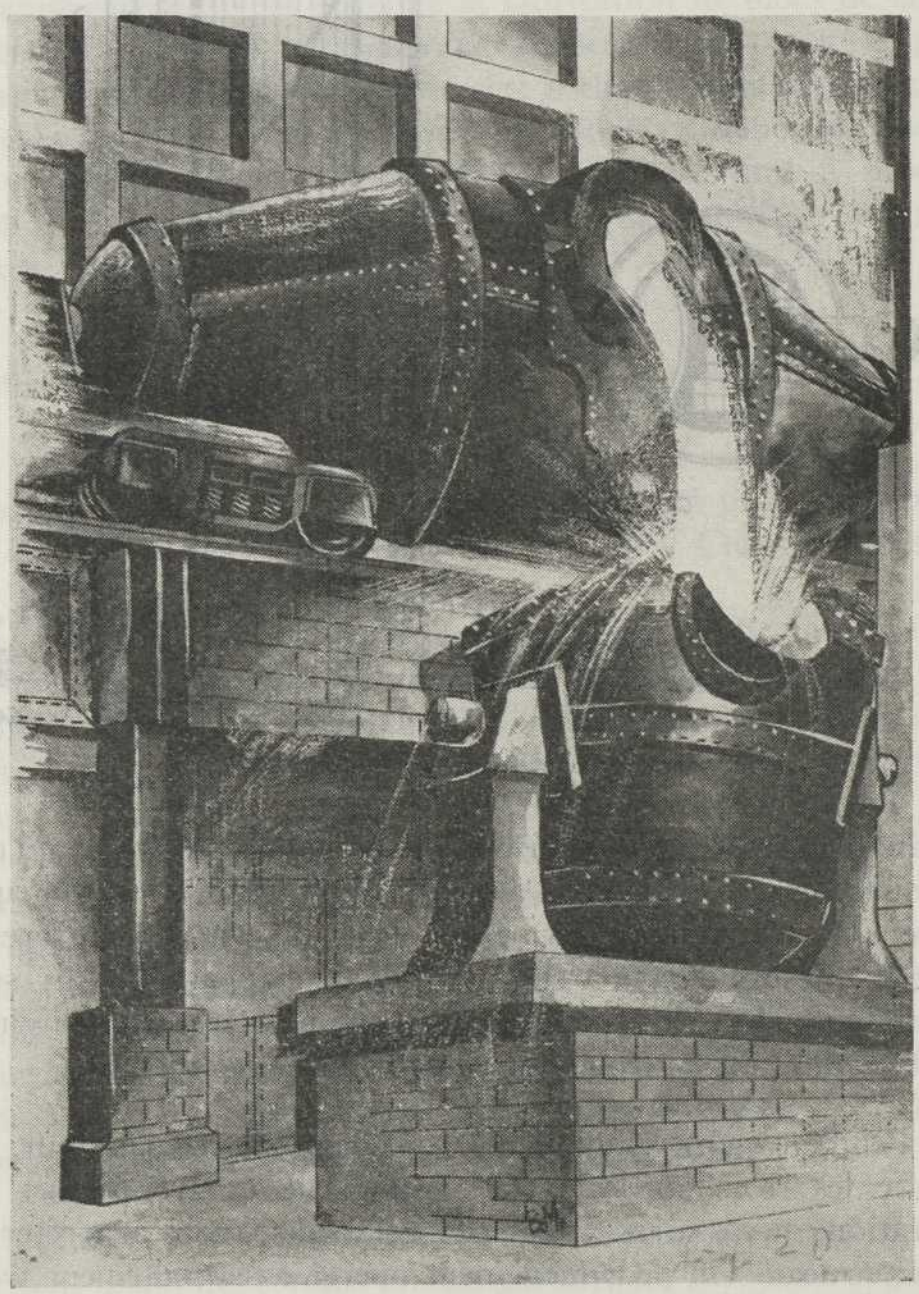


Fig. 20. Mélangeur

Mélangeur

Les 100 à 125 tonnes de fonte en gueuse qu'on retire toutes les trois heures du haut fourneau sont emmagasinées dans une poche immense, d'une capacité de 800 à 1000 tonnes. Cette poche porte le nom de mélangeur *(mixer)*.

Tel que le montre la figure 20, le mélangeur est un réceptacle d'acier en forme de baril, garni à l'intérieur d'une épaisseur de 18 à 20 pouces de briques à feu. Un mécanisme peut le faire pivoter pour en vider le contenu par la seule ouverture qu'il possède et qui sert aussi à le remplir. L'appareil est monté sur une plate-forme qui se déplace sur rails pour lui permettre de recueillir la fonte de plusieurs hauts fourneaux et la distribuer aux différents fours de l'aciérie. Le remplissage à des périodes assez rapprochées, empêche la solidification de la fonte dans l'appareil que l'on chauffe, si nécessaire.

La fonction du mélangeur est d'abord de recevoir la fonte de plusieurs hauts fourneaux simultanément. A cause de sa grande capacité, il permet d'uniformiser la composition des fontes, puisque chaque haut fourneau peut donner des fontes de composition variées. Les machines à mouler *(pigging machine)* de même que les fours Bessemer, Martin et autres sont alimentés de fonte par cet appareil.

QUESTIONNAIRE

1. Quelle est la fonction du haut fourneau?
2. Qu'entendre par réduction du minerai?
3. Quel est le produit du haut fourneau?
4. Quel emploi peut-on faire de la fonte en gueuse?
5. En quoi consiste un haut fourneau?
6. Nommer les 10 principales parties d'un haut fourneau.
7. A quoi sert le plan incliné d'un haut fourneau?
8. Où se trouve situé le gueulard?
9. Quel est le rôle des cônes mobiles?
10. Pourquoi la trémie supérieure est-elle animée d'un lent mouvement de rotation?
11. Pourquoi récupérer les gaz?
12. Pourquoi la cuve est-elle évasée vers le bas?
13. Quelle partie du haut fourneau possède le plus grand diamètre?
14. Quelle est la forme de la partie que l'on nomme étalages?
15. Pourquoi les étalages rétrécissent-ils vers le bas?
16. Pourquoi aménager des conduites d'eau parmi les briques des étalages?

17. En quoi consiste l'ouvrage?
18. De quoi sont faites les tuyères?
19. Pour quelles raisons les tuyères sont-elles refroidies à l'eau?
20. Combien emploie-t-on de tuyères?
21. A quelle température l'air arrive-t-il aux tuyères?
22. Sous quelle pression l'air est-il fourni aux tuyères?
23. Quelle est l'utilité du creuset?
24. Quelles sont les deux matières que l'on retire du creuset?
25. En quel état retire-t-on ces deux matériaux du creuset?
26. Pourquoi le laitier surnage-t-il sur la fonte en fusion?
27. En quelle partie du creuset se trouve le trou de coulée des scories?
28. De quel matériau sont faites les tuyères?
29. On charge trois solides au gueulard, que retire-t-on du creuset?
30. Où vont les cendres du coke employé comme combustible?
31. Comment obturer les trous de coulée?
32. Où se trouve le trou de coulée de la fonte?
33. Décrire brièvement le fonctionnement d'un haut fourneau en opération.
34. Quelle est la durée d'opération d'un haut fourneau?
35. En quoi consiste la charge d'un haut fourneau?

36. A quoi sert la pierre à chaux?

37. Qu'entend-on par fondant?

38. Quelle est approximativement la température aux tuyères?

39. Trouve-t-on des solides dans le creuset?

40. A quoi servent les scories?

41. Quelle est l'utilité des gaz?

42. Quel est normalement le nombre de récupérateurs pour un haut fourneau?

43. Qu'est-ce qu'un récupérateur?

44. Décrire brièvement la construction d'un récupérateur.

45. A quoi servent les récupérateurs?

46. A quelle température chauffe-t-on les récupérateurs?

47. Pourquoi emploie-t-on plus d'un récupérateur?

48. Pour quelles raisons chauffe-t-on l'air qu'on insuffle aux tuyères?

49. Qu'entendre par mélangeur?

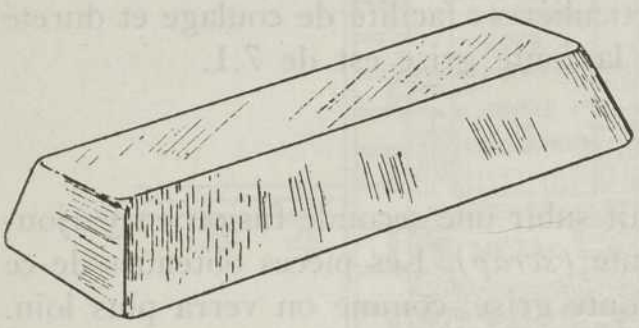
50. Décrire un mélangeur.

51. Quels sont les avantages d'un mélangeur?

52. Quelle est la capacité d'un mélangeur?

FONTES

Toutes les fontes *(cast irons)* sont des composés de fer et de carbone. Si le carbone est distribué librement, on a la fonte molle; si, au contraire le carbone est intimement combiné au fer, on a la fonte dure. La structure de la fonte diffère d'après le pourcentage de carbone. C'est pourquoi dans l'industrie, on désigne chaque type de fonte par des noms différents.



Fonte	Nom anglais	Pourcentage maximum de carbone
en gueuse *(molle)*	*pig iron*	5% *(libre)*
grise *(molle)*	*gray cast iron*	3.75% *(libre)*
blanche *(dure)*	*white cast iron*	2% *(combiné)*
malléable ou fonte blanche recuite	*malleable iron*	

A. Fonte en gueuse (*pig iron*)

La réduction du minerai de fer au haut fourneau donne un composé de fer et de carbone que l'on nomme fonte en gueuse. On coulait autrefois le métal dans des moules de sable, d'où le nom de gueuse donné aux lingots. Ce nom lui est demeuré, quoique de nos jours on coule dans des moules métalliques montés sur une chaîne sans fin. Les moules sont refroidis par des jets d'eau venant de la partie inférieure; les gueuses se démoulent à l'extrémité de la machine à mouler *(pigging machine)* où elles s'entassent dans des wagons.

Comme il y a surcharge de coke au haut fourneau, on obtient une saturation du carbone dans le fer qui atteint un

maximum de 5%. L'élément chimique à plus fort pourcentage est ensuite le silicium qui peut atteindre 4%. La présence de cet élément s'explique du fait que la gangue du minerai en contient un fort pourcentage. Le silicium conserve aux fontes deux caractéristiques particulières: facilité de coulage et dureté moyenne. La densité de la fonte grise est de 7.1.

Emplois

a) En fonderie, on lui fait subir une seconde fusion en y ajoutant des rebuts de fonte *(scrap)*. Les pièces obtenues de ce métal sont dites de fonte grise, comme on verra plus loin.

b) On a vu aussi dans un chapitre précédent que les hauts fourneaux sont vidés de leur fonte en gueuse en fusion dans un mélangeur. Ce métal en fusion sert en grande partie à la fabrication de l'acier par différents procédés que l'on étudiera plus tard.

Composition de la fonte en gueuse

Elément	Symbole	Pourcentage maximum	Etat
Carbone	C	5.0%	libre
Silicium	Si	4.0%	
Soufre	S	0.1%	
Phosphore	P	0.1%	
Manganèse	Mn	1.0%	
Fer	Fe	reste	

Le point de fusion de la fonte en gueuse est de 2300°F.

Cubilot *(cupola)*

Le cubilot est l'appareil de fonderie employé à la seconde fusion de la fonte en gueuse à laquelle on peut ajouter des rebuts de fonte. Il est facile et économique à opérer (fig. 21).

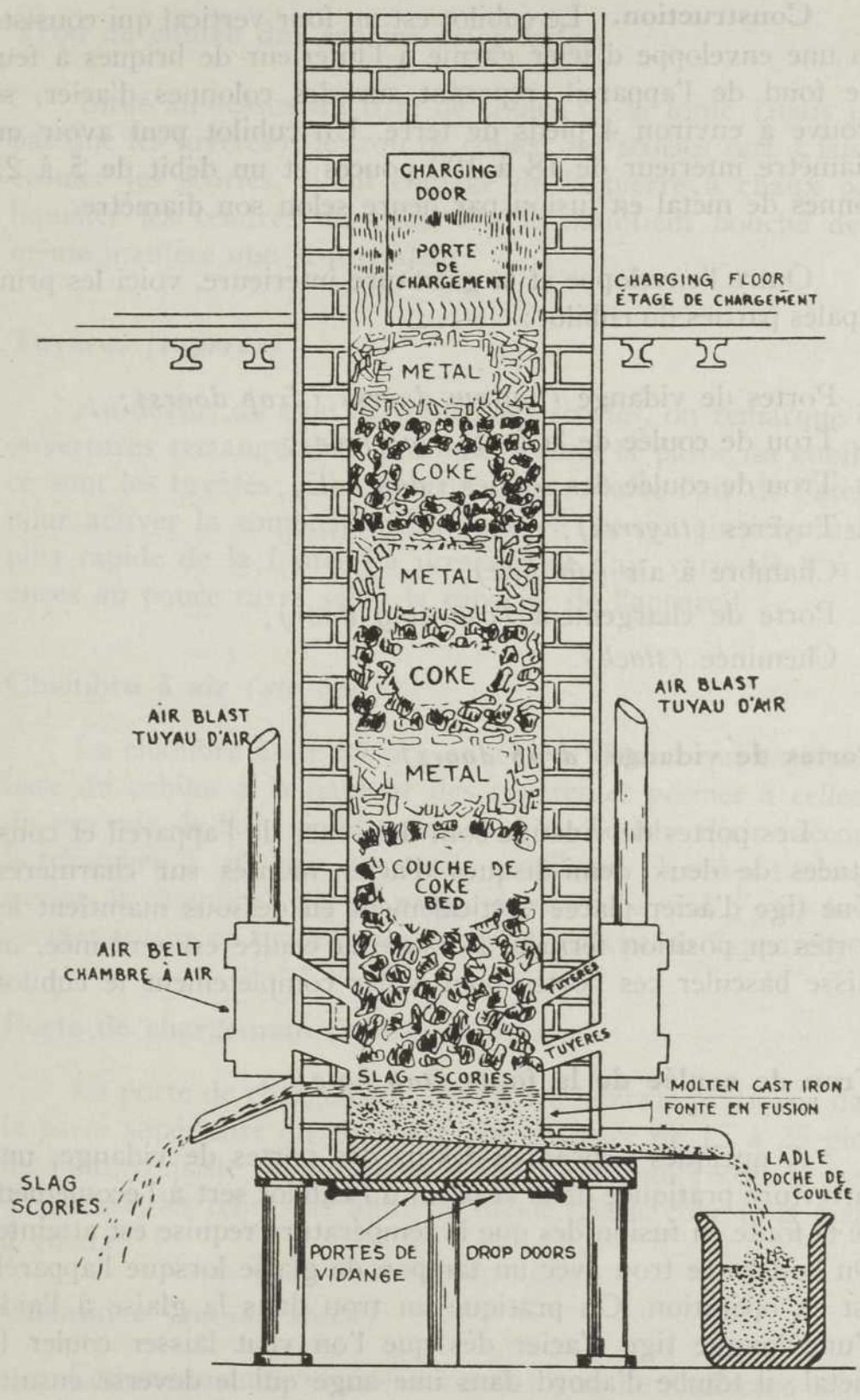


Fig. 21. Coupe du cubilot

Construction. Le cubilot est un four vertical qui consiste en une enveloppe d'acier garnie à l'intérieur de briques à feu. Le fond de l'appareil, reposant sur des colonnes d'acier, se trouve à environ 4 pieds de terre. Un cubilot peut avoir un diamètre intérieur de 18 à 100 pouces et un débit de 5 à 25 tonnes de métal en fusion par heure selon son diamètre.

Outre l'enveloppe et la garniture intérieure, voici les principales parties du cubilot :

1. Portes de vidange *(bottom doors) (drop doors)* ;
2. Trou de coulée de la fonte *(tap hole)* ;
3. Trou de coulée des scories *(slag hole)* ;
4. Tuyères *(tuyeres)* ;
5. Chambre à air *(air belt)* ;
6. Porte de chargement *(charging door)* ;
7. Cheminée *(stack)*.

Portes de vidange *(drop doors)*

Les portes de vidange sont à la base de l'appareil et constituées de deux demi-disques d'acier montés sur charnières. Une tige d'acier placée verticalement en dessous maintient les portes en position fermée. Lorsque la coulée est terminée, on laisse basculer ces portes pour vider complètement le cubilot.

Trou de coulée de la fonte *(tap hole)*

A quelques pouces au-dessus des portes de vidange, une ouverture pratiquée dans la paroi du cubilot sert à l'écoulement de la fonte en fusion dès que la température requise est atteinte. On bouche ce trou avec un tampon de glaise lorsque l'appareil est en opération. On pratique un trou dans la glaise à l'aide d'une longue tige d'acier dès que l'on veut laisser couler le métal ; il tombe d'abord dans une auge qui le déverse ensuite dans une poche placée immédiatement au-dessous.

Trou de coulée des scories *(slag hole)*

Situé au-dessus du trou de coulée de la fonte (mais plus bas que les tuyères), le trou de coulée des scories sert à laisser écouler les scories, si on emploie de la pierre à chaux pour liquéfier les cendres du coke. On le maintient bouché de la même manière que le précédent.

Tuyères *(tuyeres)*

Au-dessus du trou de coulée des scories, on remarque des ouvertures rectangulaires pratiquées dans la paroi du cubilot: ce sont les tuyères. Elles servent à introduire l'air de l'atelier pour activer la combustion du coke et obtenir ainsi la fusion plus rapide de la fonte. La pression de l'air varie de 8 à 18 onces au pouce carré selon la capacité de l'appareil.

Chambre à air *(air belt)*

La chambre à air est une enveloppe d'acier qui entoure la base du cubilot à la hauteur des tuyères et permet à celles-ci de recevoir de l'air simultanément. Une bouche d'air raccorde la chambre à air aux appareils souffleurs. Vis-à-vis chaque tuyère, la chambre à air est munie de trous de visée *(peep hole)* permettant de se rendre compte de la marche de l'appareil.

Porte de chargement *(charging door)*

La porte de chargement, ouverture latérale pratiquée dans la paroi supérieure du cubilot à une distance de 15 à 25 pieds du fond, consiste en une porte à charnières qui reçoit la fonte en gueuse, les rebuts de fonte de même que le coke et la pierre à chaux.

Cheminée *(smoke stack)*

Comme aucune récupération des gaz ne s'effectue ici, la cheminée entraîne vers l'extérieur les gaz de la combustion.

La longueur de la cheminée dépend de l'appel d'air nécessaire, compte tenu de la position de l'appareil par rapport aux bâtisses avoisinantes. Généralement, la cheminée se termine par une partie grillagée qui empêche les particules de coke rougies de mettre le feu.

Opération. On dépose d'abord sur la sole des languettes de bois destinées à protéger le lit de sable recouvrant les parties de vidange.

On empile ensuite du bois sur une hauteur d'environ 3 pieds et une fois ce bois bien allumé, on verse environ le tiers du coke qui doit former la charge de fond. Tandis que cette partie du coke est bien allumée, on ajoute le deuxième tiers du coke qu'on laisse rougir convenablement pendant qu'on insuffle l'air qui active la combustion ; le dernier tiers vient alors compléter la charge de fond, qui, une fois allumée permet à l'opérateur de superposer des couches alternatives de fonte en gueuse, de rebuts de fonte et de coke jusqu'à la porte de chargement.

Environ une demi-heure après l'allumage, la fonte grise en fusion se ramasse dans le creuset. L'opérateur s'arme alors d'une longue tige d'acier pour déboucher le trou de coulée, précédemment obturé avec un tampon de glaise. On voit alors poindre dans le haut de l'auge un mince filet de métal en fusion qui se déverse dans une poche située sous la partie inférieure de l'auge.

A cet instant tout le personnel de la fonderie est en activité. Chaque fondeur se munit d'une petite poche qu'il vient emplir à même la poche principale et va vider dans les moules de sable déposés sur le plancher de la fonderie. Pour emplir les gros moules, on emploie des poches de plus grande dimension soutenues par un treuil mécanique monté sur rail fixé au plafond de la fonderie. Ce procédé permet de remplir les gros moules d'une seule coulée.

Lorsque le cubilot est complètement vidé, on fait basculer les portes de vidange; le résidu du combustible au fond du cubilot est alors forcé de tomber sur le plancher de sable de la fonderie où l'on l'arrose copieusement. Après refroidissement, le cubilot sera remis en état pour la coulée suivante.

Dans les fonderies où l'on opère continuellement, il est nécessaire d'ajouter, à la charge, de la pierre à chaux comme fondant afin de liquéfier les cendres du coke; en pareil cas, on fait d'abord la vidange du laitier avant de laisser couler la fonte.

B. Fonte grise (*gray cast iron*)

On appelle fonte grise, la fonte du cubilot obtenue par la seconde fusion de la fonte en gueuse à laquelle on a mêlé une certaine proportion de rebuts de fonte. Le nom de fonte grise vient de la couleur de la cassure des pièces qui ont une structure granulaire.

Le pourcentage de carbone libre sous forme de graphite peut atteindre un maximum de 3.75%. Elle est forte en silicium, environ 3%. Son point de fusion moyen est de 2350°F. et sa densité 7.1 environ. Elle est cassante, non ductile ni malléable. Ces propriétés expliquent pourquoi les pièces de fonte grise sont généralement de section appréciable Cette fonte résiste cependant mieux aux agents chimiques que le fer et l'acier. Elle est employée avec avantage pour résister à des efforts de compression de plus de 100,000 livres au pouce carré. Elle se coule bien, prend facilement les empreintes et présente une facilité d'usinage remarquable. Aussi l'emploie-t-on pour la construction mécanique générale comme les bâtis de machines-outils, les locomotives, les instruments aratoires, les moteurs d'autos, etc. Elle se soude bien au chalumeau, au bronze et à l'électricité. Son carbone libre sous forme de graphite facilite le glissement des pièces de friction.

Composition de la fonte grise

Elément	Symbole	Pourcentage maximum	Etat
Carbone	C	3.75%	libre
Silicium	Si	3.00%	
Soufre	S	0.05%	
Phosphore	P	0.06%	
Manganèse	Mn	0.60%	
Fer	Fe	reste	

Le point de fusion de la fonte grise est de 2350°F.

C. Alliages de fontes (*alloy cast iron*)

Parmi les alliages de fonte il y a les fontes au nickel, au chrome et au chrome-nickel.

Fonte au nickel *(nickel cast iron)*

Le nickel est généralement mêlé à la fonte grise liquide à la sortie du cubilot; la quantité nécessaire est laissée à la discrétion du chef fondeur mais ne dépasse pas 5%. L'addition du nickel donne à la fonte une plus grande facilité d'usinage, en augmente la densité en en réduisant la porosité et lui permet de résister plus facilement à la corrosion. A fort pourcentage de nickel, la fonte devient non magnétique.

Fonte au chrome *(chromium cast iron)*

Le chrome donne à la fonte grise une plus grande densité et en augmente beaucoup la résistance en tension si on la soumet à de hautes températures. La fonte au chrome est plus dure que la fonte au nickel.

Fonte au chrome-nickel *(nickel-chromium cast iron)*

Le chrome et le nickel confèrent à la fonte les avantages réunis de la fonte au nickel et de la fonte au chrome. Le maximum de nickel est généralement dans ce cas de 3% tandis que le chrome atteint 1%. Le chrome et le nickel affectent sensiblement la structure granulaire de la fonte tout en lui conservant une assez grande facilité d'usinage.

D. Fonte blanche (*white cast iron*)

La fonte blanche est un composé de fer et carbone où la majeure partie du carbone est intimement combiné au fer, ce qui lui donne une dureté excessive ainsi qu'une cassure blanc argent, d'où le nom de fonte blanche.

Les pièces entièrement de fonte blanche ont très peu d'application telles quelles, car elles sont excessivement cassantes; par contre, si elles sont soumises au recuit, on obtient alors la fonte malléable.

La fonte blanche s'obtient en faisant varier la composition de la fonte en gueuse. La condition essentielle consiste surtout à diminuer le pourcentage du silicium d'abord, ainsi que le pourcentage de carbone. Le silicium et le carbone sont les éléments chimiques dont le pourcentage variable donne soit une fonte grise, soit une fonte blanche.

La fonte grise coulée dans des moules métalliques *(chills)* donne à ces pièces, une croûte de fonte blanche dont l'épais-

seur dépend de celle de la pièce ainsi que de celle du moule. Au contact du moule froid la fonte grise se transforme en fonte blanche; ainsi le cœur de la pièce conserve tous les avantages propres aux fontes grises, tandis que l'extérieur devient d'une dureté excessive. A cause de sa résistance au frottement et à l'usure, on emploie la fonte blanche pour les socs de charrues, les plaques de friction, les roues de wagons de chemin de fer, les billes, etc.

La densité de la fonte blanche est 7.5 environ.

Composition de la fonte blanche

Elément	Symbole	Pourcentage maximum	Etat
Carbone	C	2.00%	combiné
Silicium	Si	1.00%	
Soufre	S	0.05%	
Phosphore	P	0.05%	
Manganèse	Mn	0.30%	
Fer	Fe	reste	

Le point de fusion de la fonte blanche est de 2500°F.

Le tableau suivant donne une bonne idée des variantes dans la composition des fontes en gueuses, grises et blanches. On notera en particulier que la fonte en gueuse qui résulte de la première fusion du minerai possède le plus fort pourcentage de carbone. Pour la fonte blanche les pourcentages de silicium et de carbone sont très faibles.

Tableau comparatif de la composition des fontes

Elément	Fonte en gueuse	Fonte grise	Fonte blanche
Carbone	5.00% *(libre)*	3.75% *(libre)*	2.00% *(combiné)*
Silicium	4.00%	3.00%	1.00%
Soufre	0.10%	0.05%	0.05%
Phosphore	0.10%	0.06%	0.05%
Manganèse	1.00%	0.60%	0.30%
Fer	reste	reste	reste

E. Fonte malléable (*malleable iron*)

La fonte malléable est essentiellement de la fonte blanche recuite. Pour fabriquer des pièces de fonte malléable, il faut donc procéder en deux étapes bien distinctes:
a) produire d'abord de la fonte blanche;
b) recuire les pièces ainsi obtenues.

Pour produire de la fonte blanche, on fait fondre de la fonte en gueuse, des rebuts d'acier ainsi que des déchets de fonte malléable. On emploie généralement un four à réverbère dont le plafond est construit de manière à forcer la flamme à s'infléchir pour fondre la charge disposée sur la sole. Les pièces coulées ne dépassent pas, en général, 10 livres.

Recuit

Le but du recuit est de détruire la combinaison du carbone sous l'effet d'une chaleur prolongée; il enlève toute dureté et

donne aux pièces la malléabilité désirée. On chauffe la pièce dans des fours appropriés *(annealing furnace)* pour une période ne dépassant pas 50 heures à une température d'environ 1500°F. Ensuite, on élève la température à 1600°F., température que l'on maintient environ 5 heures. Le recuit se complète par un refroidissement lent dans le four même pendant 20 heures ou plus. La durée totale du recuit est de 55 à 75 heures.

La fonte malléable résiste aux chocs et, de plus, elle possède une malléabilité appréciable contrairement à la fonte grise qui est cassante.

On l'emploie de préférence pour la production de petites pièces en faible quantité lorsque le coût des matrices pour forger le fer ou l'acier devient excessif. Parmi les emplois on note les pièces d'instruments aratoires et d'automobile, les moteurs, la ferronnerie, les raccords de tuyauterie, etc.

QUESTIONNAIRE

1. Quelle est l'utilité de la pierre à chaux dans le cubilot?
2. Quel est l'avantage de la fonte malléable sur la fonte grise?
3. Nommer quatre sortes de fonte.
4. Comment obtenir la fonte blanche?
5. Quel est l'avantage d'une forte teneur en silicium dans les fontes en gueuse et les fontes grises?
6. De quelle manière obtient-on la fonte malléable?
7. Qu'appelle-t-on fonte en gueuse?
8. Quels matériaux charge-t-on dans un cubilot?
9. Quel est le but du recuit dans la production des pièces en fonte malléable?
10. Qu'entendre par alliage de fonte?
11. Décrire la construction d'un cubilot.
12. Qu'est-ce qu'une fonte?
13. Quelle est la durée moyenne du recuit des pièces de fonte malléable?
14. Quel est le pourcentage maximum de carbone contenu dans la fonte en gueuse?
15. Qu'est-ce que la fonte malléable?

16. Qu'est-ce qu'un cubilot?

17. Énumérer trois propriétés de la fonte grise.

18. Quel est le pourcentage de carbone dans la fonte grise?

19. Les pièces de fonte blanche ont-elles des applications industrielles?

20. Quelle est la pression d'air au cubilot?

21. Après le fer et le carbone, quel autre élément chimique a un plus fort pourcentage dans la fonte blanche?

22. Qu'entend-on par fonte blanche?

23. Énumérer deux emplois de la fonte en gueuse.

24. Quelle est la température de l'air au cubilot?

25. Qu'entend-on par fonte grise?

26. En quoi consistent les tuyères d'un cubilot?

27. Quel est le pourcentage du silicium dans la fonte grise?

28. Nommer cinq parties d'un cubilot.

29. Quels sont les avantages du nickel dans la fonte?

30. Fait-on la récupération des gaz au cubilot?

31. Quel est le point de fusion de la fonte grise?

FER

Le fer commercial n'est pas pur ; il contient généralement un faible pourcentage de carbone, (moins de 0.10%) ainsi que des scories uniformément distribuées dans le composé et dont le pourcentage ne dépasse pas 4%.

Le fer a ordinairement une structure lamelleuse qui provient de l'action des rouleaux du laminoir. Il est très sensible à l'aimantation, d'où son emploi dans la fabrication de moteurs et de générateurs électriques de même que pour les laminés des transformateurs. Plus il est pur, mieux il résiste à la corrosion (rouille) ; on met à profit cette qualité particulière dans la fabrication des tuyaux à l'eau, des tubes et des plaques, des bouilloires, des rivets, etc. En plus des feuilles (tôles), on peut obtenir le fer *(wrought iron)* en profilés tels que cornières, fer en T, en U ou en barres rondes, demi-rondes, carrées, rectangulaires, etc., de même qu'en fil. Le fer est ductile et malléable, ce qui le fait rechercher par le ferronnier d'art. De tous les composés fer et carbone, c'est le plus pur en fer ; son point de fusion se situe à environ 2800°F. Avant de fondre, il devient pâteux. Aussi, se soude-t-il très bien au feu de forge, propriété qui en a répandu l'emploi chez les voituriers et les forgerons. Sa densité de 7.9 lui donne un poids de 480 livres au pied cube. On ne peut le durcir (tremper) comme l'acier au carbone, car il contient un faible pourcentage de cet élément. Il brûle dans l'oxygène en se transformant en oxyde de fer ; cette propriété est utilisée avec profit dans le découpage à la torche à l'acétylène alors qu'on rougit à blanc un joint quelconque de la plaque où on dirige ensuite un jet d'oxygène sous pression, ce qui convertit en oxyde de fer la partie chauffée.

Composition du fer

Un fer de bonne qualité doit contenir un très faible pourcentage de soufre et de phosphore. Si le soufre dépasse le pourcentage de 0.04%, il rend le fer difficile à souder à la forge tandis que le phosphore réduit sa malléabilité à froid.

Elément	Symbole	Pourcentage maximum
Carbone	C	0.10%
Silicium	Si	0.20%
Soufre	S	0.04%
Phosphore	P	0.10%
Manganèse	Mn	0.10%
Scories		4.00%
Fer	Fe	reste

Production de fer

Voici deux procédés de production du fer, basés sur l'affinage de la fonte en gueuse: le puddlage à la main et le procédé Aston ou Byers.

A. Puddlage à la main, méthode anglaise (*hand puddling*)

On emploie un four à réverbère (fig. 22) dont la sole

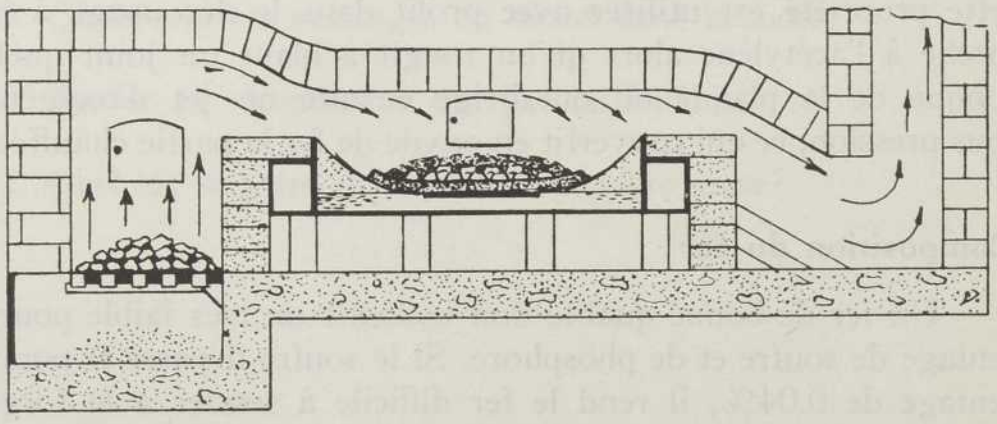


Fig. 22. Four à réverbère à puddler (hand puddling furnace)

est généralement en fonte refroidie à l'eau. La voûte surbaissée du four force la flamme à s'infléchir pour chauffer la charge de fonte en gueuse entassée sur la sole. On utilise de préférence un charbon mou qui brûle avec une longue flamme.

L'air, admis librement dans le four, favorisé l'oxydation du manganèse, du silicium, du soufre, du phosphore ainsi que du carbone. L'addition d'oxyde de fer provenant des marteaux-pilons ou des laminoirs rend encore plus rapide l'oxydation des divers éléments qu'on a mentionnés.

Opération. On répand environ cinq pouces d'oxyde de fer sur la sole, puis on charge 1500 livres de fonte en gueuse. On active le feu et la flamme très chaude fait fondre la charge en une heure de chauffe ; au fur et à mesure que la température s'élève, le manganèse, le silicium, le soufre et le phosphore sont brûlés par l'oxygène de l'air et l'oxyde de fer. La combustion de ces divers éléments élève la température du bain et la charge commence alors à bouillir avec violence. C'est le

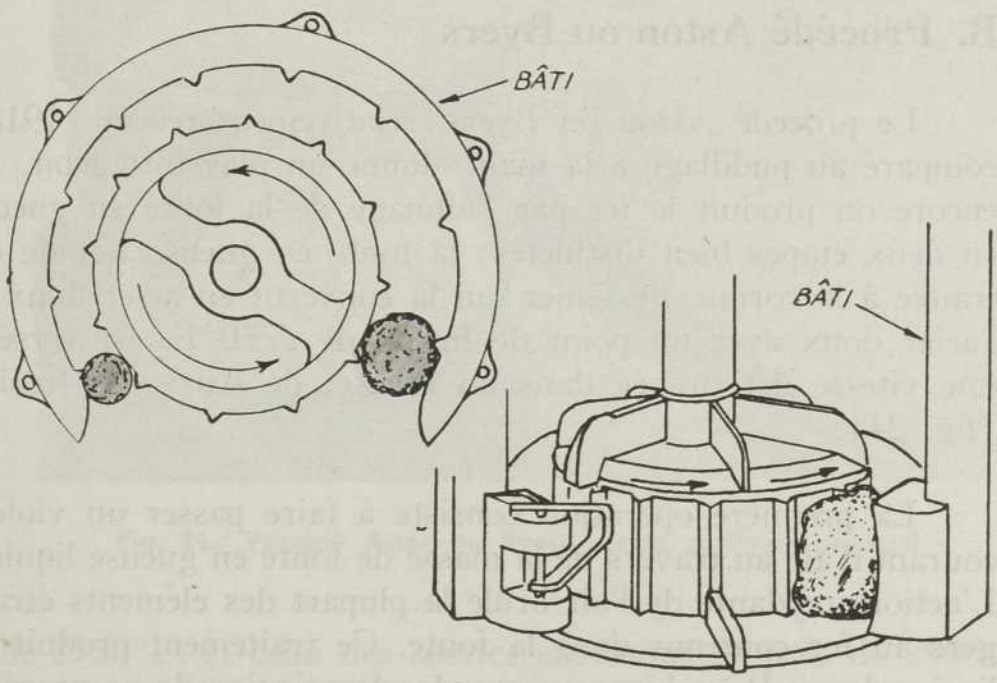


Fig. 23. Cingleur rotatif (rotary squeezer)

début de l'oxydation du carbone accélérée et complétée par l'action de l'oxyde de fer. Après une période d'ébullition, le bain se stabilise. Le carbone est disparu quand on voit poindre sur la masse liquide des bulles de fer spongieux que le puddleur (opérateur) réunit en loupes à l'aide d'une longue tige de fer. Ces loupes, pesant de 75 à 100 livres, sont retirées du four et passées au cingleur rotatif (fig. 23).

Ces loupes sont du fer impur à fort pourcentage de scories en fusion qui émergent de la masse de fer rougie à blanc. Le cinglage a pour but d'éliminer sous l'action rotative du tambour central presque toutes les scories après leur sortie du four. Immédiatement après, le fer est laminé en barres d'environ 2" par 4". On les attache en paquets que l'on chauffe à blanc et le fer, redevenu pâteux, est de nouveau soumis au laminoir. Ceci explique la structure lamelleuse du fer ainsi obtenu.

Ce procédé, lent et à faible rendement, est cependant économique et requiert peu d'outillage. Mais il est plutôt démodé.

B. Procédé Aston ou Byers

Le procédé Aston ou Byers, relativement récent (1918) comparé au puddlage à la main, donne un plus fort débit. Ici encore on produit le fer par l'affinage de la fonte en gueuse en deux étapes bien distinctes: la fonte en gueuse liquide est traitée à la cornue Bessemer qui la convertit en acier doux et l'acier doux avec un point de fusion de 2750°F. est versé à une vitesse déterminée dans un creuset de scories en fusion (fig. 24).

La première opération consiste à faire passer un violent courant d'air au travers de la masse de fonte en gueuse liquide. L'action oxydante de l'air brûle la plupart des éléments étrangers au fer contenus dans la fonte. Ce traitement produit de l'acier doux. Pour bien comprendre le principe de ce procédé, il suffit de retenir que le point de fusion de l'acier doux est

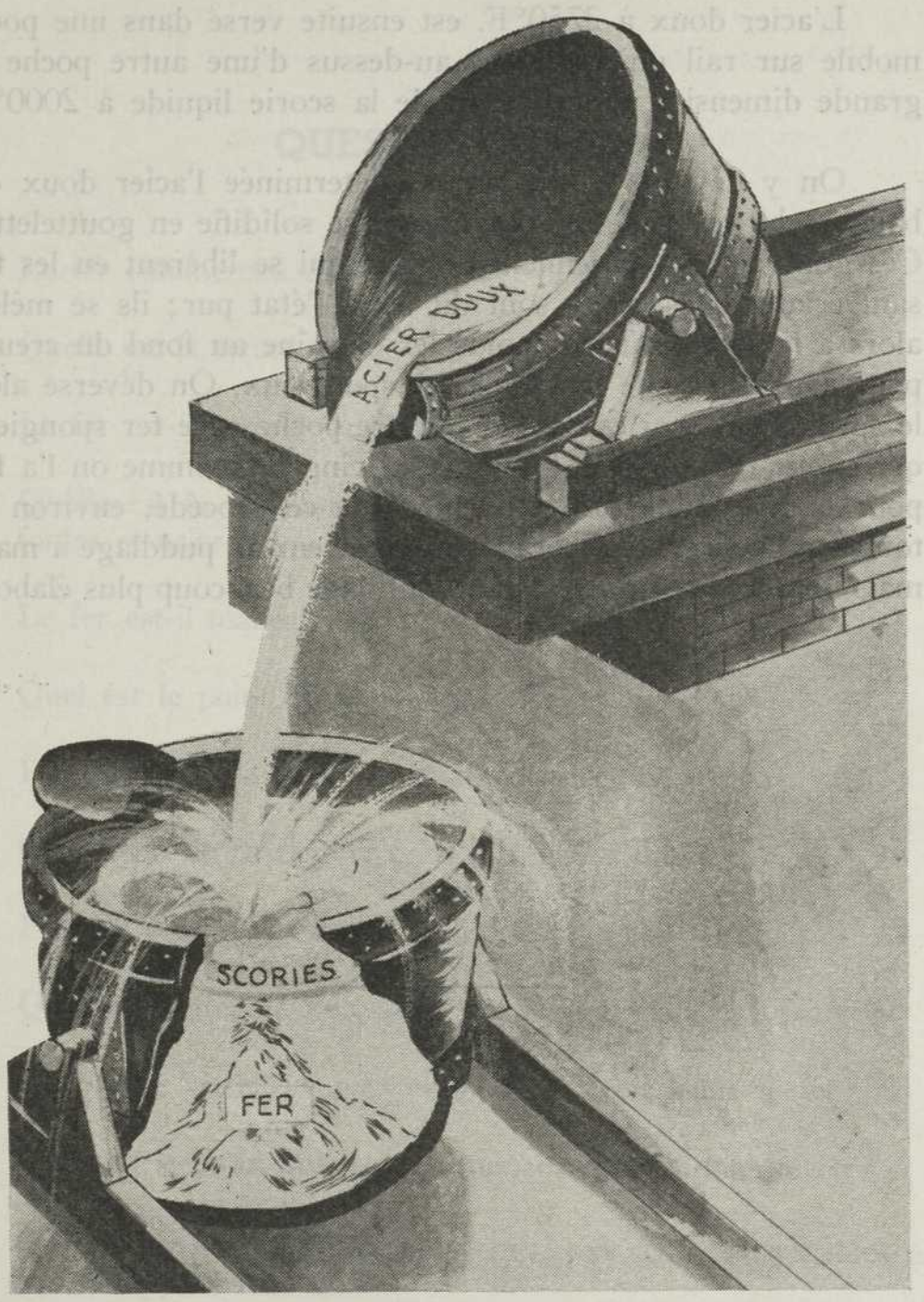


Fig. 24. Procédé Aston ou Byers (Aston or Byers process)

de 2750°F. et celui des scories en fusion de près de 2000°F. C'est grâce à cette différence de température que l'on peut par la chaleur débarrasser le fer de ses impuretés.

L'acier doux à 2750°F. est ensuite versé dans une poche mobile sur rail qu'on amène au-dessus d'une autre poche de grande dimension qui contient de la scorie liquide à 2000°F.

On y déverse à une vitesse déterminée l'acier doux qui baisse subitement de température et se solidifie en gouttelettes. Ces gouttelettes contiennent des gaz qui se libèrent en les faisant éclater. Ces éclats sont du fer à l'état pur; ils se mêlent alors à la scorie où leur poids les entraîne au fond du creuset pour constituer une masse de fer spongieux. On déverse alors le surplus des scories dans une autre poche et le fer spongieux qui suinte de scories est soumis au cingleur comme on l'a fait pour le fer puddlé. Le rendement de ce procédé, environ 30 tonnes à l'heure, est de beaucoup supérieur au puddlage à main, mais le procédé Aston exige un outillage beaucoup plus élaboré.

QUESTIONNAIRE

1. Le fer commercial est-il pur?
2. Quelle est la structure du fer?
3. Le fer est-il sensible à l'aimantation?
4. Quelle est la résistance du fer à la corrosion comparée aux fontes et aciers?
5. Le fer est-il malléable?
6. Quel est le point de fusion du fer?
7. Par quel état passe le fer avant d'entrer en fusion?
8. Qu'y a-t-il de particulier dans la soudure du fer?
9. Peut-on durcir (tremper) le fer?
10. Quel est l'effet de l'oxygène sur le fer chauffé à blanc?
11. Quelle est la teneur maximum de carbone dans le fer?
12. Quel est le pourcentage maximum de scories dans le fer?
13. Quels sont les deux éléments chimiques les plus nuisibles à la bonne qualité du fer?
14. Quel est l'inconvénient d'un fort pourcentage en soufre?
15. Nommer deux procédés de fabrication du fer.
16. Quel genre de four emploie-t-on pour puddler le fer?

17. On obtient le fer en partant de quel matériau?

18. Décrire le procédé du puddlage à la main.

19. Lorsqu'on retire le fer spongieux du four à puddler, quelle est l'opération qui s'impose?

20. En quoi consiste le procédé Aston ou Byers?

21. Décrire le procédé Byers.

22. Donner au moins cinq des propriétés du fer.

ACIERS

On appelle aciers des composés en majeure partie de fer et dont la teneur en carbone est plus forte que dans le fer commercial, mais plus faible que dans les fontes. Tous les aciers *(steels)* ordinaires contiennent, en plus du fer et du carbone, d'autres éléments chimiques à faible pourcentage tels que le silicium, le manganèse, le soufre et le phosphore. Dans les aciers d'alliage, on trouve aussi du nickel, du chrome, du cobalt, du vanadium, du molybdène, du tungstène, etc.

Classification des aciers

On divise ici les aciers en quatre groupes principaux, car il serait oiseux de traiter de toutes les sortes d'aciers sur le marché actuel. On classifie les aciers suivant leur teneur en carbone, leur procédé de fabrication, l'emploi auquel on les destine et les numéros de la classification américaine S.A.E.

A. Classification selon la teneur en carbone

Sorte	Nom anglais	Teneur en carbone
Acier doux	*Mild steel*	0.05% à 0.10%
Acier demi-dur ou acier à machine	*Machinery steel*	0.10% à 0.50%
Acier dur ou acier à forte teneur de carbone	*Tool steel or high carbon steel*	0.50% à 1.50%

L'acier doux s'apparente au fer par sa composition. Le fer employé à la forge est en réalité de l'acier doux roulé à chaud et par conséquent recouvert d'oxyde. En ajustage mécanique, l'acier doux est sensiblement le même, avec cette différence qu'il est roulé ou laminé à froid *(cold rolled steel) (C.R.S.)*. Ce laminage à froid donne aux barres profilées des dimensions plus précises; de même, l'action des rouleauxx du laminoir provoque un léger durcissement de la croûte des barres et en réduit quelque peu la malléabilité.

L'acier demi-dur ou acier à machine est moins malléable que le précédent, donc plus résistant; il se prête bien à la cémentation ou à la fabrication de pièces de qualité supérieure à celles d'acier doux. Il est ordinairement vendu dans le commerce roulé à chaud *(hot rolled steel) (H.R.S.)*.

Les aciers à outils ont la propriété de se durcir totalement lorsqu'on les chauffe au point critique et qu'on les refroidit brusquement. Plus la teneur en carbone est élevée, plus l'acier est de qualité et plus aussi il sera susceptible de se durcir avec facilité. On l'emploie pour les outils de coupe, les pièces de friction, les poinçons et les matrices, les marteaux, les burins, les limes, etc.

B. Classification selon le procédé de fabrication

a) acier Bessemer *(Bessemer steel)*
b) acier Martin-Siemens (foyer ouvert) *(open heart steel)*
c) acier Duplex *(Duplex steel)*
d) acier au four électrique *(electric steel)*
e) acier au creuset *(crucible steel)*

On notera dès maintenant que le procédé Bessemer donne des aciers doux ou demi-durs; le procédé Martin, des aciers demi-durs et des aciers durs ou à outil; les procédés Duplex, électrique et au creuset donnent généralement de bons aciers durs, à forte teneur en carbone ou aciers à outils.

C. Classification selon l'emploi auquel on destine l'acier.

Suivant l'emploi auquel on destine l'acier, celui-ci, dans certains cas, doit résister à la corrosion, être très malléable, résister à des chocs répétés, posséder une grande flexibilité. On aura ainsi les aciers

a) à bouilloire *(boiler plate)*
b) à rivets *(rivet steel)*
c) pour bandage de roues *(tire steel)*
d) à ressort *(spring steel)*
etc.

D. Classification selon la méthode américaine, par numéros, S.A.E. (*Society of Automobile Engineering*)

Afin de simplifier l'exposé de ce système, on n'étudiera que la classification à numéros de 4 chiffres. D'après les conventions, chaque chiffre pris séparément ou bien les deux derniers chiffres pris ensemble ont une signification propre donnant ainsi une excellente idée de la composition de l'acier correspondant au numéro donné.

Voici les sept grande séries de cette nomenclature.

1xxx acier au carbone
2xxx acier au nickel
3xxx acier au chrome-nickel
4xxx acier au molybdène
5xxx acier au chrome
6xxx acier au chrome-vanadium
7xxx acier au tungstène

Dans ce tableau, le premier chiffre désigne la classe; ainsi *2xxx* est un acier au nickel et *7xxx* est un acier au tungstène.

Le deuxième chiffre indique le pourcentage approximatif de l'élément désigné par le premier chiffre; ainsi *21xx* désigne un acier au nickel avec 1% de nickel et *72xx* est un acier au tungstène à 2% de tungstène.

Les deux derniers chiffres pris ensemble désignent en 1/100% la teneur en carbone; l'acier *1010* contient environ .10% de carbone; l'acier *3115* est un acier au chrome-nickel à 1% de nickel et .15% de carbone; l'acier *6120* est un acier au chrome-vanadium à 1% de chrome et .20% de carbone, etc.

On doit s'efforcer de bien comprendre ce système dont l'emploi se généralise de plus en plus au Canada.

Aciers acides et basiques ***(acid and basic steel)***

Un acier est acide ou basique selon le matériau qui sert de revêtement au four qui le fabrique. Ce revêtement varie selon le degré des impuretés contenues dans le métal à traiter. On fabrique l'acier en partant de la fonte en gueuse; si celle-ci est à faible pourcentage de soufre et de phosphore on emploiera un revêtement acide qui est plus économique. Les revêtements acides sont généralement des oxydes de silicium *(silica bricks)*. Ces revêtements ne permettent pas l'emploi de la pierre à chaux pour une bonne épuration du métal à fabriquer.

Si la fonte ou l'acier contiennent un fort pourcentage de soufre et de phosphore, on ajoute de la pierre à chaux dont l'action chimique réduira la teneur en soufre et en phosphore. Dans ce cas, on ne peut pas employer le revêtement acide que la chaux désagrège. Les revêtements basiques sont généralement des oxydes de métaux tels que les oxydes de magnésium — magnésite ou dolomite — plus dispendieux mais aussi plus résistants à l'action de la pierre à chaux et aux températures élevées.

On emploie de tels revêtements acides ou basiques aux fours Bessemer, aux fours Martin et aux fours électriques.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'est-ce qu'un acier?
2. Quelle est la teneur en carbone minimum et maximum de l'acier?
3. Que contient l'acier en plus du fer et du carbone?
4. Nommer quatre manières de classifier les aciers.
5. Qu'entend-on par acier doux?
6. Qu'est-ce que l'acier demi-dur?
7. Quelle est la teneur en carbone de l'acier à outil?
8. L'acier roulé ou laminé à froid est-il de l'acier à outil?
9. Quels avantages obtient-on par le laminage à froid?
10. Quel est le principal avantage des aciers à outils?
11. Le procédé Bessemer donne-t-il des aciers à haute teneur de carbone?
12. En quoi consiste la classification américaine des aciers *S.A.E.* (4 chiffres) ?
13. Que signifie le premier chiffre dans cette classification?
14. Que signifient les deux derniers chiffres?
15. Donner la signification du numéro *1010 S.A.E.*

16. Donner la signification de chaque chiffre ou groupe de chiffres dans l'acier *4340 S.A.E.*

17. Qu'entend-on par acier acide?

18. Quel est l'inconvénient des aciers acides?

19. Que veut-on dire par acier basique?

20. Quel est l'avantage de l'acier basique?

FABRICATION DE L'ACIER

On peut obtenir l'acier soit en débarrassant le carbone de la fonte qui en contient trop, soit en ajoutant du carbone au fer qui n'en contient pas assez. L'acier se trouve donc intermédiaire entre la fonte et le fer quand à la teneur en carbone.

Parmi les principaux procédés, on remarque les procédés Bessemer, Martin-Siemens, Duplex, au four électrique et au creuset.

Acier Bessemer (*Bessemer steel*)

Le procédé Bessemer, mis au point en Angleterre par Henry Bessemer, bouleversa l'économie mondiale, vers 1860. Il permet de produire l'acier en quantité considérable et à bon marché, alors que le seul acier que l'on pouvait obtenir auparavant en faible quantité et à un prix de revient plus élevé, était l'acier au creuset. Le procédé consiste essentiellement à décarboniser la fonte sous l'effet d'un jet d'air comprimé à travers la fonte liquide. On réduit ainsi le pourcentage de carbone contenu dans la fonte au niveau du pourcentage de carbone contenu dans le fer.

Convertisseur Bessemer *(Bessemer converter)*

Appelé aussi cornue Bessemer ou four Bessemer, le convertisseur consiste en une enveloppe d'acier en forme de poire revêtue à l'intérieur de briques à feu (fig. 25).

La partie centrale ou ventre est munie de tourillons diamétralement opposés qui permettent de faire basculer l'appareil à volonté. L'un de ces tourillons est creux: il sert à l'introduction de l'air dans la cornue, quelle que soit la position de l'appareil, grâce à une conduite d'air qui longe la paroi du convertisseur et raccorde ainsi le tourillon creux à la boîte à vent située au bas du convertisseur.

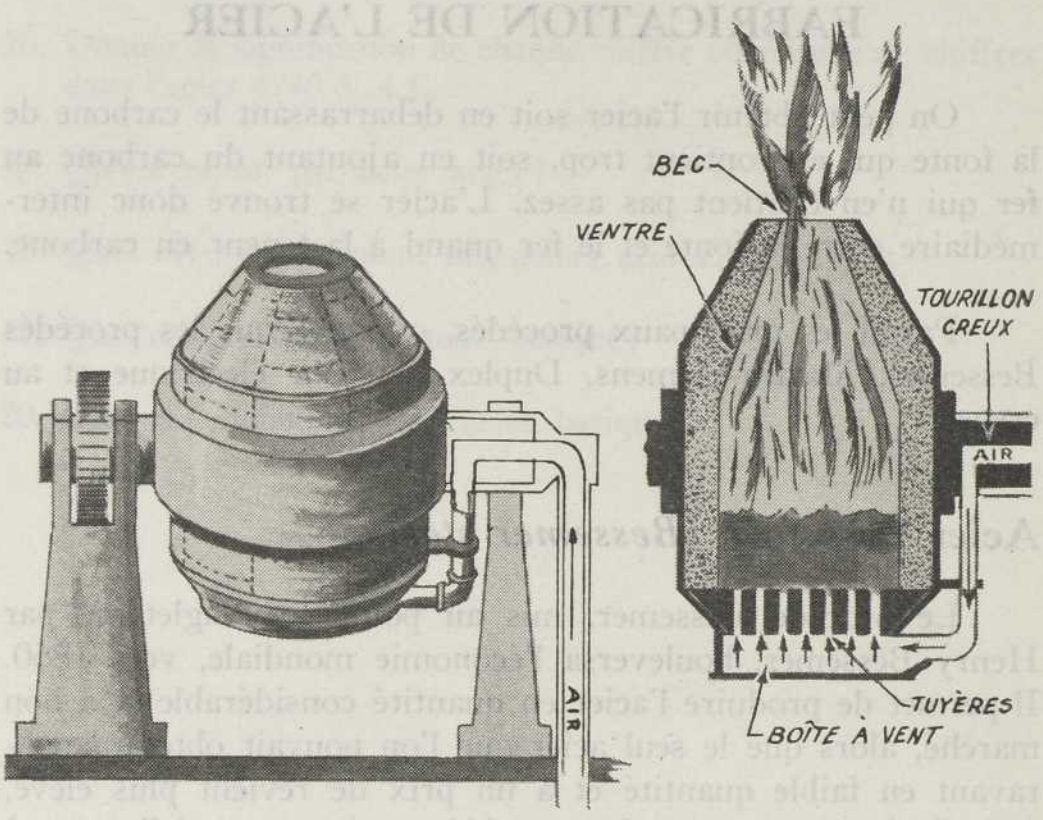


Fig. 25. Convertisseur Bessemer

La boîte à vent enveloppe le fond de l'appareil constitué d'un disque d'acier recouvert de briques à feu sur une épaisseur d'au moins 12 pouces et percé d'une multitude de trous ou tuyères d'un diamètre variant de ½" à 1". Comme le fond est soumis à une chaleur plus intense que le reste de l'appareil, il se désagrège très rapidement et on le remplace après avoir traité une dizaine de charges. Ce fond amovible peut se changer en quelques instants. Il suffit de basculer l'appareil, pour pouvoir déboulonner le fond qu'il s'agit de remplacer. Ce travail peut s'effectuer sans trop retarder la marche du convertisseur. A la partie supérieure, se trouve le bec, ouverture par où on charge et décharge le convertisseur. Les convertisseurs à admission d'air par le bas ont une capacité de 5 à 30 tonnes.

Le traitement d'une charge s'opère en 10 ou 12 minutes; un convertisseur d'une capacité de 25 tonnes a un débit de près de 150 tonnes à l'heure. Le principal avantage de ce procédé

est son grand rendement; la production quotidienne peut atteindre près de 4,000 tonnes, l'équivalent de la production de 4 hauts fourneaux de bonne dimension. Les aciers Bessemer sont de qualité moyenne; la rapidité de la production a l'inconvénient de ne pas permettre de prélever des échantillons pour analyse; il faut se fier à l'expérience de l'opérateur.

L'acier Bessemer a des usages limités dont la tôle laminée pour la fabrication des tuyaux à l'eau, la tôle ordinaire pour étamer (fer-blanc), les profilés ronds, carrés et hexagonaux pour machines à décolleter automatiques, la broche à tuyau, etc. Ce même acier est employé au procédé Duplex, ainsi qu'au procédé Byers qu'on a vu en étudiant le fer.

Opération. Le procédé Bessemer ne requiert aucun combustible autre que l'air froid insufflé à 20 ou 25 livres de pression au pouce carré. Comme on n'opère qu'avec de l'air à la température de l'atelier, on réalise aisément que le métal chargé dans la cornue doit être déjà en fusion. Si la cornue est froide, on la réchauffe d'abord avec un bon feu de bois et de coke alimenté d'un peu d'air; lorsque les briques intérieures sont rougies à blanc, on bascule entièrement la cornue pour enlever les braises. On la redresse ensuite en position de chargement et on introduit la fonte en gueuse liquide qui vient directement du mélangeur. On introduit l'air, en même temps qu'on redresse progressivement la cornue; ainsi, la fonte en fusion gagne le fond tandis que l'air sous pression empêche la fonte de pénétrer dans les tuyères.

Les éléments étrangers au fer contenus dans la fonte en fusion sont brûlés par l'oxygène de l'air dans l'ordre suivant: silicium, manganèse, carbone. Le soufre et le phosphore ne sont pas éliminés, par contre.

Au début, la flamme au bec est courte et peu lumineuse; mais son intensité augmente pendant la période d'oxydation du silicium et du manganèse. Dès que le carbone commence à brûler, la flamme change de couleur. Une gerbe d'étincelles

jaillit du bec et atteint facilement de 25 à 35 pieds de hauteur; cependant, le son devient plus sourd. Lorsque le carbone est complètement brûlé, la flamme raccourcit brusquement. On incline alors la cornue puis on arrête l'air.

A ce stage de l'opération le métal est de l'acier doux auquel on ajoute du ferro-manganèse pendant que l'on vide la cornue dans une poche. On emploie le ferro-manganèse comme désoxydant; il fournit aussi à l'acier fini un certain pourcentage de manganèse et de carbone. Pour l'acier demi-dur, le surplus de carbone s'obtient ordinairement en ajoutant du coke ou de l'anthracite broyé en même temps que la cornue se vide dans la poche.

Voici, en terminant, une fait assez étrange. On croit généralement qu'insuffler de l'air froid au travers du métal en fusion peut le solidifier. Au contraire, cet air en brûlant les métalloides dans la fonte (silicium, manganèse, carbone) fournit la chaleur nécessaire non seulement pour conserver la fonte en fusion, mais même pour en élever la température de 2350°F. (fonte en fusion) à 2750°F. (acier doux).

Après solidification dans des lingotières (moules métalliques en forme de troncs de pyramides à base carrée et coins arrondis), l'acier Bessemer comprend: 0.06 à 0.35% de carbone, 0.30 à 1% de manganèse, 0.01% de silicium, 0.09 à 0.10% de phosphore, 0.07 à 0.30% de soufre et le reste, du fer pur.

QUESTIONNAIRE

1. Décrire le convertisseur Bessemer.
2. Quelle est la capacité d'un convertisseur moyen?
3. Quelle est la température de l'air insufflé?
4. De quelle manière obtient-on l'acier Bessemer?
5. Comment expliquer que l'air froid ne solidifie pas le métal?
6. Quelle est l'utilité du ferro-manganèse?
7. Nommer quatre procédés de fabrication de l'acier.
8. Quelle est la qualité de l'acier Bessemer?
9. Quelle est la durée de l'opération au convertisseur?
10. Quel est le principal avantage du procédé Bessemer?
11. Le soufre et le phosphore sont-ils éliminés par le procédé Bessemer?
12. Pour quelle raison l'un des tourillons est-il creux?
13. En quoi consiste le procédé Bessemer?
14. Peut-on opérer un convertisseur en employant des matières solides?
15. Pourquoi le fond d'un convertisseur est-il amovible?
16. Quel combustible emploie-t-on dans une cornue Bessemer?
17. Nommer cinq parties d'un convertisseur Bessemer.
18. Où se fait l'admission de l'air dans le convertisseur?

Acier Martin-Siemens ou à foyer ouvert (*open hearth steel*)

On obtient l'acier Martin par la fusion de la fonte en gueuse, de rebuts de fer et d'acier, sur la sole d'un four à réverbère où l'on ajoute aussi du minerai de fer afin d'aider à la décarburation de la fonte en gueuse. Vers 1865, Martin & Siemens mirent en opération un four à réverbère qui possédait l'avantage de pouvoir atteindre et maintenir une haute température pendant de longues périodes.

La sole du four à réverbère est garnie à l'intérieur de briques à feu généralement basiques qui permettent de faire des additions de pierre à chaux à la charge de métal en fusion afin d'en éliminer le soufre et le phosphore, élimination presque impossible avec le convertisseur Bessemer.

Le procédé Martin-Siemens est avantageux parce qu'il rend possible la récupération des rebuts de fer et d'acier et la production d'aciers de très haute qualité en partant de matériaux de qualité médiocre. Les aciers Martin sont plus dispendieux que les aciers Bessemer mais en revanche leur qualité est indiscutablement supérieure. L'opération, plus longue de 10 à 12 heures, permet de prélever de temps à autre des échantillons du métal traité pour en vérifier la composition et la corriger au besoin, en ajoutant à la masse en fusion les matériaux nécessaires. En Amérique, on a recours au procédé basique dans plus de 80% de la production annuelle d'aciers demi-durs et durs.

Les fours employés de nos jours ont une capacité moyenne d'environ 200 tonnes, de sorte que si l'on obtient l'acier en partant de la fonte en gueuse, le débit d'un four est d'environ 400 tonnes par jour.

Description d'un four Martin. Le four Martin (fig. 26) est constitué d'une sole recouverte de briques réfractaires basiques; la voûte est en briques à feu à base de silice. La sole est la partie du four la plus exposée à se détériorer; elle né-

cessite l'emploi de matériaux très réfractaires et d'excellente qualité (magnésite-chromite, etc.), à cause de la haute température du bain de métal en fusion et de l'action chimique

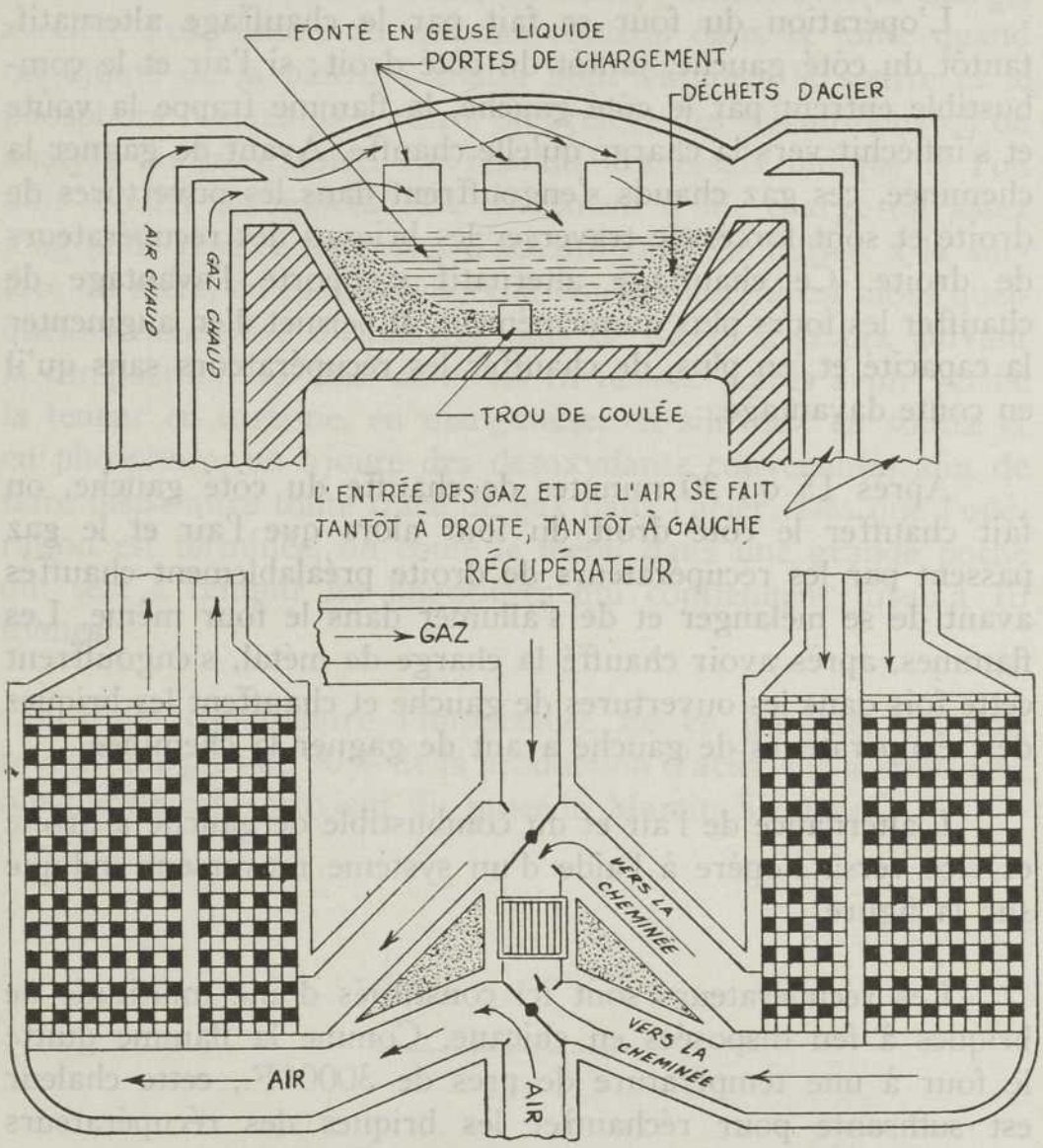


Fig. 26. Four Martin

de la pierre à chaux qui attaque les briques acides de qualité inférieure. De chaque côté de la sole mais un peu plus haut se trouvent des ouvertures (deux apparaissent de chaque côté, sur la figure) par où sont admis l'air et le combustible: gaz, coke pulvérisé, huile ou goudron. On décrit ici un four chauffé au gaz. L'ouverture du gaz est placée plus bas que celle de

l'air afin de prévenir les explosions. Ces deux ouvertures latérales sont raccordées à des récupérateurs de chaleur que la figure représente disposés sous la sole même.

L'opération du four se fait par le chauffage alternatif, tantôt du côté gauche, tantôt du côté droit; si l'air et le combustible entrent par le côté gauche, la flamme frappe la voûte et s'infléchit vers la charge qu'elle chauffe. Avant de gagner la cheminée, ces gaz chauds s'engouffrent dans les ouvertures de droite et sont forcés de traverser les briques des récupérateurs de droite. Ce chauffage alternatif comporte l'avantage de chauffer les fours plus uniformément. Il permet d'en augmenter la capacité et, en plus, de chauffer les récupérateurs sans qu'il en coûte davantage.

Après 15 ou 20 minutes de chauffe du côté gauche, on fait chauffer le côté droit du four alors que l'air et le gaz passent par les récupérateurs de droite préalablement chauffés avant de se mélanger et de s'allumer dans le four même. Les flammes, après avoir chauffé la charge de métal, s'engouffrent cette fois dans les ouvertures de gauche et chauffent les briques des récupérateurs de gauche avant de gagner la cheminée.

L'alternance de l'air et du combustible de gauche à droite et vice versa s'opère à l'aide d'un système renverseur indiqué sur la figure.

Les récupérateurs sont ici constitués d'une multitude de briques à feu disposées en chicane. Comme la flamme quitte le four à une température de près de 3000°F., cette chaleur est suffisante pour réchauffer les briques des récupérateurs avant d'atteindre la cheminée. Faire passer l'air et le gaz à travers les récupérateurs chauds constitue une économie de combustible d'abord, permet en même temps d'obtenir une température de plus de 3000°F. et de la maintenir à ce niveau pour de longues périodes.

Des portes de chargement se trouvent aux extrémités du four et le trou de coulée à la base de la sole.

Opération. On charge les rebuts de fer et d'acier, la fonte en gueuse et la pierre à chaux. Après la fusion de ces matériaux, on active la décarburation de la fonte en gueuse par l'addition de minerai de fer. La flamme, en contact intime avec la charge, accélère l'oxydation du carbone contenu dans la fonte quand on ajoute de la pierre à chaux pour éliminer le soufre et le phosphore. De temps à autre, on prélève des échantillons qu'on analyse au laboratoire. Le résultat des essais indique si l'on doit ajouter du minerai. Le traitement d'une charge est assez long pour répéter les prises d'échantillons. Le laitier, à la surface du métal en fusion, empêche l'oxydation; il est alors quelquefois nécessaire d'employer plus de pierre à chaux suivant la composition du bain de métal en fusion. Après avoir vérifié la teneur en carbone, en manganèse, en silicium, en soufre et en phosphore, on ajoute des désoxydants convenables afin de faire disparaître toute trace de gaz dans l'acier. Dès que l'opération est terminée, on coule le métal dans une grande poche qui sert à remplir les lingotières qui contiennent jusqu'à 10 tonnes.

Pour comprendre l'importance de ce procédé, on doit retenir que plus de 90% de la production d'acier sur le continent nord-américain provient du procédé Martin-Siemens.

QUESTIONNAIRE

1. Quels avantages obtient-on en chauffant l'air et le gaz avant de les introduire dans le four?
2. Quelle est la qualité des aciers Martin comparée aux aciers Bessemer?
3. Quelle est la capacité moyenne des fours actuels?
4. Quels sont les matériaux employés à la fabrication de l'acier Martin?
5. A quoi servent les récupérateurs?
6. Quelle est la durée du traitement d'une charge de fonte en gueuse au four Martin?
7. Quelle est l'utilité du minerai de fer dans ce procédé?
8. Quelle chaleur peut atteindre un four Martin à réverbère?
9. En quoi consistent les récupérateurs d'un four à réverbère?
10. Le procédé Martin est-il plus rapide que le procédé Bessemer?
11. A période fixe, un dispositif renverseur fait chauffer tantôt le côté gauche, tantôt le côté droit du four. Quelle est cette période?
12. Quel est l'avantage d'un four à réverbère Martin?
13. Comment profiter de la longue durée d'opération nécessaire au traitement d'une charge?
14. En quoi consiste la sole d'un four Martin?
15. Quel soin particulier doit-on prendre de la sole du four Martin?
16. Donner deux avantages du procédé Martin.
17. Décrire le four Martin.
18. Pour quelle raison chauffe-t-on le four tantôt à gauche, tantôt à droite?

Acier au four électrique (*electric steel*)

L'emploi dans l'industrie des fours électriques à arc remonte à 1900. Ces fours peuvent être à revêtement acide ou basique suivant la composition du métal que l'on y traite. Ce procédé, très répandu de nos jours, permet de produire des aciers doux, demi-durs et des aciers à forte teneur de carbone de qualité, en partant de rebuts de fer ou d'acier. Si les rebuts ont un fort pourcentage de soufre et de phosphore, on emploie un four basique; d'autre part, un four acide sera plus économique sur les rebuts qui ont un faible pourcentage de soufre et de phosphore. La température du four dépasse 5000°F.; aussi la fusion des matériaux est-elle rapide.

Description. Le four électrique est une cuve en acier garnie à l'intérieur de briques à feu acides ou basiques (fig. 27).

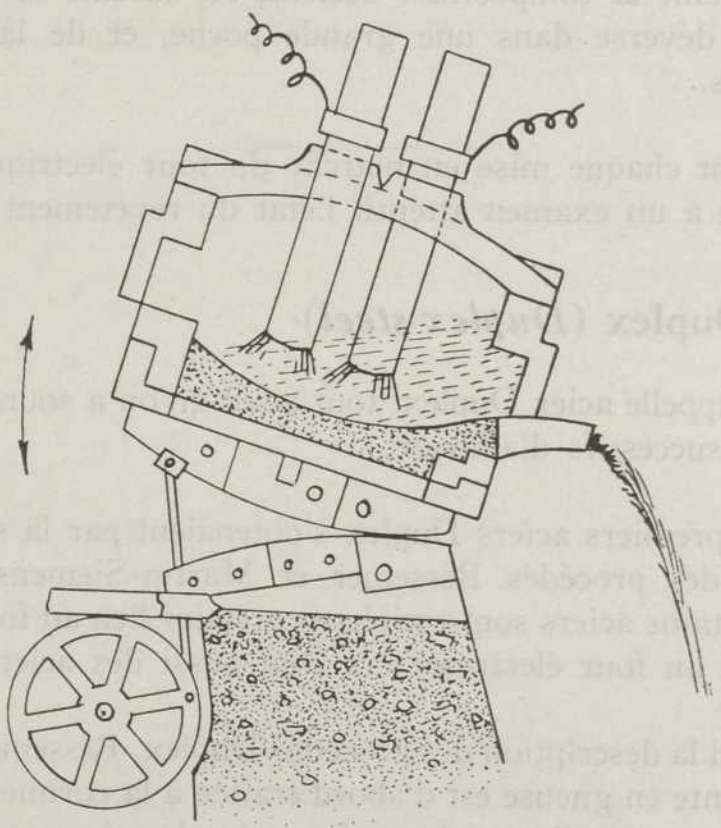


Fig. 27. Four électrique

Une articulation sur le devant du four permet de le basculer pour en faire la vidange. La voûte est détachable; elle est traversée par trois électrodes verticales. Aussitôt que le four est chargé de rebuts de fer ou d'acier, on abaisse les électrodes sur le métal. On les retire quelque peu quand s'établit un arc électrique dégageant une chaleur suffisante pour fondre la charge avec rapidité. Les électrodes se désagrègent assez vite; aussi leur espacement avec la charge doit-il être maintenu constant par un mécanisme spécial. Les électrodes, généralement en carbone, peuvent atteindre 10 pouces de diamètre dans les fours de grande capacité. Les fours de grandeur moyenne ont une capacité de 25 à 40 tonnes.

Opération. Il est facile avec ce procédé de maintenir la charge en fusion et de prélever des échantillons pour les analyser au laboratoire. Si la teneur en carbone est trop élevée, un oxydant quelconque est ajouté à la charge de métal. Lorsque l'on a atteint la composition désirée, on bascule le four et le métal se déverse dans une grande poche, et de là dans les lingotières.

Avant chaque mise en marche du four électrique, il faut soumettre à un examen attentif l'état du revêtement intérieur.

Acier Duplex (*Duplex steel*)

On appelle acier Duplex, tout acier qu'on a soumis à deux procédés successifs d'affinage.

Les premiers aciers Duplex s'obtenaient par la seule combinaison des procédés Bessemer et Martin-Siemens. De nos jours, certains aciers sont traités en premier lieu au four Martin et ensuite au four électrique; ce sont aussi des aciers Duplex.

Voici la description des procédés Duplex, Bessemer et Martin. La fonte en gueuse est d'abord traitée à la cornue Bessemer acide; on se rappelle que le soufre et le phosphore ne sont pas éliminés par ce procédé de fabrication. Aussi, l'acier doux qui

en résulte est-il ensuite traité au four Martin-Siemens basique où se parfait l'affinage.

Le principal avantage du procédé est de réduire de 10 à 5 heures la durée de l'opération d'un four Martin, économie de temps qui augmente d'environ le double le débit d'un four Martin qui opère avec de la fonte en gueuse. Ce procédé permet aussi de produire des aciers de haute qualité en partant de la fonte en gueuse de qualité inférieure.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entendre par acier Duplex?
2. Décrire un four à arc.
3. Quelle est la capacité moyenne d'un four à arc?
4. Quels procédés peut-on « duplexer »?
5. A quand remonte l'emploi industriel des fours à arc?
6. Quelle est la température approximative d'un four à arc?
7. Décrire dans le bon ordre le procédé Duplex (Bessemer-Martin) en mentionnant, suivant le cas, si les fours doivent être acides ou basiques.
8. Quels revêtements peut avoir un four électrique?
9. De quel matériau sont faites les électrodes des fours à arcs?
10. Quel est le principal avantage du procédé Duplex?
11. Quel est l'avantage du procédé au four électrique?
12. Quel est ordinairement le nombre des électrodes dans un four électrique?

Acier au creuset (*crucible steel*)

L'emploi du creuset est un des plus anciens procédés de fabrication d'acier proprement dit. Auparavant, on employait du fer cémenté : d'où le nom d'acier de cémentation donné au produit en question. De nos jours on range la cémentation parmi les traitements thermiques qu'on étudiera plus loin. Le désavantage des fers cémentés est de produire une pénétration de carbone qui diminue dans la mesure où la pièce devient plus épaisse.

On sait que les premiers aciers au creuset étaient fabriqués en fondant des pièces de fer cémentées dans des creusets de graphite et de glaise. On avait une distribution uniforme de carbone dans la masse de métal en fusion. De nos jours, l'acier au creuset s'obtient en partant du fer et de l'acier doux auquel on ajoute le carbone nécessaire. Ces aciers sont souvent appelés aciers coulés *(cast steels)*.

Procédé. Cet acier est fabriqué dans des creusets individuels qui contiennent environ 100 livres de charge. Le procédé s'avère encore avantageux de nos jours pour produire de bons aciers en faible quantité. Chaque creuset contient en majeure partie du fer auquel on ajoute des rebuts d'acier doux ainsi que du silicium, du charbon de bois (carbone) et du ferro-manganèse ; on remarque que le fer, le carbone, le manganèse et le silicium sont des éléments que l'on trouve dans tout acier.

Il faut de toute nécessité connaître exactement la composition chimique du fer et de l'acier doux que l'on emploie ; le pourcentage de soufre et de phosphore doit être faible, car ce procédé n'est pas un affinage proprement dit, d'où impossibilité d'éliminer ces deux éléments. Ce procédé est uniquement une fusion de plusieurs matériaux qui, une fois intimement mélangés, donnent de l'acier d'une composition déterminée par la nature des éléments dans les creusets mêmes. Ceux-ci, ordinairement en graphite, sont, durant l'opération, hermétiquement fermés par un couvercle également en graphite.

Fabrication. Les creusets, au nombre d'environ 30, sont disposés sur la sole d'un four à réverbère (genre four Martin) où la forte température permet de fondre le contenu des creusets en moins de 3 heures. Chaque creuset contient au fond, du charbon de bois, du sable et du ferro-manganèse, puis près de 80 livres de fer et sur le dessus près de 18 livres de rebuts d'acier doux. Dès que la fusion commence, les matériaux les plus lourds, qui se trouvent sur le dessus, descendent au fond du creuset et forcent les matériaux du fond à remonter. Ce déplacement dans la masse du métal en fusion opère un mélange intime de tous les matériaux. Le silicium agit comme oxydant et forme un léger laitier à la surface du métal. On laisse les creusets au four pendant 1 heure environ afin que les divers matériaux soient bien mélangés. Puis, on les retire. Le contenu des creusets est vidé dans des lingotières. Après avoir servi cinq ou six fois, il faut remplacer les creusets par des neufs. La production d'une charge du four est d'environ 3000 livres d'acier toutes les 4 heures, ce qui donne un débit quotidien de près de 9 tonnes d'acier de bonne qualité.

L'avantage des procédés Martin et Duplex en rapport avec le débit quotidien est donc évident.

Aciers inoxydables

Les aciers inoxydables varient sans doute dans leur composition, mais on doit retenir que pour être considéré inoxydable, un acier doit contenir entre 11½% et 27% de chrome. On y additionne assez souvent un faible pourcentage de nickel.

Il ne faut pas confondre acier inoxydable avec alliage inoxydable comme le monel, le duralumine, etc.

QUESTIONNAIRE

1. Quel nombre de creusets charge-t-on généralement au four?
2. Quel est l'avantage du procédé?
3. Le procédé de fabrication de l'acier au creuset est-il récent?
4. Combien de fois peut-on charger un creuset?
5. Quel est l'inconvénient des fers cémentés quant à la pénétration du carbone?
6. Quelle est la durée de l'opération dans ce procédé?
7. Donner l'ordre de chargement des différents matériaux dans les creusets.
8. Est-il nécessaire de boucher hermétiquement les creusets?
9. De quelle manière obtient-on l'acier au creuset?
10. Quel genre de four emploie-t-on dans ce procédé?
11. Ce procédé est-il un procédé d'affinage?
12. Quel est le poids approximatif de la charge dans un creuset?
13. De quel matériau sont fabriqués les creusets?
14. Pourquoi est-il important de connaître la composition chimique des matériaux employés?
15. Nommer les matériaux chargés dans les creusets.

TRAITEMENTS THERMIQUES

Définition. Les traitements thermiques *(heat treatments)* consistent en un ensemble d'opérations qui nécessitent un chauffage à des températures définies suivi d'un refroidissement lent ou brusque, d'un métal ou d'un alliage à l'état solide, afin d'obtenir certaines conditions ou propriétés désirables. Ces traitements, au nombre de quatre, sont le recuit, le durcissement, le revenu et la cémentation.

On ne traitera que des traitements thermiques du fer et de ses composés, tout en notant que certains de ces traitements s'appliquent à des métaux non ferreux. Avant de décrire chacun de ces traitements, il convient de donner quelques définitions qui rendront plus facile la compréhension des développements subséquents. On appelle acier au carbone ou acier à outils les aciers qui possèdent de .5% à 1% de carbone (certains aciers peuvent atteindre 1.5% de carbone) ; ils sont susceptibles d'être durcis totalement. Les aciers qui ne peuvent être durcis comme les précédents et qui ne contiennent que de .15% à .4% de carbone sont appelés aciers doux. Quand il est question de chaleur, il convient de retenir la définition de point critique: c'est la température à laquelle se produit, dans l'acier chauffé, une transformation propre à créer le durcissement, si on refroidit brusquement l'acier. On peut aussi dire que c'est la température à laquelle l'acier chauffé perd toute aimantation. Le point critique varie selon la teneur en carbone de l'acier et s'établit entre 1325°F. et 1550°F. (fig. 28).

Recuit *(annealing)*

Le recuit est une opération qui consiste à chauffer une pièce au-dessus du point critique pour faire disparaître toutes les tensions internes dans les fontes et les aciers; la période de chauffe est suivie d'un refroidissment très lent à l'abri de l'air. Le recuit a pour résultat de rendre mous les aciers trem-

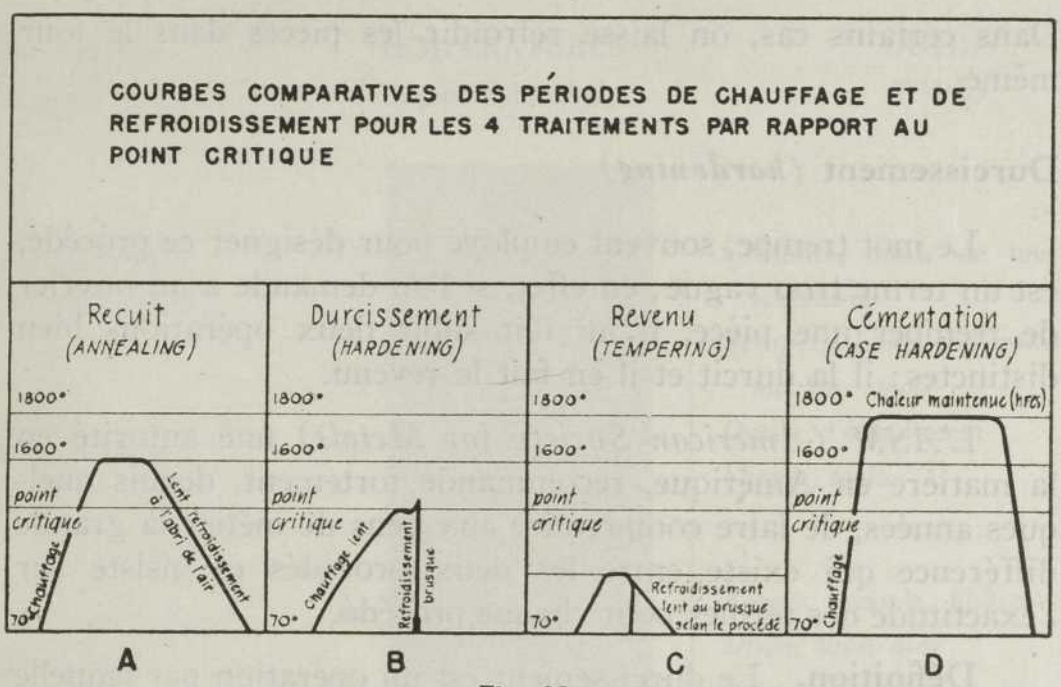


Fig. 28

pés et uniforme la texture des aciers forgés, écrouis, martelés, pliés ou étirés.

Dans les fontes, il neutralise les effets du refroidissement rapide de la surface des pièces au contact du moule de sable froid alors que le centre de la pièce est encore chaud; il prévient ainsi la distorsion et le fléchissement des pièces de précision.

Procédé. On chauffe au four, si possible dans une atmosphère neutre pour éviter l'oxydation et quand on a dépassé le point critique, il est préférable de maintenir cette température un certain temps afin d'assurer la pénétration uniforme de la chaleur dans toute la masse.

Le refroidissement lent est un facteur important dans le recuit; il doit se faire à l'abri de l'air. C'est pourquoi, à leur sortie du four, les pièces sont généralement enfouies dans du bran de scie, du charbon de bois pulvérisé, du sable, de la cendre ou de toutes autres matières qui devront être parfaitement sèches, afin d'éviter le durcissement de la surface des pièces.

Dans certains cas, on laisse refroidir les pièces dans le four même.

Durcissement ***(hardening)***

Le mot trempe, souvent employé pour désigner ce procédé, est un terme trop vague; en effet, si l'on demande à un ouvrier de tremper une pièce, il lui fait subir deux opérations bien distinctes: il la durcit et il en fait le revenu.

L'*ASM (American Society for Metals)* une autorité en la matière en Amérique, recommande fortement, depuis quelques années, de faire comprendre aux gens de métier la grande différence qui existe entre les deux procédés et insiste sur l'exactitude des termes pour chaque procédé.

Définition. Le durcissement est un opération par laquelle on chauffe les aciers au carbone ou les fontes quelque peu au-dessus du point critique, pour ensuite les refroidir brusquement dans l'air ou généralement dans l'eau, l'huile, etc. Dans l'eau la trempe est vive tandis qu'elle est plus douce dans l'huile.

Le but du procédé est essentiellement de durcir surtout les aciers au carbone, au tungstène, etc., qui servent à couper les métaux plus mous. Le durcissement réduira l'usure des pièces soumises aux frottements et augmentera la résistance de celles qui sont destinées à subir des efforts de flexion ou de compression. Pour qu'un acier durcisse convenablement, il est nécessaire que sa teneur en carbone soit d'au moins ½% (ou 0.5%). Si la teneur en carbone est comprise entre 0.35% et 0.5%, le durcissement est superficiel; il atteint rarement le centre de la pièce. Aucun durcissement appréciable n'est possible si le pourcentage en carbone est inférieur à 0.35% (fig. 28).

Revenu ***(tempering)***

Toute pièce après durcissement devient très cassante; on ne peut donc l'employer telle quelle car, au premier choc, elle se briserait. C'est pourquoi on fait subir à cette pièce un traitement approprié qu'est le revenu.

COULEURS ET TEMPÉRATURES DE REVENU

COULEURS *COLORS*	TEMPÉRATURES Degrés Fahrenheit		OUTILS *TOOLS*
Jaune très pâle *Very pale yellow*	425		Grattoirs, outils de tour et de fraiseuses *Scrapers, lathe and milling machine tools*
Jaune paille *Straw*	445		Outils d'étau-limeur *Shaper tools*
Jaune paille foncé *Dark straw*	460		Forets, tarauds, filières *Drills, taps, dies*
Orange *Orange*	475		Poinçons et matrices *Punches and dies*
Rouge brun *Red brown*	490		Alésoirs, ciseaux à bois *Reamers, wood chisels*
Violet *Purple*	510		Ciseaux à froid, tranches à froid *Cold chisels, cold sets*
Bleu violet *Purple blue*	560		Tournevis *Screw drivers*
Bleu foncé *Dark blue*	575		Ressorts *Springs*

Définition. Le revenu est une opération thermique qui a pour but de réduire quelque peu les tensions internes de l'acier et qui diminue ainsi la fragilité des pièces durcies en augmentant l'élasticité.

Si l'on soumet à la chaleur un acier à la surface parfaitement polie, celle-ci se recouvre d'une couche d'oxyde dont la couleur varie graduellement avec l'augmentation de la chaleur. C'est la série de ces différentes couleurs que l'on appelle les couleurs du revenu *(tempering colors)*.

D'après l'expérience, nulle couleur appréciable n'apparaît tant que la chaleur n'a pas atteint 430°F. C'est la température qui correspond à la première couleur visible à l'œil nu; un jaune très pâle. A mesure que la chaleur augmente, cette première couleur devient de plus en plus foncée. Dans la pratique, il est prouvé qu'avec l'accroissement de la chaleur, la pièce traitée perd de sa fragilité ainsi que de sa dureté, c'est-à-dire que si l'on dépasse une certaine température, la dureté disparaît presque totalement.

Procédé. On peut faire le revenu à l'aide des couleurs du revenu (visuel) ou dans un four ou un liquide chauffé dont on ne peut vérifier la température à l'aide d'un thermomètre ou d'un pyromètre.

Après avoir bien poli la surface de la pièce durcie, on la soumet à la chaleur (flamme ou four chauffé); de temps à autre, on la retire pour observer attentivement les couleurs de l'oxyde. Quand la couleur correspond à la dureté voulue, on refroidit brusquement la pièce dans l'eau.

Selon la seconde méthode, on chauffe un fourneau ou un liquide à la température correspondant à la dureté désirée. On introduit ensuite la pièce qu'on laisse un certain temps afin d'en assurer la pénétration uniforme par la chaleur. On refroidit la pièce aussitôt après ou bien on introduit la pièce froide dans le four ou le liquide avant de chauffer ceux-ci. On contrôle les températures à l'aide de thermomètres ou de pyromètres.

Un pyromètre est un appareil qui mesure les températures trop élevées pour le thermomètre; il est constitué d'un thermo-couple relié à un millivoltmètre. Le thermo-couple se compose de deux tiges de métaux différents (platine vs platine et rhodium) reliées intimement par une extrémité. Sous l'action de la chaleur, un très faible courant électrique s'induit dans les deux tiges. Si l'on raccorde les deux autres extrémités des tiges à un millivoltmètre, on peut mesurer ce courant et graduer l'appareil en degrés correspondants.

Cémentation *(case hardening)*

La cémentation modifie la composition de la surface des pièces de fer ou d'acier doux à faible teneur de carbone, en la transformant en acier au carbone.

Définition. Le procédé consiste à pénétrer de carbone la surface des pièces de fer ou d'acier doux, sous l'effet d'une température élevée *(1800°F.)* et prolongée. Une fois soumises à ce procédé, les pièces sont ensuite traitées comme des pièces d'acier au carbone; l'extérieur, devenu acier au carbone, pourra être durci et revenu sans pour cela affecter aucunement le cœur de la pièce qui conserve les propriétés des aciers mous. On comprend facilement les avantages multiples du procédé; en effet, les pièces entièrement durcies sont cassantes, tandis que les pièces non durcies sont malléables et non cassantes. On obtient dans la même pièce, grâce à la cémentation, les propriétés mécaniques de deux aciers différents.

La cémentation permet, en plus, d'employer des aciers de qualité inférieure dont on désire la résistance au choc en même temps que la dureté superficielle seulement.

Céments

Les céments sont des matières riches en carbone ou susceptibles d'en fournir que l'on met en contact intime avec la surface des pièces à cémenter. Ces matières peuvent être solides, liquides ou gazeuses. Parmi les solides, on a: le charbon de bois, les os moulus, le cuir rapé, etc.; parmi les liquides,

on trouve les cyanures de sodium, de potassium, qui se liquéfient sous l'effet de la chaleur. Ce sont des sels chimiques. Comme ceux-ci sont toxiques on évite de respirer les gaz qui s'en dégagent ou de les manipuler les mains nues, si on a des égratignures. Les céments gazeux sont les éthanes, les propanes, les méthanes, etc.

A. Cémentation au moyen de solides

On enfouit les pièces d'acier avec du charbon de bois dans des boîtes *(case)* d'acier. On s'assure que les pièces ne se touchent pas. La boîte, ensuite hermétiquement fermée et transportée au four, est chauffée à 1800°F. pendant une période de 6 à 8 heures, selon le degré de pénétration désiré. La pénétration se fait à la cadence d'environ 0.008" à l'heure. Certains auteurs prétendent que dans les pièces de moyenne dimension, il y a saturation à environ .080" de profondeur. Une fois la boîte refroidie, on retire les pièces. On peut alors les traiter exactement comme les aciers au carbone ordinaire.

B. Cémentation au moyen de liquides

Les sels de sodium ou de potassium sont amenés au point de fusion dans un creuset spécial et l'on trempe les pièces bien séchées dans le liquide. La durée d'immersion ainsi que la grosseur de la pièce déterminent le degré de pénétration du carbone. On plonge les pièces dans l'eau dès leur sortie du creuset.

Pour un durcissement peu profond, on saupoudre les sels pulvérisés sur la pièce préalablement rougie; puis, on refroidit brusquement la pièce à l'eau.

C. Cémentation à l'aide des gaz

Les gaz méthanes, propanes, etc. sont introduits dans les fours lorsque les pièces sont bien rougies, donc en état d'absorber le carbone de ces gaz; on refroidit les pièces à leur sortie du four comme on l'a décrit précédemment. Selon leur destination et leur forme, les pièces nécessitent ou non un revenu.

QUESTIONNAIRE

1. Définir traitements thermiques.
2. Nommer quatre traitements thermiques.
3. Ces traitements ne sont-ils applicables qu'aux aciers?
4. Qu'entend-on par acier au carbone au point de vue des traitements thermiques?
5. Les aciers de .5% à 1% de carbone durcissent-ils totalement?
6. Les aciers de .25% à .4% de carbone durcissent-ils totalement?
7. Comment nomme-t-on les aciers qui ne peuvent être durcis?
8. Donner une définition du point critique.
9. Définir recuit.
10. Quel est le but du recuit?
11. Le refroidissement est-il important dans le recuit?
12. Faut-il chauffer plus haut ou plus bas que le point critique?
13. Quelle est l'action du recuit sur l'acier durci?
14. Pourquoi recuire la fonte?
15. Décrire le procédé du recuit.
16. Définir le durcissement.
17. Le durcissement est-il effectif si l'acier contient .35% de carbone?

18. Quel est l'inconvénient des pièces durcies?

19. Le revenu est-il nécessaire pour les pièces durcies et pourquoi?

20. Définir revenu.

21. Qu'entendre par couleurs du revenu?

22. A quelle température apparaît la première couleur du revenu et quelle est cette couleur?

23. Lorsque l'on pratique le revenu qu'advient-il si on dépasse 600° F.?

24. Doit-on rougir une pièce pour en pratiquer le revenu?

25. De quelles manières effectuer le revenu?

26. Décrire le revenu visuel.

27. Qu'entend-on par pyromètre?

28. Qu'est-ce qu'un thermo-couple?

29. Quel est le but de la cémentation?

30. Quels avantages possèdent les pièces cémentées?

31. Qu'entendre par céments?

32. Nommer trois procédés de cémentation.

33. Nommer trois céments solides.

34. Nommer un cément liquide.

SOUDURES

Les soudures *(soldering and welding)* sont des procédés d'assemblage permanents des pièces métalliques. Presque tous les métaux se soudent plus ou moins difficilement : tels sont le fer, l'acier, la fonte, le cuivre, le bronze, le laiton, l'aluminium, le dural, le monel, etc. Cependant, tous les métaux ne se soudent pas de la même manière. Par ailleurs, la force du joint désiré peut modifier le choix du procédé. Les différents procédés se classent en deux groupes de soudure :

a) molle ou à l'étain
soudo-brasure et brasure à l'argent

b) oxyacétylénique ou au gaz
thermite
électrique (arc et résistance)
au feu de forge

Les soudures de chaque groupe possèdent une certaine analogie. Par exemple, dans le premier groupe, il n'y a aucune fusion des pièces à souder ; seul l'élément soudeur (étain ou bronze) est fusionné. Il suffit donc, pour dessouder les pièces, d'appliquer une chaleur suffisante.

Dans le deuxième groupe, il y a fusion nécessaire des pièces à souder et de l'élément soudeur. Il est par conséquent impossible de dessouder les pièces soudées au moyen des quatre procédés de ce groupe.

On appelle décapant *(flux)* un liquide, une graisse ou une poudre appliqué sur les joints à souder afin de faire disparaître l'oxyde qui recouvre les surfaces formant le joint ; on les applique à froid ou une fois la pièce chauffée, suivant le cas.

Soudure molle, à l'étain ou étamage *(soft soldering)*

On appelle soudure molle toute soudure où l'élément soudeur est une composition plomb-étain ou plomb-étain-cadmium.

Cette soudure se distingue bien des brasures ou soudures à l'argent qui sont plus dures. Les alliages formant l'élément soudeur ont généralement un point de fusion inférieur à 700°F., température trop basse pour faire fondre les métaux à souder. Vu la faiblesse des composants de l'élément soudeur, on comprend facilement que la résistance de ce genre de soudure est plutôt faible, mais suffit à de multiples genres de travaux. Elle est très répandue chez les plombiers, les ferblantiers, les électriciens, etc. Les métaux ou alliages comme le fer, le cuivre, le plomb, l'étain, le zinc, le laiton, le bronze, le monel, la tôle galvanisée, le fer blanc, etc., se prêtent bien à la soudure molle.

Procédé. La soudure molle requiert un outillage limité et peut se faire dans la plupart des habitations, grâce à la faible température qu'elle exige. On emploie généralement un fer à souder en cuivre, métal bon conducteur de chaleur. Les pièces à étamer doivent être propres et débarrassées d'oxyde. A cette fin, on utilise un décapant qui dissout l'oxyde et nettoie les surfaces. Ces décapants se vendent sous forme de pâte à souder *(soldering paste)* dans le commerce.

Après avoir étamé le fer à souder à sa sortie du feu (poêle à gaz ou autre), on n'aura qu'à l'appliquer sur les pièces à souder en y interposant de la broche à souder dont on connaît maintenant la composition. On voit alors la soudure en fusion ramper dans le joint. En se refroidissant, l'élément soudeur se solidifie et unit intimement les pièces.

Soudo-brasure et brasure à l'argent *(bronze welding and silver brazing)*

On appelle brasure un procédé qui permet de souder deux pièces sans les amener à leur point de fusion. La température d'opération ou de fusion de l'élément soudeur varie entre 1300°F. à 1600°F. selon sa composition. Si l'on ne considère que le point de fusion, on peut dire que la brasure est l'intermédiaire entre la soudure molle et la soudure au gaz. La brasure produit un joint d'une plus grande résistance que la soudure molle.

L'alliage de l'élément soudeur peut être de cuivre et de zinc dans les bronzes ordinaires (soudo-brasure). Il est composé d'argent, de cuivre et de zinc dans les soudures à l'argent où le point de fusion oscille autour de 1350°F. Quand elles contiennent environ 80% d'argent (brasure à l'argent).

Pour braser une pièce, on doit la nettoyer parfaitement ou en buriner la surface. Pour éviter l'oxydation lors de l'application de la chaleur, on emploie un bon décapant. Généralement, on taille un chanfrein le long de la pièce à souder; lorsque les deux pièces sont juxtaposées, les chanfreins de chaque pièce forment une cavité en *V* qu'on comble de bronze. On chauffe à la torche.

Dans d'autres cas, comme celui des scies à rubans où il est impossible de pratiquer un chanfrein à cause de la faible épaisseur des lames, on biseaute généralement chaque extrémité de la lame de scie. On applique le décapant et un peu de soudure à l'argent.

Dès qu'on applique la chaleur, la soudure liquide rampe dans le joint où elle se solidifie. Ce procédé est applicable à tous les métaux ferreux, de même qu'au cuivre et à ses alliages.

Soudure oxyacétylénique ***(gas welding)***

La soudure oxyacétylénique, aussi appelée couramment soudure au gaz, à l'acétylène ou au chalumeau, comporte la fusion d'un métal d'apport (baguette à souder) en même temps que la fusion des rebords de la pièce à souder formant le joint. En général, la température d'opération dépasse 2000°F.

Comme il faut absolument amener le joint en fusion avant de fusionner le métal d'apport, la température d'opération est beaucoup plus élevée que pour les soudures molles ou les brasures étudiées plus haut. Cette température élevée est fournie par la flamme du chalumeau alimentée par deux bonbonnes d'acier, l'une contenant de l'acétylène (gaz obtenu par l'action de l'eau sur des carbures de calcium) et l'autre, de l'oxygène; la proportion exacte des gaz s'obtient à l'aide de robinets de

réglage montés sur le chalumeau lui-même. La flamme à proximité de la pointe du chalumeau atteint une température qui dépasse 5000°F., température suffisante pour fondre la plupart des métaux.

Sur le joint amené au point de fusion, on interpose une baguette à souder qui sera fondue sous l'intensité de la flamme; elle comble le joint et crée ainsi une union parfaite des deux pièces. Les baguettes à souder sont généralement de composition semblable à celle des pièces à unir; on aura donc des baguettes de fer pour les fers et les aciers doux, de fonte pour les fontes, d'aluminium pour l'aluminium et les alliages d'aluminium, etc. La propreté du joint est indispensable. A cet effet, le décapant entraîne généralement les impuretés qui se dégagent de la masse de métal en fusion et prévient l'oxydation au fur et à mesure que l'opération progresse. Une soudure faite soigneusement procure au joint une force et une résistance presque égales à celles de la pièce elle-même. Un bon soudeur peut, dans certains aciers doux, amener les bords des pièces à l'état de fusion parfaite et opérer la soudure sans employer de baguettes. La soudure au gaz s'applique sur le fer, la fonte, l'acier, l'aluminium, certains métaux blancs, etc.

Soudure à la thermite *(thermit welding)*

La soudure à la thermite fut découverte en Allemagne vers 1900. Le Dr Goldsmith observa qu'un mélange d'oxyde métallique et de poudre d'aluminium allumé en un point quelconque produisait une réaction tellement vive qu'il était possible d'amener au point de fusion une tonne de ce mélange en 30 secondes; la température peut alors atteindre près de 5000°F.

Procédé. On place les pièces à souder à un certain intervalle l'une de l'autre; on comble cet intervalle avec de la cire que l'on façonne à volonté selon la forme du joint désiré. On enveloppe ensuite le joint dans un moule de sable et on laisse une ouverture à sa partie supérieure pour la coulée. L'application d'une faible chaleur fait fondre la cire à l'intérieur du moule ce qui laisse une cavité que l'on comble avec de la soudure.

On emploie un creuset portant un trou de coulée à sa partie inférieure; on bouche temporairement ce trou et on emplit le creuset avec de la poudre d'aluminium mélangé à de l'oxyde de fer. On suspend alors le creuset avec sa charge au-dessus du moule qui entoure le joint à souder. L'allumage se fait avec un ruban de magnésium plongé dans le mélange. Au bout d'une demi-minute, la fusion est complétée à l'intérieur du creuset. On débouche le trou de la coulée et le métal en fusion coule dans le joint. La température très élevée suffit à amener à une fusion parfaite les extrémités des pièces qui forment le joint; on obtient ainsi une soudure très homogène.

Soudure électrique ***(electric welding)***

La soudure à arc et la soudure à résistance sont les soudures électriques les plus répandues.

Quand on utilise la soudure à arc, les pièces et l'élément soudeur sont tous deux en fusion tandis que la soudure à résistance exige seulement les pièces en fusion à leur point de contact; cette dernière soudure ne demande aucun élément soudeur.

A. Soudure à arc (*arc welding*)

Dans la soudure à arc, un arc électrique est établi entre le métal qui forme le joint et une électrode métallique fixée à un adapteur que le soudeur tient à la main. La chaleur générée par l'arc fusionne instantanément le joint. Il se produit en même temps une fusion semblable à l'électrode, ce qui fournit le surplus de métal nécessaire pour combler le joint. Afin d'aider à nettoyer le joint au fur et à mesure que l'opération progresse, on enduit généralement les électrodes d'un décapant qui fond avec l'électrode.

La soudure à arc comporte de grands avantages. La fusion se faisant avec une grande rapidité, la chaleur engendrée se trouve localisée sur une petite surface et réduit au minimum la distorsion des pièces. A cause de sa grande rapidité, il remplace la soudure oxyacétylénique dans plus de 80% des cas.

L'emploi d'électrodes de compositions variées permet des soudures très résistantes.

B. Soudure à résistance ou par points (*spot welding*)

On applique avantageusement la soudure à résistance aux métaux en feuilles; il consiste à retenir les feuilles à souder entre deux électrodes généralement de cuivre dans lesquelles on fait passer un courant électrique à bas voltage.

Les électrodes sont maintenues en pression constante sur les feuilles; le métal chauffe rapidement au point de contact; il atteint le degré de plasticité voulu et il y a alors interpénétration du métal en fusion. Dès que la fusion est parfaite, on coupe le courant; le joint se solidifie instantanément et on peut alors reculer les électrodes et les réappliquer plus loin. Ce procédé très rapide engendre très peu de chaleur à cause de la vitesse avec laquelle le métal est chauffé.

Les pièces ainsi soudées présentent à leurs surfaces une succession de points (les empreintes des électrodes), d'où le nom de soudure par points.

Le procédé permet de souder les tôles de fer, d'acier et d'aluminium.

Soudure à la forge *(forge welding)*

La soudure à la forge, la plus ancienne en usage, ne s'emploie que sur le fer et les aciers doux à très faible teneur de carbone. En étudiant le fer, on a vu que la soudure au feu de forge est une des principales propriétés de ce métal.

Procédé. On prépare d'abord le joint en donnant aux extrémités à réunir une forme étudiée; puis, on chauffe le joint à une haute température pour donner au métal le degré de plasticité requis. A la sortie du feu de forge, on saupoudre avec du borax qui agit comme décapant et on martèle sur-le-champ et généreusement le joint pour que les deux pièces se fusionnent intimement. On estime qu'une bonne soudure au feu de forge a une résistance équivalente à celle de la pièce elle-même.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entendre par soudure?
2. Nommer six procédés de soudure.
3. Qu'appelle-t-on décapant?
4. Qu'est-ce que la soudure molle?
5. Quelle est la composition de la soudure molle?
6. Quel est le point de fusion maximum des soudures molles?
7. Faut-il fondre le rebord des pièces à la soudure molle?
8. La soudure molle est-elle très résistante?
9. Quels artisans emploient la soudure molle?
10. Quels métaux se prêtent à la soudure molle?
11. La fonte se prête-t-elle à la soudure molle?
12. De quel métal est fait le fer à souder?
13. Quel soin particulier doit-on prendre pour obtenir une bonne soudure molle?
14. Y a-t-il fusion des pièces dans la brasure?
15. Quelle est la température de fusion des bronzes à souder?
16. Est-ce que la brasure est supérieure à la soudure molle?
17. Quelle est la composition des bronzes à souder?
18. Quelle est la forme des pièces formant le joint?
19. Quels métaux peut-on braser?
20. Quel est le nom courant donné à la soudure oxyacétylénique?

21. Quelle est la différence entre la soudure molle et la soudure oxyacétylénique ?

22. Dans la soudure oxyacétylénique y a-t-il fusion des pièces seulement ?

23. Quelle est la température d'opération de la soudure oxyacétylénique ?

24. Quel est l'outillage nécessaire pour la soudure oxyacétylénique ?

25. Quelle est la température à la pointe du chalumeau oxyacétylénique ?

26. Nommer les métaux que l'on peut souder par le procédé de soudure oxyacétylénique ?

27. Est-ce que la soudure oxyacétylénique nécessite l'emploi d'un élément soudeur ?

28. Quels sont les métaux employés dans la soudure à la thermite ?

29. Décrire l'exécution d'une soudure à la thermite.

30. De quelle manière se fait l'allumage ?

31. Nommer 2 procédés de soudure électrique.

32. En quoi consiste la soudure à arc ?

33. Dans la soudure à arc y a-t-il fusion des rebords des pièces ?

34. Emploie-t-on une baguette à souder ?

35. Ce procédé est-il rapide ?

36. Obtient-on une bonne soudure par la soudure électrique ?

37. Décrire la soudure à résistance.

38. Sur quels métaux peut-on appliquer la soudure à résistance ?

39. Peut-on employer la soudure à résistance sur de grosses pièces ?

40. Nommer 2 métaux qui peuvent se souder au feu de forge ?

41. Quelle est l'utilité du borax ?

2 métaux non ferreux

CUIVRE

Les principaux minerais de cuivre, sulfures ou carbonates, sont la chalcopyrite, la chalcocite ou chalcosine et la malachite. Le cuivre existe aussi dans la nature à l'état natif au Chili, au Pérou, au Michigan, au Canada et en Chine. Dans la fameuse mine de Sudbury, Ontario, on trouve des blocs de cuivre très pur de plusieurs tonnes (fig. 29)

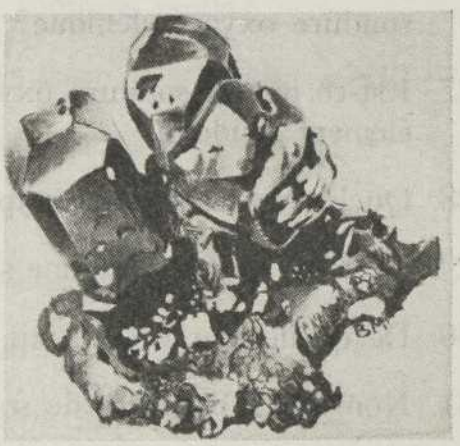


Fig. 29. Cristaux de chalcopyrite

Métallurgie

Pour débarrasser le minerai de cuivre des éléments étrangers qu'il contient, tels que le fer et le soufre, on procède d'abord au grillage. Cette opération consiste à chauffer le minerai au rouge dans un courant d'air. On élimine ainsi la plus grande partie du soufre sous forme de gaz. Les oxydes de fer et de cuivre qui résultent de cette première opération sont placés dans un haut fourneau. On y ajoute du coke, du minerai de cuivre non grillé et du sable, si le minerai n'en contient pas et on enlève la majeure partie du fer avec la scorie (silicate de fer). On obtient alors un mélange de cuivre et de fer sulfureux, appelé matte, qui est versé à l'état liquide dans un convertisseur Bessemer (fig. 23). On y ajoute encore du sable.

Le reste du fer s'élimine en se combinant avec la scorie. Quant au soufre, il devient un bioxyde de soufre qui s'échappe en gaz. On coule ensuite le cuivre en lingots. Ceux-ci, en se solidifiant, se couvrent d'ampoules formées par le bioxyde de soufre en solution. Le cuivre, en cet état, s'appelle cuivre ampoulé *(blister copper)*. Pour épurer le cuivre ampoulé de son oxyde cuivreux, on le fond et on l'agite avec du bois vert. Les hydrocarbures qui se dégagent du bois sont de bons réducteurs, car ils transforment l'oxyde cuivreux en cuivre. Afin d'avoir un cuivre très pur, on le coule en plaques de 3 pieds carrés par ¾" d'épaisseur qui deviennent les anodes de l'électrolyse. Le cuivre ainsi obtenu a une pureté de 99.98% (fig. 30).

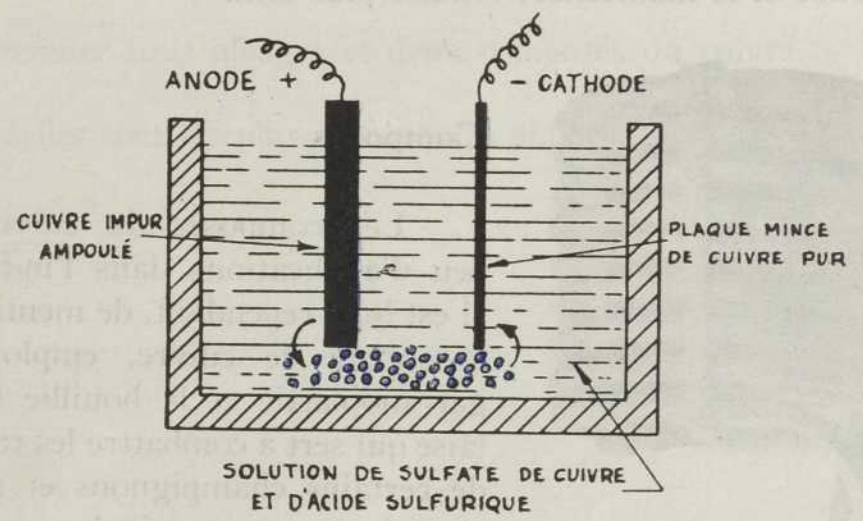


Fig. 30. Raffinage électrolytique du cuivre. La cathode est composée de plaques de cuivre pur et l'anode, de cuivre impur.

Le cuivre ampoulé des mines de Noranda est transporté à Montréal où il est raffiné au moyen du procédé décrit plus haut.

Propriétés

Le cuivre est un métal rouge brun, très doux, malléable et ductile. Il fond à 1994°F. (1083°C.) et son poids spécifique est 8.93. C'est un excellent conducteur de l'électricité et de la chaleur. Au contact de l'acide carbonique de l'atmosphère,

le cuivre se couvre d'une poudre verte qui est du carbonate de cuivre couramment appelé vert-de-gris. Quand l'oxygène de l'air attaque le cuivre, il y forme une couche noire d'oxyde qui protège le cuivre contre toute oxydation ultérieure. Au contraire, la rouille sur le fer et l'acier n'est pas imperméable et l'oxydation se poursuit jusqu'à complète destruction de la pièce. Le cuivre est impropre au moulage en général.

Alliages

Les alliages les plus importants du cuivre sont le laiton, le bronze et le maillechort étudiés plus loin.

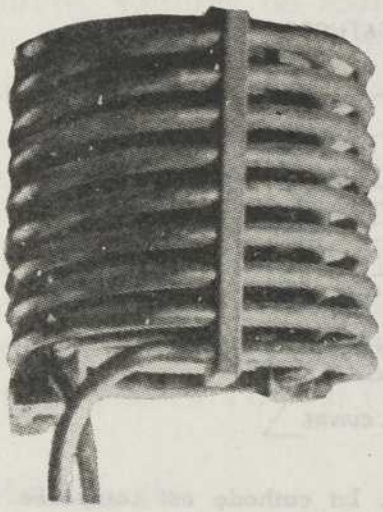


Fig. 31. Tuyau de cuivre enroulé

Composés

Les composés du cuivre ont peu d'applications dans l'industrie. Il est bon, cependant, de mentionner le sulfate de cuivre, employé en galvanoplastie et la bouillie bordelaise qui sert à combattre les ravages de certains champignons et micro-organismes en agriculture et en viticulture (fig. 31).

Usages

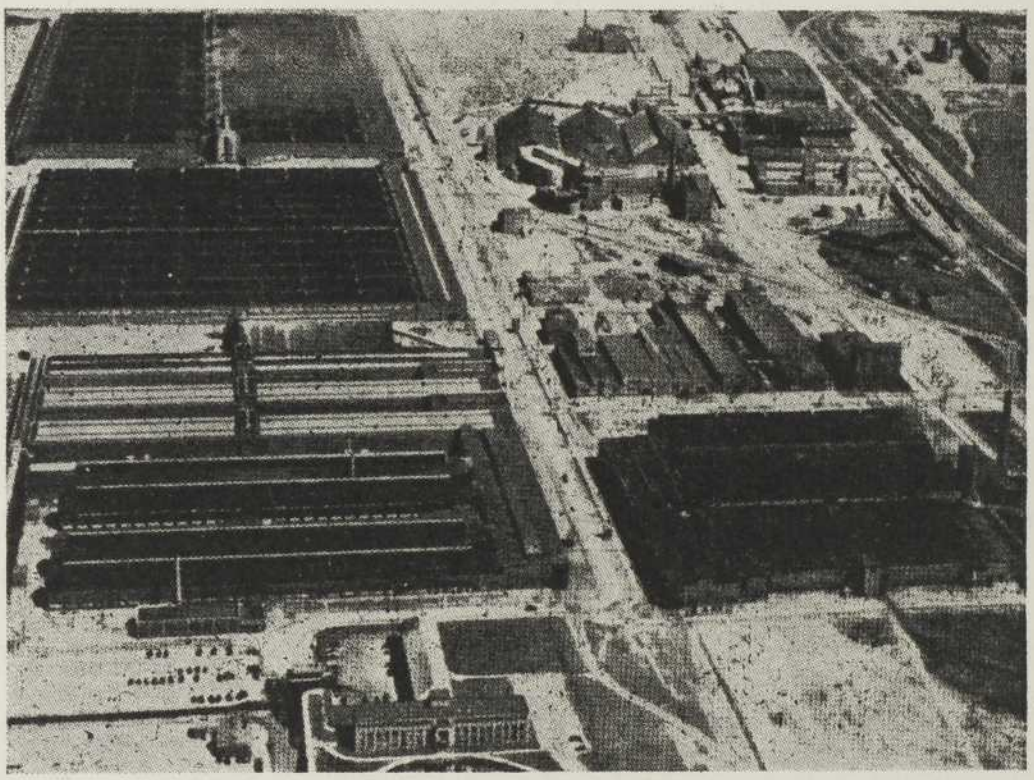
On se sert du cuivre dans l'industrie pour la fabrication des conducteurs électriques. Environ un quart de la production de cuivre est destiné aux alliages de laiton et de bronze et le reste entre dans la fabrication des tôles pour toitures, des tuyaux et des petites pièces étirées ou martelées.

QUESTIONNAIRE

1. Sous quelle forme trouve-t-on le cuivre dans la nature?
2. Quels sont les trois principaux minerais de cuivre?
3. Expliquer brièvement comment on raffine le cuivre.
4. Mentionner les principales propriétés du cuivre.
5. Nommer trois alliages et deux composés du cuivre.
6. Quelles sont les plus importantes applications du cuivre?

ALUMINIUM

L'aluminium est le métal le plus répandu dans la nature où il en existe presque deux fois plus que le fer. La glaise contient environ 10% de ce métal, mais on ne connaît encore aucun procédé pour extraire avec profit l'aluminium de la glaise. La bauxite constitue le seul minerai dont on obtient l'aluminium qui n'existe pas à l'état libre. La commune de Baux, en France, (d'où le dérivé bauxite) possède d'importants gisements de ce minerai. Il y a aussi plusieurs mines de bauxite aux États-Unis. Les usines d'aluminium d'Arvida importent leur bauxite de la Guyane anglaise (fig. 32).

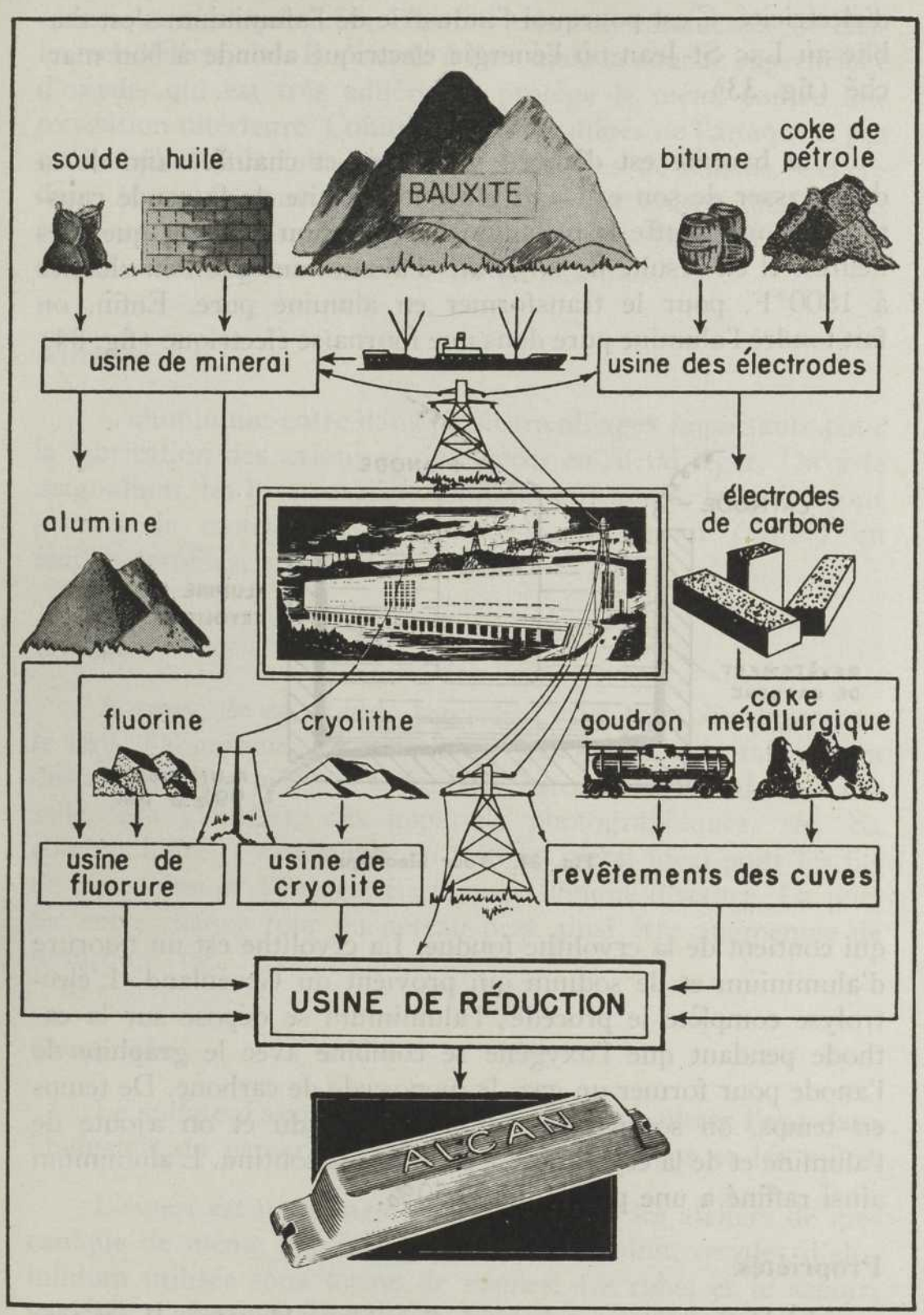


Aluminum Co. of Canada

Fig. 32. Photographie aérienne de l'usine de l'Aluminum Company of Canada Ltd. à Arvida.

Métallurgie

La métallurgie de l'aluminium repose exclusivement sur l'électrolyse, procédé qui requiert une grande consommation



Aluminum Co. of Canada

Fig. 33. Schéma de la fabrication de l'aluminium

d'électricité. C'est pourquoi l'industrie de l'aluminium s'est établie au Lac St-Jean où l'énergie électrique abonde à bon marché (fig. 33).

La bauxite est d'abord pulvérisée et chauffée afin de la débarrasser de son eau. On y ajoute ensuite de la soude caustique et on chauffe le mélange sous pression pendant quelques heures. Il en résulte de l'hydrate d'aluminium que l'on chauffe à 1800°F. pour le transformer en alumine pure. Enfin, on fait fondre l'alumine pure dans une fournaise électrique (fig. 34)

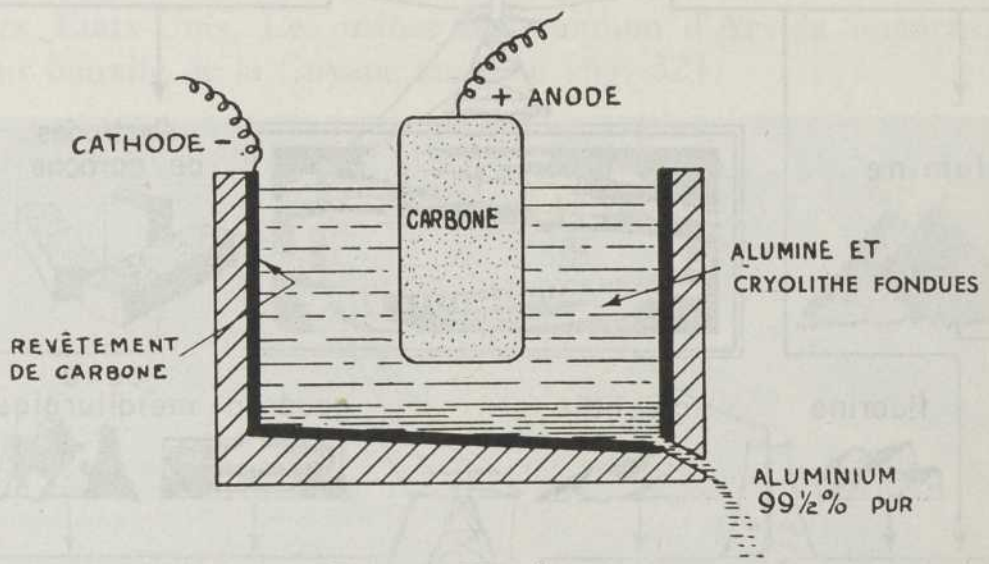


Fig. 34. Four électrique

qui contient de la cryolithe fondue. La cryolithe est un fluorure d'aluminium et de sodium qui provient du Groënland. L'électrolyse complète le procédé; l'aluminium se dépose sur la cathode pendant que l'oxygène se combine avec le graphite de l'anode pour former un gaz, le monoxyde de carbone. De temps en temps, on soutire de l'aluminium fondu et on ajoute de l'alumine et de la cryolithe. Le procédé est continu. L'aluminium ainsi raffiné a une pureté de 99.50%.

Propriétés

L'aluminium est un métal d'un blanc bleuâtre. Il est très ductile, malléable et polissable. Il fond à 1211°F.; son poids

spécifique n'est que 2.56. C'est un très bon conducteur de chaleur et d'électricité. Il s'oxyde à l'air mais la couche superficielle d'oxyde, qui est très adhérente, protège le métal contre une oxydation ultérieure. Comme les acides dilués ne l'attaquent pas on l'emploie à la fabrication des ustensiles de cuisine. Cependant, la soude caustique et la potasse l'attaquent facilement; alors, on ne recommande pas les récipients d'aluminium pour chauffer les solutions savonneuses ou alcalines.

Alliages

L'aluminium entre dans plusieurs alliages importants pour la fabrication des avions et des pièces en métal léger. On a le magnalium, les bronzes d'aluminium pour autos, la lynite pour pistons de moteurs à explosion, le duralumin *(dural)* en feuilles, profilés, rivets, etc.

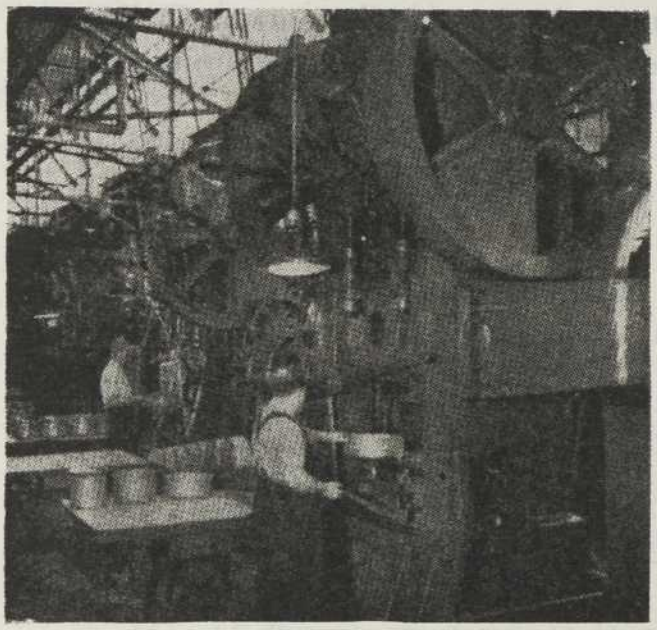
Usages

A cause de sa grande légèreté (trois fois plus léger que le fer), l'aluminium est beaucoup employé dans la fabrication des avions, des pièces d'autos, des bateaux légers, de la vaisselle, des gamelles, des appareils photographiques, etc. Sa conductibilité et sa légèreté en font un métal idéal pour les fils de transmission d'énergie électrique à longue distance. La portée entre chaque tour ou poteau peut ainsi être augmentée de beaucoup (fig. 35 et 36).

Composés

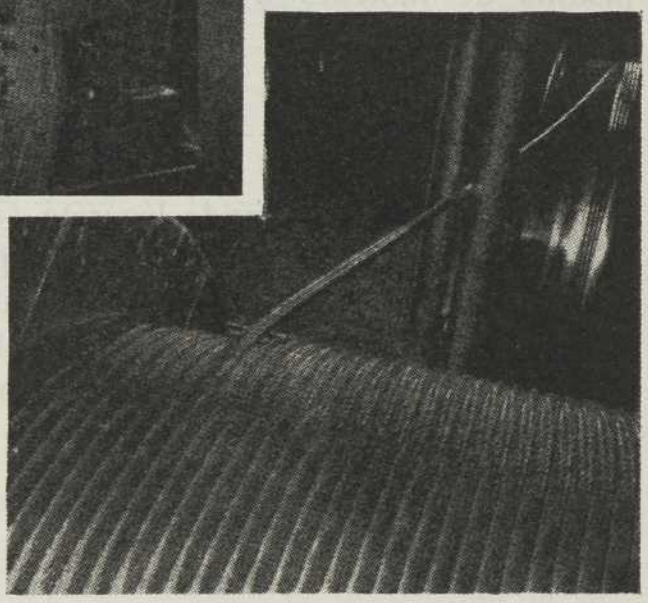
Le sulfate d'aluminium est employé pour filtrer l'eau dans l'industrie du papier et pour ignifuger les draps et les toiles.

L'émeri est un abrasif très connu dans les ateliers de mécanique de même que le corindon et l'alundun, oxydes d'aluminium utilisés sous forme de meules. Le rubis et le saphir, variétés d'alumine cristallisée, sont des oxydes d'aluminium colorés par quelque trace de fer, de titane ou de chrome.



Aluminum Co. of Canada

Fig. 35. Fabrication de récipients en aluminium à l'aide de puissantes presses



Aluminum Co. of Canada

Fig. 36. Câble d'aluminium pour le transport de l'énergie électrique

QUESTIONNAIRE

1. Quel est le métal le plus commun dans la nature?
2. Comment appelle-t-on le seul minerai d'aluminium utilisé?
3. D'où provient le minerai dont on extrait l'aluminium aux usines d'Arvida?
4. Décrire brièvement la métallurgie de l'aluminium.
5. Mentionner les propriétés physiques et chimiques de l'aluminium.
6. Mentionner trois importants alliages de l'aluminium.
7. Mentionner trois importants composés d'aluminium et en donner les applications.
8. Sachant qu'un minerai d'aluminium contient 53% d'aluminium, combien de livres de ce minerai faudra-t-il pour la préparation d'une tonne d'aluminium?

MAGNÉSIUM

Les mines de magnésium, plutôt rares, se trouvent surtout en Asie Mineure, en Grèce, en Autriche et en Espagne. Aux États-Unis, on extrait le magnésium de l'eau de la mer qui contient 3½% de sels, composés pour la majeure partie, de sel de table et de chlorure de magnésium en quantité suffisante pour une extraction profitable. La mer constitue donc

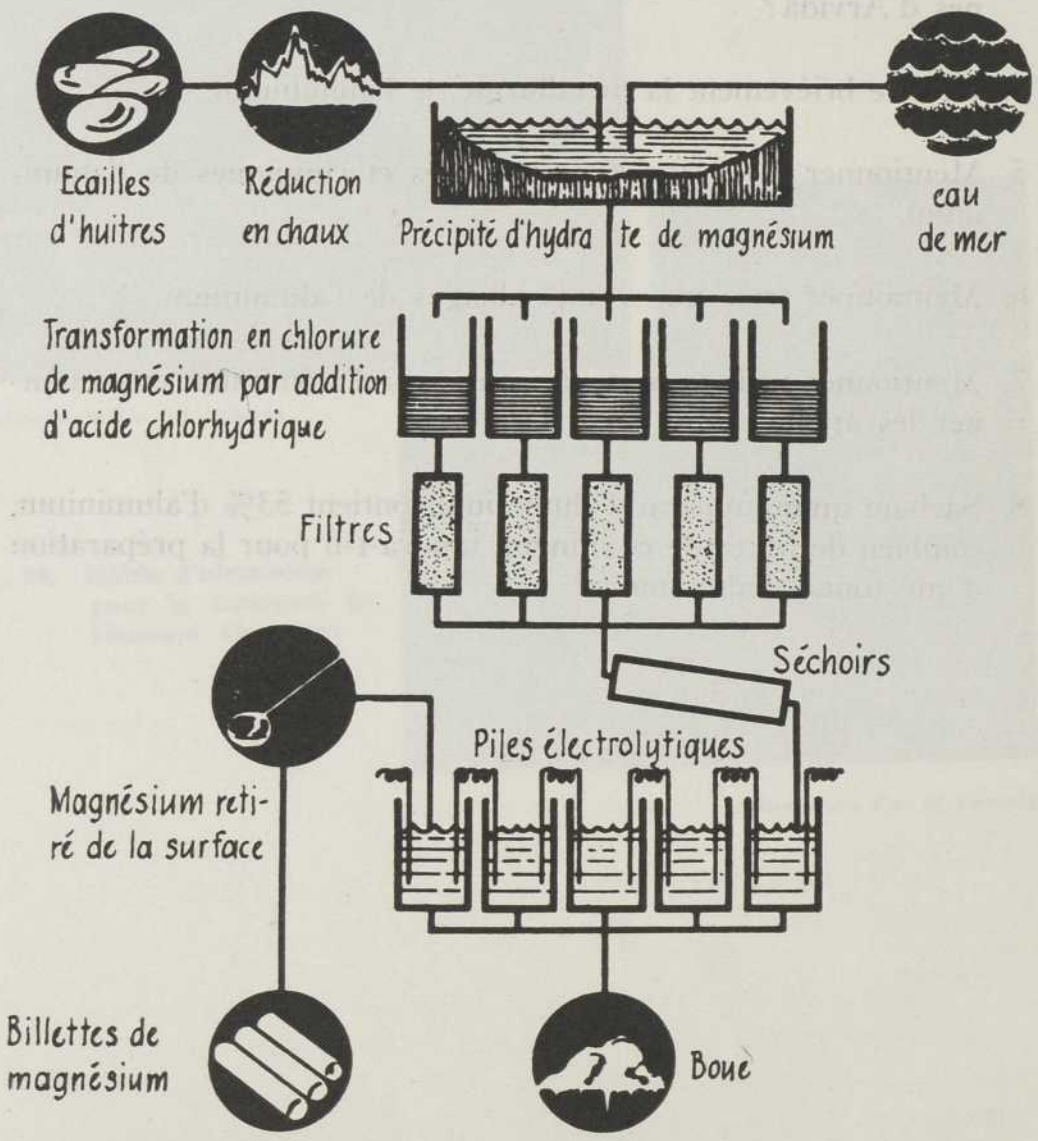


Fig. 37

une source inépuisable. L'industrie du magnésium s'est particulièrement développée aux Etats-Unis à l'occasion de la guerre par suite de fortes commandes des avionneries.

Métallurgie

Les deux plus importants minerais sont la magnésite et la dolomite. On obtient le magnésium par l'électrolyse dans une atmosphère de gaz inerte [1], afin d'empêcher la combustion du métal (fig. 37). On notera que ce métal, tel qu'on le rencontre, est protégé contre toute oxydation subséquente par une très légère couche d'oxyde de magnésium.

Propriétés

Le magnésium fond à 1200°F. Il est très ductile et malléable, mais peu résistant. Sa propriété la plus frappante est la légèreté; sa densité est de 1.74, soit à peu près les deux tiers de l'aluminium. Il forme avec celui-ci des alliages ultra-légers utiles à la construction des avions. Le magnésium ressemble beaucoup à l'aluminium. En poudre ou en copeaux minces, il brûle avec éclat. Son usinage requiert des précautions contre l'incendie; il ne faut pas laisser les copeaux s'accumuler sous le tour et l'outil doit être bien affûté pour ne pas engendrer trop de chaleur par friction (fig. 38).

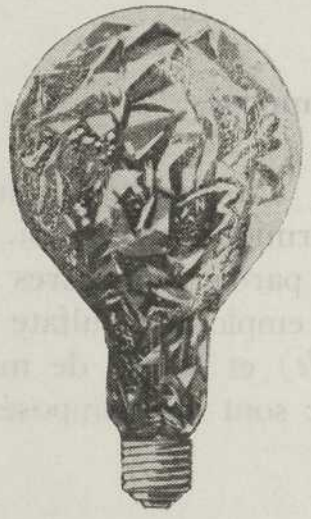


Fig. 38. Lampe-éclair au magnésium qui brûle en produisant un vif éclat de lumière.

Alliages

Les principaux alliages du magnésium sont le magnalium et le *Dowmetal* traité plus loin (fig. 39).

---

[1] Les gaz inertes comme l'hélium, le néon et l'argon sont ininflammables.

Dow Chemical Co.

Fig. 39. Le magnésium et ses alliages sont à n'en pas douter très légers.

Composés

La magnésie employée dans l'industrie comme isolant thermique sert aussi, à cause de son infusibilité, à recouvrir les parois intérieures des fournaises électriques. En médecine, on emploie le sulfate de magnésium comme purgatif *(Epsom Salt)* et le lait de magnésie comme digestif. L'amiante et le talc sont des composés de magnésium.

Usages

Il entre dans la construction des avions. Le magnésium en poudre brûle avec un éclat extraordinaire. D'où son usage pour l'illumination des champs de bataille, pour la photographie nocturne et pour la pyrotechnie, art de préparer les pièces d'artifice.

QUESTIONNAIRE

1. D'où, aux États-Unis, extrait-on le magnésium?
2. Nommer deux minerais de magnésium.
3. Quelle est la propriété physique la plus frappante du magnésium?
4. Nommer deux alliages du magnésium.
5. Expliquer un usage typique du magnésium en poudre.

ZINC

On ne trouve pas le zinc à l'état libre, mais sous forme de sulfure ou de carbonate. Les principaux minerais de zinc sont la blende, la smithsonite et la calamine. Les États-Unis sont les plus grands producteurs de zinc. Viennent ensuite la Pologne, le Canada et l'Allemagne.

Métallurgie

On commence par griller le minerai afin d'en éliminer le soufre. On mélange ensuite l'oxyde de zinc qui en résulte avec du charbon ou du coke que l'on chauffe dans des cornues spéciales pour réduire l'oxyde en zinc métallique. Parfois, le gaz sulfureux est capté et transformé en acide sulfurique.

Propriétés

Le zinc est un métal blanc gris, légèrement bleuâtre d'une densité de 7.1. A la température ordinaire il est cassant, mais chauffé à 300°F. il devient malléable et ductile. On peut facilement le mouler et le souder. Il fond à 780°F. Il est inaltérable à l'air et se couvre d'une mince couche d'oxyde qui préserve le métal d'une oxydation ultérieure. Le zinc est attaqué par la chaux et le plâtre. Ses composés sont toxiques.

Usages

On l'emploie pour galvaniser le fer et l'acier afin de protéger ces deux métaux de la rouille. Les tôles galvanisées sont des tôles d'acier recouvertes de zinc. (fig. 40).

Le zinc est aussi d'un usage fréquent dans les alliages de laiton et de bronze. Il sert à la préparation de l'hydrogène dans les laboratoires de chimie. On en fait aussi des clichés, des anodes de piles électriques, etc. (fig. 41).

Steel Co. of Canada

Fig. 40. Tôle galvanisée

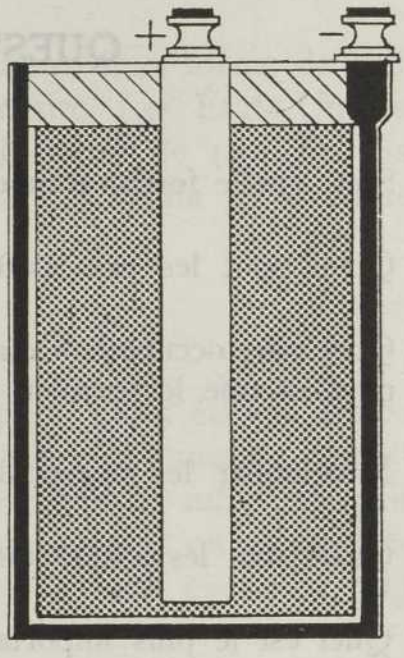


Fig. 41. Cathode de zinc d'une pile électrique

Composés

L'oxyde de zinc est un composé très important qu'on emploie pour faire de la peinture. Le chlorure de zinc sert à la préservation du bois contre la pourriture et aussi à la parcheminerie. Le sulfure de zinc est un des constituants du lithopone, un pigment blanc. Le sulphate de zinc est un mordant employé dans la teinture du coton et pour la préservation des peaux.

QUESTIONNAIRE

1. Sous quelle forme trouve-t-on le zinc dans la nature?
2. Quels sont les principaux minerais du zinc?
3. Quel rang occupe le Canada comme producteur du zinc? Quel pays occupe le premier rang?
4. Mentionner les principales propriétés du zinc.
5. Quels sont les usages du zinc?
6. Quel est le plus important composé du zinc et quel est son usage?

PLOMB

On trouve le plomb dans la nature sous forme de sulfure appelé galène et sous forme de cérusite. Les États-Unis sont de beaucoup les plus grands producteurs de plomb mais le Mexique, l'Australie, l'Espagne et le Canada en produisent aussi de grandes quantités.

Métallurgie

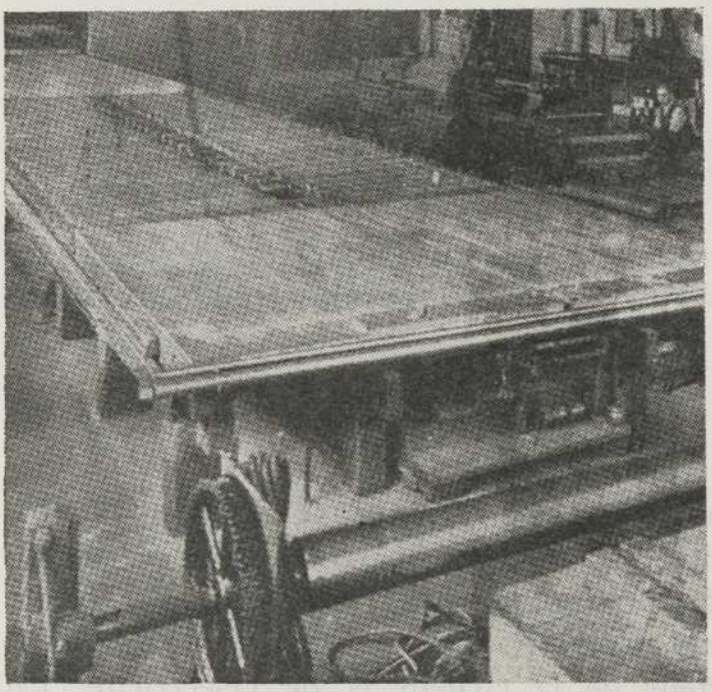
La métallurgie du plomb comporte deux étapes. D'abord, la galène est grillée dans un four à réverbère jusqu'à ce qu'une partie soit convertie en oxyde de plomb et en sulfate de plomb. Après quoi on interrompt le courant d'air et on élève la température. Le plomb ainsi libéré est ensuite coulé en lingots (fig. 42).

Propriétés

Le plomb est un métal gris bleuâtre. Il est mou, flexible et ductile. Sa ténacité est faible. Pour remédier à cet inconvénient, on l'allie à l'antimoine, à l'arsenic, au zinc et au cuivre. Le plomb fond à 626°F. et a une densité de 11.35. Il est mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. En contact avec l'air, il se recouvre d'une couche d'oxyde qui le préserve d'oxydation ultérieure. Le plomb résiste bien à l'acide sulfurique, l'un des acides les plus forts. Par contre, il est attaqué par la plupart des acides même les plus faibles, comme le vinaigre, avec lequel il forme des sels toxiques. Le plomb est donc impropre à la fabrication des ustensiles domestiques. L'eau agit sur le plomb de diverses manières. L'eau pure et aérée, eau distillée ou eau de pluie, forme une couche d'oxyde qui se transforme en carbonate. Ce carbonate rend l'eau toxique. L'eau ordinaire, de source ou de rivière, produit une mince couche de chlorure de plomb ou de sulfate de plomb qui sont tous deux insolubles. On peut donc employer le plomb dans la tuyauterie des eaux potables.

Alliages

Les principaux alliages du plomb sont le babbitt, le magnolia, le plomb de chasse, le métal blanc, les caractères d'imprimerie, la soudure des ferblantiers, les plaques d'accumulateurs, etc. On traitera de ces alliages dans un autre chapitre (fig. 43).



Canada Metal Co.

Fig. 42. Laminoir de feuilles de plomb

Fig. 43. Caractères d'imprimerie

Composés

Le plus important composé du plomb est la céruse ou blanc de plomb employé dans la peinture. La litharge sert à recouvrir les poteries d'une couche d'émail jaune orangé. La

céruse entre aussi comme ingrédient dans le cristal. Le minium est une poudre rouge qui, mélangée à l'huile, forme une excellente peinture pour protéger le fer contre la rouille. Le nitrate de plomb, obtenu par la dissolution du plomb dans l'acide nitrique, sert à la préparation du jaune de chrome.

Usages

Le plomb joue un rôle important dans les chambres de plomb où l'on prépare l'acide sulfurique. Il entre dans les alliages. On l'emploie pour les conduites d'eau, les plaques d'accumulateurs, les réservoirs, les gouttières, les toitures, les plombs de chasse, les câbles sous-marins. Près d'un tiers de la production du plomb est absorbé par la fabrication de la céruse et du minium.

QUESTIONNAIRE

1. Quel est le principal minerai du plomb?
2. Quel pays occupe le premier rang comme producteur du plomb?
3. Décrire la métallurgie du plomb.
4. Quelles sont les propriétés du plomb?
5. Mentionner les usages du plomb.
6. Quel est le plus important composé du plomb et quel est son usage? Mentionner deux autres composés et leurs usages.

ÉTAIN

Le seul minerai d'étain est le cassitérite que l'on trouve en filons dans les roches granitiques anciennes. Il renferme souvent de petites quantités de fer, de plomb, de cuivre, d'arsenic, etc. Il provient surtout du sud-est de l'Asie et de la Bolivie. Il y a aussi d'importantes mines d'étain en Birmanie et en Chine.

Métallurgie

On élimine le granit ou l'ardoise en pulvérisant et en lavant le minerai. Après quoi, on procède au grillage qui a pour résultat d'oxyder les sulfures de fer et de cuivre et de chasser l'arsenic. Après plusieurs lavages à grande eau, le minerai est réduit avec du charbon dans un four à réverbère. Le métal libéré est ensuite coulé en lingots.

Propriétés

L'étain est un métal blanc argent. Il est flexible. Quand on le ploie, il émet un son particulier — le cri de l'étain — causé par le frottement des cristaux les uns sur les autres. L'étain est passablement mou et très malléable. Il fond à 446°F. Soumis à des températures assez basses, l'étain se pulvérise partiellement. On appelle ce phénomène la peste de l'étain.

La densité de l'étain est 7.3. Ce métal est presque aussi lourd que le fer. L'eau et l'humidité de l'air ne l'affectent pas. Pour cette raison, on emploie l'étain pour recouvrir le fer, le cuivre ou le laiton.

Alliages

Le bronze et la soudure des plombiers sont des alliages, l'un à base de cuivre et d'étain et l'autre à base de plomb et d'étain. Les fusibles pour circuits électriques ont une forte teneur d'étain. Le métal anglais *(britannia metal)*, le babbitt et les papiers d'étain contiennent tous de l'étain en proportions variables.

Composés

Il existe peu de composés de l'étain dans l'industrie. On notera cependant le tétrachlorure d'étain, un mordant utilisé dans la teinture des tissus et le sulfure stannique ou or massif, une poussière jaune qui sert à bronzer et à dorer.

QUESTIONNAIRE

1. Comment appelle-t-on le seul minerai de l'étain? Dans quels pays exploite-t-on des mines d'étain?

2. Quelles sont les propriétés de l'étain?

3. Mentionner trois alliages de l'étain.

CADMIUM

Le cadmium provient d'un sulfure connu sous le nom de greenockite. On l'extrait aussi des minerais de zinc dont il est le sous-produit.

Propriétés

Le cadmium ressemble beaucoup au zinc par ses propriétés physiques et chimiques. Il a une densité de 8.6 et fond à 608°F. Il est mou, ductile et malléable. Au contact de l'air, il se recouvre d'une couche d'oxyde qui le protège. Il brûle facilement, en ruban, en fils ou en poudre.

Alliages

Il entre dans plusieurs alliages fusibles tels le *Rose's metal,* le *Wood's metal* et l'alliage *Lipowitz.* Ces deux derniers fondent à une température inférieure à 212°F., par exemple, dans l'eau bouillante. Le cadmium est aussi employé en galvanoplastie pour le placage sur fer, sur acier, sur laiton, etc.

Composés

Les principaux composés du cadmium sont un sulfure appelé greenockite, pigment jaune utilisé par les artistes, et un nitrate, employé en galvanoplastie du cadmium.

Usages

Le cadmium sert surtout d'ingrédient dans les alliages fusibles, et au placage de pièces d'acier ou de laiton.

QUESTIONNAIRE

1. Quel métal ressemble de très près au cadmium?
2. Mentionner deux usages du cadmium et aussi un composé de ce métal et son usage.

MERCURE

On extrait le mercure du cinabre, sulfure naturel de mercure que l'on trouve en masses d'un rouge vif à Idria, en Italie. L'Espagne, la Californie et le Mexique en produisent aussi, mais en quantités moindres. On le découvre également, à l'état libre, en gouttelettes dans les gisements de cinabre. C'est un métal coûteux et plutôt rare.

Métallurgie

De tous les métaux, le mercure est le plus facile à extraire de son minerai. On l'obtient en grillant le cinabre: le soufre s'échappe en gaz. On purifie ensuite le mercure ainsi libéré par distillation dans le vide.

Propriétés

Le mercure est un métal blanc, brillant et liquide à la température ordinaire. Il fond à près de 40° sous zéro, température à laquelle les échelles thermométriques sont équivalentes. Les vapeurs de mercure sont toxiques. Le cuivre, l'or, l'argent, le nickel et plusieurs autres métaux se dissolvent dans le mercure; ces solutions s'appellent des amalgames. La densité du mercure est 13.6; il est donc plus lourd que le fer et le plomb. Il s'oxyde lentement au contact de l'air, mais plus rapidement si la température s'élève à 662°F. et donne naissance à une poussière rouge qui est de l'oxyde de mercure. Il est un mauvais conducteur de l'électricité; cependant, on l'emploie, parce qu'il est liquide, dans certains instruments à contacts mobiles.

Alliages

Les alliages du mercure sont connus sous le nom d'amalgames. Les amalgames les plus connus sont l'amalgame des dentistes et l'amalgame fusible de mercure et de bismuth.

Composés

Les trois plus importants composés du mercure sont le fulminate de mercure que l'on emploie pour les amorces des armes à feu, le protochlorure de mercure ou calomel qui est un purgatif et le bichlorure de mercure qui est un antiseptique puissant.

Usages

Le mercure sert aux appareils de physique tels que les baromètres et les thermomètres, à l'étamage des glaces, en thérapeutique (fig. 44). A cause de la facilité avec laquelle il s'allie, on emploie le mercure pour l'extraction de l'or et de l'argent.

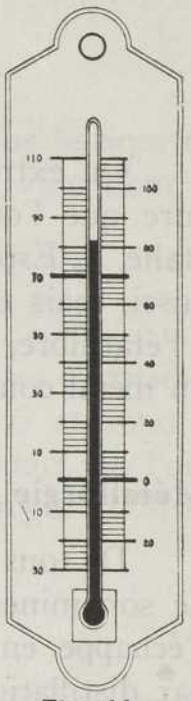


Fig. 44. Thermomètre à mercure

QUESTIONNAIRE

1. Comment nomme-t-on le principal minerai de mercure?
2. Quels sont les principaux pays producteurs de mercure?
3. Décrire la métallurgie du mercure.
4. Quels sont les usages du mercure?
5. Quelle est la plus frappante propriété du mercure?
6. Qu'est-ce qu'un amalgame?
7. Qu'est-ce que le calomel et à quoi sert-il?
8. Mentionner deux composés du mercure et leurs usages.

NICKEL

Le Canada fournit 85% de la production mondiale du nickel qui s'élève à près de 50,000 tonnes. Les mines canadiennes sont situées dans le district de Sudbury (Ontario). La Finlande et la Nouvelle-Calédonie exploitent aussi quelques gisements.

Propriétés

Le nickel est un métal blanc gris, dur et tenace. Il est polissable et ne ternit pas dans une atmosphère sèche à la température ordinaire. Il entre en fusion à 2650°F. Son poids spécifique est de 8.3 lorsqu'il est coulé et de 8.7 lorsqu'il est laminé. Il est moins magnétique que le fer. Le fer et le nickel sont les deux seuls métaux à posséder les propriétés de l'aimant. Presque aussi dur que l'acier mou, il est beaucoup plus malléable.

Métallurgie

La métallurgie du nickel est assez compliquée. On grille d'abord le minerai pour en éliminer le soufre; on le traite ensuite dans un haut fourneau. Il en résulte une matte composée de nickel, de fer et de cuivre à laquelle on applique le procédé Bessemer. Un nickel pur exige des fusions répétées.

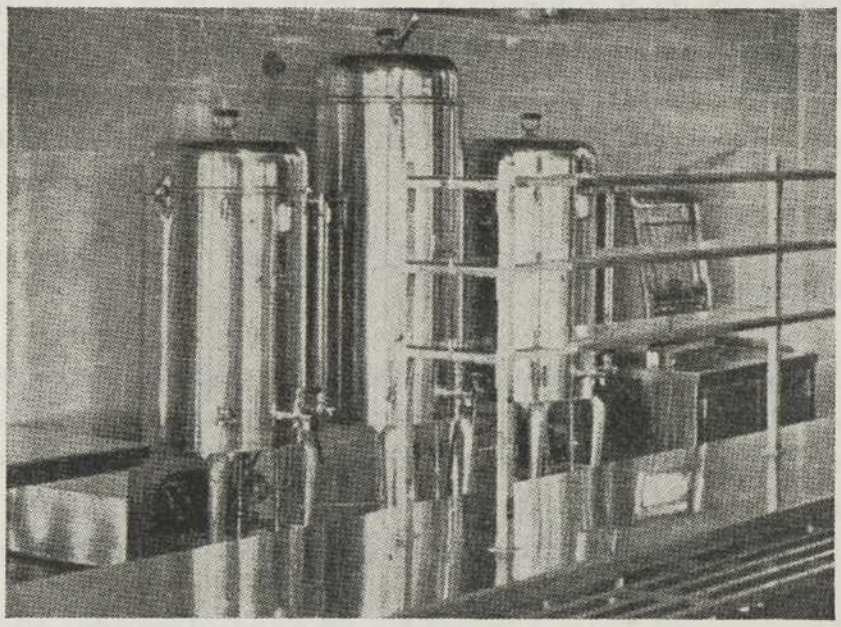
On peut également procéder par voie humide, en dissolvant le minerai avec des acides; on le sépare alors des autres métaux par des réactions chimiques.

Composés

Il n'existe qu'un seul composé important: le sulfate de nickel employé en galvanoplastie.

Alliages

Le monel est un alliage vraiment canadien, produit directement des minerais de nickel de Sudbury. Il se compose de 67% de nickel, 28% de cuivre et de 5% de fer, de manganèse et de silicium. C'est un alliage très tenace, facile à laminer et à forger. Il résiste particulièrement bien aux agents corrosifs et aux conditions atmosphériques. Il est facile à souder à l'étain ; au chalumeau acétylénique on peut le souder sans employer de décapant. Ses usages sont variés : hélices de bateaux, grilles, filtres, garnitures de pompes, soupapes, tôles pour recouvrir les tables, les éviers de cuisine, etc. (fig. 45). Les portes et les parois de la gare Jean Talon à Montréal sont recouvertes en monel.



International Nickel Co.

Fig. 45. Le monel est très employé dans les cuisines modernes

Un autre alliage important est le nichrome qui se compose de 60% de nickel, 24% de fer et 16% de chrome. Il est employé pour les fils de haute résistance dans les appareils électriques tels que chaufferettes, grille-pains, fers à repasser, etc.

Le maillechort ou argent neuf *(German Silver)*, est composé de 20% à 30% de zinc, de 58% de cuivre et de 17% à 22% de nickel. Il sert à la fabrication de cuillers et de fourchettes, d'étuis, de coussinets de machines, etc. On l'emploie cependant de moins en moins aujourd'hui ; on utilise plutôt divers alliages appelés métaux blancs *(white metal)*.

L'invar a une propriété toute particulière : son coefficient de dilatation est presque nul. Son emploi est donc tout indiqué dans la fabrication des chronomètres, des instruments de mesures de grande précision, etc.

Applications

Les aciers au nickel qui renferment de 3 à 6% de ce métal sont très employés pour les pièces spéciales de machines, de canons et de blindages. On s'en sert aussi comme pièce de monnaie. Afin d'éviter l'oxydation des objets en fer, on les recouvre souvent d'une couche de nickel par galvanoplastie.

QUESTIONNAIRE

1. Quel pays occupe le premier rang comme producteur de nickel ?
2. Quelles sont les propriétés du nickel ?
3. Mentionner un composé du nickel. Quel est son usage ?
4. Qu'est-ce que le monel, le nichrome et en donner les usages.
5. Quels sont les usages du nickel ?

COBALT

Le cobalt est un métal qui ressemble beaucoup au nickel. Aussi le trouve-t-on associé aux minerais de nickel des fameuses mines de Sudbury (Ontario). Le smaltine est un arséniure de cobalt contenant du soufre, du nickel et du fer.

Métallurgie

La métallurgie du cobalt consiste à extraire l'oxyde employé dans l'industrie, car le cobalt lui-même n'a que peu d'applications. Si, toutefois, on désire du cobalt pur, le coke réduit l'oxyde de cobalt.

Propriétés

Le cobalt ressemble tellement au nickel qu'il est difficile d'en distinguer les propriétés de celles du nickel. Son poids spécifique est de 8.75 et son point de fusion 2710°F.

Composés

Le bleu Thénard, d'une solidité remarquable, employé dans l'impression des billets de banque, est un aluminate de cobalt. Le chlorure de cobalt dissout dans l'eau forme une encre sympathique. Le protoxyde de cobalt s'emploie dans l'industrie du verre et de la porcelaine pour leur donner une couleur bleue.

Alliages

Le cobalt joue un rôle important comme élément constitutif des aciers inoxydables et des aciers à coupe rapide.

QUESTIONNAIRE

1. En quoi consiste la métallurgie du cobalt?
2. Nommer trois composés du cobalt.
3. En quelle province le trouve-t-on?
4. Nommer deux alliages du cobalt.

MOLYBDENE

Le molybdène et ses composés sont tirés de la molybdénite, minerai qui provient de l'Australie, de la Norvège, des États-Unis et du Canada.

Métallurgie

Par une succession de grillages, on obtient de l'oxyde anhydre qu'on réduit dans un courant d'hydrogène au rouge. On obtient aussi le molybdène métallique et pulvérulent. La poudre de molybdène s'agglomère facilement en baguettes sous une forte compression et se laisse façonner en fils très fins.

Propriétés

Le molybdène fond à une température voisine de 4750°F. Son poids spécifique est 10.2. Il est blanc; à l'état pur, il est ductile et facile à forger. Le molybdène résiste bien aux influences atmosphériques, aux températures ordinaires mais il s'oxyde rapidement à chaud.

Usages

Le molybdène est surtout employé comme métal constitutif dans les aciers spéciaux destinés à la fabrication des plaques de blindage, des aimants permanents, de chaudières à haute pression, de coffres-forts, de certaines parties des lampes électriques et de radio, etc.

QUESTIONNAIRE

1. Quel est le minerai du molybdène?
2. Décrire brièvement la métallurgie du molybdène.
3. Enumérer ses principales propriétés.
4. Citer quelques usages du molybdène.

CHROME

Le principal minerai de chrome est le chromite, un oxyde que l'on trouve surtout en Nouvelle-Calédonie, en Turquie, en Afrique du Sud, en Russie et en Yougoslavie.

Métallurgie

La préparation du chrome se fait au four électrique par l'aluminothermie ou par réduction avec l'anthracite (fig. 46).

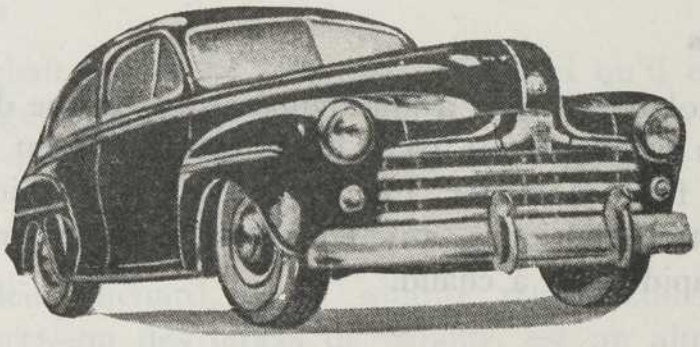


Fig. 46. L'industrie de l automobile utilise de fortes quantités de chrome.

Le chrome est un métal blanc, très dur et cassant. Il fond à 2800°F. et a une densité de 7.1. Il ne ternit pas à l'air.

Composés

Le bichromate de sodium s'emploie dans le tannage des cuirs et aussi comme réactif dans les laboratoires de chimie.

L'hydroxyde de chrome est un mordant utilisé dans la teinture. L'oxyde de chrome est un pigment vert souvent employé par les artistes ainsi que par les verriers pour donner une teinte verte au verre. L'acide chromique sert au placage au chrome.

Alliages

On a déjà mentionné le nichrome. Les aciers au chrome jouent un rôle important dans la fabrication d'organes de machines qui doivent être très durs et très résistants. Les couteaux d'acier inoxydables ont une forte teneur de chrome.

Usages

Le chrome ne s'emploie jamais à l'état pur, mais dans des alliages avec le fer, le cuivre, l'aluminium, le nickel, etc.

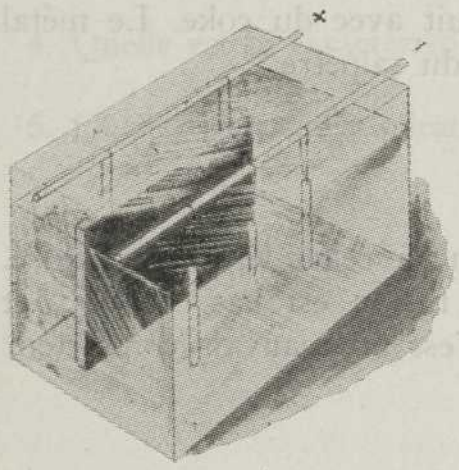


Fig. 47. Principe général de la galvanoplastie

Depuis quelques années, le chromage, qui consiste à recouvrir les métaux d'une couche de chrome par galvanoplastie (fig. 47), se substitue de plus en plus au nickelage des différentes parties des automobiles (fig. 46).

Le ferro-chrome est employé dans les aciéries et les fonderies pour la fabrication des alliages d'aciers et de fontes au chrome. Le chrome allié à l'acier rend celui-ci inoxydable; d'où le nom d'acier inoxydable.

QUESTIONNAIRE

1. Nommer deux pays producteurs de chrome.
2. Quelles sont les propriétés du chrome?
3. Parler de ses principaux composés.
4. Quels sont les usages du chrome?
5. Quel est son rôle dans les aciers?

BISMUTH

On trouve le bismuth principalement à l'état natif, mais aussi sous forme d'oxyde et de sulfure.

Métallurgie

L'extraction du bismuth de ses minerais est facile. On procède d'abord au grillage pour en dégager le soufre. L'oxyde de bismuth qui en résulte est réduit avec du coke. Le métal est ensuite purifié par fusion avec du salpêtre.

Propriétés

Le bismuth est un métal blanc à reflet légèrement rose. Il est très cassant. Son point de fusion est bas, 518°F., et son poids spécifique est de 9.8. C'est un mauvais conducteur d'électricité.

Alliages

Les alliages de bismuth sont importants à cause de leur fusion à basses températures. De plus, ils ont l'étrange propriété de se dilater en se solidifiant. L'alliage connu sous le nom de métal *Wood* se compose de 4 parties de bismuth, 2 de plomb, 1 de cadmium et 1 d'étain. Il fond à 154°F. Comme l'eau bout à 212°F., à la pression ordinaire, cet alliage fond facilement dans l'eau bouillante. Les autres alliages de bismuth sont le métal Lipowitz qui fond à 154°F., et le métal *Rose* qui fond à 212°F. Ces trois alliages servent à la fabrication de fusibles électriques, de soupapes de sûreté pour bouilloires, d'extincteurs automatiques, etc.

Les composés du bismuth n'ont pas d'applications industrielles.

QUESTIONNAIRE

1. Comment prépare-t-on le bismuth ?
2. Est-il bon conducteur d'électricité ?
3. Nommer deux alliages de bismuth.
4. Quelle est la caractéristique des alliages de bismuth ?
5. Quelles sont ses applications industrielles ?

ANTIMOINE

La moitié de la production mondiale d'antimoine provient de la Chine. Parmi les autres pays producteurs, on remarque la France, le Mexique, l'Allemagne, l'Espagne, l'Australie et les États-Unis.

Son principal minerai est la stibine, un sulfure d'antimoine. Il se rencontre aussi, en petites quantités, dans les minerais de plomb et de fer.

Métallurgie

On grille la stibine afin d'en éliminer le soufre. On ajoute ensuite du fer et on calcine le mélange dans un creuset. Le métal ainsi obtenu est très impur; on le purifie par des fusions répétées.

Propriétés

L'antimoine est un métal blanc, cristallin et très cassant. Son poids spécifique est de 6.7. Il fond à 1166°F. Comme le bismuth, il se dilate en se solidifiant; les alliages à grande teneur d'antimoine, coulés dans des moules, prennent ainsi fidèlement la forme de l'empreinte et forment des angles vifs. C'est pourquoi on emploie des alliages d'antimoine dans la fabrication des caractères d'imprimerie car il leur donne une plus grande dureté comparativement au plomb.

Alliages

Le babbitt, de composition variable, est un alliage antifriction employé dans les coussinets. Le métal Britannia, contenant 12% d'antimoine, est utilisé dans la fabrication de cuillers et de fourchettes. Tel que mentionné plus haut, on l'emploie aussi dans les alliages qui forment les caractères des linotypes, où il durcit appréciablement les alliages de plomb.

Le seul composé d'antimoine d'une importance industrielle est le sulfure d'antimoine qui entre dans la fabrication des allumettes.

QUESTIONNAIRE

1. La Chine produit-elle beaucoup d'antimoine ?
2. Quel est le principal minerai d'antimoine ?
3. Quelle est la métallurgie de l'antimoine ?
4. Par quelle propriété l'antimoine ressemble-t-il au bismuth ?
5. Nommer deux alliages.
6. A quoi sert le sulfure d'antimoine ?

TUNGSTÈNE

Les minerais de tungstène sont très pauvres et très rares. Les pays producteurs sont les États-Unis, l'Australie, le Portugal, la Chine et l'Amérique du Sud.

Métallurgie

Les minerais sont grillés, traités à l'acide chlorhydrique puis à l'ammoniaque, afin d'obtenir un oxyde que l'on réduit ensuite au four électrique par le coke.

Propriétés

Le tungstène est un métal gris. Sa température de fusion est la plus élevée de tous les métaux, 6100°F. Il ne s'oxyde pas à l'air. Son poids spécifique est 19.6; il est donc presque trois fois plus dense que le fer.

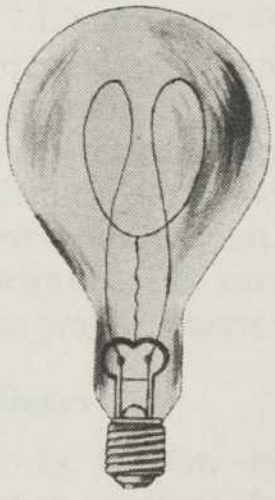


Fig. 48. Ampoule électrique avec filament en tungstène.

Usages

Les filaments d'ampoules électriques se composent de tungstène pur (fig. 48). Les outils à coupe rapide sont à base de tungstène. Allié au fer, il forme plusieurs aciers spéciaux et entre dans la composition des aciers à coupe rapide.

Le tungstate de sodium est un mordant employé dans la teinture. La mousseline traitée au tungstate est à l'épreuve du feu.

Carbures de tungstène *(tungsten carbides)*

La production rapide telle que pratiquée de nos jours requiert des outils permettant des vitesses de coupe que l'on tenait pour impossibles à atteindre, il y a quelque vingt ans.

Les carbures de tungstène *(carboloy, armide, etc.)* sont des agglomérations de poudres de carbone, de tungstène et de cobalt, agglomérations dont on explique le procédé au chapitre des « poudres de métal ». Leur dureté est d'environ les 9/10 de celle du diamant.

On les emploie dans la fabrication d'outils de tour, de fraises, de forets, d'alésoirs, de scies, etc. Ces outils conservent alors leur tranchant même au rouge car le point de fusion est d'environ 5500°F. Ils sont tellement durs qu'ils usent les meules ordinaires nécessitant l'emploi de meules appropriées pour l'affûtage. Dans l'usinage des pièces en plastiques, ils sont avantageusement employés là où les outils de coupe ordinaires ne peuvent conserver leur tranchant. La surface des gabarits de vérification en est recouverte.

Pour l'usinage de pièces de fonte, la production peut augmenter d'environ 50% à comparer aux outils à coupe rapide ordinaires. Par contre, dans les alliages non ferreux, l'augmentation du rythme de production peut atteindre 200 à 300%.

Il ne faudrait pas confondre le carbure de tungstène avec l'acier à coupe rapide quoique celui-ci contienne du tungstène.

QUESTIONNAIRE

1. Comment traite-t-on le minerai de tungstène?
2. Nommer ses propriétés principales.
3. Mentionner trois usages.
4. Quels sont les usages du tungstate de sodium?
5. Quelle qualité acquiert la mousseline traitée au tungstate?
6. De quoi sont composés les carbures de tungstène?
7. Quels sont les principaux usages de ces carbures?

MANGANÈSE

La Russie est le pays qui produit le plus de manganèse. Viennent ensuite le Brésil et les Indes Britanniques. Les autres pays producteurs sont les États-Unis, la Grèce, la France et le Japon. Le principal minerai est un oxyde appelé pyrolusite.

Métallurgie

On peut préparer le manganèse pur par l'aluminothermie, mais l'industrie a rarement besoin de manganèse pur. Il est moins coûteux d'employer le ferro-manganèse constitué de 40% de fer et de 60% de manganèse dans les fonderies et les aciéries.

Propriétés

Le manganèse est un métal gris-blanc, très cassant et très dur. Il fond à 2280°F. et a une densité de 7.4.

Alliages

L'alliage manganin comprend 84% de cuivre, 4% de nickel et 12% de manganèse. Il entre dans la fabrication des fils à grande résistance qui font partie des instruments de mesure dans les circuits électriques. La résistance de ces fils ne varie pas avec les changements de température.

Le manganèse est surtout employé comme alliage avec l'acier. Les aciers à grande teneur de manganèse (jusqu'à 14%) sont très durs et très résistants à l'usure. On les emploie dans la fabrication des mâchoires de concasseurs de pierres, des aiguilles de chemins de fer, des portes massives de coffres-forts, etc. L'acier au manganèse est tellement dur qu'on ne peut l'usiner qu'avec des meules d'émeri ou de corindon.

Composés

Le permanganate de sodium est un désinfectant énergique. Le bioxyde de manganèse ou pyrolusite est utilisé par les verriers pour supprimer la couleur verte des verres contenant des silicates ferreux.

QUESTIONNAIRE

1. Quel est le plus grand pays producteur de manganèse?
2. Qu'est-ce que la pyrolusite?
3. Parler du manganin.
4. Quelle est la couleur naturelle du manganèse?
5. Quelle qualité procure-t-il à l'acier?

VANADIUM

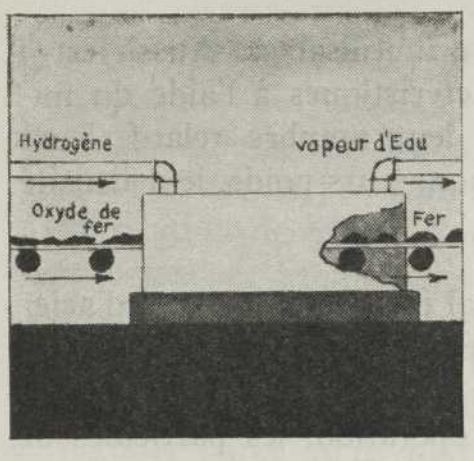
Le vanadium est un métal rare et coûteux qu'on n'emploie jamais à l'état pur, mais toujours comme alliage avec l'acier. Ses composés n'ont pas d'applications industrielles. Le vanadium a une densité de 5.7 et un point de fusion de 3110°F.

Les aciers à base de vanadium sont caractérisés par leur grande ténacité et leur résistance à la torsion. On les emploie pour la fabrication d'essieux d'automobiles, de chassis de locomotives, de ressorts, etc. Il entre aussi dans la composition de certains aciers à coupe rapide.

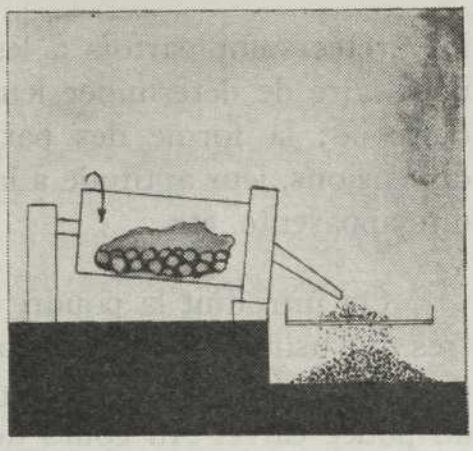
EMPLOI DES POUDRES DE METAL EN METALLURGIE

Le procédé des poudres de métal en métallurgie, en usage depuis une dizaine d'années, a connu pendant la dernière guerre un développement inattendu. Sous la poussée des événements, les spécialistes ont perfectionné les techniques de 1939 dans toute la mesure du possible. Au lieu d'utiliser les procédés habituels de la fonte et du coulage des métaux dans des moules et de l'usinage des pièces, on a eu recours à une ingénieuse technique qui consiste à utiliser la poudre du métal.

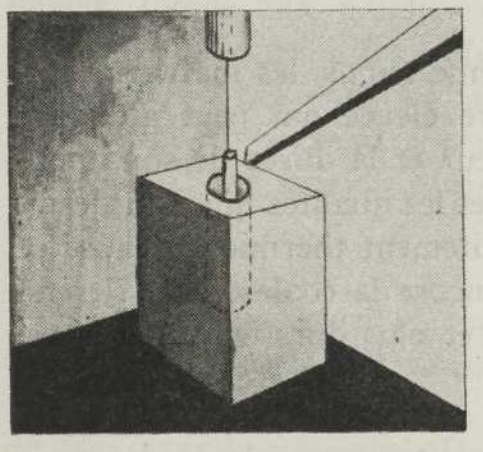
On commence par pulvériser les métaux. C'est une opération dont sont chargées des usines spécialisées qui fournissent sur demande les poudres désirées. Cette réduction des métaux en poudre plus ou moins fine, ou plus exactement en particules de différentes grosseurs dont les plus petites (1 micron ou 0.001mm) sont les plus appréciées, s'opère de plusieurs façons; par réactions chimiques sur des sels métalliques, par électrolyse de sels en fusion ou de solutions aqueuses, etc. On est parvenu à réduire en poudre la plupart des métaux. Ces poudres doivent être très pures; la présence de quelques



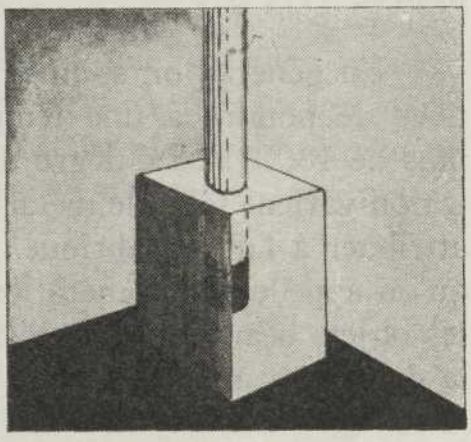
a) **Réducation de l'oxyde de fer dans une atmosphère d'hydrogène**



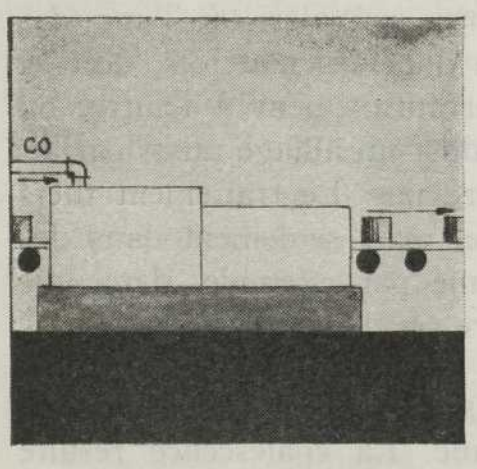
b) **Broyage très fin du métal**



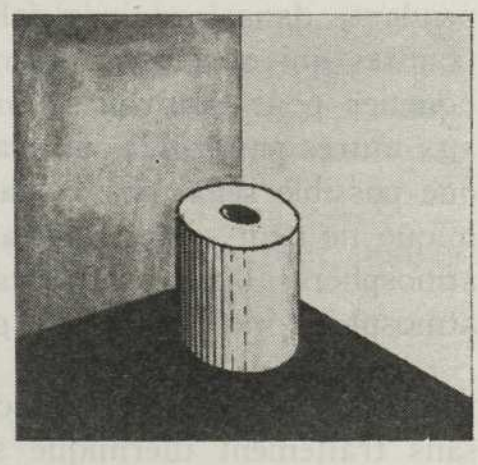
c) **Versement de la poudre de métal dans une matrice**



d) **Soumission de la poudre à une pression considérable**



e) **Chauffe des pièces à une température qui atteint quelquefois 1800°F.**



f) **Pièce terminée**

Fig. 49. Processus général de la métallurgie en poudre.

impuretés suffit parfois à les rendre inutilisables. Aussi, est-il nécessaire de déterminer leurs caractéristiques à l'aide du microscope: la forme des particules, leur nombre relatif, leurs dimensions, leur aptitude à la cohésion, leurs poids, leur densité dite apparente, etc.

On introduit la poudre de métal dans des matrices d'acier très dur usinées avec une grande précision (fig. 49). La poudre de métal y est alors soumise à une pression de 5 à 90 tonnes au pouce carré. Au cours de cette opération, les particules de métal glissent les unes sur les autres, s'écrasent mutuellement et finissent par se tasser définitivement pour constituer l'objet désiré.

En général, on soumet, en même temps, les matrices remplies de poudre à une température élevée qui peut atteindre plus de 1800°F. Le degré de chaleur et la durée de son application varient selon le métal traité et les qualités que l'on désire attribuer à l'objet fabriqué. Ce traitement thermique réalise ce qu'on appelle l'agglomération ou encore la coalescence. Il rend les objets beaucoup plus résistants et plus durs en augmentant la densité du métal.

Il faut éviter toutefois de soumettre la poudre à une température voisine ou supérieure à son point de fusion, sauf, cependant, dans certaines fabrications spéciales où l'une des poudres qui composent le mélange dans les matrices, doit se liquéfier pour pouvoir se mélanger intimement à l'autre, ou aux autres poudres, pour réaliser ainsi un alliage aussi parfait que possible selon des modalités prévues. Le traitement thermique ne peut se faire à l'air libre, mais seulement dans des atmosphères dites contrôlées, comme par exemple, dans une atmosphère inerte, dans un gaz rare ou dans le vide.

Il existe aussi certains cas où seule la pression est utilisée sans traitement thermique simultané. La coalescence résulte alors de la chaleur produite dans les matrices par la compression elle-même, par le frottement des particules, leur écrasement ou leur interpénétration moléculaire.

Pour produire la compression désirée, on utilise des presses hydrauliques, des machines-outils à cames ou à articulations dites genouillères. Un des avantages de ce procédé et même sa supériorité sur les procédés autrefois employés est de permettre la fabrication de pièces d'outillage d'importance essentielle en mécanique, par exemple, les objets en métaux dits poreux que l'on obtient en utilisant une pression déterminée et une température modérée. Tels sont les coussinets qui, grâce à ce procédé de fabrication, ne réclament pas un graissage compliqué et régulier parce qu'ils font eux-mêmes ce graissage de façon autonome *(self-lubricating)*, en utilisant l'huile dont la porosité du métal a permis qu'ils se gorgent pour une période très prolongée. Grâce aux poudres de métal, on a pu fabriquer des pièces métalliques dites réfractaires comme les filaments de tungstène utilisés dans les lampes électriques d'éclairage et de radio. On est parvenu à produire des filaments extrêmement rigides et d'une tension toujours égale entre leurs deux points d'attache.

Ce procédé est plus coûteux que les autres procédés de fonte et de coulage. Il permet toutefois d'obtenir une grande précision dans la production des pièces essentielles ou d'objets de très grande nécessité. Il supprime dans une forte proportion les bavures, les chutes et les pertes de métal. En effet, la plupart des objets ainsi fabriqués n'ont besoin d'aucun usinage supplémentaire à leur sortie des matrices. Ce procédé réduit donc la main-d'œuvre proprement dite. A cause de ces avantages, on s'efforce actuellement d'en généraliser la technique.

Voici brièvement les avantages du procédé des poudres de métal.

a) Il permet les alliages de métaux réfractaires,
b) Il n'occasionne aucune perte des constituants par volatisation, dans les alliages,
c) Il n'introduit pas d'impuretés, amenées par les combustibles,
d) Il permet l'alliage facile de métaux à point de fusion fort différents,

e) Il permet l'incorporation facile d'éléments non métalliques aux métaux,
f) Il produit des pièces à dimensions rigoureusement contrôlées,
g) Il procure une économie de matériel,
h) Il rend possible une production facile d'objets bimétalliques.

QUESTIONNAIRE

1. Décrire brièvement le procédé de la fabrication de pièces avec la poudre de métal.

2. Quels sont les avantages de ce procédé?

3. Exprimer en cent-millième de pouce, la grosseur d'un grain de poudre qui mesure 1 micron (1 micron est la millième partie d'un millimètre).

3
alliages

Les alliages ont pour but de modifier les propriétés de certains métaux. Ainsi, l'or et l'argent sont des métaux mous; on ne peut les employer seuls dans la fabrication des monnaies ou des bijoux car ils s'useraient trop vite. On les allie à une petite quantité de cuivre; les alliages obtenus, suffisamment durs, sont aussi inaltérables que les métaux eux-mêmes.

Lorsqu'un métal précieux comme l'or et l'argent entre dans un alliage, on l'appelle métal fin.

Le titre d'un alliage est le rapport entre la masse du métal précieux et la masse totale de l'alliage; il s'exprime toujours par une fraction décimale.

Les propriétés d'un alliage n'équivalent pas à la moyenne des propriétés des métaux constitutifs. Ainsi, le fer et le nickel sont des métaux magnétiques, tandis qu'un alliage de ces deux métaux (25% Ni et 75% Fe) est non magnétique. Le plomb et le cuivre sont très malléables mais leurs alliages sont cassants. La malléabilité d'un métal, son point de fusion et sa conductivité thermique et électrique sont diminués quand on lui ajoute un autre métal. Les alliages sont toujours plus fusibles que le moins fusible des métaux composants. Il peut même arriver qu'ils soient plus fusibles que le plus fusible.

ALLIAGES DE CUIVRE

A. Bronzes

Les bronzes sont des alliages de cuivre et d'étain. Leur composition varie entre 80% de cuivre et 20% d'étain, et 95% de cuivre et 5% d'étain. Ils sont durs et inoxydables.

Le bronze à canon *(gun metal)* est un alliage très dur et très tenace composé de 90% de cuivre et de 10% d'étain; on l'emploie aujourd'hui dans la fabrication de lourdes pièces coulées.

Le métal de cloche *(bell metal)* est un bronze dur et sonore employé dans la fabrication des cloches et des gongs. Sa teneur en étain est d'environ 20%.

Les bronzes à phosphore contiennent environ 1% de phosphore. Particulièrement tenaces et inoxydables, on les emploie pour la fabrication de tubes de chaudières et de condenseurs à vapeur, de tiges de pompes, de cuves et d'autres articles exposés à l'action des liquides. Aussi, s'en sert-on pour fabriquer les statues exposées aux intempéries.

Le terme bronze indique essentiellement un alliage binaire composé de cuivre et d'étain. Mais le terme est aussi employé pour désigner des alliages contenant du cuivre, de l'étain et un ou deux autres métaux. Il en est ainsi pour le bronze Tobin (62 Cu, 37 Sn, 1 Zn), un bronze inoxydable, fort et facile à usiner, souvent employé dans la fabrication des tiges de pompes, des soupapes, des baguettes à braser, etc.

Le bronze moderne (87 Cu, 4 Zn, 6.5 Sn, 2.5 Pb) est très dur et très résistant aux conditions atmosphériques. On l'emploie dans les ornements architecturaux, les portails, les fonts baptismaux, etc.

Le bronze d'aluminium (90 Cu, 10 Al) est un alliage binaire. Strictement parlant, le terme est inexact vu qu'il ne contient pas d'étain. Il trouve son application dans la ferronnerie d'art.

Les bronzes à coussinets (fig. 50) contiennent parfois 4%

Canada Metal Co.

Fig. 50. Bronze à coussinets

ou 5% de plomb. Lorsque l'alliage fondu se solidifie, le plomb se sépare. Il se forme alors dans l'alliage des agrégations de métal moins dur qui s'usent rapidement et constituent des cavités où se loge le lubrifiant.

B. Laiton

Le laiton ou cuivre jaune est essentiellement un alliage binaire composé de cuivre et de zinc en proportions variables. Les laitons constituent un groupe d'alliages très importants dans l'industrie. Très ductiles et malléables, ils résistent bien aux conditions atmosphériques. Leur couleur attrayante ressemble à celle de l'or.

Les laitons ainsi que plusieurs autres métaux et alliages deviennent durs et cassants lorsqu'ils sont travaillés à froid. Ceci nécessite une recuite entre les opérations successives. Il en est de même de la fabrication des fils de laiton : après avoir étiré le laiton une première fois, il faut le chauffer au rouge pour l'amollir avant de lui faire subir un second étirage.

Le laiton coulé est mou et ductile, mais sa composition n'est pas homogène ; certaines portions de la masse contiennent plus de zinc que d'autres. Aussi, les pièces coulées sont-elles quelquefois poreuses.

Les usages du laiton dans l'industrie sont très nombreux. Il est facile à usiner rapidement, à laminer, à repousser et à souder. Les tôles de laiton sont employées pour fabriquer une grande variété d'articles comme les accessoires électriques, les vis, les rondelles, les boulons, les tuyaux, les robinets, les fils, etc.

Le bronze à manganèse est en réalité un laiton contenant très peu d'étain, de fer et de manganèse. Sa composition varie entre 57 à 62% de cuivre, 36 à 40% de zinc, 0.5 à 1.5% d'étain, 9.5 à 1% de fer, moins de .5% de manganèse et moins de .2% de plomb. C'est un alliage facile à forger et à laminer. Il résiste bien à la corrosion et à l'action de l'eau salée. Cette propriété le rend propre à la fabrication des moteurs marins, des béliers hydrauliques, des cylindres, des hélices de navires, des tubes de condenseurs à vapeur, etc.

La manganine (84 Cu, 4 Ni, 12 Mn) malgré sa haute teneur de cuivre, est un très mauvais conducteur d'électricité. On l'emploie dans la fabrication de fils à grande résistance formant partie des instruments de mesure dans les circuits électriques. Les fils de manganine ont une résistance électrique constante qui ne varie pas avec les changements de température.

Les baguettes à braser sont souvent composées d'un alliage binaire de 55% de cuivre et de 45% de zinc.

On n'a mentionné que les alliages les plus importants du cuivre. Il va sans dire qu'il y a plusieurs autres alliages de ce métal aux applications nombreuses et particulières dans l'industrie.

ALLIAGES D'ALUMINIUM

La principale propriété des alliages d'aluminium, est leur légèreté. Ces alliages résistent bien aux conditions atmosphériques, mais les solutions alcalines et l'eau salée les attaquent. Ils sont plus difficiles à souder que l'acier et la fonte.

Le duralumin ou alliage 17S (A1 95 Cu 4, Mg 0.5, Mn 0.5) très tenace et très léger entre fréquemment dans la fabrication des avions.

Le magnalium (A1 et 10% de Mg) ressemble à l'aluminium pur, mais il est plus facile à usiner (qualité désirable dans la production en série).

L'alliage de l'aluminium et du cuivre, pourvu que ce dernier n'excède pas 5%, est employé dans la fabrication de petites pièces coulées. Elles sont alors plus dures, plus fortes et plus tenaces que si elles étaient coulées en aluminium pur.

ALLIAGES DE MAGNÉSIUM

Un alliage de magnésium fort employé dans la fabrication de pièces coulées est le Dow metal (nom de commerce déposé) dont la composition type est Al 6%, Mn 0.2%, Zn 3% et environ 90% de magnésium. Le manganèse, quoique de faible teneur, donne à l'alliage une résistance contre la corrosion tandis que le zinc le rend indifférent à l'action de l'eau de mer. L'aluminium en augmentant la fluidité du Dow metal produit un alliage facile à couler.

La densité de cet alliage n'est que de 1.83, à peu près les deux tiers de celle de l'aluminium. Les pièces coulées en Dow metal ne sont pas seulement très légères mais aussi très fortes et très faciles à usiner rapidement, c'est-à-dire avec une vitesse de coupe de beaucoup supérieure aux vitesses de coupe possibles dans l'usinage des autres métaux ou alliages. Pour cette raison, lorsque les frais d'usinage d'une pièce constituent la majeure partie du coût total, les pièces coulées en alliage de magnésium peuvent faire concurrence aux pièces coulées en alliage moins coûteux (fig. 51).

Les manufactures d'avions, surtout, emploient des alliages de magnésium tel que le Dow metal. Les plus importantes applications sont la fabrication de pièces coulées dans des moules de sable ou coulées par injection dans des moules d'acier *(die casting)* comme les pièces de moteurs à explosion, les démarreurs, les boîtes d'instruments indicateurs, les roues d'atterrisage, les brides et les consoles formant partie des structures des aéroplanes. On emploie aussi cet alliage pour faire des châssis de moules en sable, des plaques pour modèles en série, des boîtes à noyaux, des gabarits, des appareils de montage *(jigs)*, etc. Les pièces en alliage de magnésium coulées par injection ont aussi plusieurs applications dans la fabrication de pièces d'appareils de sécurité, comme les tenailles, les lunettes protectrices, les gardes de scies circulaires et aussi les accessoires de bureaux, les aspirateurs et appareils électriques, les pièces

pour les appareils transporteurs *(conveyors)*, les pièces d'outillage où leur légèreté permet une opération plus économique et épargne beaucoup de fatigue humaine.

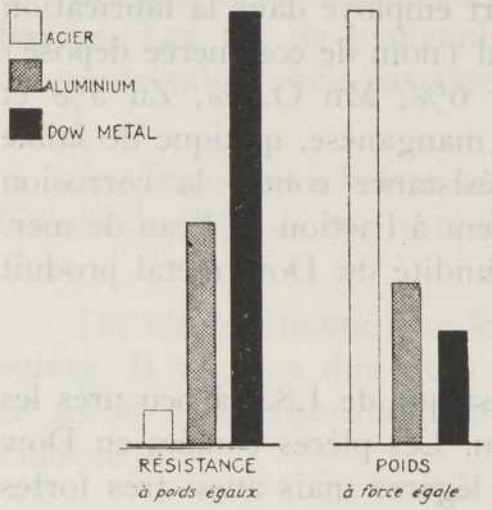


Fig. 51. Comparaison entre l'acier, l'aluminium et le Dow metal en ce qui a trait à leur résistance et à leur poids.

ALLIAGES DE PLOMB

Les alliages de plomb et d'étain sont principalement employés dans la fabrication des jouets et comme métal d'apport dans les soudures à basse fusion. Celui qu'emploient les plombiers contient 67% de plomb et 33% d'étain, tandis que celui des ferblantiers contient ces deux métaux en parties égales *(half and half solder)*.

Les alliages de plomb et d'antimoine, ce dernier variant entre 12% à 17%, sont employés pour les coussinets assujettis à de légères charges. Le plomb de chasse et les boulets sont faits de plomb contenant un peu d'antimoine pour les durcir.

L'alliage ternaire de plomb, d'antimoine et d'étain est très important dans la fabrication des caractères d'imprimerie.

Le magnolia (78 Pb, 16 Sb, 6 Sn) est très employé comme métal à coussinets où s'exercent des pressions moyennes.

Les plaques d'accumulateurs électriques se composent de 94% de plomb et de 6% d'antimoine.

ALLIAGES D'ÉTAIN

En plus des alliages d'étain déjà mentionnés, on a le métal Britannia dont la composition varie beaucoup, quoique dans tous les cas, sa teneur en étain soit de 80% à 90%. C'est un alliage qui ressemble à l'argent, susceptible d'un poli brillant qui résiste à l'action de l'atmosphère. Il est facile à étamper et à repousser et ne nécessite aucun recuit entre ces diverses opérations. On l'emploie beaucoup dans la fabrication des cuillers et des fourchettes, des plats et des plateaux, etc., parfois recouverts d'une couche d'argent appliquée par l'électrolyse.

La composition du métal Britannia ressemble beaucoup à celle du vrai babbitt.

ALLIAGES DE NICKEL

Comme élément constitutif des aciers spéciaux de grande tenacité, le nickel joue un rôle des plus importants. Les aciers au nickel sont si nombreux et le sujet si vaste qu'on se bornera à ne mentionner que quelques applications de ces aciers dans l'industrie. Les charpentes métalliques des ponts et des gratte-ciel sont faites d'acier contenant de 3% à 4½% de nickel. Les aciers à teneur de nickel jusqu'à 8% sont très employés dans les ponts à longue portée, dans les essieux et les arbres de couche qui sont assujettis à de sévères torsions. On les emploie aussi dans la fabrication des canons et des chars blindés, des coussinets, des pièces forgées ou coulées, etc.

Les aciers contenant de 30% à 35% de nickel résistent particulièrement bien à la corrosion et c'est la raison de leur emploi dans les soupapes et les tiges des moteurs à explosion, les tubes de chaudières, les grillages et les câbles d'acier exposés à l'action de l'eau de mer, etc.

L'invar, acier contenant 36% de nickel, a un coefficient de dilatation presque nul. Pour cette raison, on l'emploie dans la

fabrication des pendules, des chronomètres, des rubans d'arpenteurs et dans plusieurs appareils où les changements de dimensions causés par des variations de température doivent être très faibles (fig. 52).

Le platinite, acier contenant 46% de nickel et très peu de carbone, a le même coefficient de dilatation que le verre. Il remplace le platine, métal excessivement coûteux, dans la fabrication des ampoules électriques.

Pour la description et l'emploi du plus important alliage de nickel, le monel, on est prié de référer à la page 132.

ALLIAGE ALNICO

L'alnico, un alliage d'aluminium, de nickel, de cobalt et de fer, en proportions variables, est employé à la fabrication des aimants permanents formant partie de plusieurs instruments tels que boussoles, microphones, magnetos, appareils de mesures électriques, mandrins magnétiques *(magnetic chucks)*, etc. Cet alliage découvert récemment est très supérieur aux aimants en acier à carbone. La composition de l'alnico V, le plus récent et le plus remarquabble des alliages pour aimants permanents, comprend 8 parties d'aluminium, 14 de nickel, 24 de cobalt, 3 de cuivre et 51 de fer.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'est-ce que le métal fin d'un alliage?

2. Qu'entend-on par le titre d'un alliage?

3. Un alliage ternaire est composé de 64 parties de cuivre, 32 d'argent et d'or. Quel est le titre de l'or dans cet alliage? (Réponse à 4 décimales près).

4. Définir bronze et laiton.

5. Mentionner quelques applications des bronzes à phosphore.

6. Quelles sont les propriétés générales et les applications du laiton?

7. Nommer deux alliages d'aluminium. Quelle est la principale propriété des alliages d'aluminium?

8. Quelle est la composition du Dow metal?

9. Quels sont les usages principaux du Dow metal?

10. Dire tout ce qui concerne les alliages du plomb.

11. Qu'est-ce que le métal Britannia? Quel est son usage?

12. Quelle est la caractéristique de l'invar? Mentionner quelques-unes de ses applications.

ACIERS À COUPE RAPIDE

L'emploi d'aciers spéciaux permettant une vitesse de coupe deux fois supérieure à celle des simples aciers au carbone a donné lieu à l'usinage rapide des métaux, depuis une trentaine d'années.

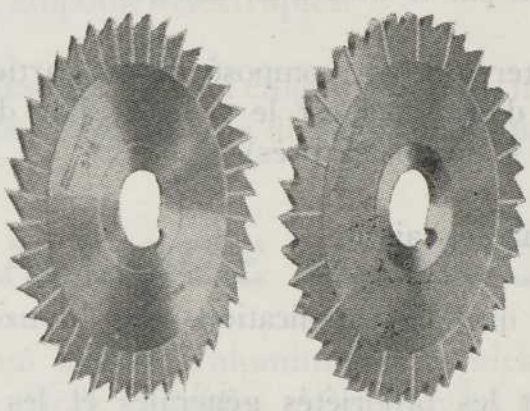


Fig. 52. Fraises en acier à coupe rapide

B. & S.

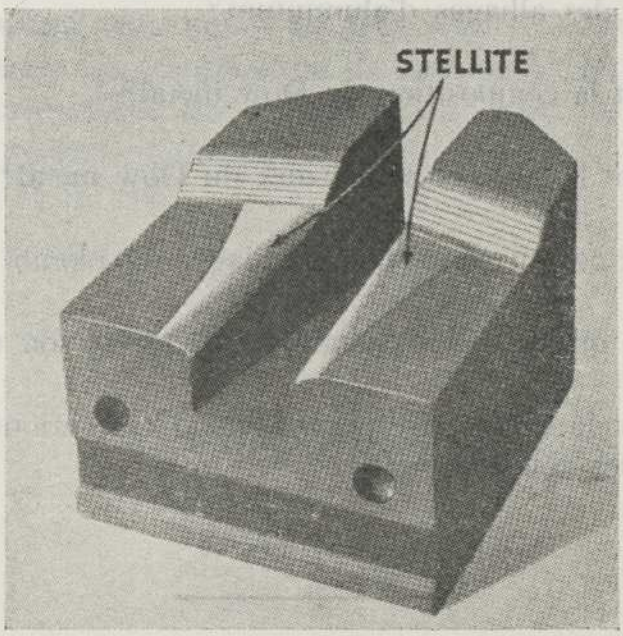


Fig. 53. Matrice garnie de stellite

Doloro Smelting & Refining Co. Ltd.

La majorité des aciers à coupe rapide sont des alliages contenant de 15% à 20% de tungstène, de 3% à 5% de chrome, de ½% à 2% de vanadium, de 0.6% à 0.8% de carbone et très peu de silicium, de soufre et de phosphore. Afin de les rendre plus résistants aux hautes températures, on leur ajoute quelquefois de 3% à 5% de cobalt.

Stellite

L'alliage stellite employé dans les outils à haute vitesse de coupe n'est pas un acier, puisqu'il ne contient pas de fer. Il est tellement dur qu'on ne peut l'usiner qu'avec des meules d'émeri ou de corindon. Sa composition est variable mais dans tous les cas, ses éléments constitutifs sont le cobalt, le chrome et le tungstène auxquels on ajoute quelquefois du molybdène (fig. 53).

QUESTIONNAIRE

1. Enumérer les métaux constitutifs des aciers à coupe rapide.
2. Qu'est-ce que l'alliage stellite?

ALLIAGES FUSIBLES OU À BASSE FUSION

L'expression métal à basse fusion s'applique généralement aux alliages dont le point de fusion est inférieur à celui de l'étain pur, 449°F. Ces alliages à basse fusion ou alliages fusibles se composent pour la plupart de mélanges binaires, ternaires et quaternaires de bismuth, de cadmium, de plomb, d'étain et, en certains cas, d'alliages quinternaires avec le mercure.

Les alliages fusibles les plus importants sont ceux de *Wood,* de *Rose* et de *Lipowitz,* dont on a déjà parlé en traitant du bismuth. Il y a aussi un autre alliage fusible fort intéressant l'alliage anatomique. On se sert de cet alliage dans les laboratoires d'anatomie pour faire des moules dans lesquels on reproduit fidèlement en plâtre les os d'êtres humains, d'animaux ou d'oiseaux. Cet alliage quaternaire a un point de fusion excessivement bas, soit de 140°F. Il se compose de 54 parties de bismuth, 17 de plomb, 19 d'étain et 10 de mercure.

Tous les alliages fusibles ont des emplois pratiques fort divers. Le plus important est peut-être leur emploi dans la soudure où prédominent les alliages de plomb et d'étain. Un procédé de soudure plutôt singulier provient de la propriété qu'ont certains alliages fusibles de mouiller le verre, comme celui de *Wood,* par exemple. Parce que ces alliages fondent à de très basses températures, on s'en sert dans les appareils de verre pour les fermetures hermétiques et les raccordements électriques. Les alliages fusibles sont employés dans la fabrication d'extincteurs automatiques et d'avertisseurs fixés aux chaudières pour signaler une pression trop élevée ou un niveau d'eau dangereusement bas dans la chaudière. Quand la pression devient trop élevée, la température de l'eau monte et fait fondre le bouchon fusible. Le chauffeur alors est averti par un petit sifflet à vapeur.

Il en est de même lorsque l'eau baisse à un niveau dangereux, le bouchon fusible n'étant plus submergé, s'échauffe rapidement et fond (fig. 54, 55 et 56).

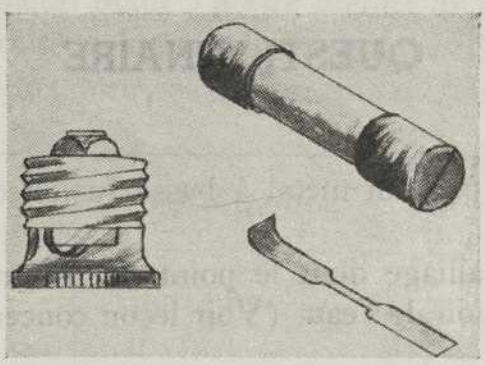


Fig. 54. Fusibles utilisés dans les circuits électriques

Fig. 55. Extincteur automatique avec réservoir de tétrachlorure de carbone

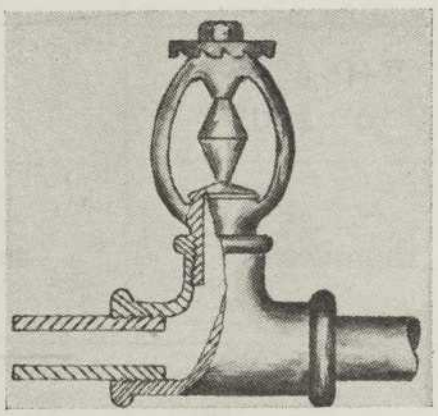


Fig. 56. Extincteur automatique dont le mécanisme se déclanche dès qu'un morceau de métal fusible fond

Guard-X Co.

Plusieurs alliages fusibles sont propres à la fabrication de petites pièces coulées; aussi, les emploie-t-on pour faire des statuettes et certains travaux dentaires. Pendant la guerre, on a fabriqué des réservoirs d'essence de formes très compliquées en faisant déposer par électrolyse une couche de cuivre sur des pièces coulées en alliages fusibles. On enlevait ensuite ces alliages en les faisant fondre dans l'eau bouillante.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'entend-on par un métal à basse fusion ou alliage fusible?

2. Nommer un alliage dont le point de fusion est inférieur au point d'ébullition de l'eau. (Voir leçon concernant le bismuth).

3. Mentionner quelques applications des alliages fusibles.

MÉTAL BLANC

On appelle métal blanc *(white metals or die casting alloy)* des alliages de couleur blanc argent qui résultent de la fusion dans des proportions données de certains métaux ou métalloïdes.

	Base	Éléments	Pourcentage
Groupe A	Aluminium	Aluminium Cuivre	87 à 96 13 à 4
		Aluminium Silicium	86 à 95 14 à 5
	Magnésium	Magnésium Aluminium	90 à 94 10 à 6
	Zinc	Zinc Aluminium et Cuivre	95 maximum 5
Groupe B	Étain	Étain Plomb, Antimoine et Cuivre	90 maximum 10
	Plomb	Plomb Cuivre, Étain et Antimoine	90 maximum 10

Tous ces alliages sont faciles à mouler dans des moules en métal où ils sont versés en fusion et sous pression *(die casting)*. L'alliage se solidifie au contact du moule dont la température est considérablement plus basse que le point de fusion de l'alliage même.

Les cinq types d'alliages mentionnés donnent des métaux blancs qui peuvent à leur tour se diviser en deux groupes distincts : les alliages durs avec une faible ductilité et les alliages mous à grande ductilité.

Groupe A

Les alliages à base d'aluminium, de magnésium et de zinc sont beaucoup plus résistants et conservent bien leur forme ainsi que les dimensions données par le moule. On les emploie surtout dans les pièces de machine à additionner, de dactylotypes, d'engrenages de tours et de machines à laver, de poulies et de pièces d'automobile. On voit souvent des carburateurs, des pompes à gazoline, des grilles de radiateurs, des poignées de portières en métal blanc.

Ces alliages sont plutôt cassants ; il faut éviter de les heurter.

Groupe B

Les alliages à base d'étain et de plomb sont plus malléables que les précédents. On les emploie souvent comme métal antifriction, dans les médailles, les bibelots, les soldats de plomb, les cendriers de fantaisie, les statuettes, les pièces en semi-argent, les articles de bijouterie, etc. A cause de leur bas point de fusion, ils peuvent être coulés, au besoin, dans des moules de plâtre.

On peut plaquer tous les métaux blancs en or, en argent, en nickel, en chrome, etc., ce qui en rehausse l'apparence.

Kirksite

On appelle kirksite, dans le commerce, un alliage contenant de 94 à 95% de zinc avec de faibles additions d'aluminium, de cuivre et de magnésium. C'est un métal blanc dont la densité est près de 7 ; sa résistance à la compression est d'environ 70,000 lb. par pouce carré ; son point de fusion est de 717°F.

Depuis 1940, cet alliage est très utilisé par les fabricants d'avions et dans les ateliers de mécanique, surtout pour la fabrication de poinçons et de matrices *(punch and dies)* employés pour la production en série de petites quantités de pièces fabriquées de métal en feuille que ce soit pour découpage, formage ou étirage.

Pour les feuilles d'acier, ces outils sont effectifs dans des épaisseurs allant jusqu'à $\frac{1}{16}''$ tandis que pour la feuille d'aluminium l'épaisseur peut atteindre $\frac{1}{8}''$.

L'emploi de ce matériau de préférence à l'acier à outil permet de gagner beaucoup de temps et d'économiser ainsi de fortes sommes d'argent affectées au coût de l'outillage.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'est-ce que le métal blanc?
2. Quels sont les principaux métaux qui entrent dans la composition du métal blanc?
3. Quelles sont les principales caractéristiques du métal blanc?
4. Dire tout ce qui concerne les métaux blancs à faible ductilité.
5. Dire tout ce qui concerne les métaux blancs à grande ductilité.
6. Quelle est la composition de la kirksite?
7. Quel est le principal usage de la kirksite?

4

matériaux non métalliques

CUIR

L'industrie du cuir remonte à la plus haute antiquité et a joué à travers les siècles un rôle très important dans la fabrication de boucliers, de cuirasses, de récipients divers, de parchemin et de vêtements.

La peau est constituée par l'enveloppe membraneuse qui recouvre le corps de l'homme et des animaux. L'épiderme est la couche extérieure de la peau tandis que la partie intérieure est le derme qui forme la partie plus épaisse de la peau.

Quand la peau est bien sèche, elle se conserve longtemps mais elle est dure et d'aspect corné. La transformation en cuir consiste à rendre la peau imputrescible en lui conservant sa résistance et sa souplesse, grâce au tannage.

Les peaux employées dans l'industrie du cuir proviennent des animaux sauvages et domestiques. Les peaux de bœufs servent à la fabrication des cuirs forts. Les vaches donnent des cuirs forts surtout quand elles n'ont pas eu de veau. On utilise les cuirs de veaux dans la fabrication des chaussures. La peau des moutons, des chèvres, des ânes, des porcs et des chevaux fournit de très nombreuses variétés de cuir.

La figure 57 indique les parties principales d'une peau:

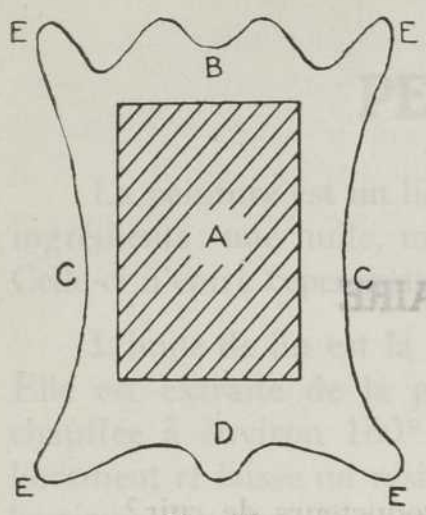


Fig. 57

A) partie principale du cuir, la meilleure,

B) collet ou partie de la tête,

C) flanc ou ventre,

D) culée,

E) pattes.

Parmi les animaux sauvages, les buffles, les élans, les cerfs, les kangourous, les éléphants et autres pachydermes ont une peau qui, tannée, procure des cuirs très durs et très forts. On utilise également les peaux de serpents, de crocodiles, de requins, de phoques, de morses pour la fabrication des articles de luxe et des objets de fantaisie en cuir.

Le tannage s'effectue en soumettant les peaux à l'action chimique du tanin, principe naturel de certains végétaux fourni par l'écorce du chêne, de la pruche, du saule, etc. De nos jours, ce procédé n'est plus guère employé que pour obtenir des cuirs de luxe. On a plutôt recours au tannage rapide au chrome basé sur l'action des chromates et des bichromates. On obtient en quelques jours un cuir résistant et bon marché.

Les principaux producteurs de cuir sont les pays de grand élevage comme l'Argentine, le Brésil, le Pérou, les États-Unis, le Canada, l'Australie, l'Afrique du Sud, etc.

QUESTIONNAIRE

1. Définir épiderme et derme.

2. Quels sont les principaux pays producteurs de cuir ?

3. Au moyen d'un croquis indiquer les parties principales d'une peau.

4. Quels sont les deux procédés employés dans le tannage du cuir ? Lequel est le plus employé ? Pourquoi ?

PEINTURES

La peinture est un liquide essentiellement composé de trois ingrédients : une huile, un pigment et une substance colorante. Celle-ci n'entre cependant pas dans les peintures blanches.

L'huile de lin est la plus importante des huiles à peinture. Elle est extraite de la graine de lin qui, après broyage, est chauffée à environ 160°F. A cette température, l'huile coule librement et laisse un résidu pâteux qui sert à la nourriture des bestiaux. En dernière opération, l'huile est raffinée et livrée au marché soit crue, soit bouillie. L'huile de lin crue est le produit qu'on obtient du raffinage initial. C'est une huile transparente, couleur d'ambre et rarement employée seule dans la peinture parce qu'elle sèche trop lentement. L'huile de lin bouillie s'obtient en faisant bouillir l'huile avec du plomb ou du bioxyde de manganèse. Ce traitement lui donne la propriété de sécher rapidement. On notera que le séchage d'une peinture n'est pas un procédé d'évaporation mais un phénomène d'oxydation qui transforme l'huile en une résine élastique et imperméable. Les traces de plomb ou de manganèse dissoutes dans l'huile de lin bouillie agissent comme catalyseurs et accélèrent l'oxydation.

Une autre huile très employée dans la fabrication des peintures, l'huile de tung, provient des graines de l'arbre de Chine. Cet arbre, originaire de la Chine, se cultive de plus en plus en Amérique.

On emploie aussi l'huile provenant de la fève soya dans la préparation de certaines peintures ; rarement employée seule, l'huile de la fève soya est mélangée avec de l'huile de lin dans la fabrication des linoléums.

Les huiles peu coûteuses provenant du coton, du chanvre ou du maïs, sont aussi souvent employées dans les peintures inférieures à celles à l'huile de lin. On utilise également des huiles extraites de certains poissons dans les peintures employées pour couvrir les surfaces métalliques exposées à l'action de la chaleur comme celles des chaudières et des tuyaux.

Lorsqu'une peinture devient trop épaisse, on y ajoute un diluant comme la térébenthine qui est un produit végétal. Certains distillés servent aussi à diluer la peinture, mais de tous les diluants, ceux à base asphaltique comme la benzine et la térébenthine minérale, sont les plus recherchés. Le choix des diluants dépend de la nature de la peinture et de l'usage qu'on veut en faire.

Les siccatifs *(driers)* sont des substances catalytiques qui provoquent l'oxydation rapide de l'huile. Les oxydes de certains métaux comme la litharge et le minium (oxydes de plomb) sont des siccatifs. Dissous dans l'huile, ces oxydes forment une huile siccative *(drying oil)* qui, étendue avec de la térébenthine ou de la benzine, forme par l'addition de laque ou d'autres gommes ce qu'on appelle le siccatif de japon *(japan drier)*.

La céruse ou blanc de plomb est le plus important des pigments employés dans la peinture. La céruse possède un grand pouvoir couvrant et s'émulsionne facilement avec l'huile de lin. On la prépare par l'action de l'acide carbonique sur le plomb en présence de l'acide acétique (procédé hollandais) ou sur le sous-acétate de plomb (procédé de Clichy). Les deux tiers environ de la production mondiale du plomb métallique sont convertis en céruse. Il va sans dire que tout ce plomb est perdu pour toujours.

Le blanc de zinc ou oxyde de zinc est un autre pigment blanc fort employé dans les peintures à l'huile. Il ne jaunit pas comme la céruse mais couvre moins bien. Ni fusible, ni volatil, il se comporte comme un oxyde indifférent. On l'emploie surtout dans les émaux et pour peinturer à l'intérieur.

Le lithopone est un pigment blanc composé d'un mélange de sulfate de zinc et de sulfate de baryum. On l'emploie à l'intérieur pour les peintures mates et pour les émaux.

Enfin le blanc de titane ou titanox dont le pouvoir couvrant est deux fois supérieur à celui de la céruse. Il est cependant plus coûteux.

Les quatre pigments mentionnés sont tous des pigments blancs. Les pigments colorés sont peu nombreux. Ce sont les ocres, terres argileuses de fer qui sont soit jaunes, soit rougeâtres comme l'ocre jaune, le rouge indien et le rouge vénitien. Ces pigments, de nos jours produits artificiellement, sont peu coûteux et donnent une peinture durable; on les emploie pour toutes sortes de travaux grossiers, pour peinturer les granges, les wagons de marchandises, les entrepôts, etc.

Les colorants s'ajoutent à la peinture, comme troisième ingrédient, pour lui donner la couleur désirée. Les colorants sont très nombreux et, combinés les uns aux autres, ils fournissent toute la gamme des couleurs. Le brun Van Dyck est une terre naturelle que l'on trouve dans les marais et qui contient des matières organiques. Pulvérisée dans l'huile, cette terre fournit une couleur brune imitant le noyer. La terre de Sienne, à son état naturel, est d'un brun-jaune. Brûlée, elle devient rouge-orange. La terre d'ombre, dont la meilleure qualité provient de l'île de Chypre, est cependant répandue un peu partout dans la nature. A l'état naturel, l'ombre est brun-jaune mais elle devient brun foncé après avoir été brûlée *(burnt umber)*.

On obtient des colorants d'un rouge brillant en brûlant la couperose, un sulfure de fer.

Les colorants produits par des procédés chimiques sont très variés. Les colorants bleus ainsi obtenus sont le bleu de Prusse, le bleu d'Anvers, le bleu Milori qui sont tous des ferricyanures.

L'oxyde de chrome est un colorant vert qui, bien qu'il soit assez coûteux, est fort apprécié parce qu'il est inaltérable. Il est tout indiqué dans la préparation d'une peinture verte pour les sémaphores de chemins de fer, les boîtes postales et tout autre objet nécessitant une couleur verte permanente. Le vert de Paris, un acétate de plomb et d'arsenic, est aussi un colorant inaltérable employé dans les peintures. C'est un poison vif.

Le noir de fumée, ajouté à un pigment blanc, produit une couleur grise. Employé seul, il produit une peinture noire inaltérable.

QUESTIONNAIRE

1. Nommer trois ingrédients constitutifs d'une peinture.
2. Quelle est l'huile la plus importante employée dans la peinture?
3. Nommer d'autres huiles aussi employées dans la peinture.
4. Expliquer pourquoi une peinture sèche.
5. Nommer deux diluants employés dans la peinture.
6. Qu'entend-on par agents siccatifs? Qu'est-ce que le siccatif de japon?
7. Quel est le plus important des pigments?
8. Nommer trois autres pigments blancs très employés dans la confection des peintures.
9. Nommer deux colorants verts, un colorant rouge, un colorant noir, un colorant gris.

VERNIS

On entend par vernis un enduit transparent, sans pigment, dont on couvre la surface de certains ouvrages pour les préserver de l'action de l'air et de l'humidité ou pour leur donner de l'éclat.

On distingue trois sortes principales de vernis : les vernis à l'alcool (dissolution de gomme laque, sandaraque, élémite, etc., dans l'alcool, l'éther, l'acétone, etc.), utilisés en maroquinerie, reliure, ébénisterie ; les vernis à essence (copal, dammar, mastic, etc.), dissous dans l'essence de térébenthine, destinés à vernir les tableaux ; enfin, les vernis gras dans lesquels entrent du copal, de l'huile de lin, de l'essence de térébenthine, etc., et utilisés en carrosserie, en ébénisterie et en imprimerie. Le copal est une résine jaunâtre, solide, insoluble dans l'alcool, que l'on tire par incision d'arbres résineux de l'Inde et du Brésil et dont on fait des vernis appréciés.

Il convient d'ajouter à ces vernis les dissolutions de nitrocellulose dans les solvants convenables (acétate d'amyle, alcool, éther) que l'on emploie comme vernis à métaux *(Duco)* et comme enduits protecteurs de toiles *(Dope)*, etc.

La gomme-laque est un produit de sécrétion fourni par de petits insectes, des cochenilles, et par diverses plantes qu'on trouve aux Indes occidentales, au Japon, en Chine et en Indochine. Dissoute dans l'alcool, elle donne la laque, un vernis à l'alcool transparent ou orangé *(shellac)*. Les laques colorées s'obtiennent en ajoutant des matières colorantes comme la teinture d'aniline, le noir de fumée et le vermillon. On emploie la laque non seulement comme vernis mais aussi dans la préparation de certaines colles.

Les modèles en bois qu'on utilise dans les fonderies viennent en contact avec le sable humide des moules. Pour les protéger contre cette humidité, on les couvre d'une couche de laque qui prévient la déformation.

QUESTIONNAIRE

1. Qu'est-ce qu'un vernis? Qu'est-ce que le copal?
2. Qu'est-ce que la gomme-laque?
3. Qu'est-ce que la laque?
4. Quels sont les usages de la laque?

AMIANTE OU ASBESTE

L'amiante est un minerai fibreux, incombustible, composé de silicate de magnésium. De plus, l'amiante est à l'épreuve des acides et de la pourriture; elle est légère, imputrescible, flexible et scissile, mauvaise conductrice de la chaleur, de l'électricité et de l'humidité (fig. 58).

Provenance

Le Canada est aujourd'hui au premier rang des pays producteurs d'amiante. C'est dans la province de Québec, à Asbestos et à Black Lake, que se trouvent les plus importantes mines; leur production est de 450,000 tonnes par année.

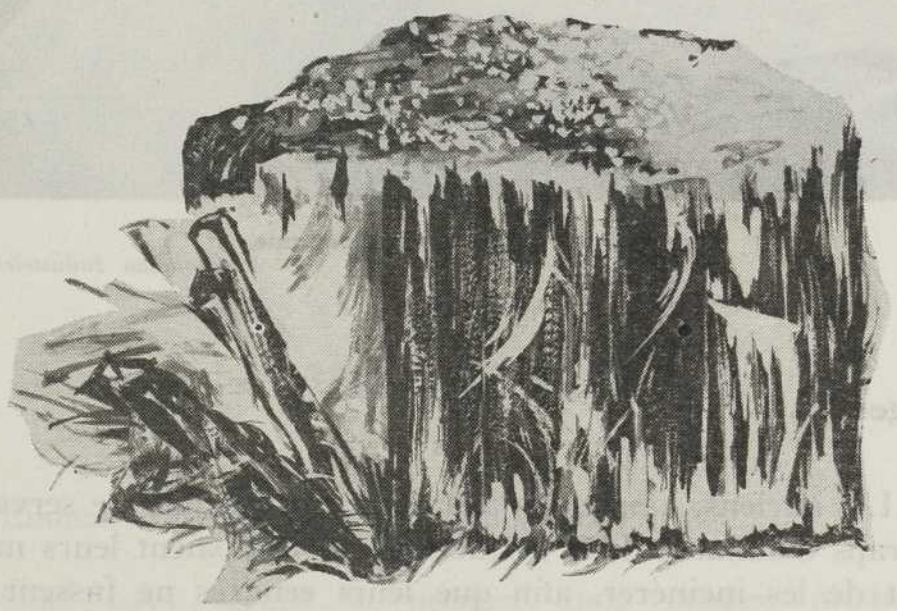


Fig. 58. Morceau d'amiante

L'amiante provient aussi de la Sibérie, des États-Unis, de la Rhodésie et de l'Italie. Ce minerai se rencontre dans les fentes des rochers. L'amiante américaine (Bostonite) est maigre, coriace et ses fibres parallèles se séparent facilement. Par contre, l'amiante italienne est grasse; elle a de longues fibres difficiles à séparer. Un mélange de ces deux espèces donne une matière excellente.

Fig. 59. Tissage de l'amiante
Canadian Industries Ltd.

Usages

Les anciens, longtemps avant l'ère chrétienne, se servaient de draps d'amiante dans lesquels ils enveloppaient leurs morts avant de les incinérer, afin que leurs cendres ne fussent pas mêlées à celles du combustible. Aujourd'hui, l'industrie emploie l'amiante dans la fabrication de cordes, de toiles et de rideaux pour les théâtres et leurs coulisses (fig. 59). Ces rideaux ont souvent empêché de terribles incendies de se propager aux salles de théâtre. Le port de vêtements d'amiante protège les pompiers contre la chaleur et les flammes de même que les travailleurs exposés à de très hautes températures. En charpenterie, les ardoises d'amiante pour les toits des maisons sont d'un entretien peu coûteux car elles n'ont jamais besoin de peinture.

La poudre d'amiante mélangée à du silicate de sodium forme une pâte qui se durcit rapidement et qui résiste à une température élevée. On l'emploie comme isolant dans les coffres-forts.

Le mélange d'amiante et de caoutchouc sert à fabriquer des gants protecteurs pour les électriciens. Le mortier d'asbeste est un mélange d'amiante, de ciment, de plâtre, de chaux et de matières collantes. Les murs recouverts de cette composition se durcissent rapidement et peuvent être immédiatement tapissés ou peints. On appelle éternite des panneaux d'amiante, de ciment et d'eau dont on fabrique des portes, des cloisons et des plafonds qui, en plus d'être incombustibles, sont faciles à scier, à perforer et à clouer.

QUESTIONNAIRE

1. Enumérer les propriétés de l'amiante?
2. Quel pays occupe le premier rang comme producteur d'amiante?
3. Quels sont les autres pays producteurs d'amiante?
4. Quels sont les usages de l'amiante?
5. Qu'est-ce que l'éternite? A quoi l'emploie-t-on?
6. Quelle est la composition de l'amiante?

ABRASIFS

On appelle abrasifs les matières usantes, comme le grès, le sable, l'émeri, le verre, le corindon, le carborundum, etc. Il y a deux sortes d'abrasifs : les abrasifs naturels et les abrasifs artificiels. Les abrasifs naturels ne requièrent pas d'autre traitement que d'être façonnés de la manière qui convient à l'usage qu'on veut en faire. Les abrasifs artificiels, au contraire, sont produits par la fusion, à très haute température et généralement dans un four électrique, de certaines matières minérales; on broie ensuite ces matières en poudre ou en cristaux de grosseurs diverses.

Les abrasifs naturels les plus usités sont le diamant, le carbonado (diamant noir), le grenat, le corindon, l'émeri, le grès et le silex. Le diamant, à cause de sa dureté, est le plus efficace des abrasifs naturels mais son prix élevé en rend l'usage peu fréquent. Le diamant pulvérisé forme l'égrisée qu'on utilise dans la taille du diamant. On utilise aussi des diamants impurs *(borts)* ou de minuscules fragments de diamants.

Le diamant noir (carbonado) sert surtout au forage des roches *(diamond drilling)*, à la fabrication des dents de scies à pierre et à la rectification des meules d'émeri.

Le grenat est un silicate naturel, rougeâtre et dur qu'on emploie dans la préparation du papier sablé.

Toutefois, le grenat n'est pas assez dur pour meuler l'acier.

Le corindon est une pierre fine, la plus dure après le diamant. Cet abrasif naturel est fort coûteux et difficile à façonner. C'est pourquoi on l'utilise très peu.

L'émeri, une forme impure de corindon, est brunâtre et très dur. De nos jours, on utilise plutôt les abrasifs artificiels dans la confection des meules et de poudres abrasives à coupe rapide.

Le grès, fort répandu dans la nature, forme presque à lui seul toutes les meules de grès, les pierres à aiguiser, les pierres à faux et la poudre abrasive dans les jets de sable. Ces jets lancés avec force sur les murs de pierre ou de métal les nettoient rapidement.

Le silex *(flint)*, un quartz impur, ne s'emploie guère; il est remplacé par des abrasifs artificiels.

La pierre ponce est un abrasif naturel d'origine volcanique qu'on utilise pour polir les surfaces vernies.

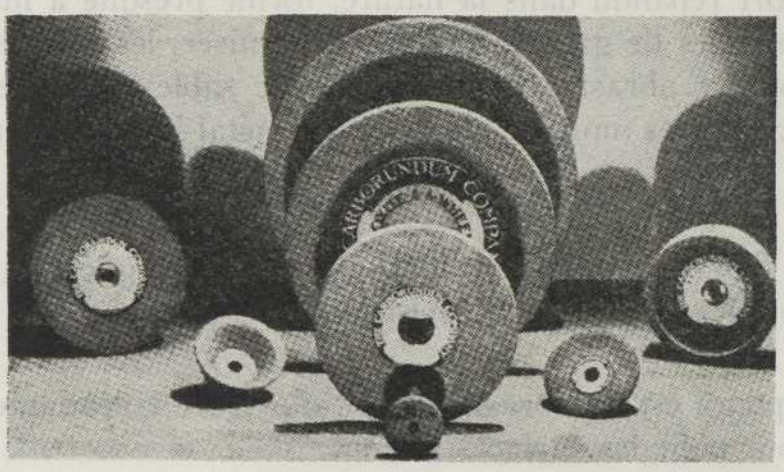
On se sert encore de meules de pierre et de blocs de grès pour moudre le bois et la pâte à papier.

Pour l'affûtage, les meules de poudre de grès sont très effectives.

Le carborumdum (carbure de silicium) est le premier abrasif artificiel. Sa dureté est presque égale à celle du diamant. On le produit en fondant dans un four électrique un mélange de 56% de sable, de 35% de coke, de 7% de bran de scie et de 2% de sel. On en produit industriellement à Shawinigan Falls (Fig. 60).

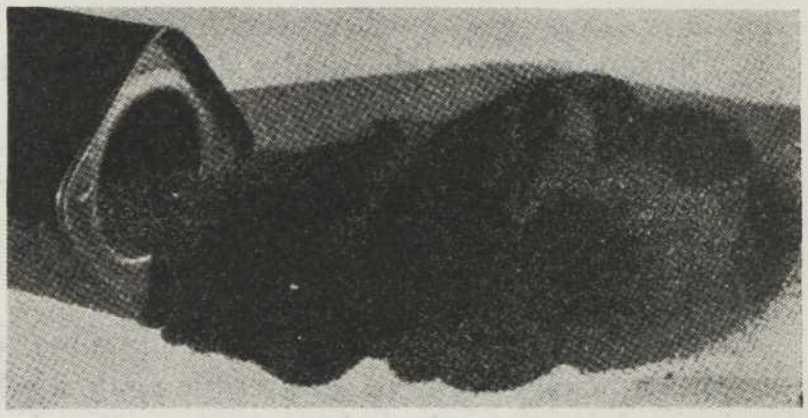
L'alundun est un oxyde d'aluminium qu'on obtient en fondant la bauxite dans un four électrique. De couleur rougeâtre, il est surtout utilisé dans les pierres à l'huile dont on se sert pour aiguiser les outils tranchants.

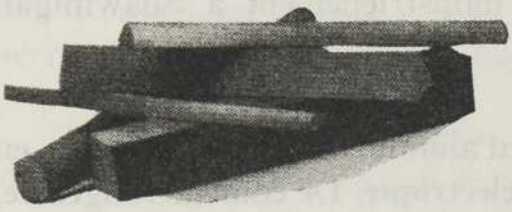
Le tripoli est une substance minérale jaunâtre, formée des débris calcaires qui résultent de la taille de la pierre à chaux et des feldspaths. On l'emploie pour polir les métaux mous et le verre. Mêlé à du suif, puis comprimé, le tripoli se vend en pains. Le rouge est un oxyde de fer qu'on obtient en chauffant du sulfate de fer à haute température. Il sert à polir le verre et les métaux.



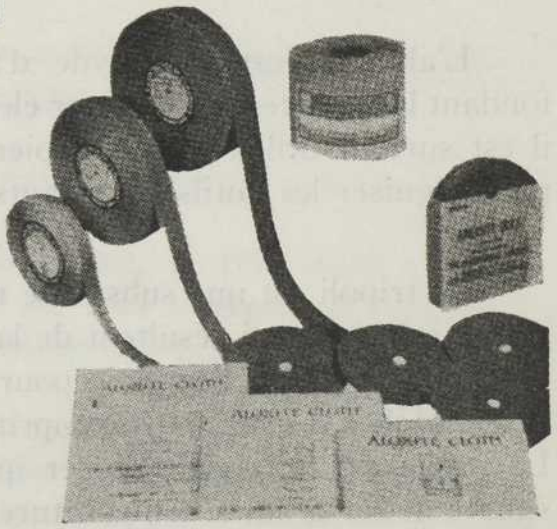
Meules abrasives en carborundum

Poudre abrasive





Pierres abrasives de différentes formes



Produits recouverts de substances abrasives

Fig. 60 *Carborundum Co.*

QUESTIONNAIRE

1. Qu'appelle-t-on abrasifs ?
2. Enumérer cinq abrasifs naturels.
3. Quelle est la composition du carborundum ?
4. Quel est l'usage du tripoli ?
5. L'alundum est-il un abrasif naturel ou artificiel ? Quel est son usage ?

VERRE

En raison de l'extrême variété des produits désignés sous le nom générique de verres et aussi de la complexité de l'état vitreux, il est très difficile de donner une définition qui englobe toutes ces variétés.

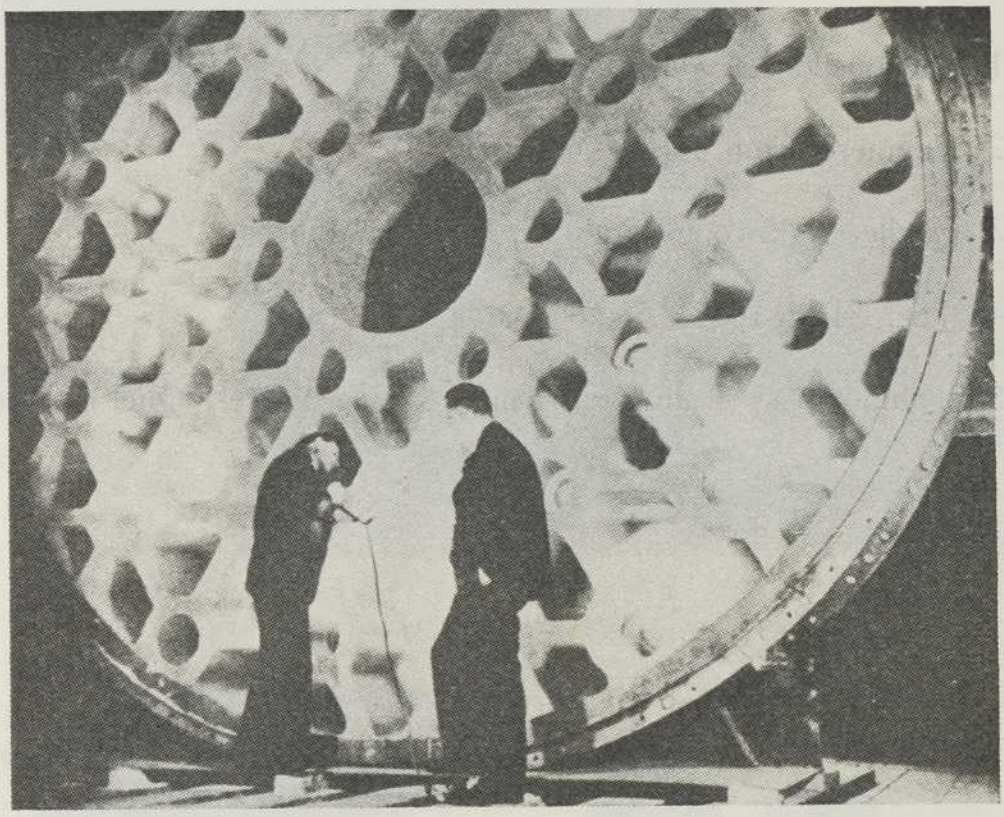


Fig. 61. Le plus grand disque de verre coulé utilisé dans le télescope géant de l'observatoire du mont Palomar

Corning Glass Co.

D'après certains auteurs modernes, le verre est une solution solide en surfusion ; cette définition est basée sur les propriétés physiques, chimiques et électriques communes aux solutions liquides et aux verres (fig. 62).

Propriétés

L'eau froide n'attaque généralement le verre que très lentement mais l'eau chaude, à la longue, affecte même les verres

de bonne qualité. L'air et les acides sont sans action sur le verre sauf l'acide fluorhydrique qui agit énergiquement sur tous les verres et les décompose rapidement. Cette propriété spéciale de l'acide fluorhydrique a des applications multiples dans la décoration du verre.

Le verre est une substance amorphe, non-cristalline, dure et cassante, mauvaise conductrice de la chaleur et de l'électricité. La température de fusion du verre varie selon sa composition. Celle du quartz pur, connu sous le nom déposé Pyrex, varie entre 3092°F. et 3128°F., tandis que celle du verre sodique (verre à vitre) pourrait baisser jusqu'à 1500°F.

Le poids spécifique du verre dépend aussi de sa composition. En général, le poids spécifique des verres alcalins varie entre 2.3 et 2.5 et celui des verres plombeux entre 3 et 5. Le coefficient de la chaleur spécifique du verre est d'environ 0.2 tandis que celui de l'eau est de 1. Il faut donc cinq fois plus de chaleur pour élever de 1° la température d'une masse d'eau que pour élever de 1° la température d'une même masse de verre.

La réflexion, la réfraction et la dispersion sont les propriétés qui, grâce à la taille, permettent d'utiliser le verre pour la décoration. La taille vise uniquement à obtenir un jeu de lumière spécial résultant de la réflexion et de la réfraction de la lumière sur les facettes d'un verre incolore et pur. La réfraction de la lumière décompose la lumière blanche en rayons de différentes couleurs. Cette dispersion dépend de la composition du verre et produit le jeu de couleurs qui fait la beauté de la taille sur cristal (fig. 62).

Composition

Le verre est essentiellement un mélange de silicates de sodium, de potassium, de calcium ou de plomb. Les matières premières en sont le sable (matière principale), la soude ou la potasse et la chaux qui durcit le verre. Certains verres peuvent contenir du plomb, sous forme d'oxyde, des décolorants et des colorants dont la plupart sont des oxydes. Le cobalt donne un

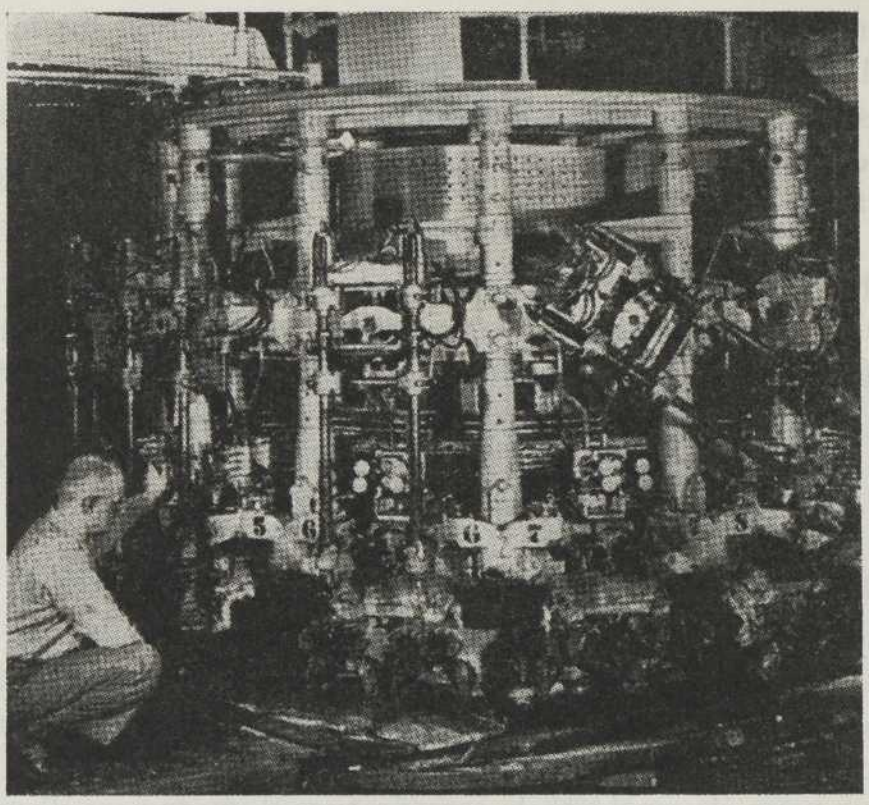


Fig. 62. Machine complexe pour la production de verres, ampoules, etc.
Corning Glass Co.

verre bleu, l'étain, un verre blanc-laiteux, le cuivre, un verre rouge, le chrome, un verre vert et le manganèse, un verre violet.

D'après la teneur du verre en matières énumérées plus haut, on peut distinguer 3 sortes de verres

a) le verre au sodium qui est un silicate double de sodium et de calcium préparé au moyen de soude, de sable, de craie ou de calcaire et de rebuts de verre. Ce verre commun sert surtout à la fabrication des bouteilles, des vitres et des objets ordinaires. Son point de fusion est très bas.

b) le verre au plomb ou cristal qui est un double silicate de calcium et de plomb est très polissable, très réfringent, très clair et très brillant. Il sert à fabriquer des coupes, des vases, des lampes à incandescence et des objets de luxe. Le verre de Iéna, un verre de plomb, sert à fabriquer des lentilles pour les appareils d'optique et de photographie.

c) le verre au potassium ou verre de Bohême est un double silicate de calcium et de potassium préparé avec de la potasse, du sable et de la chaux. Il fond difficilement et il est dur et brillant. Il sert à la fabrication des objets de luxe et des appareils de chimie.

QUESTIONNAIRE

1. Enumérer les propriétés générales du verre.
2. Quelle est la composition approximative du verre à bouteille?
3. Qu'est-ce que le verre de Bohême? A quoi sert-il?
4. Qu'est-ce que le cristal? Que fait-on avec le cristal?
5. Quel verre emploie-t-on pour faire des lentilles?

COLLES

Les colles sont d'origine animale ou d'origine végétale.

Les plus nombreuses sont les colles provenant d'amidons ou ayant comme base des dérivés d'amidons. Elles servent à coller tout ce qui n'est pas exposé à l'action de l'eau. Comme elles sont inodores, non-toxiques et moins coûteuses que les colles à base résineuse, les colles d'amidon sont d'un emploi universel.

Les amidons les plus utilisés dans la préparation des colles sont extraits du maïs et du tapioca ; on se sert aussi, quoique moins fréquemment, des amidons du blé, du sagou, de la patate et du maïs blanc. Les amidons qui proviennent de ces plantes sont employés dans la fabrication de bois de placage et de contre-placage où l'action de l'eau n'est pas à craindre. On les utilise aussi dans la préparation de papiers gaufrés et de papiers feuilletés (laminés) et comme base dans les colles liquides.

Au Canada, on emploie l'amidon dans la confection des dextrines et des gommes anglaises. On entend par dextrines, les dérivés d'amidon qu'on obtient après avoir chauffé l'amidon légèrement à sec et aspergé de minimes quantités d'acide. Quant aux gommes anglaises, ce sont des variétés particulières de dextrines tirées d'amidons divers.

Les colles à dextrine ont de multiples applications : timbres-poste, enveloppes, étiquettes appliquées sur verre, métaux, bois, papiers, etc.

Il y a aussi les colles à base de protéine, extraites de la fève soya, de noix d'arachides et de la graine de coton.

La caséine est aussi une protéine mais d'origine animale, extraite du lait des animaux. Mélangée à diverses substances alcalines, la caséine forme des colles, des ciments et des mastics. On emploie ces colles à l'encollage du papier *(paper sizing)*.

Les colles gélatineuses, d'origine animale, proviennent des déchets des abattoirs et des pêcheries. Chimiquement parlant, la protéine fibreuse est une substance collagène à la base de toutes les colles animales.

La colle forte, très employée par les menuisiers et les ébénistes, est une gélatine extraite des rebuts de matières animales qu'on fait chauffer pour la liquéfier.

Les manufacturiers de papier gauffré emploient une colle chimique, le silicate de sodium *(water glass)*.

QUESTIONNAIRE

1. Quelles sont les deux catégories de colle?
2. A quelle catégorie appartiennent la plupart des colles?
3. Les amidons les plus répandus proviennent de quels végétaux?
4. Qu'est-ce que la gomme anglaise? Quelles sont ses applications?
5. Qu'est-ce que la caséine? Mentionner une application des colles provenant de la caséine.
6. Quelle est la composition de la colle forte des menuisiers?

MASTICS

Les divers mastics employés dans l'industrie sont des matières colloïdales (de la nature de la colle) qui subissent l'insolubilisation sous l'influence de l'oxygène de l'air surtout. Un mastic équivaut à une colle très épaisse. Le propre d'un bon mastic est non seulement d'obturer des interstices, mais d'adhérer plus ou moins fortement à la substance que l'on mastique.

Les divers mortiers et le ciment sont de vrais mastics enrobants et agglomérants. Les mastics se composent généralement d'une ou de plusieurs matières colloïdales, de charges et, quelquefois, de colorants. La matière colloïdale se résinifie et rend dure toute la masse. Dans le mastic des vitriers, c'est l'huile de lin qui se résinifie c'est-à-dire qu'elle s'oxyde.

Il existe beaucoup de sortes de mastics. Certains sont à base d'huiles (mastics à vitres), d'autres à base de céruse (mastics à peintures), ou de minium (mastics pour joints de vapeur), de chaux (mastics pour pierres) de caoutchouc ou de résines synthétiques (pour divers usages).

En chirurgie dentaire, on fait usage de divers mastics afin d'obturer les dents. Les arboriculteurs soignent, au moyen de mastics et d'onguents spéciaux, certaines blessures des arbres. Les chimistes soudent au mastic de Golaz les joints de leurs tubes ; ils utilisent aussi des mastics dits graisse à vide pour luter certains appareils démontables où on doit faire un vide complet.

Les mastics dont se servent les vitriers sont composés de blanc d'Espagne (craie friable) et d'huile de lin.

QUESTIONNAIRE

1. Mentionner deux propriétés essentielles d'un bon mastic.
2. Nommer quatre sortes de mastics, et mentionner un usage pour chaque sorte.
3. Quelle est la composition du mastic dont se servent les vitriers ?

CIMENT

Le ciment est un mélange homogène de carbonate de calcium (pierre à chaux), de silicate d'aluminium (glaise) et d'une faible teneur de fer et de magnésie. Ce mélange est finement pulvérisé, cuit à haute température et enfin pulvérisé de nouveau. Il a la propriété de faire prise plus ou moins rapidement et de donner, en durcissant, une matière dure et compacte.

On distingue le ciment Portland naturel et le ciment Portland artificiel.

a) Le ciment Portland naturel est une pierre calcaire contenant environ 30% d'argile. Il tire son nom de sa ressemblance de couleur et de solidité avec le calcaire à bâtir de Portland (Angleterre). Ce ciment que l'on obtient par la calcination des pierres calcaires riches en argile est très peu utilisé au Canada.

b) Le ciment Portland artificiel a des propriétés analogues à celles du ciment naturel, mais il lui est supérieur.

Utilisation du ciment

Par ses qualités de plasticité, de dureté et de résistance, le ciment employé seul ou mélangé avec du sable ou avec du sable et du gravier ou encore enrobant des barres de fer ou des toiles métalliques (béton armé), s'est imposé dans la construction des maisons, des ponts, des quais. On en fabrique aussi des conduites, des réservoirs, des cheminées, des trottoirs, etc.

Le béton est un mélange de ciment, de sable, de pierres concassées ou gravier et d'eau. Il est à remarquer que le durcissement du béton n'est pas un procédé d'évaporation mais plutôt un phénomène d'hydrolyse [1]. C'est pourquoi le béton durcit mieux quand il est recouvert d'eau.

---

[1] Dédoublement de la molécule de certains composés organiques en présence d'un excès d'eau.

QUESTIONNAIRE

1. Quelle est la composition du ciment Portland?

2. Qu'est-ce que le béton?

CAOUTCHOUC

Le caoutchouc naturel est une substance élastique qui provient du latex (lait) de certains végétaux des tropiques (fig. 63).

Propriétés

Le caoutchouc brut est mou, flexible et élastique. Il peut subir à la température ordinaire une dilatation égale à cinq fois sa longueur primitive. Abandonné à lui-même, il reprend sa forme et sa longueur. Il se ramollit quand on le chauffe. Vers 302°F., il devient visqueux, gluant, très adhérent et perd son élasticité. Il se décompose vers 572°F. Son meilleur dissolvant

Fig. 63. Divers modes d'entaillage de l'arbre à caoutchouc

est un mélange de sulfure de carbone et de 5% d'alcool éthylique. Il est soluble en partie dans la benzine et la térébenthine, mais l'alcool est sans action dissolvante sur lui. Le caoutchouc est insoluble dans l'eau, mais il peut s'en imprégner et en absorber 25% de son poids. Il est à peu près insensible aux acides dilués et aux alcalis. L'action simultanée de l'air, de la lumière et de

l'humidité le rend à la longue visqueux. C'est un mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il est peu résistant à l'huile minérale qui le décompose.

Ce n'est guère qu'au XIXe siècle qu'on utilisa les propriétés du caoutchouc. En 1840, Goodyear découvrit la vulcanisation, action d'incorporer de 3 à 6% de soufre à chaud au caoutchouc afin de le rendre plus souple, plus élastique et plus résistant aux variations de température.

Usages du caoutchouc

On emploie la plus grande partie de cette précieuse matière à la fabrication de pneus et de chambres à air pour autos et bicyclettes. Elle sert aussi à la fabrication de semelles, de pédales, de pantoufles, de jouets (balles, anneaux, poupées, etc.), de boyaux, de tapis, de tissus imperméables, de bretelles, etc.

Ébonite

L'ébonite est un caoutchouc chargé de matières minérales et durci par une vulcanisation plus forte (30% de soufre) que celle à laquelle on soumet le caoutchouc ordinaire. Quand on augmente la température de vulcanisation et la quantité du soufre, le caoutchouc prend la consistance de la corne. En l'additionnant de substances minérales (oxyde de zinc, craie, litharge, magnésie, etc.), on le transforme en un produit qu'on peut employer comme succédané des matières plastiques.

Gutta-percha

La gutta-percha provient de la sève d'un grand arbre qui croît surtout dans les îles de Sumatra, de Java, de Bornéo et des Philippines. C'est une substance très flexible, mais moins élastique que le caoutchouc et plus dure. Comme isolant électrique, elle est supérieure au caoutchouc. On l'utilise surtout dans la fabrication de câbles électriques sous-marins. Elle résiste mieux à l'action de l'eau salée que le caoutchouc. La production mondiale de gutta-percha est d'environ 3,000 tonnes par année.

Caoutchouc synthétique

Fig. 64. Pneu de caoutchouc synthétique

Les chimistes ont longtemps cherché à remplacer le caoutchouc naturel par un caoutchouc artificiel ou synthétique. Mais ce n'est qu'au début de la guerre avec le Japon, lorsque l'ennemi saisit les principaux pays producteurs de caoutchouc naturel, que le problème de la production d'un caoutchouc synthétique fut effectivement résolu. On ne peut exposer ici les méthodes fort complexes et les multiples procédés de sa fabrication. On notera cependant que le pétrole est la matière de base des procédés employés aux États-Unis et au Canada. Les deux caoutchoucs synthétiques qui en résultent sont le buna-S et le butyl. Le buna-S est employé dans la préparation des pneus, et le butyl dans celle des chambres à air. Les chambres à air en butyl sont de beaucoup supérieures à celles en caoutchouc naturel. Quant aux pneus en buna-S, ils sont presque aussi bons que les pneus en caoutchouc naturel (fig. 64).

Contrairement au caoutchouc naturel, le caoutchouc synthétique résiste parfaitement bien à l'action des huiles et de l'essence.

La production du caoutchouc synthétique aux États-Unis est d'environ 750,000 tonnes par année. Le Canada ne possède qu'une usine de caoutchouc synthétique à Sarnia (Ontario) dont la production annuelle est d'environ 60,000 tonnes, soit l'équivalent de la production de 20 millions d'arbres.

QUESTIONNAIRE

1. D'où provient le caoutchouc naturel?
2. Enumérer les propriétés du caoutchouc naturel.
3. Qu'entend-on par la vulcanisation du caoutchouc?
4. Qui découvrit la vulcanisation et en quelle année?
5. Qu'est-ce que l'ébonite et quelles en sont les applications?
6. Qu'est-ce que la gutta-percha et à quoi sert-elle?
7. Quelle est la substance de base employée dans la préparation du caoutchouc synthétique aux États-Unis et au Canada?
8. Quelle est la production annuelle du caoutchouc synthétique aux États-Unis et au Canada?

MATIÈRES PLASTIQUES

Les matières plastiques sont des substances non métalliques qui, par moulage, étirage ou filage, peuvent prendre des formes convenables aux usages industriels. Elles comprennent, outre les soies artificielles destinées à imiter les textiles, des substances imitant l'ambre, l'écaille ou l'ivoire; d'autres, sont isolantes et s'utilisent dans l'industrie électrique (ébonite, fibre vulcanisée).

On classe les matières plastiques en produits à base de cellulose (celluloïd, viscose, acetylcellulose), de caoutchouc (ébonite, caoutchouc factice), de matières albuminoïdes (galalithe), de phénol (bakelite), etc. Toutes ces matières plastiques se ramènent à deux catégories: les thermostables et les thermoplastiques. Les thermostables comme la terminaison l'indique, sont stables aux changements de température, c'est-à-dire infusibles tandis que les thermoplastiques, sous l'action de la chaleur et de la pression, deviennent flexibles et peuvent prendre des formes diverses dans des moules appropriés. Les pièces ainsi moulées deviennent solides aux températures ordinaires. En les réchauffant, on les amollit et on peut les utiliser de nouveau pour former d'autres objets (fig. 65, 66 et 67).

La chimie organique est la base de toutes les matières plastiques; son étude est donc nécessaire à quiconque veut connaître les secrets de cette nouvelle industrie (fig. 68).

Les plastiques ont de nombreuses applications: boutons, crayons, stylos, brosses, articles de toilette, cendriers, tasses, manches de couteaux et de tournevis, boîtes de radios portatifs, boîtes d'horloges, isolants électriques, dessus de tables etc.

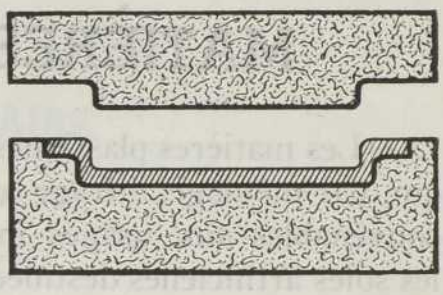


Fig. 65. Moulage des plastiques par compression

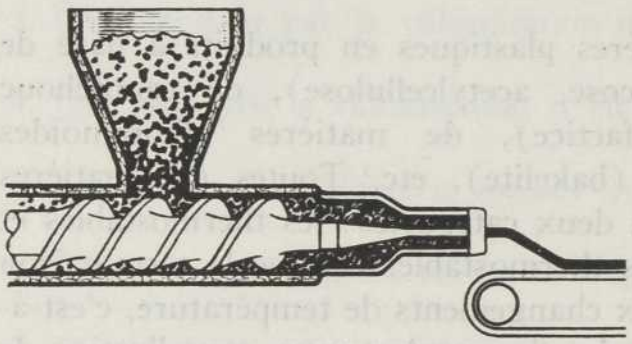


Fig. 66. Moulage par extension

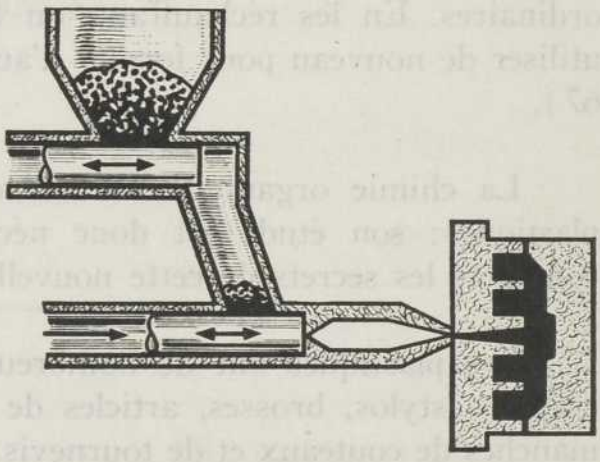


Fig. 67. Moulage par injection

Society of the Plastics Industry, Inc.

QUESTIONNAIRE

1. Définir matières plastiques.

2. Comment les matières thermostables diffèrent-elles des matières thermoplastiques?

3. Mentionner quatre catégories de matières plastiques par rapport à leurs substances de base.

4. Enumérer une dizaine d'applications des matières plastiques.

LUBRIFIANTS

Les lubrifiants sont des matières onctueuses qui servent à diminuer le frottement des rouages. L'huile, la graisse, le savon et le graphite sont des lubrifiants.

Les lubrifiants recouvrent ou mouillent les surfaces glissant les unes sur les autres et réduisent ainsi considérablement l'effort de frottement. Lorsque les surfaces de frottement comme un arbre de couche et son coussinet, sont assujetties à de fortes pressions, on emploie une huile épaisse qui n'est pas facilement chassée par la pression. Dans les organes de machines légères, on emploie plutôt une huile claire et légère. Pour les coussinets en bois qui sont plutôt rares, on se sert de savon ou de paraffine plutôt que d'huile qui ne ferait qu'augmenter le frottement en imprégnant le bois et en le gonflant.

Les lubrifiants sont d'origine minérale, animale ou végétale. On n'emploie guère les lubrifiants de ces deux dernières catégories. Ceux qui proviennent du pétrole sont de beaucoup les plus importants. La mobilité des liquides est variable. Si on incline un bassin d'eau, l'eau se déplace rapidement, tandis que dans le cas de la glycerine ou du sirop le déplacement du liquide est plutôt lent. Cette différence de mobilité est due au fait que la glycerine et le sirop ont une plus grande viscosité que l'eau. La viscosité d'un liquide est une mesure du frottement interne de ses molécules.

Le degré de viscosité d'un lubrifiant doit être approprié aux conditions. Si la viscosité est trop faible, le lubrifiant sera expulsé d'entre les surfaces. Si elle est trop grande, l'effort de glissement sera inutilement augmenté.

La viscosité d'un lubrifiant diminue lorsqu'on augmente sa température et vice versa. Aux jours froids d'automne, les automobilistes ont soin de changer l'huile de leurs moteurs pour une huile de plus faible viscosité. Au printemps, ils adoptent une huile d'une plus grande viscosité.

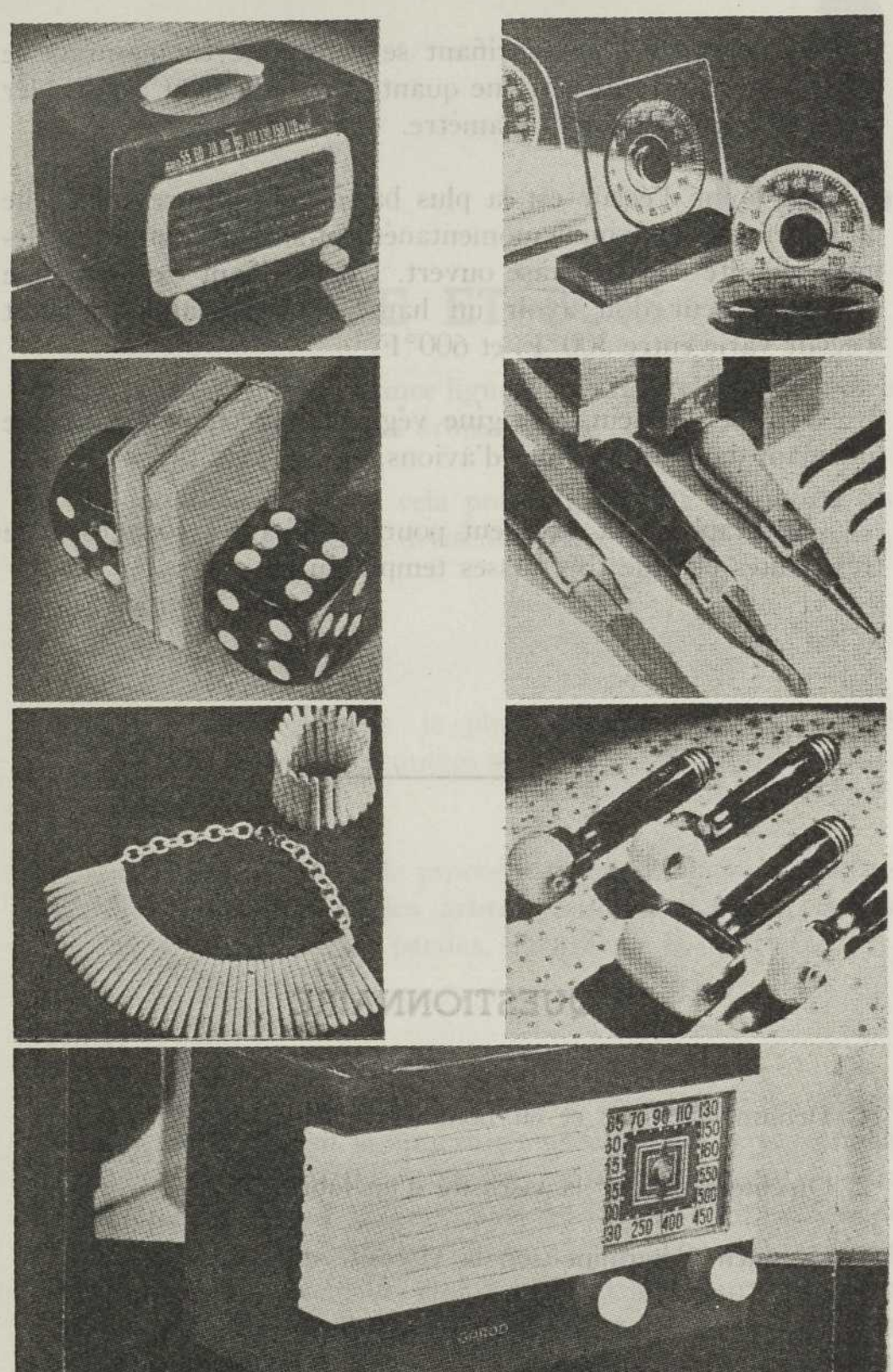


Fig. 68. Les matériaux plastiques se prêtent à de multiples usages.
Catalin Corp.

La viscosité d'un lubrifiant se détermine en mesurant le temps que prend une certaine quantité du lubrifiant à s'écouler par un long tube de petit diamètre.

Le point d'éclair est la plus basse température à laquelle un lubrifiant s'enflamme momentanément lorsqu'il est graduellement chauffé dans un vase ouvert. Un lubrifiant exposé à une grande chaleur doit avoir un haut point d'éclair. Le point d'éclair varie entre 300°F. et 600°F.

L'huile de ricin, d'origine végétale, est employée comme lubrifiant dans les moteurs d'avions.

Le graphite est excellent pour lubrifier les rouages à de très hautes et à de très basses températures.

QUESTIONNAIRE

1. Définir lubrifiant et en nommer quelques-uns.
2. Qu'entend-on par la viscosité d'un lubrifiant?
3. Comment détermine-t-on la viscosité d'un liquide?
4. Qu'entend-on par le point d'éclair d'une huile?
5. Quel lubrifiant est également efficace à de très hautes et à de très basses températures?

5
bois

ARBRE ET BOIS

Le bois est cette substance ligneuse, dure et compacte située entre le cœur et l'écorce des arbres.

En règle générale, et cela pour toutes fins pratiques, les arbres d'où vient le bois se divisent en trois classes principales.
a) les arbres forestiers,
b) les arbres fruitiers,
c) les arbres ornementaux.

De ces trois groupes, le plus important est le groupe forestier, bien que les deux autres se prêtent à certaines applications industrielles.

Il est logique, avant de procéder à l'étude du bois proprement dit, de considérer les arbres, leur constitution et les fonctions de leurs diverses parties, illustrées à la figure 69.

Racines ***(roots)***

Les racines remplissent une double fonction. Elles fixent l'arbre au sol et puisent la nourriture nécessaire à sa vie et à sa croissance. La nature, admirablement prévoyante, ne laisse rien au hasard. Plus l'arbre est gros, plus ses racines sont profondes et rampantes. Les propriétés industrielles des racines sont limitées mais relativement importantes. Elles fournissent un excellent charbon de bois; elles servent à la fabrication des fourneaux de pipes, de cannes rustiques et de sculptures décoratives. Les Indiens des réserves, avec leur fantaisie inventive, offrent à cet égard de nombreuses démonstrations.

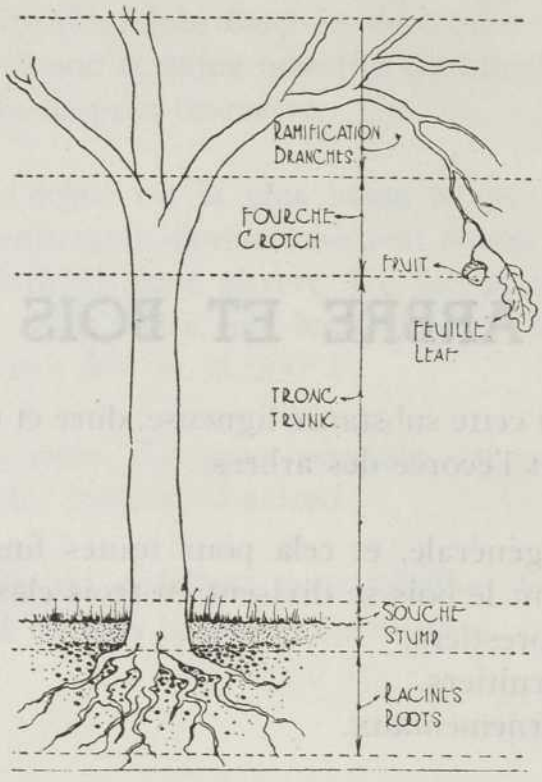


Fig. 69. Parties d'un arbre

Souche *(stump)*

Intersection des racines et du tronc, la souche est la partie de l'arbre qui reste généralement dans la terre après que l'arbre a été débité. Au Canada, quand on défriche, on brûle les souches sur place, ou bien on les fait sauter à l'aide d'explosifs. La souche fournit un excellent charbon de bois si l'on a la patience de l'extraire du sol et de la débiter.

Tronc *(trunk)*

Le tronc, la partie la plus rigide de l'arbre, sert de support à la ramification comme la colonne en architecture. C'est du tronc que provient généralement le bois pour le commerce et l'industrie.

Fourche *(crotch)*

Intersection des grosses branches et du tronc, la fourche, par sa formation ligneuse irrégulière, fournit les ronces, qui,

débitées en feuilles très minces ou placages, permettent aux ébénistes la fabrication de panneaux décoratifs aux plus heureux effets.

Ramification *(branches)*

La ramification est l'ensemble des grosses, des moyennes et des petites branches qui supportent à leur tour les feuilles et les fruits. Certaines grosses branches sont utilisées comme bois de sciage, mais de qualité inférieure à celui que fournit le tronc. La ramification produit également un excellent bois de chauffage et une matière première propre à la fabrication du charbon de bois.

Feuilles *(leaves)*

La feuille, prolongement de la tige, sert à la respiration de la plante et à la transformation de la sève brute en sève élaborée. Elle joue dans la vie de la plante le rôle des poumons chez les mammifères.

Fruit *(fruit)*

« Le fruit est la production des végétaux qui succède à la fleur et qui contient la semence ». Les arbres ont plusieurs sortes de fruits : le pin produit le cône qui renferme les graines nécessaires à la reproduction de l'espèce ; le hêtre produit la fêne qui contient une huile alimentaire ; le chêne, le gland ; l'érable, une samarre, etc.

Loupes *(burls)*

Les loupes sont des excroissances que l'on trouve, soit à la base des arbres, soit sur le tronc, quelquefois même dans la terre à la naissance de la souche, comme dans le cas des bouleaux. Les loupes, par leur formation ligneuse irrégulière produisent des ronces recherchées des ébénistes. Au Canada, leur utilisation est négligée, et cependant que d'heureux effets on pourrait en tirer !

Si l'on pratique maintenant une coupe transversale d'un tronc (fig. 70), on découvre différentes épaisseurs concentriques qui jouent chacune un rôle et qui contribuent à la croissance et à la vie de l'arbre.

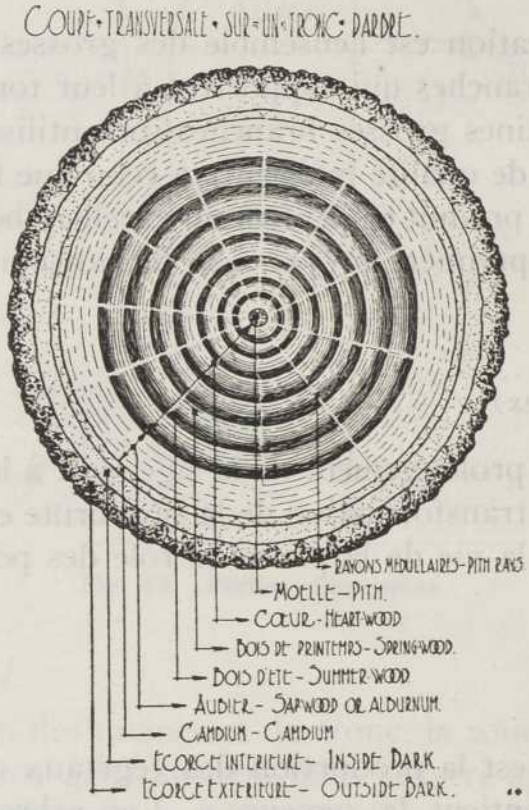


Fig. 70

Écorce extérieure *(outside bark)*

Couche protectrice de l'arbre, l'écorce est souvent un des principaux moyens d'identifier les arbres. Quelques-unes sont lisses, d'autres présentent des crevasses plus ou moins prononcées, d'autres enfin ont une conformation ou une couleur caractéristiques.

Aux yeux des profanes, l'écorce semble n'avoir aucun usage industriel. Tel n'est pas le cas. L'écorce du chêne-liège, par exemple, fournit le liège; matière première précieuse à plus d'un titre pour la fabrication d'objets usuels tels que flotteurs de toutes sortes, bouchons et linoléum.

De plus, l'écorce de certains arbres sert au tannage. Ainsi, dans notre pays, les tanneurs de campagne ont utilisé de tout temps l'écorce de pruche. Elle teint les peaux en rouge en même temps qu'elle les tanne. L'écorce de certaines essences sert aussi à la fabrication de liquides destinés à la teinture; les écorces de chêne, d'orme et de saule possèdent des propriétés propres à la fois à la teinture et au tannage.

Avec l'écorce d'orme débitée en lanières étroites, on fait les fonds de chaises rustiques. Plusieurs de nos vieux artisans pratiquent encore ce mode de garnitures de sièges en entrecroisant les lanières. C'est l'écorce du bouleau à canots qui a servi aux sauvages de la Nouvelle-France pour fabriquer leurs célèbres canots d'écorce, si pratiques pour les longs voyages.

Écorce intérieure ou secondaire ***(inside bark)***

L'écorce intérieure ou secondaire sépare l'écorce extérieure du cambium. Molle et spongieuse, elle joue le rôle de couche protectrice comme l'écorce extérieure. On la distingue facilement de cette dernière chez la plupart des arbres.

Cambium ***(cambium)***

Le cambium est un tissu végétal en voie de formation. Il est de nature mucilagineuse. Les cellules du cambium se divisent en deux parties dont l'une va à l'écorce intérieure ou secondaire et l'autre à l'aubier.

Aubier ***(sapwood)***

On a défini le bois: la substance ligneuse et compacte des arbres, placée entre le cœur et l'écorce.

L'aubier est du bois, mais un bois de qualité inférieure qui doit être éliminé du cœur de l'arbre quand le bois est destiné à des usages qui requièrent de la résistance comme dans la construction. L'aubier est plus poreux; ses cellules sont moins

serrées que celles du cœur de l'arbre parce qu'il joue un rôle primordial, celui de nourrir l'arbre depuis les racines jusqu'aux feuilles. On notera ici que la coupe pratiquée pour la présente étude dans un tronc d'arbre aurait pu tout aussi bien l'être dans une grosse branche ou une modeste tige. On y aurait rencontré les mêmes couches concentriques.

Cœur *(heart wood)*

Le cœur est la partie dure et plutôt inactive de l'arbre qui fournit le bois de qualité; de là l'expression populaire « bois de cœur ». Les tissus en sont généralement plus serrés que ceux des autres parties, et c'est lui qui donne au tronc la force et la résistance dont il a besoin pour supporter la ramification.

Cercles annuels *(annual rings)*

Chaque année, il se forme, aux dépens du cambium, une nouvelle couche d'aubier et, chaque année aussi, la dernière couche d'aubier devient une couche de bois solide. Chacune de ces couches, que l'on distingue clairement dans la coupe transversale de certains arbres, représente la pousse du bois pendant un an. En comptant le nombre de ces couches, il est facile de trouver l'âge d'un arbre abattu. Chacune de ces couches se divise en deux parties : le bois de printemps et le bois d'été.

Bois de printemps *(spring wood)*

Le bois de printemps, plus important que le bois d'été, est ordinairement plus pâle et plus poreux, parce que c'est à cette époque de l'année que s'effectue le réveil de la nature; la sève s'y trouve par le fait même plus abondante.

Bois d'été *(summer wood)*

Le bois d'été est plus foncé et ses tissus plus serrés parce que la végétation est plus lente en été. En comptant les cercles annuels pour connaître l'âge d'un arbre, on se rappellera donc

qu'un cercle annuel se subdivise en bois de printemps (parties pâles) et en bois d'été (parties foncées). On ne tiendra compte que des cercles du bois de printemps ou du bois d'été pour trouver l'âge d'un arbre.

Moelle *(pitch)*

La moelle est située au centre ou dans la cavité des troncs et des grosses branches. C'est une substance douce et spongieuse.

Rayons médullaires *(medulary rays)*

Les rayons médullaires sont de petits canaux ou vaisseaux qui traversent le cœur de l'arbre horizontalement et le nourrissent dans ce sens. Des examens microscopiques en ont relevé plus de cinq cents dans un section d'un quart de pouce cube de pin blanc. Les planches coupées dans le sens des rayons médullaires produisent un ramage de bois connu sous le nom de débitage sur mailles ou sur quartier.

QUESTIONNAIRE

1. Donner la définition du bois.
2. Nommer les principales classes d'arbres?
3. Quelles sont les racines.
4. Quelles sont les fonctions des racines?
5. Donner quelques usages des racines.
6. Définir souche.
7. Que donnent les fourches comme matériau industriel?
8. D'où viennent principalement les bois de chauffage?
9. Définir loupe.
10. Enumérer différents usages de l'écorce intérieure d'un arbre.
11. Quelle est la nature du cambium?
12. A quoi sert le bois de l'aubier?
13. Qu'est-ce que le « bois de cœur »?
14. Qu'indiquent les cercles annuels?
15. Quelles sont les caractéristiques du bois de printemps et du bois d'été?
16. Définir rayons médullaires.

INDUSTRIE DU BOIS

Les statistiques des dernières années estiment la superficie des forêts productives du Canada à 1,300,000 milles carrés et les conifères représentent environ les quatre cinquièmes de tout notre bois marchand.

L'industrie du bois de scierie est très prospère dans l'Ouest canadien tandis que l'industrie de la pulpe et du papier est surtout florissante dans le Québec et l'Ontario.

Abattage

L'abattage doit se pratiquer avec méthode, car l'arbre doit être dirigé dans sa chute. Une large entaille pratiquée à la hache, à la base du tronc, détermine la direction de cette chute, suivant l'importance et la position qu'on lui donne.

Un bûcheron expérimenté voit d'un coup d'œil de quel côté faire voler les premiers copeaux. Du côté opposé, il pratique une petite entaille de façon à permettre à la scie mécanique ou au godendard de pénétrer facilement.

Une fois l'arbre abattu, on le débarrasse de ses branches et on passe au tronçonnage.

Tronçonnage

Le tronçonnage consiste à couper le tronc en billes *(logs)* en longueurs appropriées aux planches qu'on en tirera. On a soin de couper les billes de six à huit pouces de plus que la longueur nécessaire, car les bouts sont sujets à s'endommager par des chocs souvent violents au cours du transport à l'usine où on les débite de nouveau.

Mesurage approximatif

L'inventaire qui permet à l'industriel de calculer la quantité de bois ouvrable qu'il tirera de chaque bille constitue le mesurage approximatif. Ce travail s'effectue par des « *cullers* » ou mesureurs de bois de grande expérience qui effectuent leurs calculs généralement à l'œil sans presque jamais se tromper.

Débitage des bois

Après l'abattage et le tronçonnage, on classe les bois selon qu'on les destine au chauffage ou à l'usinage. Dans le premier cas, on les débite souvent sur place et on les refend à l'occasion. Dans le deuxième cas, on les dirige vers l'usine où ils seront sciés ou fendus selon leur utilisation éventuelle.

Fente

La fente est surtout requise pour les bois destinés à la charronnerie, à la carrosserie, à la boissellerie, à certaines parties de meubles pliés, aux articles de sport comme les raquettes, les skis, etc. Comme les fibres du bois travaillent dans toute leur longueur, le bois fendu est plus résistant que le bois scié.

Le merrain ou mairain *(cracked timber or shaken timber)* est un bois fendu en menues planches dont on fait notamment des douves de tonneaux. On l'obtient en débitant le tronc de l'arbre dans le sens des rayons médullaires et en le convertissant immédiatement en douves quand il est destiné à la tonnellerie (fig. 71).

Bois en grume *(beam)*

Le bois en grume est une bille équarie; on accorde souvent à cette expression la même signification qu'au mot bille. Le bois en grume a joué un rôle important dans l'industrie de la charpente, surtout avant l'ère de la structure métallique et du béton armé. C'est avec le bois en grume qu'on fabriquait les poutres et les colonnes. On devait le choisir avec le plus grand soin, en éliminant complètement l'aubier qui, on le sait, est un bois de qualité inférieure.

Le gros bois de construction est désigné en anglais sous le nom de « *timber* ». Le madrier *(thick board)* doit avoir au moins 6″ de large, 6′ de long et 2″ d'épaisseur. L'épaisseur détermine si la pièce de bois appartient à la catégorie des planches ou des madriers. Par la refente à la scie ronde, les madriers sont transformés en plusieurs catégories de bois marchand comme les colombages, les chevrons, etc., pour l'industrie de la construction.

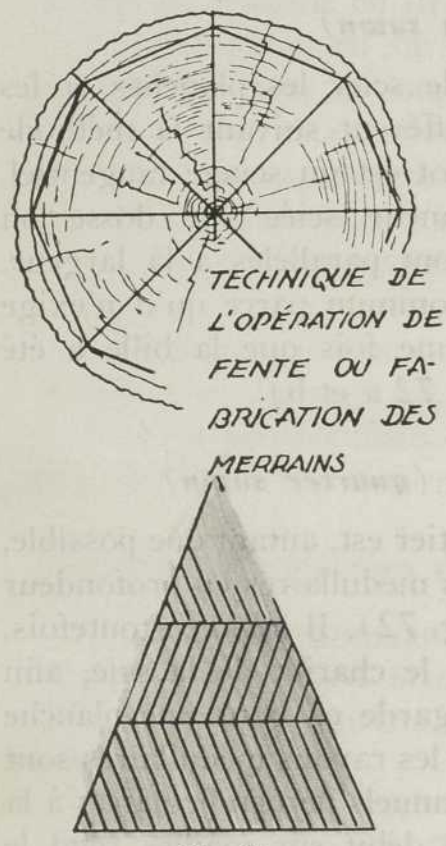


Fig. 71

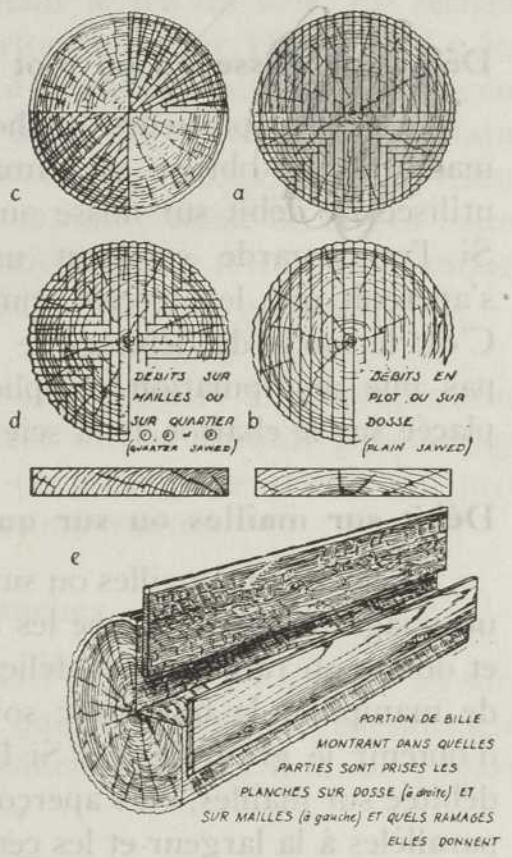


Fig. 72

Planche *(board)*

La planche doit avoir de $\frac{3}{4}$″ à $1\frac{1}{2}$″ d'épaisseur, 4″ et plus de largeur et au moins 6′ de longueur. Dans le commerce on la trouve brute, c'est-à-dire non blanchie, blanchie sur une ou deux faces ou bien embouvetée, c'est-à-dire avec rainure et languette *(groove and tongue)*. Il y a des planches de dimensions plus petites mais leur utilisation est bien déterminée comme le bois de plancher, par exemple. En effet, le parquetage est une industrie tout à fait spéciale.

Feuillet ***(thin board or plank)***

On appelle « feuillet » une pièce de bois de faible épaisseur, $\frac{1}{2}''$ environ, destinée à des usages particuliers. Les feuillets sont surtout très employés dans la fabrication du meuble pour les côtés et les fonds de tiroirs, pour les parties courbes de carrosserie, etc. L'industrie des contreplaqués et des planches à base de fibre *(masonite,* etc.*)* ; remplace de plus en plus le feuillet.

Débit sur dosse ou en plot ***(plain sawn)***

Il existe plusieurs méthodes de scier les planches et les madriers ; on obtient un ramage différent suivant la méthode utilisée Le débit sur dosse ou en plot est un sciage tangentiel. Si l'on regarde en bout une planche sciée sur dosse on s'aperçoit que les cercles annuels sont parallèles à la largeur. C'est le mode de débitage le plus commun parce qu'il n'exige pas une manipulation compliquée une fois que la bille a été placée sur le chariot de la scie (Fig. 72 a et b).

Débit sur mailles ou sur quartier ***(quarter sawn)***

Le débit sur mailles ou sur quartier est, autant que possible, un sciage radial qui coupe les rayons médullaires en profondeur et donne un ramage plus délicat (fig. 72). Il importe toutefois, de manipuler la bille avec soin sur le chariot de la scie, afin d'obtenir le grain désiré. Si l'on regarde en bout une planche débitée sur mailles, on s'aperçoit que les rayons médullaires sont parallèles à la largeur et les cercles annuels perpendiculaires à la largeur. L'attention requise pour le débit sur mailles rend le bois plus dispendieux, mais il est très recherché dans l'ébénisterie et pour certains travaux de menuiserie d'art. On remarque aussi que le débit en plot ou sur dosse donne un débit mixte parce que les planches, sciées au centre de la bille à cercles annuels perpendiculaires à la largeur, se trouvent débitées sur quartier.

Retrait et gonflement du bois

Lorsque le bois est placé dans un endroit humide, ses pores absorbent l'humidité et se dilatent. Il s'ensuit une augmentation

de poids et de volume. C'est le gonflement du bois. Inversement, s'il est placé dans un endroit sec, il se produit une dessication qui occasionne le retrait. Le retrait et le gonflement sont proportionnels à la quantité d'humidité évaporée ou absorbée.

Ces deux termes de retrait et de gonflement du bois sont généralement désignés sous le nom de jeu du bois. Dans le débitage, on doit veiller à prévenir le jeu du bois. En séchant le bois se déforme en tirant surtout au cœur (fig. 73). Le jeu s'effectue surtout en surface. Le retrait se fait dans la largeur et très peu dans la longueur. Dans les pièces d'une certaine épaisseur, il provoque des fentes *(checks)* aux extrémités. Dans les billes, une dessiccation trop rapide produit de larges fentes dans le sens du rayon de la circonférence. Le retrait des contours est gêné par la résistance de la partie centrale ou cœur.

Quand on scie un bois relativement vert à des proportions déterminées d'avance, il faut réserver un certain pourcentage de bois en surplus dans le but de prévenir le retrait qui peut souvent causer des déformations importantes.

Mesurage et sélection des planches

Le bois se commande dans l'industrie en « pieds mesure de planche » *(board measure)* que l'on désigne généralement par « M.P. » (mesure de planche) ou « B.M. » *(board measure)*.

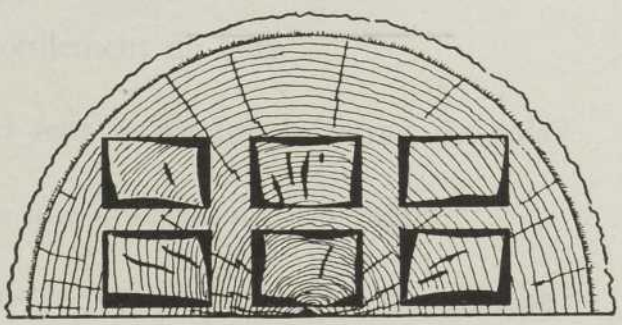


Fig. 73

Le pied mesure de planche est l'unité de mesure reconnue aux dimensions suivantes: 12″ de long, 12″ de large, 1″

d'épaisseur. Ainsi, une planche de 36″ de longueur, par 6″ de largeur et par 3″ d'épaisseur, mesure donc $4\frac{1}{2}'$ M.P.

Ou classe les bois selon leurs dimensions (largeur, longueur, épaisseur) et leurs défauts plus ou moins nombreux. On désigne ces classes suivant les appellations : bois choisi *(select)* et bois commun *(common)* ; nos 1, 2, 3 et parfois 4. Quelquefois, l'on mêle l'une ou l'autre des catégories, ce qui explique pourquoi on entend souvent l'expression « *number one and two, common* ». L'expression « *mill run* » signifie que le bois est offert en vente tel qu'il est tombé au sciage, sans aucun classement.

Il existe des classements différents pour les bois mous et pour les bois durs. Les catégories sont si nombreuses et l'énumération en est si longue qu'il paraît oiseux de les signaler ici. On peut se procurer chez les marchands un livret des règlements du classement des bois, selon les modalités adoptées par l'industrie américaine et canadienne.

QUESTIONNAIRE

1. Quelle est la superficie productive des forêts du Canada?
2. Quels sont les points importants de l'abattage?
3. Définir tronçonnage.
4. Qu'est-ce que le mesurage approximatif?
5. A quoi sert le merrain?
6. Qu'est-ce que le bois en grume?
7. Qu'est-ce qui distingue un madrier d'une planche?
8. Qu'est-ce qu'un feuillet?
9. Quelle est la procédure à suivre lorsqu'on a à débiter sur dosse ou en plot?
10. Quelles sont les caractéristiques du débit sur mailles ou sur quartier?
11. Définir gonflement du bois.
12. Dans quel sens se produit le retrait du bois?
13. Qu'amène une dessication trop rapide?
14. Qu'entend-on par pieds mesure de planche?

SÉCHAGE NATUREL ET SÉCHAGE ARTIFICIEL

Dans les scieries bien organisées, on trouve généralement la cour ou le chantier à bois à proximité de la scierie. Pour faciliter le transport, les chemins qui y conduisent sont ordinairement pavés de bois. Dans les entreprises qui expédient les planches par bateaux ou par barges, la cour à bois est établie à proximité des quais. C'est le cas, notamment, des installations de Matane, de Rimouski, etc.

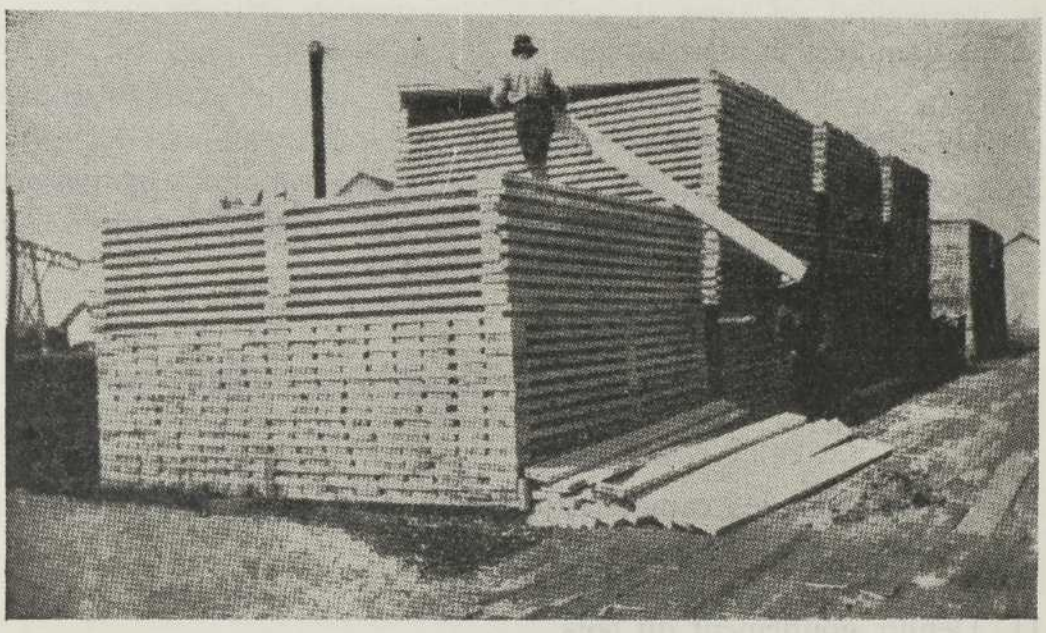


Fig. 74

Empilage

L'empilage du bois est une opération délicate. S'il ne suit pas les règles éprouvées, il compromet la qualité des planches. Il est facile de concevoir qu'un bois de sciage récent possède un fort pourcentage d'humidité. L'empiler correctement, à l'air libre, constitue le séchage naturel, car le séchage est l'évaporation de l'humidité contenue dans le bois. Si l'on ne prend pas les précautions nécessaires une déformation très sérieuse des planches peut en résulter (fig. 74).

Dans les chantiers bien organisés, on prévoit, à la base de chaque pile, des piliers de béton à chacun des angles ou, encore, on dispose des pièces de dimensions adéquates pour isoler le bois du sol et de l'humidité. L'espace entre la base de la pile et les planches assure la ventilation nécessaire au séchage naturel de la pile de planches.

Les ouvriers préposés à l'empilage commencent d'abord par disposer un rang de planches. Ils laissent entre chacune un espace variant entre un et deux pouces. Ils déposent ensuite des planches dites « travers » ou traverses, proportionnées à la longueur des planches et en nombre suffisant, nombre déterminé par la longueur et l'épaisseur des planches. Les ouvriers empilent les planches et les traverses alternativement jusqu'au faîte de la pile. Un empilage adéquat comporte des traverses bien posées, les unes au-dessus des autres, afin de répartir en des points déterminés le poids considérable de la pile et de permettre aux planches de sécher sans gauchissement.

Il n'y a rien de plus sensible qu'une planche en voie de séchage et contenant une forte proportion d'humidité. Si l'on ne disposait pas les traverses avec soin (fig. 75), les planches sécheraient irrégulièrement et subiraient une dépréciation commerciale considérable. Pour la même raison, il importe que les piliers de la base soient de niveau entre eux.

Il importe de protéger la pile contre les intempéries, neige et pluie surtout ; c'est pourquoi on la recouvre d'habitude d'une toiture inclinée à l'aide de planches qui se chevauchent. Depuis le débitage jusqu'à sa transformation complète, et souvent même après, la planche lutte constamment contre l'humidité.

On essaie non seulement de débarrasser le bois de son humidité d'origine, mais on cherche à l'empêcher d'en absorber par la suite. Un bois de débit récent peut contenir 30% et quelquefois 40% d'humidité. Si l'on a bien édifié la pile et aménagé comme il convient les espaces entre chaque planche, le bois sèche naturellement.

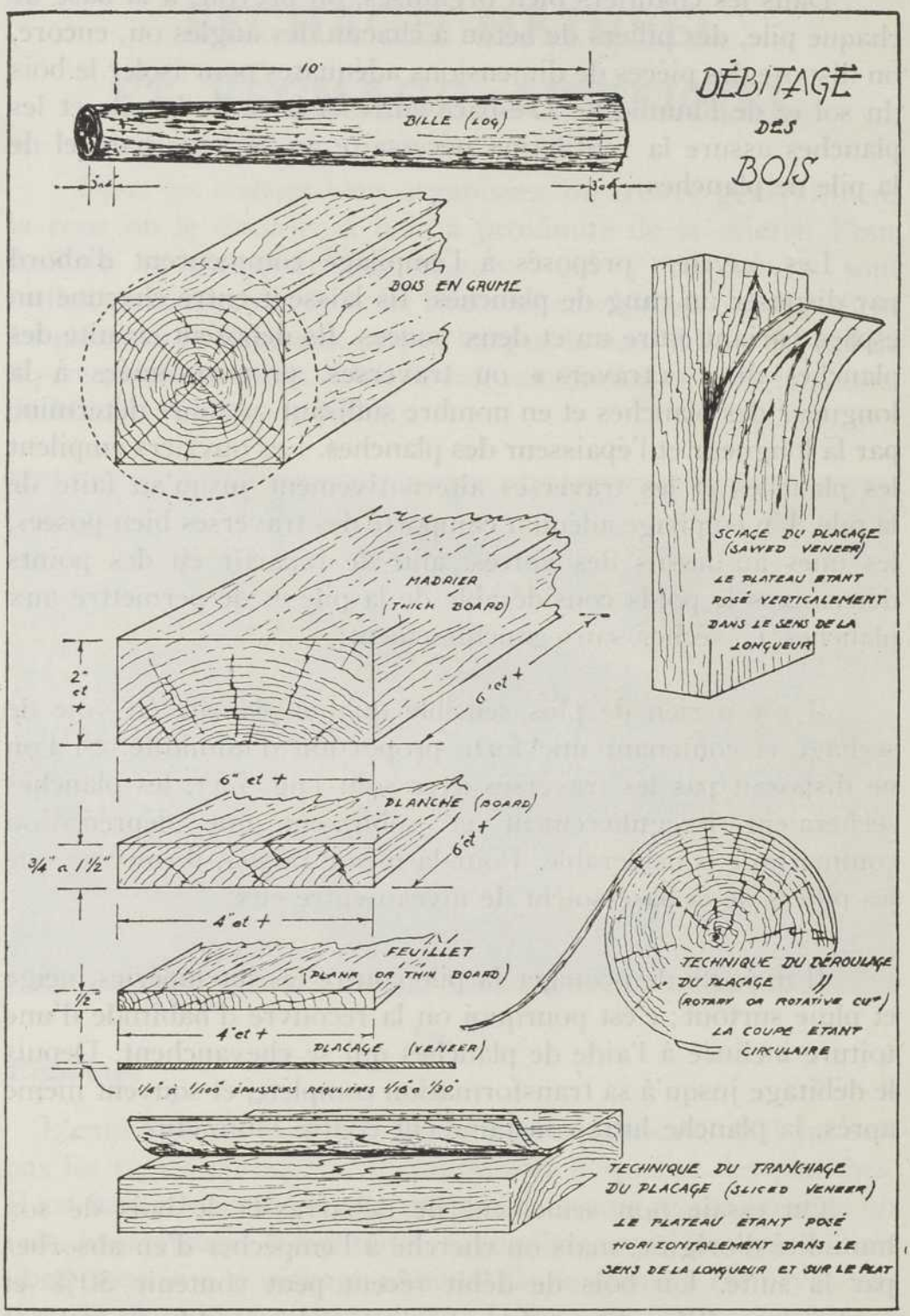

DÉBITAGE DES BOIS
10'
BILLE (LOG)
3'-4"
3'-4"
BOIS EN GRUME
MADRIER (THICK BOARD)
2" et +
6" et +
6" et +
PLANCHE (BOARD)
6" et +
3/4" a 1 1/2"
4" et +
FEUILLET (PLANK OR THIN BOARD)
1/2"
4" et +
PLACAGE (VENEER)
1/4" à 1/100" ÉPAISSEURS RÉGULIÈRES 1/16 a 1/30"
SCIAGE DU PLACAGE (SAWED VENEER)
LE PLATEAU ÉTANT POSÉ VERTICALEMENT DANS LE SENS DE LA LONGUEUR
TECHNIQUE DU DÉROULAGE DU PLACAGE (ROTARY OR ROTATIVE CUT)
LA COUPE ÉTANT CIRCULAIRE
TECHNIQUE DU TRANCHAGE DU PLACAGE (SLICED VENEER)
LE PLATEAU ÉTANT POSÉ HORIZONTALEMENT DANS LE SENS DE LA LONGUEUR ET SUR LE PLAT

Fig. 75

On a observé qu'un bois flotté sèche deux fois plus rapidement que celui qui n'a pas flotté. En effet, la sève est plus réfractaire à l'évaporation que l'eau. Lorsque le bois flotte, l'eau le pénètre, en chasse la sève et en rend le séchage plus rapide. Les ébénistes d'autrefois faisaient séjourner leur bois dans l'eau quand celui-ci n'avait pas flotté. A cette époque, la technique du bois ne connaissait pas encore le séchage artificiel ou industriel. Au lieu d'empiler le bois à l'air libre comme on le fait aujourd'hui, on l'empilait sous des abris permanents, comme le font encore de nos jours les cultivateurs qui n'ont pas de séchoir. Après avoir empilé le bois à l'extérieur durant la saison clémente afin que la chaleur exerce son action favorable au séchage, les fermiers remisent leur bois en des endroits de leurs bâtiments où il continue à sécher convenablement avant d'être utilisé. Dans ce cas, on ménage des espaces plus grands que dans les chantiers ordinaires.

On imagine facilement qu'un ouvrier ou un artisan d'autrefois, dont le commerce était important, devait se pourvoir, plusieurs années à l'avance, du bois dont il aurait besoin car les bois, selon leur texture et suivant l'usage qu'on veut en faire, peuvent prendre entre dix et vingt ans pour sécher naturellement.

De nos jours, un bois destiné à la menuiserie de qualité et à l'ébénisterie ne doit pas contenir plus de 5% à 6% d'eau. Voici les deux procédés de séchage les plus connus dans la province de Québec.

Séchage par le procédé Sturtevant

Il faut comprendre d'abord que c'est la ventilation qui provoque l'évaporation de l'humidité et qui en définitive sèche le bois. Le procédé « *Sturtevant* » est basé uniquement sur le principe de la ventilation, mais d'une ventilation forcée. A l'aide d'un éventail puissant on crée dans le séchoir une ventilation dont l'action est plus rapide que celle de la ventilation naturelle. On y conserve un degré d'humidité convenable qu'on diminue

graduellement à mesure que le séchage avance. De cette façon, le bois sèche uniformément dans toute son épaisseur et non sur ses surfaces extérieures seulement, accident qui se produit lorsqu'on procède trop rapidement.

La coupe du séchoir « *Sturtevant* » (fig. 76) fait voir le bois correctement empilé, la chambre de contrôle de l'éventail où sont placés les instruments enregistreurs qui permettent une étroite surveillance du séchage.

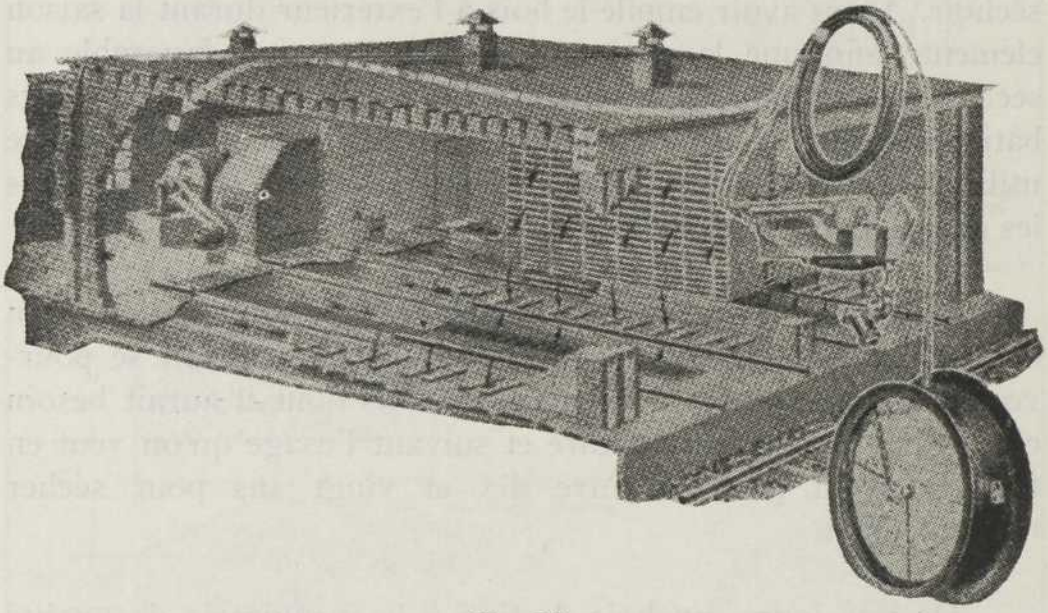


Fig. 76

Séchage par le procédé « National Dry Kiln »

On y empile les planches de la même manière que pour le procédé « Sturtevant ». Ce séchoir (fig. 77) est pourvu de ventilateurs nombreux et de valves contrôlant l'humidité et la chaleur.

La première opération consiste à vaporiser le bois pendant un certain nombre d'heures, selon l'épaisseur et la texture du bois traité. Cette opération a pour but d'uniformiser l'humidité dans toutes les planches, d'en chasser la sève qui s'évapore plus difficilement que l'eau, surtout si les bois n'ont pas flotté, et

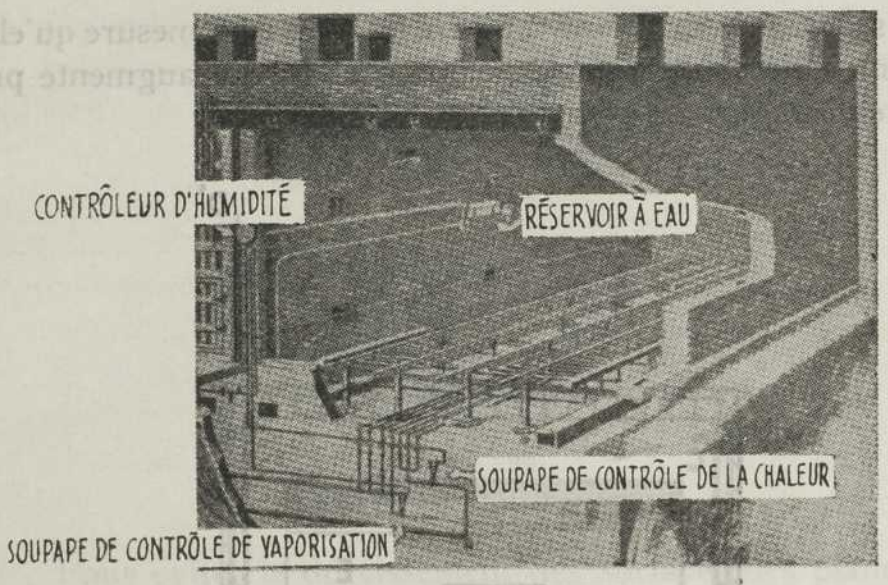


Fig. 77

d'éviter le durcissement des surfaces extérieures des planches *(case hardening)*, causé par un excès de chaleur qui empêche l'intérieur du bois de sécher.

On diminue ensuite l'humidité créée par la vaporisation et l'on augmente progressivement la chaleur. Pendant que la chaleur et l'humidité exercent leur action, une ventilation constante est entretenue dans toute la pile. Elle permet une action uniforme sur toutes les planches. La figure 77 fait comprendre le mécanisme et l'action de la chaleur, de l'humidité et de la ventilation.

Il existe deux types de séchoirs basés sur le procédé « *National Dry Kiln* », l'un, (fig. 78) est le type « *box closed* », à compartiment fermé ou case particulière; un seul wagonnet de bois y est traité à la fois. L'autre est le type « Progressive Kiln » où plusieurs wagonnets sont séchés en même temps. Ces séchoirs ont la forme d'un long corridor avec une allée centrale; de chaque côté sont disposés les wagonnets dont le nombre varie selon les besoins de l'industrie; certains contiennent jusqu'à vingt wagonnets à la fois. Les wagonnets entrent par une extrémité et sont poussés vers l'autre extrémité à mesure que

le bois sèche. A l'entrée, on vaporise les piles et, à mesure qu'elles avancent, elles sont soumises à une chaleur qui augmente progressivement jusqu'à la sortie.

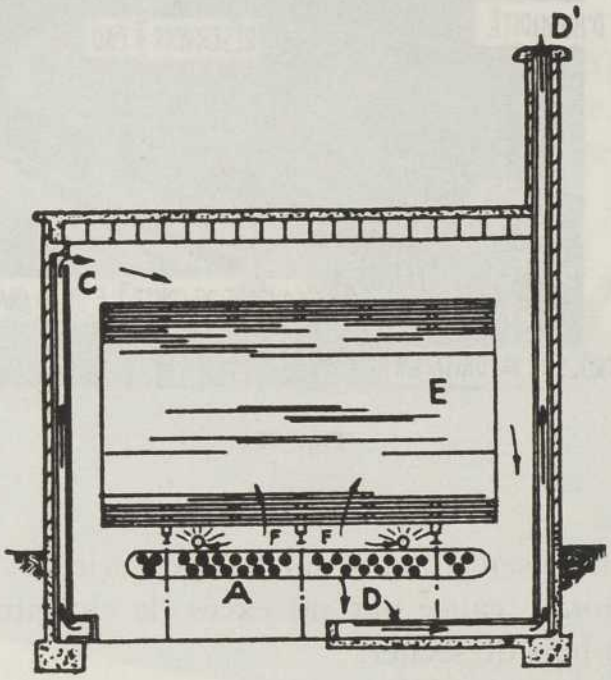


Fig. 78

Dès l'entrée du bois dans le séchoir, il faut en connaître le pourcentage d'humidité afin de pouvoir le traiter convenablement. Le surveillant du séchoir prélève plusieurs échantillons sur diverses planches pour obtenir une bonne moyenne. Selon le pourcentage connu d'humidité, on règle la vapeur ou la chaleur du séchoir. Pour établir ce pourcentage, on prélève, à 18 ou à 24 pouces du bout des planches, une petite section d'environ $\frac{1}{2}''$ d'épaisseur (fig. 79). Cet échantillon est pesé et son poids soigneusement enregistré. On dépose l'échantillon dans un petit four approprié qui le sèche complètement. On le retire, on le pèse de nouveau et, en comparant les deux poids, on établit facilement le pourcentage d'humidité.

Ce contrôle doit être fait chaque jour, pour chacun des lots de bois soumis au séchage. Il permet au surveillant du séchoir de connaître exactement l'évolution de la dessiccation.

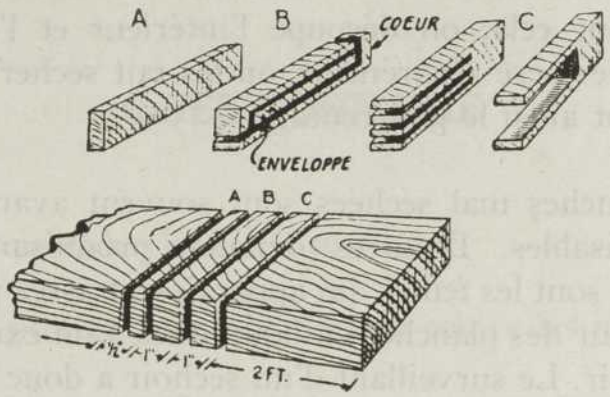


Fig. 79

Pour éviter le durcissement des surfaces des planches, on prélève encore de petits échantillons de bois. On procède de la même façon que lors de la première expérience, puis on fait à l'intérieur de ces sections, des traits ou des évidements à l'aide de la scie à ruban (fig. 80). Suivant la direction que prennent les lamelles de bois, le surveillant du séchoir établit les conclusions propres à l'éclairer. Si les lamelles demeurent parfaitement droites, on en déduit que le bois est uniformément sec dans toutes ses parties. Si les lamelles superficielles reviennent vers l'extérieur et que les lamelles intérieures restent droites, on peut dire que les surfaces extérieures sont sèches et que l'intérieur est humide. Si toutes les lamelles reviennent vers l'intérieur, un durcissement des surfaces est en train de se produire et peut

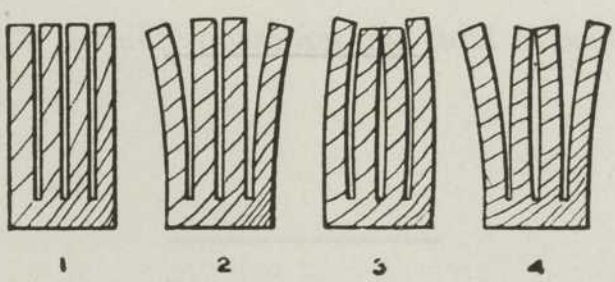


Fig. 80

apporter les pires ennuis si on ne parvient pas à l'éliminer. On vaporise alors les planches pour leur donner une humidité égale, puis on recommence le séchage. Il est bon de s'assurer aussi du

pourcentage d'humidité de l'intérieur et de l'extérieur des planches. Pour cela, on découpe l'intérieur et l'extérieur des sections, on les pèse séparément, on les fait sécher au petit four et l'on obtient ainsi le pourcentage.

Les planches mal séchées sont souvent avariées au point d'être inutilisables. D'autres défauts, produisant un déchet considérable, sont les fentes qui apparaissent assez profondément sur la longueur des planches en bout, dues à un excès de chaleur dans le séchoir. Le surveillant d'un séchoir a donc des responsabilités considérables et la plus grande minutie préside à son travail. Un entraînement soigné lui permet de résoudre les problèmes et de devenir d'une réelle compétence dans une technique dont dépend la transformation utile de nos bois.

On emmagasine le bois sorti de la chaufferie dans des hangars chauffés modérément. On l'empile soigneusement, sans traverses, pourvu que les planches, une fois posées les unes sur les autres, n'aient pas tendance à se déformer. Il est alors prêt pour la consommation industrielle.

QUESTIONNAIRE

1. Comment procéder lors de l'empilage ?
2. Comment protéger une pile de bois contre les intempéries ?
3. Quel pourcentage d'humidité contient un bois fraîchement abattu ?
4. Pourquoi un bois flotté sèche-t-il plus vite qu'un bois qui n'a pas séjourné dans l'eau ?
5. Combien de temps prend le bois à sécher naturellement ?
6. Qu'est-ce que le procédé de séchage « Sturtevant » ?
7. Qu'est-ce que le procédé de séchage « National Dry Kiln » ?
8. Expliquer ce dernier procédé.
9. Pourquoi prélever des échantillons de bois pendant le séchage ?
10. Comment procéder pour vérifier l'humidité du bois ?
11. Quelle est la dernière opération que subit le bois, au sortir du séchoir ?

DÉFAUTS ET MALADIES DES BOIS

Aux défauts des bois dus à l'humidité, s'ajoutent ceux causés par les insectes qui attaquent non seulement les arbres, mais souvent même les bois travaillés, si l'on n'a pas soin de les protéger convenablement. Les plus connus sont les nœuds gâtés, la roulure, la gélivure, la cadranure, la pourriture sous formes diverses, la torsion des fibres, la vermoulure, la frotture et les piqûres d'insectes.

Nœuds gâtés *(rotten knots)*

Les nœuds sont causés par l'intersection des branches sur le tronc de l'arbre (fig. 81). Sous l'action de l'humidité et d'un séchage trop rapide, ils tendent à se disloquer causant des trous dans les planches. Cependant, dans certains bois les nœuds sains, au lieu d'être considérés comme défaut, sont exploités comme motifs décoratifs. Le style anglais utilise largement les nœuds de notre pin blanc dans les boiseries, les meubles et les objets divers.

Fig. 81

Fig. 82

Roulure *(wind shake)*

La roulure est une dislocation de deux couches concentriques, c'est-à-dire dans le sens des cercles annuels (fig. 82). Elle peut être totale ou partielle. L'humidité s'y infiltre plus facilement que dans un bois sans défaut et cause des pourritures de toutes sortes; la sève peut également causer des gerçures. On ne peut observer les roulures qu'une fois l'arbre abattu, quand la scie a débité quelques dosses.

Gélivure *(star shake)*

La gélivure est une fente dans le sens des rayons médullaires partant de la circonférence et se dirigeant vers le cœur (fig. 83). Elle est due à la gelée, à des vents, à l'action du soleil. Elle favorise la pourriture. Les gélivures plus ou moins profondes, dues surtout à une dessication rapide, sont connues également sous le nom de gerces.

Fig. 83

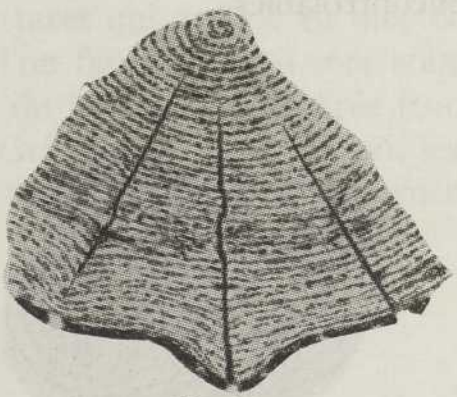


Fig. 84

Cadranure *(heart shake)*

La cadranure est une fente dans le même sens que la gélivure mais dont la partie ouverte part du cœur pour se diriger vers l'écorce (fig. 84). Comme la roulure, on ne peut l'observer qu'une fois l'arbre abattu. Les cadranures sont aussi un foyer intense de pourriture; les bois atteints de ce vice répandent souvent une odeur âcre caractéristique qui est facile à reconnaître.

Torsion des fibres ***(twisted grain)***

La torsion des fibres est une déformation anormale des fibres pendant la croissance de l'arbre. Elle prend le plus souvent une forme hélicoïdale par rapport à l'axe de l'arbre. La torsion est due à l'action du vent sur la ramification, toujours dans un sens unique. Le bois atteint de la torsion des fibres n'est pas recommandable pour la construction, car il n'offre pas la résistance qu'on veut en obtenir. Cependant, à cause de cette anomalie qui donne un ramage différent, l'ébéniste peut utiliser les bois atteints de torsion et en tirer un parti décoratif.

Pourriture ***(rot, wet or dry rot)***

La pourriture se manifeste sous différentes formes. On trouve la pourriture rouge, la pourriture brune et la pourriture blanche. Des alternances répétées d'humidité et de sécheresse produisant une pourriture sèche que l'on nomme « grisette cœur de bois » (fig. 85) qui cause à l'arbre des dommages sérieux et incontrôlables.

Fig. 85

Fig. 86

Frotture

La frotture est causée par une blessure faite à un arbre, soit par la chute d'un autre arbre, soit par une friction qui l'aurait écorcé (fig. 86). La blessure se cicatrise et l'arbre se recouvre d'une nouvelle couche de bois. Mais, cette couche, n'adhère pas au bois ancien. Il faut éliminer cette partie écorcée, généralement peu importante, en débitant la bille.

Vermoulure ou piqûre *(worms)*

La vermoulure se produit la plupart du temps sur le chantier quand on n'apporte pas aux billes les soins nécessaires. L'aubier, partie de l'arbre qui contient le plus de matières azotées, forme un terrain favorable au développement des larves d'insectes qui s'introduisent à l'intérieur de l'écorce. Le châtaignier piqué — bois américain autrefois employé pour la fabrication des âmes de panneaux plaqués — est en train de disparaître complètement. Ces piqûres sont causées par une maladie du cambium qui fait mourir l'arbre lequel, privé de toute vitalité, devient vite la proie des insectes.

Taret naval

Le taret naval est un petit mollusque ennemi redoutable du bois. On a constaté dans les chantiers maritimes que le bois flotté en eau de mer se conserve mieux que le bois flotté en eau douce. Mais il faut le préserver du taret qui pullule en mer et détruit tous les bois. Les bois que l'on fait flotter en mer sont logés dans de la vase molle le long du littoral et la marée leur fournit toute l'humidité nécessaire. Grâce à cette précaution, les bois se trouvent protégés contre le taret qui ne peut séjourner ni dans la vase ni en eau saumâtre.

Autres maladies

Parmi les fléaux qui affectent nos arbres au Canada, il convient de noter la rouille du pin blanc qui cause des dégâts énormes. C'est un champignon provenant des gadelliers *(ribes L)* que le vent se charge de transporter. C'est pourquoi dans certaines régions affectées par le fléau, on ordonne par arrêté en conseil, de détruire tous les gadelliers qui s'y trouvent. On signale également une mouche à scie qui a détruit presque complètement nos mélèzes (épinettes rouges), il y a une soixantaine d'années. Seuls, les jeunes arbres ont été épargnés et ce n'est qu'aujourd'hui qu'on commence à trouver dans le commerce ce bois aux utilisations exceptionnelles.

Voici une liste des insectes les plus connus qui causent à nos arbres des ravages considérables :

a) l'arpenteuse de la pruche ;
b) la tordeuse des bourgeons de l'épinette ;
c) les scieurs longicornes du pin, de l'épinette et du sapin Beaumier ;
d) le grand rongeur de l'épinette ;
e) la mouche à scie du pin gris ;
f) la mouche à scie du mélèze ;
g) la tordeuse à tête noire qui attaque le sapin, l'épinette et la pruche.

Plusieurs bois vendus dans le commerce sont souvent attaqués par un commencement de pourriture que l'on nomme en terme d'atelier « bois chauffé ». Ce défaut se manifeste par une décoloration du bois surtout perceptible après le rabotage. Il faut éliminer complètement le bois chauffé si l'on ne veut pas compromettre l'apparence générale du travail. Ce cas est fréquent chez le merisier qui prend un aspect grisâtre et sale. Le bois chauffé résulte d'un manque de soins sur le chantier. De mauvais traitements du bois au séchoir causent également des fentes *(checks)* qui sont considérées comme des défauts plus ou moins sérieux selon leur importance.

QUESTIONNAIRE

1. Que produit l'humidité qui s'attaque à un nœud?
2. Définir roulure.
3. Comment prévenir la roulure?
4. Qu'est-ce que la gélivure?
5. Définir gerces.
6. Dans quel sens se produit la cadranure?
7. Qu'ont de particulier les bois atteints de cadranure?
8. Qu'est-ce qui provoque la torsion des fibres?
9. A quoi sert le bois à fibres tordues?
10. Nommer trois formes de pourritures.
11. Qu'est-ce que la « grisette cœur de bois »?
12. Définir vermoulure.
13. Comment éliminer la frotture sur une bille?
14. Qu'est-ce que le taret naval?
15. Quel genre de protection fournit la vase et l'eau saumâtre aux billes flottant en mer et pourquoi?
16. Qu'est-ce que la rouille du pin blanc?
17. Donner une liste des insectes les plus communs qui causent les pires ravages dans nos forêts.
18. Qu'est-ce que le « bois chauffé »?

BOIS DURS ET BOIS MOUS

Les nombreuses essences d'arbres qui peuplent nos forêts, se divisent en deux grandes catégories : les bois durs ou francs *(hard woods)* et les bois mous ou tendres *(soft woods)*.

Dans la première classe, on admet seuls les feuillus comme l'érable, le chêne, l'orme, le frêne, le bouleau, le caryer, le merisier, le hêtre, le cerisier et plusieurs autres.

Les résineux, ceux qui portent des aiguilles en guise de feuilles et des cônes comme fruits : le pin, le sapin, l'épinette, la pruche, le mélèze, etc., forment la deuxième classe dite classe des bois mous.

On interpose, aussi, entre ces deux catégories, une classe de bois feuillus qui se comparent aux résineux et qu'on appelle bois tendres. Cette dernière classe comprend le peuplier, le tremble, le tilleul, le liard, le saule, etc.

La texture d'un bois détermine sa classification dans l'une ou l'autre des catégories. En général, un bois est mou ou dur selon la disposition plus ou moins serrée de ses fibres ou de ses cellules. Les figures 87 et 88 montrent bien qu'un bois dur a des pores beaucoup plus ouverts qu'un bois mou.

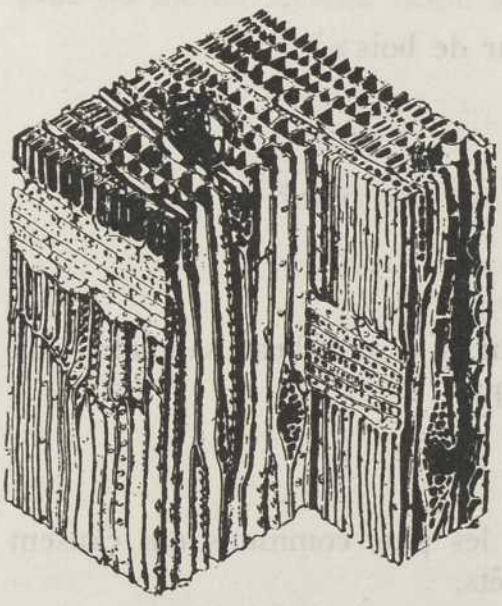


Fig. 87. Structure d'un bois mou

Fig. 88. Structure d'un bois dur

QUESTIONNAIRE

1. Donner les caractéristiques des bois mous.
2. Donner les caractéristiques des bois durs.
3. Nommer 6 bois durs.
4. Nommer 4 bois mous.

INDEX ALPHABÉTIQUE

Page

A

Abattage du bois 211
Abrasifs 180
Aciers 67
Aciers acides 70
à coupe rapide 90, 142, 160
à foyer ouvert 78
à outils 90
au carbone 90
au creuset 87
au four électrique 83
basiques 70
Bessemer 73
doux 90
Duplex 84
électriques 83
inoxydables 88, 137
Invar 133, 157
Martin-Siemens 78
Agglomération (minerai) 15
Agglomération poudre métallique 148
Alliages 151
Alliages Alnico 158
à basse fusion 162
anatomiques 162
d'aluminium 154
de bronze 108, 153
de cuivre 151, 152, 153, 154
d'étain 157
de fonte 52
de laiton 108, 153
Magnolia 124, 156
de nickel 157, 158
de plomb 156
Dow métal 117, 155
fusibles 162
Lipowitz 128, 138
Rose 128, 138, 162
stellite 161
Wood 128, 138, 162
Alumine 112
Aluminium 110
Alundum 113, 181
Amalgame 129
Amiante 177
Amidons 188

Page

Anthracite 25
Antimoine 140
Argent neuf *(german silver)* 133
Arsenic 123
Asbeste 177
Aubier 207

B

Babbitt 124, 127, 140, 157
Bakelite 197
Bauxite 110, 112
Bessemer 73
Béton 191
Billes 211
Bismuth 138
Blanc d'Espagne 190
de plomb 124, 172
de titane 172
de zinc 172
Blende 120
Bleu d'Anvers 173
de Prusse 173
milori 173
Thénard 134
Bois chauffé 232
de printemps 208
d'été 208
dur 234
en grume 212
mou 234
Bostonite 177
Bouillie bordelaise 108
Braser 154
Brasure 99
Britannia (métal) ... 127, 140, 157
Bronze 151, 152
Broyage 4
Broyeur à billes 5
Brun Van Dyck 173
Buna-S 195
Butyl 195

C

Cadmium 128
Cadranure 229

	Page
Calamine	120
Calomel	130
Cambium	207
Caoutchouc naturel	193
synthétique	195
Carbonado	180
Carbonate de cuivre	108
Carbonisation en meule	24
en four	24
Carborundum	181
Carbure de silicium	181
Carbure de tungstène	142
Caséine	188
Cassitérite	126
Celluloïd	197
Cémentation	94
Céments	94
Cercles annuels	208
Céruse	124, 172
Cérusite	123
Chalcocine	106
Chalcocite	106
Chalcopyrite	106
Chambre à air (cubilot)	49
Charbon de bois	23
Cheminée (cubilot)	49
Chrome	136
Chromite	136
Ciment	191
Ciment Portland	191
Cinabre	129
Cingleur rotatif	62
Classification des aciers	67, 68, 69
Cobalt	134
Cœur (bois de)	208
Coke	25
Colles	188
Combustible	23
Concassage	2
Concasseur à cylindre	3
à mâchoires	3
gyratoire	4
Concentration par flottation	13
magnétique	14
Cônes mobiles	33
Convertisseur Bessemer	44
Copal	175
Corindon	113, 180
Cornue Bessemer	44
Couleurs du revenu	93
Couperose	173
Courbes des traitements thermiques	91
Creuset (haut fourneau)	36
Cri de l'étain	126
Cristal	186
Cryolite	112
Cubilot	46
Cuir	168
Cuivre	106
Cuivre ampoulé	107
Cuve (haut fourneau)	34

D

	Page
Débit sur dosse ou en plot	214
sur mailles ou sur quartier	214
Débitage des bois	212
Décapant	91
Dextrine	188
Diamagnétique	14
Diamant noir	180
Dolomite	117
Dope	175
Dow métal	117, 155
Duco	175
Duralumin	113, 154
Durcissement	92

E

	Page
Ébonite	194, 197
Écorce extérieure	206
intérieure	207
de pruche	207
Électrolyse	107, 110, 112, 116
Éléments	1
Élémite	175
Émeri	113, 180
Empilage	218
Étain	126
Étalage	35
Étamage	98
Éternite	179

F

	Page
Fabrication de l'acier	73
Fente	212
Fer	59

	Page
Fer spathique	79
Ferro-chrome	137
-manganèse	76, 144
Feuille	205
Feuillet	214
Fondant	37
Fonte blanche	53
au chrome	53
au chrome-nickel	53
au nickel	52
en gueuse	46
grise	31
malléable	55
Forage	2
Four Bessemer	74
à coke	26
à griller	9, 10
électrique	83
Martin	78
Fourche	204
Frotture	230
Fruit	205
Fusibles	127

G

Galène	123
Galvanoplastie	137
Gangue	18
Gélivure	229
Gommes anglaises	188
Gonflement du bois	214
Graphite	202
Greenockite	128
Grenat	180
Grès	181
Grillage	19
Gueulard	33
Gutta-percha	194

H

Haut fourneau	31
Hématite brune	19
Hématite rouge	19
Huile de coton	171
de fève soya	171
de lin	171
de ricin	202
de tung	171

I

Invar	133, 157

J

Jeu du bois	214

K

Kirksite	166

L

Lait de magnésie	118
Laitier	36
Laiton	108, 153
Laque	175
Latex	193
Lavage du minerai	5
Laveur à courroie	7
à vis	6
Liège	206
Lingotières	76
Lipowitz	128, 138
Litharge	124
Lithopone	172
Loupe	205
Lubrifiants	200
Lynite	113

M

Madrier	213
Magnalium	113, 117, 154
Magnésie	118
Magnésite	117
Magnésium	116
Magnétite	19
Magnolia	124, 156
Maillechort	133
Malachite	106
Manganèse	144
Manganine	154
Mastics	190
Matières plastiques	197
Matte	149
Mélangeurs	41
Mercure	129
Merrain	212
Mesurage approximatif	212

	Page
Mesurage de planches	215
Métal blanc	124, 133, 165
Britannia	127, 140, 157
Dow	117, 155
fin	151
Lipowitz	128, 138
Rose	128, 138, 162
Wood	128, 138, 162
Métallurgie en poudre	147
Meules	181
Minerai	1
Minium	125
Moelle	209
Molybdène	135
Molybdénite	135
Monel	132
Mortier	190
Mouche à scie	231

N

Nichrome	132
Nickel	131
Nœufs gâtés	228
Noir de fumée	173

O

Ocre	173
Oligiste	19
Or massif	127
Ouvrage (haut fourneau)	35
Oxyde de chrome	173

P

Paramagnétique	14
Peintures	171
Permanganate de sodium	145
Peste de l'étain	126
Pied mesure de planches	215
Pierre ponce	181
Pigments	173
Piqûre	231
Plan incliné (haut fourneau)	33
Planches	213
Plastiques (matières)	197
Platinite	158
Plomb	123
Point critique	90
Porte de chargement	49
de vidange	48
Poudre abrasive	181
de métal	146
Pourriture	230
Procédé Aston ou Byers	62
Bessemer	43
Duplex	94
Puddlage à la main	60
Pyrex	185
Pyrolusite	144, 145
Pyromètre	93

R

Racines	203
Ramification	205
Rayons médullaires	209
Recuit	40
Récupérateurs	38
Réduction	18, 31
Retrait du bois	214
Revenu	93
Rose (métal)	128, 138, 162
Rouille du pin blanc	231
Roulure	229
Rubis	113

S

Saphir	113
Scories	38
Séchage (minerai)	7
artificiel (bois)	218
(National Dry Kiln)	222
naturel (bois)	218
(Sturtevant)	221
Séchoir rotatif	8
Sel d'Epsom	118
de table	116
Sélection des planches	215
Shellac	175
Siccatifs	172
Sidérite	19
Sidérurgie	18
Silex	181
Smaltine	134
Smithsonite	120
Sole à agglomérer	16
Souche	204

	Page
Soudure	98
Soudure à arc	102
à l'argent	99
à la forge	103
à la thermite	101
à l'étain	98
à résistance	103
au chalumeau	100
au gaz	100
électrique	102
molle	98
oxyacétylénique	100
par point	103
Stellite	161
Stibine	140
Sulfate d'aluminium	113
de cuivre	108
de magnésium	118
de nickel	131
Sulfure stannique	127

T

Tableau des couleurs de revenu	91
Talc	118
Tamis mécanique	9
Tamisage	8
Tannage	169
Tanin	169
Taret naval	231
Térébenthine	172
Terre d'ombre	173
de Sienne	173
Thermoplastiques	197
Thermostables	197
Titanox	172
Tôle galvanisée	120
Torsion des fibres	230
Traverses	219
Tronc	204
Tronçonnage	211
Trou de coulée de la fonte	36, 48
des scories	36, 49
Traitement du minerai	1
thermique	90
Trempe	92
Tripoli	181
Tungstate	142
Tungstène	142
Tuyau d'échappement des gaz	24
Tuyères	35, 49

V

Vanadium	146
Ventre	34
Vermoulure	231
Vernis	175
Verre	184
Verre de Bohème	187
à vitre	185
Vert de Paris	173
Viscosité	202
Vitre	185, 186
Vulcanisation	194

W

Wood (métal)	128, 138, 162

Z

Zinc	120

BNQ
000 504 551

IMPRIMÉ AU CANADA
PRINTED IN CANADA