

Lorsqu'on calcine la pyrite à l'abri de l'air, elle perd une partie de son soufre et se transforme en pyrite magnétique. Grillée à l'air, elle dégage de l'acide sulfureux, et se change en peroxyde de fer. Quelques variétés de pyrites se conservent à l'air sans altération, mais d'autres s'oxydent rapidement, s'effleurissent en absorbant l'oxygène de l'air, et se transforment en sulfate de fer :  $\text{FeS}^2 + \text{O}^7 = \text{SO}^3, \text{FeO} + \text{SO}^3$ .

La pyrite qui s'effleurit le plus facilement est la *pyrite blanche*. Cette propriété est attribuée généralement à la présence d'une petite quantité de protosulfure ou de sesquisulfure. La forme de la pyrite blanche est le prisme droit rhomboïdal.

La pyrite n'est attaquée que par l'acide azotique, l'eau régale et l'acide sulfurique concentré et bouillant.

Les pyrites sont employées dans la fabrication de l'acide sulfurique ; lorsqu'on les grille à l'air, elles donnent de l'acide sulfureux que l'on fait arriver dans les chambres de plomb. Elles peuvent servir aussi à la préparation du soufre ; par la distillation, elles se changent en pyrite magnétique en dégageant du soufre ; le résidu fixe, exposé à l'air, se transforme en sulfate de fer.

(\*) PYRITE MAGNÉTIQUE.  $\text{Fe}^7\text{S}^8$ .

La nature présente une variété de sulfure de fer qui est attirable à l'aimant ; on la nomme *pyrite magnétique*. On peut la considérer comme une combinaison du protosulfure de fer avec le bisulfure ou avec le sesquisulfure :  $\text{Fe}^7\text{S}^8 = \text{FeS}^2, 6\text{FeS} = \text{Fe}^2\text{S}^3, 5\text{FeS}$ .

La pyrite magnétique est le plus stable de tous les sulfures de fer ; elle peut être obtenue artificiellement par les méthodes suivantes :

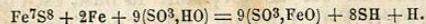
1° En chauffant fortement de l'oxyde des battitures ou tout autre oxyde de fer avec un excès de soufre ;

2° En portant du fer au rouge blanc, et le mettant alors en contact avec du soufre : si l'on applique un canon de soufre sur une barre de fer chauffée au rouge blanc, le sulfure de fer qui se forme entre en fusion et s'écoulé, la barre finit par être percée ;

3° En chauffant du fer jusqu'au rouge blanc, et en introduisant le métal dans un creuset où se trouve du soufre en fusion : le sulfure de fer tombe au fond du creuset.

Le sulfure de fer préparé artificiellement sert souvent dans les laboratoires pour faire l'acide sulfhydrique ; on le traite alors par l'acide sulfurique étendu ; si le sulfure contient du fer li-

bre, il se dégage un mélange d'hydrogène et d'acide sulfhydrique :



SULFATE DE PROTOXYDE DE FER.  $\text{SO}^3, \text{FeO}, 7\text{HO}$ .

L'acide sulfurique ne se compose qu'en une seule proportion avec le protoxyde de fer ; ce sulfate est neutre : on l'appelait autrefois *couperose verte*, *vitriol vert*.

Le sulfate de fer a une saveur styptique ; il n'est pas vénéneux ; il est soluble dans deux fois son poids d'eau froide, et dans les trois quarts de son poids d'eau bouillante. Il cristallise en prismes rhomboïdaux obliques qui contiennent 45,5 pour 100 d'eau, ou 7 équivalents.

Si le sulfate de fer cristallise à la température de 80° en présence d'un excès d'acide, il ne retient plus que 3 équivalents d'eau.

Lorsqu'on chauffe à 100° le sulfate de fer, il perd 6 équivalents d'eau, mais le septième équivalent résiste à cette température, et n'est expulsé que par une chaleur plus forte ; le sel devient alors d'un blanc grisâtre, et reprend sa couleur verte en présence de l'eau. On obtient le sulfate de fer sous forme d'une poudre blanche cristalline, quand on verse dans sa dissolution de l'alcool ou de l'acide sulfurique concentré ; ce précipité retient 1 équivalent d'eau.

Le sulfate de fer, qui est exempt de sulfate de sesqui-oxyde et que l'on a fait cristalliser dans des liqueurs bien neutres, présente la couleur bleue verdâtre du béryl.

Il existe dans le commerce trois variétés de sulfate de fer. La première, d'un bleu un peu verdâtre, se produit lorsqu'on fait cristalliser ce sel dans les liqueurs acides ; la seconde, d'un vert pâle, se forme dans des liqueurs neutres, et la dernière, d'un vert émeraude, prend naissance dans les liqueurs qui contiennent une grande quantité de sulfate de sesqui-oxyde de fer.

Le sulfate de fer porté au rouge sombre se décompose et produit du peroxyde de fer, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique anhydre :  $2(\text{SO}^3, \text{FeO}) = \text{Fe}^2\text{O}^3 + \text{SO}^2 + \text{SO}^3$ . Comme on n'arrive jamais, dans l'industrie, à dessécher complètement le sulfate de fer, l'acide sulfurique qui se dégage dans cette calcination retient toujours une certaine quantité d'eau. (Voir *Acide sulfurique de Nordhausen*.)

Une dissolution de sulfate de fer exposée à l'air absorbe l'oxygène, devient d'un vert foncé, et laisse bientôt déposer un sul-

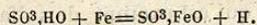
fate de peroxyde basique, qui a pour formule :  $\text{SO}^3, 2\text{Fe}^2\text{O}^3$ . La liqueur retient un sel de fer, dont la base est l'oxyde de fer magnétique  $\text{Fe}^2\text{O}^3, \text{FeO}$ . Lorsque l'action de l'air est prolongée le sulfate de fer peut se transformer complètement en un mélange de deux sulfates de sesqui-oxyde, l'un neutre et l'autre basique.

Les cristaux de sulfate de fer exposés à l'air perdent en peu de temps leur transparence, deviennent ocreux, et se recouvrent de sulfate basique :  $\text{SO}^3, 3\text{Fe}^2\text{O}^3$ .

Tous les corps oxydants, tels que le chlore, les acides hypoazotique et azotique, transforment le sulfate de protoxyde de fer en sulfate de peroxyde.

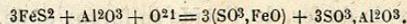
Le sulfate de fer absorbe très-facilement le bi-oxyde d'azote et se colore en brun; cette absorption a lieu généralement pour tous les sels de fer au minimum, et la quantité de gaz absorbée est telle que le protoxyde du sel de fer pourrait être transformé en sesqui-oxyde par l'oxygène du deutoxyde d'azote. Il se forme dans ce cas une combinaison peu stable, qui dégage du deutoxyde d'azote lorsqu'on la soumet à une évaporation dans le vide, et qui produit un dégagement d'ammoniaque par l'action des alcalis.

**Préparation.** — On peut obtenir le sulfate de protoxyde de fer en traitant le fer par l'acide sulfurique étendu :



Mais on prépare ordinairement ce sel en exposant à l'air des pyrites efflorescentes, ou des pyrites préalablement grillées, qui absorbent l'oxygène et se transforment en sulfate de protoxyde de fer.

Comme, dans cette oxydation, il se forme une quantité d'acide sulfurique plus que suffisante pour saturer le protoxyde de fer, l'excès d'acide se combine à l'alumine contenue dans l'argile mélangée à la pyrite, et forme du sulfate d'alumine :



Lorsque la sulfatation est complète, on reprend la masse par l'eau, et l'on évapore la liqueur, qui laisse déposer des cristaux de sulfate de protoxyde de fer. Le sulfate d'alumine reste dans les eaux-mères; il est converti en alun au moyen du sulfate de potasse ou du sulfate d'ammoniaque. (Voyez *Alun*.)

Le sulfate de fer fabriqué en grand n'est pas pur; il contient or-

dinairement des sels de cuivre, de zinc, de manganèse, d'alumine, de magnésie et de chaux. Pour le débarrasser du cuivre, on met dans sa dissolution des lames de fer qui précipitent le cuivre. Il est fort difficile de séparer les autres sels, qui sont presque tous isomorphes avec le sulfate de protoxyde de fer.

**Usages.** — Le sulfate de fer est employé pour produire l'acide sulfurique de Nordhausen et le colcothar. Il sert à monter les cuves d'indigo et à précipiter l'or de ses dissolutions; il entre dans la préparation des fonds noirs en teinture, dans celle de beaucoup de mordants et de couleurs ferrugineuses; il est employé dans la fabrication du bleu de Prusse.

(\*) CARBONATE DE FER.  $\text{CO}^2, \text{FeO}$ .

Le carbonate de protoxyde de fer est insoluble dans l'eau; on peut le préparer par double décomposition en traitant un sel de protoxyde de fer par un carbonate alcalin. Il est d'un blanc jaunâtre, et se transforme à l'air en hydrate de sesqui-oxyde de fer.

On peut obtenir le carbonate de protoxyde de fer en petits cristaux en chauffant à  $150^\circ$ , dans un tube fermé aux deux bouts, un mélange de carbonate de chaux et de protochlorure de fer, ou en décomposant, dans les mêmes circonstances, le sulfate de fer par le carbonate de soude. Des procédés analogues peuvent être appliqués à la reproduction d'un certain nombre de minéraux (M. de Sénarmont).

Le carbonate de fer est soluble dans une eau qui contient de l'acide carbonique. La plupart des eaux ferrugineuses renferment du carbonate de fer dissous dans de l'acide carbonique.

On trouve le carbonate de fer dans la nature. Il est souvent cristallisé en rhomboédres, et porte le nom de *fer spathique*. Il est ordinairement mélangé avec des carbonates de manganèse, de magnésie et de chaux.

Le carbonate de fer est considéré comme un minéral de fer d'excellente qualité. Il se rencontre en rognons ou en amas dans les terrains houillers. Il constitue presque tous les minerais de fer que l'on exploite en Angleterre.

Les cristaux de fer spathique présentent la propriété singulière de n'être attaqués qu'avec une extrême lenteur par les acides, même concentrés. La chaleur les décompose; il se dégage un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, et il reste un oxyde de fer intermédiaire.

## (\*) CARBONATE DE PEROXYDE DE FER.

L'existence de ce sel est douteuse ; ou du moins le carbonate de peroxyde de fer présente une grande instabilité : lorsqu'on verse un carbonate alcalin dans un sel de sesqui-oxyde de fer, il se forme presque aussitôt un précipité d'hydrate de sesqui-oxyde de fer, et il se dégage de l'acide carbonique.

Cependant le carbonate de sesqui-oxyde de fer forme des sels doubles assez stables avec les carbonates alcalins. Les bicarbonates de potasse et de soude dissolvent l'hydrate de sesqui-oxyde de fer ; on obtient ainsi des dissolutions rouges que l'ébullition ne décompose pas, et dont on ne sépare le peroxyde de fer que par les alcalis caustiques. L'azotate de peroxyde de fer, mêlé à un excès de carbonate de potasse, produit une liqueur d'un rouge foncé, dans laquelle on peut supposer l'existence d'un carbonate double de sesqui-oxyde de fer et de potasse.

## EXTRACTION DU FER.

On donne le nom de *minerai de fer* à toute substance contenant assez de fer pour que son exploitation puisse être faite industriellement. Comme de petites quantités de phosphore, de soufre ou d'arsenic, ôtent au fer toute sa ténacité, on rejette les minerais dans lesquels le fer est uni à l'un ou à l'autre de ces corps. On exploite cependant un minerai formé d'hydrate de peroxyde de fer et de phosphate de fer ; il donne des fontes phosphoreuses, applicables à certains usages.

Les seuls minerais exploités généralement sont :

L'oxyde de fer magnétique ;

Le peroxyde de fer anhydre ou fer oligiste ;

L'hydrate de peroxyde de fer ;

Le carbonate de protoxyde de fer (fer spathique ou fer carbonaté des houillères).

Les métallurgistes divisent les minerais de fer en deux espèces principales, les *mines terreuses* et les *mines en roches*. Les premières sont formées par de l'hydrate de peroxyde de fer ; les secondes comprennent toutes les autres espèces.

Les différents minerais de fer contiennent toujours des matières étrangères, appelées *gangues*, formées principalement de silice et d'alumine en proportions variables.

On réduit toujours les minerais de fer par le charbon.

Supposons d'abord que l'on fasse cette réduction en chauffant

le minerai au contact du charbon, sans ajouter aucun *fondant* ; la gangue se combine avec une partie de l'oxyde de fer ; il se forme ainsi des silicates basiques très-fusibles, qui s'expriment facilement sous le choc du marteau qu'on emploie pour battre la masse spongieuse du métal réduit. Cette masse s'agrége et donne du fer ductile. C'est le procédé qui est encore en usage dans les *forges catalanes* ; on ne l'applique qu'à des minerais très-riches, car on perd une quantité de fer d'autant plus grande que le minerai renferme plus de gangue.

Dans le traitement des minerais ordinaires, on ajoute une base qui puisse rendre la gangue fusible ; cette base est la chaux. Il se forme ainsi un silicate double d'alumine et de chaux qui est beaucoup moins fusible que le silicate d'alumine et de fer ; aussi est-on obligé d'employer une température très-élevée. Le fer se combine avec une petite quantité de carbone ; il passe ainsi à l'état de *fonte* et devient complètement liquide. Cette méthode, dans laquelle on opère un fondage général de la gangue et du métal réduit, porte le nom de *procédé des hauts fourneaux*.

Avant de traiter un minerai par la méthode catalane ou par celle des hauts fourneaux, on doit le soumettre à une série d'opérations qui constitue la *préparation des minerais*.

**Préparation des minerais.** — Les mines terreuses ne sont pas soumises au grillage ; on se contente de les laver dans un courant d'eau, en les remuant à la pelle, ou au moyen d'une machine appelée *patouillet*.

Le patouillet se compose d'une caisse demi-cylindrique, dans laquelle tourne l'arbre d'une roue hydraulique ; cet arbre porte des bras de fer qui ajoutent le minerai placé dans la caisse et soumis à l'action d'un courant d'eau continu. L'eau bourbeuse s'écoule constamment par un déversoir.

Les mines en roches sont souvent grillées. Cette opération a pour but de rendre le minerai moins dur, plus poreux, plus facile à réduire, et d'expulser l'eau et l'acide carbonique qu'il renferme.

On peut exécuter le grillage en tas à l'air libre, ou dans des enceintes de maçonnerie, ou bien dans des fours à cuisson continue semblables aux fours à chaux.

## MÉTHODE CATALANE.

La méthode catalane a pour résultat de donner immédiatement du fer malléable, sans passer par la fonte.

Quand on ajoute des minerais très-manganésifères dans le foyer, les scories deviennent riches en manganèse, pauvres en fer, et il se produit de l'acier naturel en proportion très-notable.

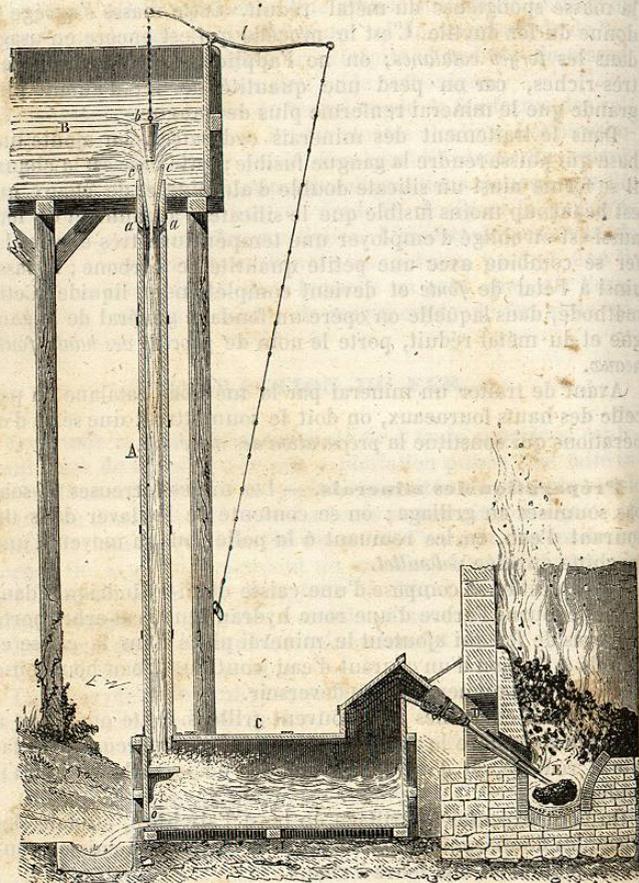


Fig. 108.

Le minerai n'est soumis à la réduction qu'après avoir été grillé.

Dans la méthode catalane, la silice contenue dans la gangue

produit avec l'oxyde de fer un silicate de fer fusible, qui constitue les scories. On perd ainsi une grande quantité d'oxyde de fer, et 100 parties de minerai donnent en moyenne 33 pour 100 de fer métallique.

Les fourneaux dans lesquels s'opère la réduction sont des creusets rectangulaires; les parois sont revêtues de plaques de fonte épaisses, et le fond est formé d'une pierre de grès réfractaire (fig. 108).

Pour rendre la combustion énergique, on fait arriver, au moyen d'une tuyère de cuivre *c*, un courant d'air dans le creuset.

La machine soufflante, appelée *trompe*, se compose d'un tuyau vertical *A* percé de trous à sa partie supérieure, dans lequel on fait arriver un courant d'eau en *B* qui entraîne de l'air dans sa chute; l'eau abandonne cet air dans une vaste caisse *C*, et s'écoule par un orifice inférieur, pendant que l'air sort par la tuyère, qui communique avec la partie supérieure de la caisse. Le combustible employé est ordinairement le charbon de bois.

On commence par introduire dans le creuset du charbon incandescent jusqu'au-dessus de la tuyère, et l'on divise le creuset en deux parties au moyen d'une pelle. D'un côté on place le minerai, et de l'autre le charbon. Le combustible est toujours mis du côté de la tuyère. Lorsque le creuset est chargé, on retire la pelle qu'on avait placée pour empêcher le mélange du minerai et du charbon.

Lorsque le chargement est fait, on donne le vent d'abord avec précaution, et ensuite aussi fort que possible.

L'ouvrier doit alors remuer la masse avec un crochet: à un certain moment de l'opération il laisse écouler les scories, et lorsqu'il juge que la réduction est complète, il ramasse les grumeaux de fer disséminés dans la masse agglutinée, et en forme une masse appelée *loupe*, qu'il enlève et qu'il porte sous un lourd marteau mû par une roue hydraulique; les scories s'écoulent sous l'action du marteau, le métal s'agrége; on le divise au moyen de forts couteaux en *lopins*, qui sont forgés et étirés en barres.

Le procédé des forges catalanes donne du fer nerveux de bonne qualité; mais il ne peut s'appliquer qu'aux minerais très-riches. Le fer que l'on obtient ainsi est souvent mélangé de petits grains d'acier qui l'empêchent d'être laminé facilement; mais ce fer aciéreux est très-recherché pour certains usages.

Nous décrirons maintenant le procédé des hauts fourneaux

dans lequel le fer est réduit en fonte, et qui permet l'exploitation des minerais même très-pauvres.

## FABRICATION DE LA FONTE.

Le traitement des minerais de fer dans les hauts fourneaux exige un fondage complet : le fer réduit s'unit avec une petite quantité de carbone, et produit de la fonte qui est fusible ; les différentes substances qui forment la gangue doivent elles-mêmes entrer en fusion à l'aide de fondants convenables ; elles forment ainsi le *laitier*.

Lorsque la gangue d'un minerai est argileuse, on y ajoute pour la faire entrer en fusion une certaine quantité de carbonate de chaux que les ouvriers appellent *castine*, et qui forme avec la silice un silicate d'alumine et de chaux fusible à la température élevée du haut fourneau.

Si la gangue est calcaire, on mélange le minerai avec une matière siliceuse que l'on nomme *erbue*. Mais le plus souvent on mélange en proportion convenable le minerai calcaire avec un minerai siliceux.

Le revêtement intérieur d'un haut fourneau est construit en briques réfractaires et en pierres siliceuses pouvant supporter une température très-élevée sans entrer en fusion.

Leur forme est celle de deux troncs de cône opposés base à base, réunis au moyen d'une courbure douce, pour éviter dans l'intérieur du fourneau les angles rentrants qui nuiraient à la marche de la flamme ou à celle des minerais ; souvent aussi les deux cônes sont opposés base à base, sans courbure douce au raccordement (*fig. 121*).

Le tirage d'un fourneau ordinaire serait tout à fait insuffisant pour produire dans le haut fourneau la température qui doit déterminer la fusion du laitier et de la fonte ; on y fait arriver le vent d'une, deux ou trois tuyères à la fois, qui sont alimentées par une machine soufflante mue par une roue hydraulique ou une machine à vapeur.

Un haut fourneau se compose de différentes parties qui ont chacune un nom particulier.

On appelle *gueulard* l'ouverture supérieure du haut fourneau AB, qui est circulaire ; c'est par le gueulard que se charge le fourneau, et que l'on introduit des couches alternatives de minerai, de combustible et de fondant.

Dans la partie BC, que l'on nomme *cuve*, l'oxyde de fer est réduit par l'oxyde de carbone ; aussi a-t-on donné à la cuve la forme d'un tronc de cône dont la base est en bas, parce

qu'elle resserre les gaz de la colonne gazeuse ascendante, les force à un contact plus intime et plus prolongé avec le minerai, et favorise ainsi l'action réductrice de l'oxyde de carbone sur l'oxyde de fer.

CD représente le *ventre* du fourneau.

L'espace DE est appelé l'*étalage* ou les *étalages*. C'est dans cette partie que commencent la carburation du fer et la réduction par

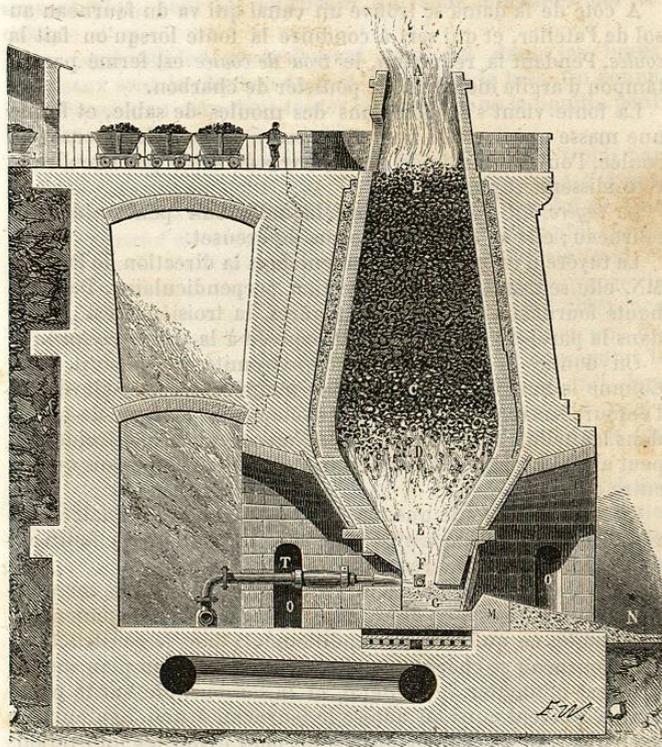


Fig. 109.

le charbon ; le contact du gaz avec les matières solides de la colonne descendante n'étant plus aussi nécessaire que dans la cuve, on comprend la forme évasée de l'étalage.

C'est dans la partie EF, qui est presque cylindrique et que l'on

nomme *ouvrage*, que la température est le plus élevée, et que la fonte et le laitier entrent dans le *creuset G*.

Le recouvrement du creuset est soutenu par deux pièces de fonte qui portent les noms de *tympe* et de *tacret*.

La paroi antérieure du creuset est formée par une forte pierre M, qui porte le nom de *dame*.

Au-dessus de la dame est une ouverture par laquelle s'écoule constamment le laitier sur un plan incliné MN.

A côté de la dame se trouve un canal qui va du fourneau au sol de l'atelier, et qui sert à conduire la fonte lorsqu'on fait la *coulée*. Pendant la réduction, le *trou de coulée* est fermé par un tampon d'argile mélangée de poussier de charbon.

La fonte vient s'écouler dans des moules de sable, et forme une masse qui porte le nom de *gueuse*; dès que la gueuse est coulée, l'ouvrier a soin de la recouvrir de sable pour rendre le refroidissement plus lent.

La *tuyère* est l'ouverture par laquelle l'air pénètre dans le fourneau; elle se trouve au-dessus du creuset.

La tuyère n'est pas ordinairement dans la direction de la dame MN, elle se trouve dans la direction perpendiculaire. Dans les hauts fourneaux qui ont trois tuyères, la troisième est placée dans la paroi du creuset qui est opposée à la dame (*rustine*).

On donne le nom de *buse* à l'extrémité du conduit d'air. Comme la buse doit supporter une température très-élevée, on l'entoure souvent d'une double enveloppe de fonte ou de cuivre dans laquelle circule constamment un courant d'eau froide: on peut alors l'exposer à la température du rouge blanc sans qu'elle entre en fusion.

On ne coule la fonte que toutes les douze ou vingt-quatre heures; cet intervalle de temps varie avec la hauteur du fourneau et les dimensions du creuset.

L'enveloppe extérieure d'un haut fourneau appelée *muraillement*, est traversée par des canaux destinés au dégagement de l'humidité, ce qui évite les fendillements dans la construction.

Le fourneau se charge par le haut; on établit un plan incliné qui sert à monter le minerai et le combustible sur la plate-forme. Souvent aussi on adosse le fourneau à une hauteur, en ayant le soin de l'isoler du terrain pour éviter les infiltrations d'eau.

On pratique en général à la partie inférieure du haut fourneau des canaux destinés à réunir et à faire écouler les eaux.

La *chemise* du fourneau est construite en pierres ou en briques très-réfractaires. Elle est séparée du muraillement extérieur par une couche de sable ou de scories qui empêche les pertes

de chaleur, et permet aux parois de se dilater sans se fendre, parce qu'alors le sable se déplace.

Cette disposition donne aussi la facilité de réparer l'intérieur du fourneau sans toucher au muraillement.

La hauteur des fourneaux varie avec la nature des combustibles que l'on emploie. Elle est de 6 à 18 mètres pour les fourneaux au charbon de bois, et peut aller jusqu'à 20 mètres et souvent plus, pour les fourneaux qui sont alimentés par le coke.

Les combustibles généralement employés dans les hauts fourneaux sont le charbon de bois, le coke et le bois. On donne la préférence au coke dans toutes les localités où la houille peut être obtenue à un prix peu élevé.

On a remplacé dans certains hauts fourneaux l'air froid, par de l'air chauffé de 150 à 300°. Cette substitution a été d'une grande importance dans la fabrication du fer. L'emploi de l'air chaud permet d'atteindre une température beaucoup plus élevée que celle qu'il serait possible de produire avec de l'air froid, et cette circonstance modifie de la manière la plus heureuse la marche du haut fourneau. On conçoit en effet qu'une différence notable dans l'intensité de la chaleur puisse déterminer une fusion ou une réduction plus facile des silicates, et augmenter le rendement. Toutefois l'emploi de l'air chaud a produit dans certaines usines des difficultés imprévues et donne naissance à des fontes qui sont en général plus siliceuses que celles qui sont fabriquées à l'air froid.

L'avantage que l'on peut retirer de l'emploi de l'air chaud dans les hauts fourneaux, est dû surtout à la quantité de chaleur que l'air apporte avec lui. L'air peut être chauffé dans des foyers particuliers, ou bien par la chaleur perdue des hauts fourneaux.

Lorsque le fourneau est construit, on procède à la mise en feu.

Pour le dessécher, on met d'abord du feu dans la chambre qui précède la dame. Il s'établit alors par le gueulard un tirage qui enlève une partie de l'humidité; on attend quelques jours avant de mettre du charbon dans le creuset; lorsqu'on pense que toute l'humidité s'est dégagée, on introduit du charbon dans le creuset, on l'allume, on emplît peu à peu l'ouvrage, et on charge entièrement le fourneau de charbon, sans ajouter de minerai.

La dessiccation du fourneau peut durer douze à quinze jours. Quand le fourneau est en plein feu, on ajoute à chaque charge

une petite quantité de minerai que l'on augmente successivement.

Lorsque le métal paraît dans l'ouvrage, on donne le vent d'abord avec lenteur; le courant d'air ne doit prendre toute sa vitesse qu'au bout de deux ou trois jours.

La fonte obtenue dans les premières coulées est toujours de la fonte blanche, parce que la température n'est pas encore assez élevée; ce n'est que lorsque le fourneau prend une allure régulière, qu'il se forme de la fonte grise, si toutefois la nature des minerais le permet.

## AFFINAGE DE LA FONTE.

La fonte est affinée dans des usines qui portent le nom de *forges*.

Le but de l'affinage est de décarburer la fonte et de transformer le silicium qu'elle contient en acide silicique, qui forme ensuite avec l'oxyde de fer du silicate de fer.

On affine la fonte par deux procédés différents :

1° L'affinage au charbon de bois qui s'opère dans de petits foyers, ou *feux d'affinerie* : on le nomme souvent *procédé comtois* ;

2° La méthode anglaise qui s'exécute dans des fours à *puddler* chauffés à la houille.

Nous décrirons d'abord le premier procédé.

Avant de soumettre la fonte à l'affinage, on commence dans quelques usines par la faire fondre, on la coule dans des rigoles plates, et on la brise en morceaux. Cette opération préliminaire porte le nom de *mazéage*.

Un foyer ou feu d'affinerie comtois est une cavité prismatique à base rectangulaire horizontale, limitée par quatre parois verticales formées de plaques de fonte; on y brûle du charbon de bois, et la température est assez élevée pour qu'on puisse décarburer la fonte, souder toutes les parties du métal purifié, le forger et l'étirer en barres.

L'air qui doit déterminer la combustion du charbon est introduit dans le foyer au moyen d'une ou de deux tuyères qui traversent une des parois verticales du creuset appelée *varme*.

Lorsque le foyer est rempli de charbon incandescent, on fait avancer la fonte sur des rouleaux au-dessus du foyer; elle entre en fusion et tombe au fond du creuset. La fonte est ordinairement mélangée à une certaine quantité de scories et d'oxyde de fer.

On peut diviser l'affinage en deux périodes. Dans la première, la fonte se trouve en présence de l'oxyde de fer qui la décarburer par son oxygène en se réduisant lui-même (M. Chevreul). Tous les efforts de l'ouvrier tendent donc à multiplier les contacts de la fonte et de l'oxyde de fer.

Dans la seconde période, la fonte est soulevée avec un ringer, afin de la *désorner*, c'est-à-dire de la séparer des *ornes* ou scories qui sont adhérentes au fond ou aux angles du foyer. La fonte désornée est présentée au vent de la tuyère, qui oxyde le silicium et forme du silicate de fer. Lorsqu'elle est en partie affinée, elle retombe au fond du feu où la décarburation s'achève. Alors l'ouvrier *avale la loupe*, c'est-à-dire qu'il réunit toutes les parties de fer affiné, pour en former une loupe qu'il

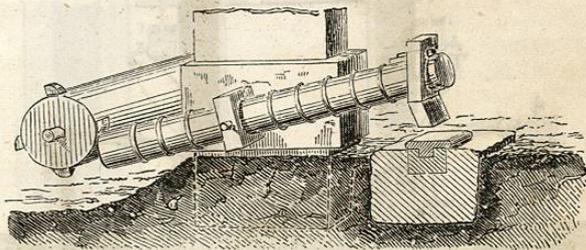


Fig. 110.

porte ensuite sous le marteau (*fig. 110*); c'est ce que l'on appelle *cingler la loupe*.

La loupe est partagée en deux *lopins*, qui sont réchauffés au rouge soudant et étirés ensuite sous le marteau en deux chauffes.

L'étirage au martinet ne se fait que pour le petit fer.

**Affinage à la houille par le procédé anglais.** — L'emploi du coke dans les hauts fourneaux a dû faire penser à tirer parti de ce combustible ou de la houille, dans l'affinage de la fonte. Mais cette opération ne pouvait se faire dans les foyers ordinaires d'affinage, parce que le métal en contact avec le coke se sulfure rapidement et devient cassant.

On a remplacé alors les feux d'affinage par des fours dans lesquels la fonte est chauffée par la flamme seule du combustible.

Dans ce procédé, l'affinage comprend trois opérations. La pre-

mière se fait dans les *fineries*, qui ressemblent beaucoup aux foyers d'affinage; la seconde, dans un four à réverbère qui porte le nom de *four à puddler*; la troisième, dans un autre four à réverbère que l'on nomme *four à réchauffer*.

Les *fineries* (fig. 111) se composent d'un creuset revêtu

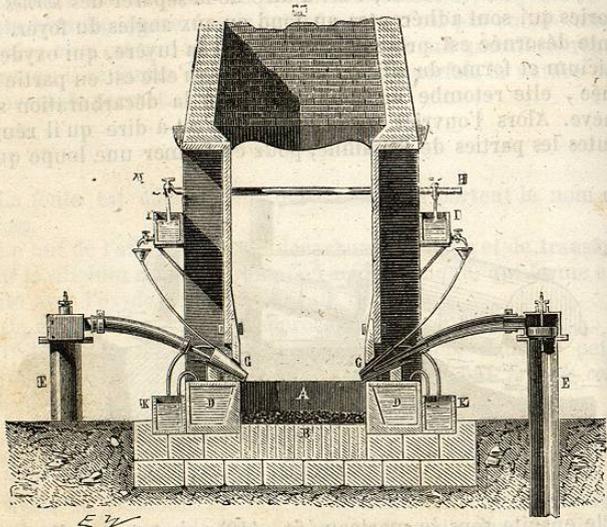


Fig. 111.

intérieurement de plaques de fonte recouvertes d'argile, et portant un trou par lequel on fait couler les scories et la fonte.

Le creuset est surmonté d'une cheminée. Deux tuyères placées presque en face l'une de l'autre amènent le vent à la surface du bain.

On introduit du coke dans le creuset sur lequel on pose 1000 à 1200 kilogrammes de fonte, et on élève assez la température pour que la fonte devienne très-liquide.

Au bout d'une heure et demie environ, on la coule dans un bassin large et peu profond, et on la refroidit avec de l'eau pour qu'elle devienne cassante. On obtient aussi le *fine metal*.

Dans cette première opération, la fonte s'est débarrassée en grande partie de son soufre et de son phosphore, et même

d'une partie du charbon, du manganèse et du silicium qu'elle contenait.

Pour décarburer complètement la fonte, on la chauffe ensuite dans le four à *puddler* en la brassant continuellement avec des scories riches en fer et des battitures; cette opération a pour but de faire réagir l'oxyde de fer sur la fonte afin de brûler complètement le carbone qu'elle contient.

La sole du four à *puddler* (fig. 112) est légèrement inclinée: elle est faite en briques très-réfractaires; on la recouvre ordinairement de scories broyées ou de sable.

A mesure que l'opération avance, on voit la fonte prendre une consistance de plus en plus pâteuse; on dit dans ce cas

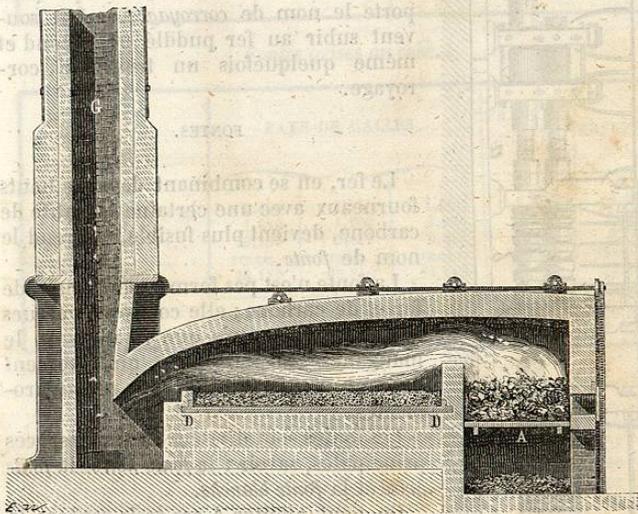


Fig. 112.

qu'elle *prend nature*; elle dégage de l'oxyde de carbone; lorsque la décarburation est opérée, on porte la température au blanc soudant: on forme avec le fer une *balle* ou *loupe* que l'on porte d'abord sous le marteau à cingler et ensuite sous les *cylindres dégrossisseurs* (fig. 113).

Les cylindres sont cannelés et présentent des rainures dont la section diminue successivement. On introduit le fer cinq ou six fois entre les cannelures, en suivant leur ordre de décroissement

*a, b, c*; on réduit ainsi le fer en barres ordinairement méplates. La pression exercée par les cylindres est si énergique, que les scories jaillissent avec force, et que le fer se laisse comprimer en quelque sorte comme une éponge.

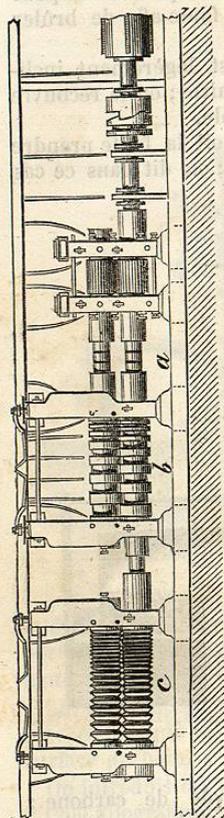


Fig. 113.

nomme *fonte blanche manganésifère*.

Avant d'indiquer les propriétés de ces différentes fontes, nous ferons connaître leur composition.

Pour terminer l'affinage du fer, on le coupe lorsqu'il est encore rouge; on en forme des paquets que l'on porte au blanc soudant dans le *four à réchauffer*, et que l'on soumet de nouveau à l'action des cylindres, dont les cannelures vont en diminuant progressivement, et varient de forme suivant celle des échantillons que l'on veut obtenir. Cette opération porte le nom de *corroyage*; on fait souvent subir au fer puddlé un second et même quelquefois un troisième corroyage.

## FONTES.

Le fer, en se combinant dans les hauts fourneaux avec une certaine quantité de carbone, devient plus fusible, et prend le nom de *fonte*.

La fonte n'est pas formée seulement de fer et de carbone; elle contient quelques corps étrangers, tels que le silicium, le manganèse, le phosphore, qui exercent souvent une grande influence sur ses propriétés.

Les fontes sont divisées en trois espèces principales, savoir: la *fonte noire*, la *fonte grise* et la *fonte blanche*.

On peut ajouter à ces trois espèces la *fonte truitée*, qui est un mélange de fonte blanche et de fonte grise.

On distingue aussi une espèce particulière de fonte qui provient du traitement des minerais manganésifères, et que l'on

	FONTES GRISES obtenues PAR LE CHARBON DE BOIS.		FONTI GRISE DU BERRY obtenue par un mélange DE COKE et de CHARBON DE BOIS.
	CHAMPAGNE.	NIVERNAIS.	
Carbone.....	2,100	2,254	2,139
Silicium.....	1,060	1,030	1,920
Phosphore.....	0,869	1,043	0,188
Manganèse.....	trace.	trace.	trace.
Fer.....	95,971	95,673	95,573
	100,000	100,000	100,000

## Fontes grises au coke.

	PAYS DE GALLES.		FRANCHE- COMTÉ.	CREUZOT.	
Carbone.....	2,450	2,550	1,666	2,800	2,021
Silicium.....	1,620	1,200	3,000	1,160	3,490
Phosphore.....	0,780	0,440	0,492	0,351	0,604
Manganèse.....	trace.	trace.	trace.	trace.	trace.
Fer.....	95,150	95,310	94,842	95,689	93,885
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

## Fontes au charbon de bois, par M. Berthier.

	Fer et manganèse.	Carbone.	Silicium.
Belabre.....	96,77	2,95	0,28
Autrey.....	96,20	3,50	0,30
Bèze.....	96,88	3,05	0,07
Saint-Dizier.....	96,00	3,60	0,40
Saède.....	95,30	4,20	0,50
Trédion.....	95,90	3,60	0,50
Lohe.....	96,05	3,50	0,45

## Fontes blanches obtenues par le charbon de bois.

Carbone.....	2,324	2,636	2,690	2,441
Silicium.....	0,840	0,260	0,230	0,230
Phosphore.....	0,703	0,280	0,162	0,185
Manganèse.....	trace.	2,137	2,590	2,490
Fer.....	96,133	94,687	94,328	94,654
	100,000	100,000	100,000	100,000