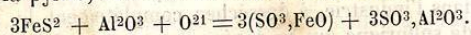


Mais on prépare ordinairement ce sel en exposant à l'air des pyrites efflorescentes, des pyrites préalablement grillées, ou des schistes pyriteux, qui absorbent l'oxygène et se transforment en sulfate de protoxyde de fer.

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 ordinairement 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 préparer les cuves d'indigo et 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 et de l'encre. Il sert à précipiter la poudre d'or qu'on emploie dans la peinture sur porcelaine, etc. Enfin, on l'emploie pour désinfecter les fosses d'aisances.

Carbonate de fer.  $\text{FeO}, \text{CO}^2$ .

Équiv. = 58.

On trouve le carbonate de fer dans la nature. Il est souvent cristallisé en rhomboèdres, comme le spath d'Islande, de là le nom de *fer spathique* qu'il porte communément. Il est ordinairement mélangé avec des carbonates isomorphes de manganèse, de magnésie et de chaux. Ses cristaux sont souvent jaunes, mais parfois bruns et noirs.

Le carbonate de fer est considéré comme un minerai 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.

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 sesquioxyde de fer, en absorbant de l'oxygène et dégageant de l'acide carbonique.

On peut obtenir le carbonate de protoxyde de fer en petits cristaux en chauffant à 150°, 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 (de Sénarmont).

Le carbonate de fer est soluble dans une eau qui contient de l'acide carbonique. Beaucoup d'eaux ferrugineuses renferment du carbonate de fer dissous à la faveur de l'acide carbonique.

Fortement chauffé il se décompose en donnant de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone; le résidu est de l'oxyde de fer magnétique.

#### 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 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,  $\text{Fe}^2\text{O}^3$ , très abondant en Suède et en Norvège;

Le peroxyde de fer anhydre,  $\text{Fe}^2\text{O}^3$ , appelé *fer oligiste* lorsqu'il est cristallisé en rhomboèdres brillants, comme on le trouve à l'île d'Elbe, et à Framont, dans les Vosges; *hématite rouge*, lorsque sa structure est fibreuse, et *ocre rouge*, s'il est en masses amorphes et terreuses; c'est cette dernière variété qui est la plus commune.

L'hydrate de peroxyde de fer,  $\text{Fe}^2\text{O}^3, \text{HO}$  (*limonite*, *fer oolithique*, ou *hématite brune*), abondamment répandu en Bourgogne, en Franche-Comté et dans le Berry.

Le carbonate de protoxyde de fer (*fer spathique* ou *fer carbonaté des houillères*),  $\text{FeO}, \text{CO}^2$ , que l'on rencontre à Saint-Étienne, dans les Pyrénées, et dans la plupart des mines d'Angleterre.

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, en suivant deux méthodes dont nous donnerons ici le principe.

Supposons d'abord que l'on fasse cette réduction en chauffant le minerai au contact du charbon, sans ajouter aucun *fondant*; le silicate d'alumine de 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, dont la gangue est le plus souvent argileuse, on ajoute une base qui puisse rendre cette gangue fusible; cette base est la chaux. Si au contraire la gangue était calcaire, on ajouterait de l'argile. Dans les deux cas, l'argile, au lieu de se combiner à l'oxyde de fer, se combine à la chaux, de sorte que l'on obtient tout le fer du minerai. 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. Sous l'influence de cette température, 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 une fusion totale 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.** — Cette préparation diffère suivant que l'on a affaire à des mines terreuses ou à des mines en roche.

Lorsque les mines sont terreuses, 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 agitent 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.

Lorsque les minerais sont en roche, on commence par les concasser au moyen de pilons mécaniques qu'on nomme des *bocards*,

de là le nom de *bocardage* donné à l'opération. Dans quelques pays on soumet le minerai à une calcination qui le désagrége. 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, mais, comme nous l'avons dit, dans cette méthode, la silice contenue dans la gangue produit avec une partie de l'oxyde de fer un silicate de fer fusible, irréductible par le charbon. On perd donc ainsi une certaine quantité d'oxyde de fer.

Les fourneaux dans lesquels s'opère la réduction sont des creusets rectangulaires de 7 à 8 décimètres de profondeur, ménagés dans des massifs de maçonnerie en pierres sèches reliées avec de l'argile (*fig. 40*).

Le combustible employé généralement dans les forges catalanes est le charbon de bois.

Pour rendre la combustion énergique, on fait arriver, au moyen d'une tuyère de cuivre *c*, inclinée de 35 à 40°, 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.

On remplit le creuset de charbon, et quand il est bien allumé, on ajoute du charbon du côté de la tuyère et du minerai de l'autre côté, de manière que les masses soient contiguës, et à mesure que ces deux masses s'affaissent, on ajoute du charbon.

L'air lancé par la tuyère brûle le charbon et donne de l'acide carbonique, qui est ramené par l'excès de charbon à l'état d'oxyde de carbone. Cet oxyde de carbone traverse l'oxyde de fer et le réduit en donnant naissance à du fer métallique, tandis que lui-même repasse à l'état d'acide carbonique; toutefois une portion de l'oxyde de fer échappe à cette réduction parce qu'elle se combine à la silice de la gangue pour former un silicate double d'alumine et de fer, très-fusible, qui constitue les scories.

Le minerai réduit descend peu à peu dans le creuset et forme une masse métallique spongieuse emprisonnant des scories.



L'ouvrier doit alors avec un ringard rassembler les grumeaux de fer ainsi disséminés et en former une masse appelée *loupe*, qu'il enlève et qu'il porte sous un lourd marteau mû par une roue

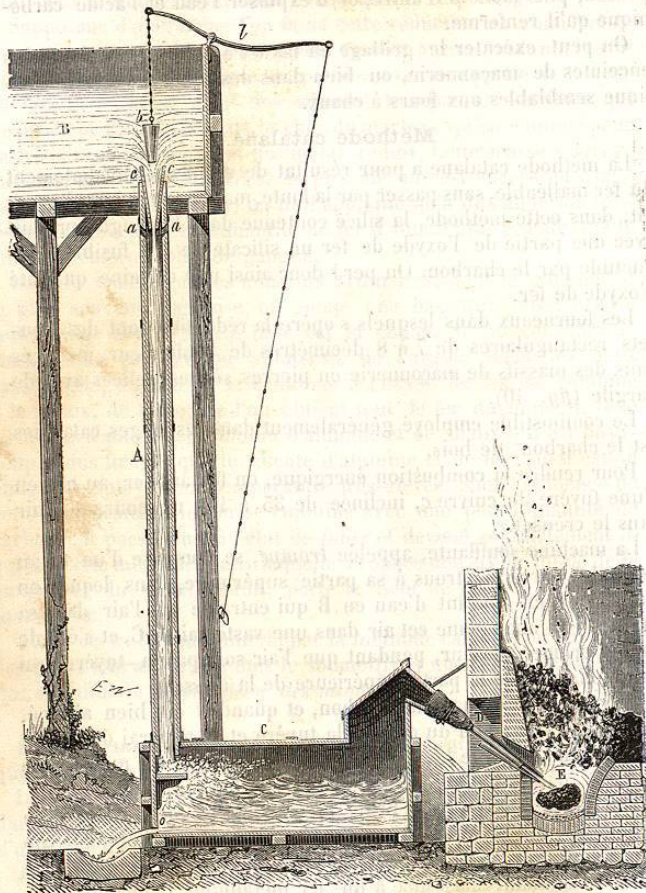


Fig. 40.

hydraulique; les scories s'écoulent sous l'action du marteau, le métal s'agrége; on le divise ensuite au moyen de forts couteaux en *lopins*, qui sont forgés et étirés en barre.

Dans les foyers catalans, une opération dure ordinairement six

heures. On traite en une seule fois environ 470 kilogrammes de minerai qui consomment 500 kilogrammes de charbon et produisent environ 150 kilogrammes de fer *marchand*.

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 acièreux 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 pauvres.

#### Méthode du haut-fourneau.

C'est au moyen du haut fourneau que l'on produit à peu près la totalité du fer employé aujourd'hui.

Le traitement des minerais de fer dans les hauts fourneaux exige une fusion complète du métal et de la gangue: 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 conve- nables; 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 double d'alumine et de chaux.

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 silicate double d'alumine et de chaux auquel on donne ainsi naissance n'étant fusible qu'à une température très-élevée, il faut, pour obtenir cette température, employer des appareils de grande dimension, appelés *hauts fourneaux*.

Un haut fourneau se compose 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 (*fig. 41*).

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 T, qui sont alimentées par une machine soufflante mue par une machine à vapeur.

Dans un haut fourneau, on distingue 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.

La partie BC, appelée *cuve*, fait suite au gueulard.

La partie CD représente le *ventre* du fourneau.

L'espace DE est appelé *l'étalage* ou les *étalages*. C'est dans cette

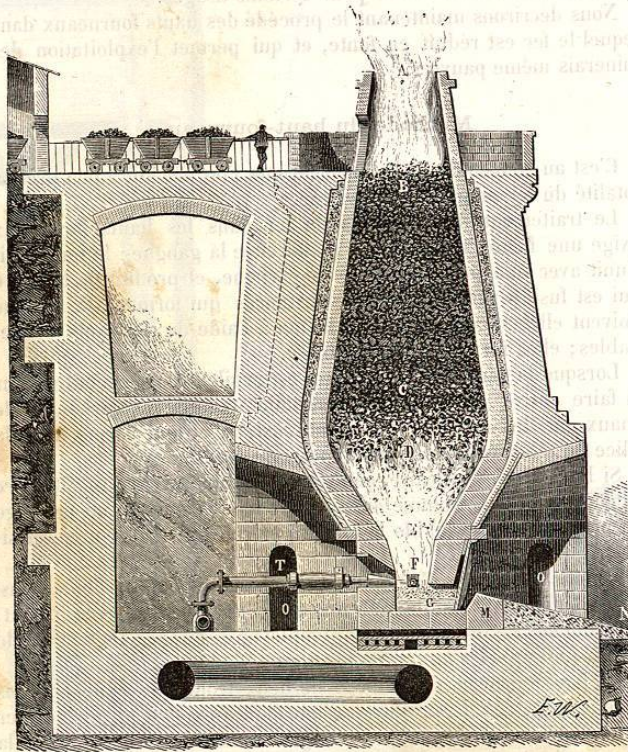


Fig. 41.

partie que commencent la carburation du fer et la réduction par le charbon.

C'est dans la partie EF, qui est presque cylindrique et que l'on nomme *ouvrage*, que se trouvent les tuyères et que la température est la plus élevée.

Enfin, au dessous de l'ouvrage se trouve le *creuset*, formé sur

trois de ses côtés par les parois de l'ouvrage, mais dont le quatrième côté porte une ouverture à une certaine distance du fond. On donne le nom de *dame* à la pierre M qui limite de ce côté le niveau supérieur du creuset. Un plan incliné fait suite à la dame, et sert à l'écoulement des scories. De plus le creuset porte à sa partie inférieure un *trou de coulée*, qui, pendant l'opération, est bouché par un tampon d'argile.

Lorsque le fourneau est en marche régulière, les matières descendent peu à peu et le creuset se remplit de fonte à sa partie inférieure et de laitier à sa partie supérieure. Bientôt la couche de laitier atteint le niveau supérieur de la dame et coule le long du plan incliné MN. Le volume de laitier produit est cinq ou six fois plus considérable que celui de la fonte; aussi n'est-ce que toutes les douze ou vingt-quatre heures que le creuset est rempli de fonte, et qu'on fait écouler celle-ci, en débouchant le trou de coulée, dans des canaux demi-circulaires, creusés dans le sable, où le métal se solidifie. On casse le métal en fragments de longueur déterminée, qui portent le nom de *gueuses* ou de *gueusets*, suivant leurs dimensions.

Un haut fourneau se charge toujours, comme nous l'avons dit, par la partie supérieure, par le gueulard. On établit un plan incliné qui sert à monter le minerai et le combustible sur la plateforme. Souvent aussi on adosse le fourneau à une hauteur, en ayant le soin de l'isoler du terrain pour éviter les infiltrations d'eau.

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.

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.

La hauteur des fourneaux varie avec la nature des combustibles que l'on emploie. Elle est de 15 mètres pour les fourneaux au charbon de bois, et peut aller jusqu'à vingt mètres et souvent plus pour les fourneaux qui sont alimentés par le coke, parce qu'il faut une température beaucoup plus forte pour fondre le laitier, qui contient un excès de chaux que l'on a ajoutée pour absorber le soufre provenant du coke.

La fonte au coke contient d'ailleurs du silicium, dû à ce que, à une très-haute température, la silice est réduite par le fer.

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 remplit 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.

A partir de ce moment, on ajoute d'une manière continue des charges alternatives de minerai, de fondant et de charbon.

Le charbon, arrivé dans l'ouvrage, se combine avec l'oxygène de l'air qui sort des tuyères, et donne de l'acide carbonique, lequel, en s'élevant, rencontre du charbon incandescent, et se transforme en oxyde de carbone. Cette transformation détermine l'absorption d'une certaine quantité de chaleur et par suite un abaissement de température dans la région du fourneau où elle s'effectue. Cet oxyde de carbone se trouve dans le bas de la cuve en contact avec de l'oxyde de fer, qu'il réduit et repasse en partie à l'état d'acide carbonique. Il se dégagera donc au gueulard un gaz combustible formé d'oxyde de carbone, d'acide carbonique, d'azote et d'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau amenée par l'air des tuyères, en présence du charbon incandescent.

Si l'on puise du gaz à différentes hauteurs dans le haut fourneau, comme l'a fait Ebelmen, on trouve que la colonne gazeuse qui s'élève peu à peu de la tuyère au gueulard contient des proportions de gaz indiquées dans le tableau suivant :

	VOISINAGE de LA TUYÈRE.	A 0m,67 AU-DESSUS de LA TUYÈRE.	AU VENTRE.	A LA MOITIÉ de LA CUVE.	AU GUEULARD.
Acide carbonique	8,11	0,16	0,47	0,68	7,15
Oxyde de carbone.	16,53	36,15	34,01	35,12	28,37
Hydrogène. . . . .	0,26	0,99	1,35	1,48	2,01
Azote. . . . .	75,18	62,70	64,47	62,72	62,47
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les gaz qui sortent du gueulard peuvent y brûler en produisant une très-forte élévation de température. On utilise depuis quelques années cette chaleur pour échauffer l'air que l'on injecte par les tuyères. On obtient ainsi une économie de combustible. On peut utiliser également cette chaleur pour chauffer les chaudières des machines soufflantes.

Suivons maintenant la colonne descendante formée par le minerai, le fondant et le combustible : à la partie supérieure de la cuve, le minerai se dessèche, se déshydrate; puis, s'échauffant peu à peu, il arrive au rouge sombre dans la partie inférieure de la cuve où il est réduit par l'oxyde de carbone. Le fer ainsi réduit descend dans les étalages avec sa gangue, le fondant et le charbon. Là, sous l'influence d'une très-haute température, la gangue passe à l'état de silicate double d'alumine et de chaux, le fer à l'état de fonte. La fonte et le laitier se liquéfient complètement en traversant l'ouvrage et tombent dans le creuset, où le laitier plus léger reste à la surface; dès qu'il déborde la dame, il s'écoule sur le plan incliné, d'où on l'enlève au fur et à mesure qu'il se solidifie.

L'oxyde de fer n'est pas réduit en totalité par l'oxyde de carbone, parce que les charges ne descendent pas dans le fourneau d'une manière régulière; à un moment donné, une portion de minerai peut tomber brusquement jusque dans les étalages avant d'avoir été réduit; il se produit alors du silicate de fer qui est presque immédiatement décomposé par l'action simultanée de la chaux et du charbon, en donnant de l'oxyde de carbone; aussi trouve-t-on une certaine quantité de ce gaz dans le voisinage des tuyères.

On peut en résumé distinguer dans un haut fourneau quatre zones distinctes :

1<sup>o</sup> Zone de dessiccation, s'étendant du gueulard vers le milieu de la cuve; c'est là que le minerai perd ses matières volatiles, eau et acide carbonique.

2<sup>o</sup> Zone de réduction, s'étendant du milieu de la cuve au ventre; le minerai y est réduit.

3<sup>o</sup> Zone de carburation, comprise entre le ventre et les étalages; c'est là que la fonte et la scorie se produisent.

4<sup>o</sup> Zone de fusion, bas des étalages et ouvrage; toutes les matières se liquéfient et coulent dans le creuset.

Le haut fourneau, une fois allumé, marche d'une manière continue. On ne l'arrête que pour y faire des réparations, c'est-à-dire au bout de douze à quinze mois.

La fonte ainsi obtenue peut être directement utilisée dans l'industrie, ou alors convertie en fer doux.



Dans le traitement des minerais de fer par la méthode du haut fourneau, on peut obtenir diverses espèces de fontes, mais qui peuvent se ramener à deux types : la *fonte grise* et la *fonte blanche*.

La fonte grise a une couleur qui varie du noir au gris clair; elle se laisse limer, tourner, forer avec facilité, et supporte sans se briser le choc du marteau. Sa densité varie de 6,69 à 7,05; elle ne fond qu'à 1200°, mais devient très-fluide; elle est par suite éminemment propre au moulage.

La fonte blanche a l'éclat métallique et une belle couleur blanche; elle est très-cassante, et très-difficile à limer, ou à forer. Sa densité varie de 7,44 à 7,84; elle est plus fusible que la fonte grise, elle fond entre 1050 et 1100°, mais comme elle constitue alors un liquide peu fluide, elle se moule très-mal; seulement elle est très-propre à l'affinage.

Les fontes grises ou blanches sont des carbures de fer; elles contiennent environ 95 pour 100 de fer, 2 à 5 pour 100 de carbone et des quantités variables, mais ordinairement très-petites de silicium, de soufre, de phosphore, d'azote, de manganèse et de métaux alcalino-terreux et terreux.

Les fontes qui renferment des proportions sensibles de soufre et de phosphore sont blanches; il en est de même des fontes riches en manganèse; toutefois ces dernières sont faciles à reconnaître à leur structure lamellaire (fontes lamelleuses).

Les fontes grises sont d'ordinaire plus riches en silicium que les fontes blanches.

Il en résulte qu'un même haut fourneau, dans lequel on emploie le même minerai, le même fondant et le même combustible, peut fournir l'une ou l'autre de ces deux espèces de fonte, suivant son allure, c'est-à-dire suivant la température à laquelle s'opère la réduction du minerai. La température est-elle très-élevée, la silice du laitier est en partie décomposée par le fer, et l'on obtient une fonte riche en silicium, c'est-à-dire de la fonte grise. On produira au contraire de la fonte blanche, contenant moins de silicium, lorsque la température sera moins élevée.

C'est encore pour la même raison qu'étant donné un haut fourneau produisant de la fonte grise, on peut lui faire produire de la fonte blanche en chargeant un excès de minerai par rapport au charbon.

Les fontes exemptes de soufre et de phosphore et peu riches en manganèse ou en silicium sont tantôt blanches et tantôt grises, suivant qu'elles ont été refroidies brusquement ou lentement. Ainsi de la fonte grise coulée dans des moules en fer, où elle se solidifie brusquement, se transforme en fonte blanche; réciproquement une fonte blanche fondue et refroidie lentement donne de la

fonte grise. On peut donc dire que la fonte blanche est souvent de la fonte trempée et la fonte grise de la fonte recuite.

Les fontes renferment le carbone à deux états différents : à l'état de carbone interposé ou graphite et à l'état de carbone combiné au fer. Lorsqu'on attaque une fonte par un acide, le graphite reste comme résidu, tandis que la seconde variété de carbone se dégage sous forme d'hydrocarbures, présentant une odeur fétide. On trouve ainsi environ 2 pour 100 de carbone combiné et 3 pour 100 de carbone à l'état de graphite.

Il ne paraît pas exister de différence bien sensible entre la quantité de carbone interposé, contenu dans les différentes fontes, cependant les fontes grises semblent renfermer un peu plus de graphite que les fontes blanches.

*Usages des fontes.* — La fonte grise est principalement employée à la production, par moulage, des différentes pièces de machines, des différents objets en fonte.

Les pièces de grandes dimensions, telles que colonnes, etc. qui n'exigent pas un grand fini dans leur confection, sont obtenues en recevant directement la fonte qui s'écoule du haut fourneau dans des moules en sable sec de formes appropriées; c'est ce que l'on appelle le moulage de première fusion.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'obtenir des petits objets, dont le moulage est plus délicat et qui demandent plus de précision, on refond la fonte dans de petits fourneaux à cuve appelés *cu-bilots* (fig 42), au sortir desquels cette fonte est reçue dans des po-

ches en fer, garnies intérieurement d'argile (fig. 43), et coulée dans des moules en sable, dont toutes les parties sont main-

tenues par des châssis en fer.

La fonte blanche est le plus souvent transformée en fer, à l'aide de méthodes que nous allons décrire; si elle est manganesifère, elle donne facilement des fers exempts de silicium, et très-propres à la fabrication de l'acier.

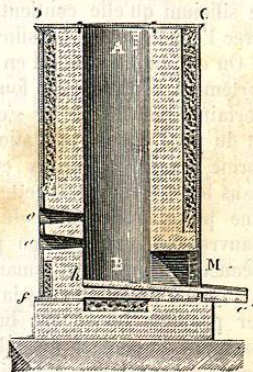


Fig. 42.



Fig. 43.



## 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 obtient ce résultat en dirigeant un courant d'air sur la fonte fortement chauffée ou fondue : le carbone, le silicium et une certaine quantité de fer s'oxydent. Si la fonte contenait du soufre et du phosphore, l'oxydation les séparerait également du fer sous forme d'acide sulfureux et d'acide phosphorique qui passerait dans les scories; mais cette élimination est délicate et détermine une perte considérable de fer. Aussi n'affine-t-on que des fontes pauvres en soufre et en phosphore. Celles qui en renferment beaucoup ne donnent jamais que des fers de mauvaise qualité.

Plus on prolonge l'oxydation de la fonte, plus les silicates de fer produits deviennent basiques; mais en mettant ces silicates basiques en contact avec de la fonte à haute température, ils en oxydent le carbone et le silicium, et sont ramenés à un degré de basicité moins élevé.

C'est cette action de l'air et des scories basiques que l'on utilise dans l'affinage de la fonte.

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.

*Affinage par le procédé comtois.* — 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, et assez semblable aux forges catalanes. 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 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 sous forme de gouttelettes qui s'oxydent à leur surface en passant devant la tuyère. La fonte

est ordinairement mélangée à une certaine quantité de scories basiques 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 décarburé 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, le métal, en partie décarburé, qui se réunit au fond du creuset, est déjà moins fusible que la fonte. On le soulève à l'aide d'un ringard, et on le présente au vent de la tuyère; on détermine dans ces conditions une nouvelle fusion et une nouvelle décarburation, en même temps que le silicium, qui s'est oxydé ainsi qu'une certaine quantité de fer, passe à l'état de silicate de fer.

Alors l'ouvrier *avale la loupe*, c'est-à-dire qu'il réunit avec son

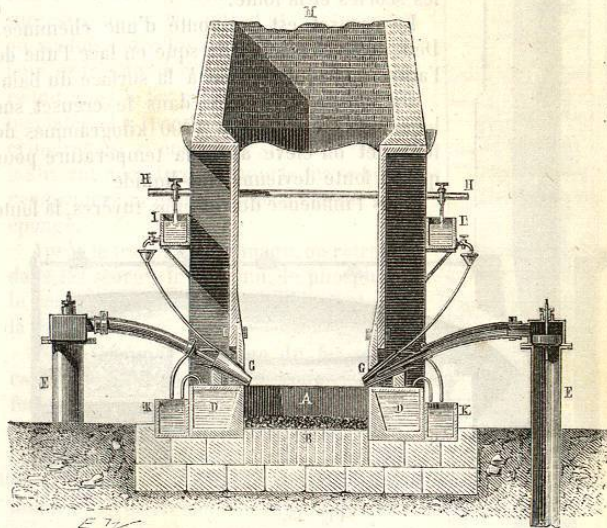


Fig. 44.

ringard toutes les parties de fer affiné, pour en former une loupe qu'il porte ensuite sous un marteau; c'est ce l'on appelle *cingler la loupe*. Cette dernière opération a pour but d'extraire du métal toutes les scories et de souder le fer à lui-même.

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

*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. Ce procédé a pris naissance en Angleterre, où la houille et le coke sont les seuls combustibles dont on puisse disposer. Mais cette opération ne pouvait se faire dans les foyers ordinaires d'affinage, parce que le métal en contact prolongé avec le coke se sulfure 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 deux opérations. La première 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*.

Les *fineries* (fig. 44) se composent d'un creuset revêtu 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.

Sous l'influence du vent des tuyères, la fonte

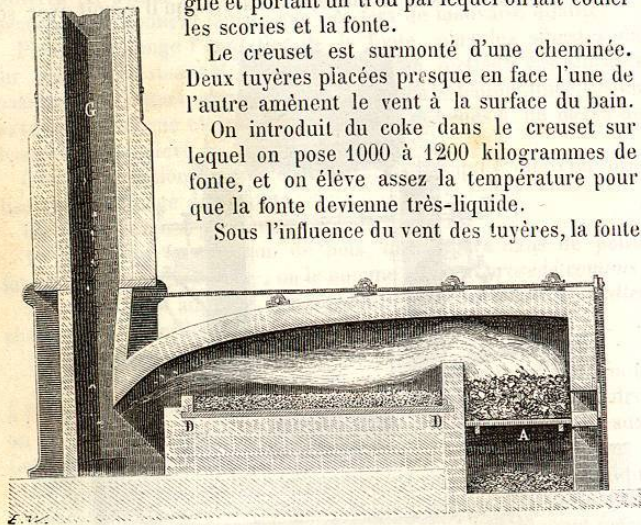


Fig. 45.

s'oxyde et peu à peu se recouvre d'une scorie plus légère que ce métal. Cette scorie renferme la majeure partie du silicium et des métaux étrangers à la fonte avec un peu d'oxyde de fer.

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

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. 45) 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 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. 46).

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.

Après le travail de l'affinage, on retrouve dans les scories le silicium, le phosphore, le soufre qui existaient primitivement dans la fonte.

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 un troisième corroyage.

#### Aciers.

On donne le nom d'*acier* à une combinaison de fer et de carbone, dans laquelle la proportion de carbone ne dépasse jamais un centième. L'acier

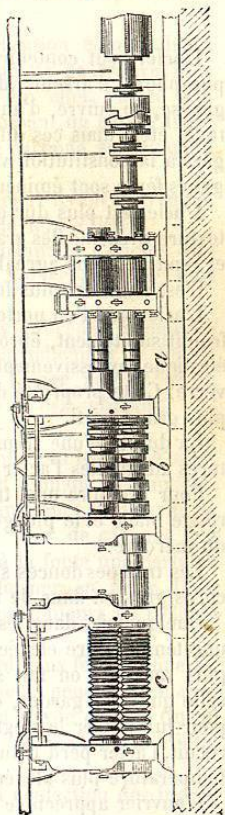


Fig. 46.