

Perfectionnement dans les fours à chauffer le fer ;

PAR M. RICHARD HARFORD.

AYANT remarqué que lorsque l'on chauffe du fer dans des fours à réverbère dont la sole est en sable ou en matières difficilement vitrifiables, il est difficile de le forger et de le souder, et qu'il est souvent rempli de criques et de fissures, je conjecturai que cela provenait des grains de quartz qui deviennent adhérens au métal et qui s'interposent dans sa masse par le martelage.

J'évite cet inconvénient en formant la sole du fourneau avec une plaque de fonte. Ce moyen a déjà été employé, mais, jusqu'à présent, on a éprouvé de grandes difficultés pour empêcher la plaque de s'oxyder et de se fondre : j'y suis parvenu en la recouvrant de charbon animal ou végétal, ou avec une substance végétale ou animale qui se carbonise par la chaleur, telles que de la poix, de la tourbe, de la sciure de bois, de la suie, des rognures de cuir, etc. Le fer, chauffé sur une sole de fonte ainsi recouverte, reste très-net; il acquiert une grande malléabilité, et le déchet qu'il éprouve est incomparablement moindre que dans le procédé ordinaire; ce qui se conçoit aisément, car la silice ayant une grande tendance à se combiner avec l'oxide de fer, doit accélérer beaucoup la formation de cet oxide.

NOTICE

Sur un moyen particulier de rendre propre à la fonte du minerai de plomb mélangé d'une grande partie de pyrite de fer ;

PAR M. BOÜESNEL, Ingénieur en chef des Mines des Pays-Bas.

LES minerais de plomb (plomb sulfuré) ont ordinairement pour gangues des matières légères dont il est facile de les débarrasser par des débouages, bocardages et lavages appropriés : tels sont ceux qui sont mélangés avec du schiste argileux, du carbonate calcaire, du fer spathique, des argiles, des ocre, etc. Quelquefois, parmi les gangues, il se trouve un peu de pyrite, ce qui n'empêche pas de suivre la même méthode de séparation; mais il demeure toujours dans les minerais préparés une certaine quantité de cette matière, qui nuit beaucoup aux opérations métallurgiques, à cause de la grande proportion de soufre qu'elle contient.

Lorsque la gangue pyriteuse est abondante dans le minerai, il devient très-difficile de la séparer du plomb sulfuré, et l'on n'obtient, après un lavage très-long, qu'un minerai très-chargé de pyrite, que l'on est obligé de griller avant de fondre, ou de fondre cru, en grillant ensuite la matte obtenue, avant de fondre une deuxième fois pour retirer le métal. Le plus souvent même, lorsque la pyrite domine tellement dans le mélange qu'elle en constitue la plus grande partie, ou quand on a un minerai composé d'un mé-

lange intime de plomb sulfuré, de pyrite de fer et d'autres pyrites, on ne lui fait subir aucune préparation mécanique, et on le grille immédiatement pour en séparer les gangues par la fusion.

A Védren, le minerai de plomb a deux sortes de gangues : l'une est de l'ocre plus ou moins mêlée d'argile, et l'autre de la pyrite de fer. Dans toutes les deux, le plomb sulfuré est à grandes facettes ; il est facile de le dégager de la gangue ocreuse par de simples débourbages, criblages et lavages ; mais la gangue pyriteuse est si dure et si pesante, qu'on ne peut espérer de séparer le plomb sulfuré du mélange par la différence des pesanteurs spécifiques des deux substances.

Anciennement, ce dernier minerai, après qu'on en avait trié les parties riches en plomb sulfuré, était rejeté, ou bien l'on s'en servait pour remplir les fosses et les souterrains de la mine. Cependant, comme l'on avait observé qu'au bout d'un grand nombre d'années l'air et l'humidité avaient suffisamment agi sur lui pour décomposer la pyrite et la transformer en partie en sulfate de fer et en oxide de fer sulfaté, tandis que le sulfure de plomb n'avait pas souffert d'altération, on reprenait quelquefois ces matières, et on en retirait par le triage et le lavage un plomb sulfuré plus ou moins mêlé de la substance pyriteuse en partie décomposée, que l'on pouvait faire passer à la fonte, par petites quantités, avec le minerai à gangue ocreuse.

Il n'était pas alors très-important pour l'établissement de Védren de faire usage du minerai pyriteux : le minerai à gangue ocreuse étant en assez grande proportion pour l'alimenter, et

d'une préparation facile, on devait peu s'inquiéter de l'autre ; mais aujourd'hui que la mine ne fournit plus, pour ainsi dire, que du minerai à gangue pyriteuse, il devenait indispensable de chercher un moyen expéditif de le rendre propre à la fonte.

On sait qu'en Angleterre, pour préparer les minerais d'étain (étain oxidé) contenant des pyrites de fer et autres pyrites, après en avoir séparé les gangues légères par le débourbage, le bocardage et le lavage, on les grille dans des fourneaux à réverbère et on les lave de nouveau. Ce procédé est fondé sur ce que l'oxide d'étain n'est pas altéré dans sa nature ni dans sa pesanteur spécifique par le grillage ; tandis que les sulfures, en se décomposant et se transformant en oxides et en sulfates, diminuent beaucoup de pesanteur spécifique.

Le plomb sulfuré pur et à grandes facettes, comme celui de Védren, étant très-difficile à décomposer par le grillage, qui ne le pénètre même entièrement qu'à la longue, et qu'autant qu'il a été réduit préalablement en poudre très-fine, on a pensé que la méthode employée pour séparer les pyrites du minerai d'étain pourrait être appliquée aux mélanges de plomb sulfuré et de pyrite.

La première idée qui est venue était de griller au fourneau à réverbère ; mais une grande partie des minerais pyriteux de Védren s'obtenant en gros et moyens morceaux, on n'aurait pu leur faire subir cette opération qu'après les avoir bocardés à sec, ce qui eût demandé un travail de plus qu'en grillant les morceaux directement. D'ailleurs le grillage au réverbère

est lent, parce qu'on ne peut y passer beaucoup de matières à-la-fois ; il coûte beaucoup de combustible (houille), qui est cher dans le pays, et il est de nature à altérer davantage le sulfure de plomb que le grillage à l'air, où l'on évite l'inconvénient de pulvériser le minerai, et où ce sulfure, quand il est à grandes facettes, par la propriété qu'il a d'éclater souvent par le feu, en se divisant en lames, peut se tamiser en quelque sorte et descendre plus bas dans la masse du grillage, ce qui le soustrait pour la suite à cette action. C'est pourquoi on a adopté généralement le grillage à l'air pour tous les minerais pyriteux, en l'exécutant séparément sur les gros morceaux, sur les moyens et sur le minerai fin.

Les minerais pyriteux, au sortir de la mine, sont d'abord jetés sur une grille dite anglaise (barreaux de fer parallèles placés horizontalement à une distance égale les uns des autres), au-dessus de laquelle tombe un courant d'eau. En remuant continuellement la matière, tant sur la grille que dans la caisse qui est au-dessous, on obtient de gros morceaux et du menu. On casse les gros morceaux et l'on en retire du minerai contenant peu de pyrite, qui est immédiatement propre à la fonte, de la pyrite pure destinée à être distillée en vaisseaux clos pour avoir du soufre, de gros morceaux de minerai pyriteux, auxquels l'on donne un volume à-peu-près égal, et de menus minerais. On passe tous les menus minerais sur un crible à sec, que l'on incline convenablement, et on les partage de cette manière en minerais de moyenne grosseur et en minerais fins ; quelquefois on trie à la main dans les minerais de grosseur moyenne, pour en

séparer les parties riches ou propres à la fonte, quand ils paraissent en renfermer. Les boues que fournit le nettoyage sur la grille anglaise sont en petite quantité ; elles sont composées de pyrites en partie décomposées, qui contiennent si peu de plomb sulfuré mélangé, qu'il paraît qu'on devra les abandonner. Toutefois, on a soin de les réunir en tas à l'air, et lorsque la décomposition des pyrites sera plus avancée, on essaiera de les amener, par le lavage, à une teneur en sulfure de plomb de quelque valeur, ce qu'on n'a pu obtenir jusqu'à présent.

Tous les grillages s'exécutent entre quatre murs ; les parois de ces murs sont percées sur toute leur hauteur de trous horizontaux, destinés à porter la fumée dans une galerie qui tourne autour des murs, et dont la voûte est garnie de cheminées. Sur le sol, où l'on a ménagé des canaux, que l'on recouvre de briques ou pierres plates, laissant entre elles des intervalles pour le passage de l'air, on place une couche de bois, puis une couche de charbon menu, et l'on dispose, sur trois des points où les canaux se croisent, les tuyaux en planches par lesquels on doit mettre le feu aux grillages ; on charge ensuite le minerai. S'il s'agit de griller de gros morceaux, on se borne à en remplir entièrement le fourneau, à l'exception de la couche supérieure, que l'on forme avec du minerai de moyenne grosseur et que l'on recouvre de résidus de minerai fin, grillé et lavé ; lorsqu'on doit griller du minerai de moyenne grosseur, il faut le placer dans le fourneau, par couches alternatives, avec des couches de menu charbon, en laissant de plus, dans chaque couche de minerai, des trous que

l'on remplit de charbon, et qui établissent la communication des couches de charbon entre elles. La dernière couche de minerai est recouverte avec des résidus de minerai fin, grillé et lavé. Enfin, pour le minerai fin, on opère comme pour le minerai de moyenne grosseur, en ayant soin seulement de mouiller préalablement ce minerai et de le mêler avec un quart en volume de poussière de charbon. Le feu étant mis au grillage par les tuyaux en planches, et la couche de bois étant brûlée, on remplit avec du minerai le vide laissé par les tuyaux; on répare la couverture, faite de résidus de minerai grillé et lavé, et on ferme les cheminées de la galerie. Il suffit de regarder de temps à autre si le grillage ne s'affaisse pas uniformément et s'il ne s'est pas fait quelque jour dans la couverture, et on tâche d'y remédier en fermant plus ou moins les canaux par lesquels l'air entre avec trop d'abondance, et en remplissant les fentes qui se sont formées dans le haut du grillage. Une toiture, supportée par des piliers, met les grillages à l'abri de la pluie et des neiges. Un grillage en gros morceaux contient environ 600 quintaux métriques de minerai; celui en moyens morceaux 400 quintaux, et celui en minerai fin 260 quintaux. La consommation en bois est d'un demi-stère de bûches et d'un tombereau de copeaux représentant environ un quart de stère, pour tous les grillages; en menu charbon de bois, elle est de 5 vans pour les grillages en gros morceaux, et de 18 vans pour les grillages en moyens morceaux, comme pour les grillages de minerai fin. Le van de menu charbon se compte pour les deux tiers d'un van de charbon, lequel pèse environ 40 kilogrammes.

Quand les grillages sont froids, ce qui arrive le plus souvent au bout de deux mois pour les minerais en gros morceaux, de deux et demi pour les minerais de moyenne grosseur, et de quatre mois pour les minerais fins, on les démonte. Assez généralement l'on observe que la masse est bien grillée en totalité, et si quelquefois les parties supérieures ne le sont pas suffisamment, on repasse ces matières dans les grillages suivants, dont elles forment les dernières couches après qu'on les a séparées par le triage et le criblage à sec, en gros, en moyen et en fin.

Le minerai grillé a une couleur rouge foncée; la pyrite s'y est changée en oxide de fer au *maximum*, contenant un peu d'acide sulfurique et de sulfure de fer au *minimum*; tandis que le sulfure de plomb, attaqué seulement à la surface, où il s'est formé une croûte dure de sulfate de plomb, conserve dans l'intérieur la couleur bleue métallique qui le caractérise. C'est au milieu de la partie de la pyrite décomposée, devenue pulvérulente, que ce sulfure se retrouve en plus grande quantité, sur-tout dans le fond du grillage, où sont descendues naturellement les parties qui ont éclaté et se sont séparées des morceaux dans lesquels elles étaient mêlées. Les grillages en moyens morceaux et en minerai fin ne donnent point de soufre distillé, et à peine, si ce sont de gros morceaux que l'on a grillés, en trouve-t-on quelques parties qui ont coulé en gouttes dans la galerie qui tourne autour des murs du grillage. On ne voit paraître de la fleur de soufre que dans le cas où il se forme des fentes dans la couverture des grillages, ou quand les cheminées de la galerie ne sont pas bien bouchées, de ma-

nière que le soufre est brûlé et changé en acide sulfureux et en acide sulfurique, à fur et mesure qu'il se produit.

Le minerai grillé est porté sur un double crible, qu'une roue hydraulique met en mouvement; un courant d'eau tombe au sommet du premier crible et délaye la matière, dont la plus grande partie se rend dans le deuxième crible, où elle est délayée par un nouveau courant d'eau. Au moyen des grilles dont ces cribles sont munis, le minerai se trouve divisé en cinq parts: 1°. le gros (les grillages en moyens morceaux et en minerai fin n'en donnent point); on le casse et on le trie à la main en minerai propre à être passé à la fonte, minerai de bocard, minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et minerai menu qu'on repasse au double crible, comme le minerai sortant des grillages; 2°. le moyen (les grillages en minerai fin n'en donnent pas); on le passe à un tamis à main, dans une cuve, et on le sépare en minerai propre à la fonte, minerai de bocard, minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et en minerai à traiter au tamis à bascule; 3°. le sable gros, que l'on passe au tamis à bascule, dans une cuve, et qu'on sépare en minerai propre à la fonte, en minerai jugé provisoirement stérile, et qu'on laisse exposé à l'air, et en minerai fin à passer au lavage; 4°. et 5°. deux sortes de minerais fins, qu'on lave, de même que celui qui provient du tamis à bascule, sur la table à tombeau, et d'où l'on obtient du minerai lavé propre à la fonte et des résidus qu'on lave sur la table jumelle. Ce deuxième lavage procure encore du minerai lavé propre à la fonte et des

résidus qu'on met de côté pour les bocarder.

Le bocardage, qui doit s'exécuter sur une partie du minerai trié et sur les résidus des lavages aux tables jumelles, donne du sable, qu'on lave indifféremment sur la table jumelle ou sur la table à percussion: on obtient du minerai lavé propre à la fonte et des résidus qu'on met à part pour les bocarder et les laver de même; les nouveaux résidus sont abandonnés comme ne contenant plus rien d'utile.

Toutes les boues du bocard et celles des lavages qui sont regardées comme susceptibles de fournir encore un peu de minerai propre à la fonte, sont passées avec peu d'eau sur la table à percussion rendue dormante et n'ayant presque pas d'inclinaison, et le résidu est ensuite rejeté.

Si l'on reconnaissait qu'après quelque temps d'exposition à l'air, certains rebuts de minerai provenant du criblage et des tamisages, principalement ceux qui ont passé aux tamis à bascule, puissent encore fournir du minerai, on les reprendrait pour les traiter de la même manière que les minerais sortant des grillages.

On réunit dans un seul tas les minerais riches provenant du triage à la main et des tamisages à la cuve, tant à la main qu'à bascule; ils contiennent au moins 50 pour 100 de plomb. Le minerai provenant du lavage sur la table à tombeau forme une classe à part, il contient au moins 40 pour 100 de plomb; tous les autres minerais lavés forment un tas unique, dont la teneur en plomb est au moins de 25 pour 100.

Tels sont les procédés à l'aide desquels on est parvenu à séparer, à Védrin, la galène de la masse de pyrites dans laquelle elle est disséminée. Les

deux premières espèces de minerai peuvent remplacer dans la fonte une partie des minerais lavés, en gros morceaux et en menus, à gangue d'ocre; la troisième espèce, qui renferme encore beaucoup de pyrite grillée, passe néanmoins aussi très-bien à la fonte, parce que cette gangue étant composée d'oxide rouge de fer, retenant seulement un peu d'acide sulfurique et de sulfure de fer au *minimum*, peut être facilement réduite en scories en même temps que le plomb est précipité de son sulfure et de son sulfate, en ajoutant à la masse à fondre des minerais à gangue d'ocre et des scories de forges. La perte en sulfure de plomb, que l'on fait dans la préparation du minerai, ne doit pas être grande, puisque l'on bocarde peu et que le sulfate de plomb qui se forme dans le grillage est adhérent au sulfure et ne paraît point s'en séparer aisément; du moins les eaux de lavage ne sont-elles pas sensiblement blanches. Au surplus, le sulfate de plomb étant par lui-même très-pesant, les parties du sulfure qui auraient été converties entièrement en sulfate dans le grillage, ou celles qui se seraient détachées du sulfure pendant le lavage, doivent nécessairement se retrouver, sans perte très-notable, dans les divers minerais lavés.

J'ai cru inutile de joindre à cette notice les plans des grilles anglaises, doubles cribles, tamis à main, tamis à bascule, bocards, tables à tombeau et tables à percussion employés à Védrin, ces machines ne différant pas de celles usitées ailleurs. Je me borne à donner les plans du fourneau de grillage, qui, à raison des changemens introduits dans les dimensions et les dispositions de ses parties, se rapproche moins des fourneaux connus de même espèce. (V. Pl. I.)

MÉMOIRE

SUR LES DIFFÉRENS ÉTATS DU FER (1);

Traduit et extrait des *Mémoires sur différens points importans du traitement du fer*, de M. Ant. Muller, de l'Administration des Mines de Prusse;

PAR M. AUG.-FR. ENGELHARDT.

Bergmann et Rinmann ont donné les premières notions sur la nature des diverses espèces de fer; elles ont été développées et rectifiées par Berthollet, Monge et Vandermonde, qui ont fait connaître les différences principales existant entre le fer, l'acier et la fonte.

Les progrès des sciences ont dû contribuer aussi au perfectionnement de la théorie de la fabrication du fer: M. Karsten, savant aussi distingué que versé dans le détail de l'art des forges, fit voir l'insuffisance des principes établis, et publia une théorie nouvelle, qui ne tarda pas à être généralement adoptée en Allemagne. Cette théorie est cependant susceptible d'une critique approfondie, afin de reconnaître s'il n'était pas possible d'arriver à un résultat plus conforme aux faits observés et à l'état actuel de la science.

I. *Fonte*. D'après les idées les plus généralement répandues, le carbone est la cause des divers états du fer. Le fer malléable affiné n'en contient que des traces, l'acier en contient davantage, la fonte blanche encore plus; enfin, la fonte grise en renferme une plus grande quantité, et d'au-

(1) Le présent mémoire a été rédigé avant la publication de celui de M. Karsten sur les combinaisons du carbone avec le fer, et qui se trouve dans les *Annales des Mines*, tome 9, pag. 657.