

M É M O I R E

Sur un Perfectionnement de la méthode dite bergamasque, pour l'affinage de la fonte;

Par M. E. F. GUEYMARD, Ingénieur au Corps impérial des Mines.

LE département du Serio, ancienne province des états de Venise, fournit dans l'Italie, le Piémont, le Dauphiné, la Savoie et le Vallais, une grande partie des ouvriers destinés aux travaux du fer. Les opérations de la fonte dans des fourneaux particuliers, et les procédés d'affinage que l'on suit dans ces contrées méridionales, se trouvent consignés dans plusieurs ouvrages. Les vices que présente l'affinage dit *bergamasque*, et l'impossibilité d'introduire de nouvelles méthodes, m'ont déterminé à faire quelques expériences pour perfectionner les procédés en usage. L'exposition des améliorations apportées dans l'économie du combustible et de la main-d'œuvre, nécessite la description du mode d'affinage en question. Il diffère dans presque toutes les usines; mais les légères modifications qu'on y remarque ne sont, le plus ordinairement, que locales.

Le travail de l'affinage se divise en trois opérations. Comme chacune d'elles a pour but de détruire une partie du carbone contenu dans la fonte, il suit que ce mode ne doit être employé que pour les fontes grises exclusivement. Cependant, quelques maîtres de forges abandonnant leurs intérêts à la routine des ouvriers,

et ces derniers ne connaissant nullement les élémens des fontes, les traitent toutes de la même manière. Il résulte de là, que la qualité du fer varie à chaque instant, et que la consommation du combustible est dépendant de la nature des fontes. On affine dans les forges des *Valettes*, près *Mastigny*, dans le département du Simplon, trois espèces de fontes. Celle qui provient de la mine de *Chamoison* est ordinairement blanche, d'un aspect éclatant, formée de lames rayonnées, cassante et très-liquide. La fonte de la mine de *Chemin* est presque toujours grise, poreuse, à gros grains, et nullement susceptible de faire la sablerie. Enfin, le mélange des deux mines donne une fonte truitée. Chaque fonte affinée séparément a donné des fers de diverses qualités. Le fer était un peu cassant à froid dans la première, et très-nerveux dans les deux autres. Enfin, le mélange des trois fontes donne un fer d'une excellente qualité, et susceptible d'être employé très-avantageusement dans la clouterie.

Première
opération.
La fonte.

Je passe aux détails de la manutention de l'affinage bergamasque. Le creuset, d'une forme prismatique rectangulaire, est formé de plaques de fonte. La longueur de la varme et du contrevent est de vingt-quatre pouces, celle du chiot et de la rustine de dix-huit pouces, et la hauteur de ces plaques ou profondeur du creuset, de vingt pouces.

On brasque grossièrement le creuset avec du menu charbon; on le remplit ensuite avec de gros charbons; on place les plaques de gueuse sur la surface supérieure, de manière à ce qu'elles soient dirigées dans le sens de la tuyère,

une seule exceptée; on recouvre le tout avec du charbon; on donne le vent, d'abord peu, et on l'augmente progressivement, jusqu'à ce que la fonte soit rouge. A cet instant on donne le maximum, et on entretient le feu jusqu'à ce que la fusion soit complète. Cette opération est conduite par le gamin ou second affineur; il a soin de travailler de tems à autre à la tuyère pour que les scories ne s'y figent point. Dès que la fonte forme un bain liquide, et que l'ouvrier s'est assuré qu'il n'en existe plus dans les angles en globules, il arrête le vent, et pousse avec un rable en bois les gros charbons sur la plate-forme du côté de la rustine. Le bain découvert, il jette de l'eau pour enlever les scories qui surnagent; il ramasse les battitures qui proviennent de l'étirage d'une opération précédente; il en jette la moitié sur la surface du bain; il brasse le tout avec une branche de bois vert pour hâter l'opération: l'oxygène des battitures et le carbone de la fonte en bains, tendent à se combiner, et concurremment avec un abaissement de température, la matière se prend en grumeaux; on la projette ensuite sur la face du contrevent avec une spadelle en fer; on jette l'autre moitié des battitures, et les nouveaux grumeaux qui se forment subissent la même manœuvre que les premiers. Quand il arrive que la matière se prend en grosses masses, on la brise avec un marteau sur la face du contrevent, de manière à n'avoir que des grumeaux de la grosseur d'une noix au plus. On jette de l'eau à mesure sur la matière toute rouge pour que les ouvriers ne soient pas incommodés; mais il est évident qu'elle concourt aussi, par

sa décomposition, à oxyder la fonte, et à la décarboniser par la formation des gaz acide carbonique et hydrogène carboné qui peuvent en résulter.

Remarquons, en passant, un vice dans la conduite des ouvriers. Les battitures, à l'instant où le bain est découvert, produisent très-peu d'effet, puisqu'il faut une haute température pour opérer la combinaison des élémens de l'acide carbonique, lorsqu'ils existent séparément dans le fer. Il vaudrait donc mieux les jeter avant et brasser devant la tuyère; la quantité de carbone brûlé serait incomparablement plus grande que par la méthode ordinaire. Cette opération dure ordinairement trois heures et demie.

On brûle dans les forges des Valettes des charbons de bois résineux, tels que pin, mélèze, et quelquefois sapin.

La tuyère avance de quatre pouces et demi dans le creuset, avec une inclinaison de 10 degrés environ. Au reste, cette inclinaison est soumise à la volonté des ouvriers, qui ne peuvent souffrir aucun changement dans leurs procédés.

Seconde
opération.

Le coui-
sage.

La seconde opération, dite le coutisage, a pour objet la fonte des grumeaux ou plutôt leur agglutination. On prépare le creuset en le remplissant presque entièrement de poussier mouillé, et le tassant avec une masse en bois; on met quelques charbons dans le fond du creuset, on les recouvre avec des grumeaux de fonte mêlés avec du menu charbon; on donne très-peu de vent; on concentre constamment la chaleur, en remplissant les vides qui se for-

ment avec les grumeaux placés sur le contrevent, et mêlés avec du menu charbon. Bientôt tout se prend en masse, et les *coutis* que l'on sort du foyer approchent de l'état du fer. On les range sur la plate-forme à mesure de leur formation; on continue ainsi jusqu'à ce que tous les grumeaux soient réduits en *coutis*; le nombre varie ordinairement de six à huit. Cette opération dure environ quatre heures, et la consommation du combustible est très-petite. On peut même, à la rigueur, la regarder comme nulle, puisqu'on n'emploie que des charbons qui ne peuvent même servir au grillage. Cette opération a pour but, ainsi que la première, de brûler le carbone contenu dans la fonte. Le vent qui provient des machines soufflantes n'est pas complètement employé dans la combustion; une partie sert à l'oxydation de la fonte, et par suite à la décarbonisation. Aussi, en examinant à chaque instant ses divers états, on la voit passer par toutes les nuances de la fonte au fer. Cette seconde opération est conduite par le maître-affineur.

La manutention de l'affinage proprement dit s'exécute par les deux ouvriers. On prépare le creuset avec de la brasque; on y met du charbon, et on donne le vent; on place au milieu du creuset une loupe provenant d'une opération précédente; en même tems on avance sur le contrevent un coutis pour le disposer à la fusion; dès que la loupe est d'un rouge blanc, on la porte sous le marteau pour la diviser en deux parties. Chacune d'elles est portée de nouveau dans le foyer, et chauffée à la même température que précédemment. On di-

Troisième
opération.

Affinage
proprement
dit.

visé de nouveau ces lopins, désignés aussi par scapolons, en deux nouvelles parties, et quelquefois plus. Sous cet état, on les met à part pour être soumis à l'étirage.

Le coutis, placé sur le contrevent et exposé à l'action de la chaleur, s'échauffe progressivement, puis coule goutte à goutte dans le creuset. Dès que toutes les parties sont prises en masses, on arrête le vent, on retire la loupe, on la soude à une grande barre de fer, et on l'entraîne sous le marteau. On lui donne une forme cylindrique, et de suite on la transporte sous le foyer; on place de nouveau un coutis sur le contrevent, et on continue.

Les scories ferreuses qui restent sous le marteau après le forgeage de la loupe, sont portées à l'instant dans le foyer.

Cette opération dure environ dix-sept heures. Le prix de la manutention est de dix batz (1 fr. 50 c.) par quintal. Il n'est question dans ce Mémoire que du poids de Genève, qui équivaut à 112 liv. poids de marc.

Etirage des Lopins ou Scapolons.

Cette opération s'exécute par deux ouvriers comme la précédente, dans un foyer particulier près de l'affinerie. Les étireurs ou subtilateurs chauffent les scapolons, et les étirent d'après les demandes des associés. Le prix de la manutention est aussi de dix batz par quintal pour le fer en petites barres.

Le déchet dans l'opération de l'affinage est de 25 pour cent, et de 5 dans la subtilature; il suit qu'il faut 130 l. de gueuse pour obtenir 100 l. de fer forgé.

La consommation du combustible est très-grande; elle varie en général de 500 à 600 l. pour 100 l. de fer dans presque toutes les usines.

Défectuosités de cet affinage, et comment on peut remédier aux inconvéniens qu'il présente.

La lenteur avec laquelle on travaille, le grand déchet en fonte, la grande consommation de combustible, le prix de la main-d'œuvre, l'usage des fontes grises nécessitées par cet affinage, la plus grande quantité de charbons qu'elles exigent au haut fourneau, l'énorme quantité d'eau que l'on introduit pendant l'opération de l'affinage, auraient dû faire abandonner cette méthode lors de sa découverte. Elle est cependant en usage dans les provinces précitées, et généralement adoptée. Aussi, on peut ajouter que le travail du fer est encore dans son enfance dans une partie des départemens de la France.

J'ai voulu entièrement abolir ces procédés dans le département du Simplon, en y substituant l'affinage à une seule opération. N'ayant à ma disposition que des ouvriers bergamasques, j'ai moi-même tenté l'affinage. J'ai pris 200 l. de gueuse de Chamoison et 50 l. de Chemin; j'ai soumis le mélange de ces deux fontes à l'action du feu, en plaçant les plaques sur le contrevent; j'ai commencé l'opération du brassage après la fusion complète de la gueuse employée. Je n'ai pu retirer que six petites loupes qui ont de suite été portées sous le marteau, à mesure de leur formation; j'ai trouvé le reste de la matière au fond du creuset sous la forme de

globules agglutinés. Indubitablement toute la gueuse aurait formé des loupes si j'avais été plus habile ; mais cette manutention demande beaucoup de force : il faut donc recourir aux personnes endurcies à ce genre de fatigue. Les ouvriers bergamasques voulaient répéter le procédé que j'avais pratiqué, mais inutilement. Tantôt ils enfonçaient les ringards dans la brasque, et d'autres fois ils n'avaient que les scories. Ce fut en vain qu'ils cherchèrent à obtenir le fer de la gueuse par une seule opération. Je fis forger les scapolons que j'avais obtenus dans mon premier essai, et le fer qui en résulta était mélangé de grains et de nerfs. Il se découvrait facilement, et on le reconnut pour être d'une bonne qualité. Parmi les scapolons, il s'en trouva un d'acier à grains fins très-homogènes. Il paraît que cette fonte eût donné un fer excessivement doux et nerveux, si elle avait été élaborée par un bon ouvrier. Le mélange des grains et du nerf dans une même barre provient de ce qu'il n'a pas été travaillé d'une manière uniforme.

L'impossibilité de former les ouvriers dut nécessairement faire naître l'idée de modifier le procédé bergamasque pour économiser le combustible et la main-d'œuvre. Je vais décrire les changemens opérés dans chacune des trois opérations de l'affinage.

Première
opération.

Dans la première on a pour objet de détruire une partie du carbone contenu dans la fonte ; en conséquence, on a construit sur la voûte de la culée du haut fourneau un creuset composé de quatre plaques, de manière à former une pyramide quadrangulaire posée sur

sa petite base. On a reçu la fonte dans ce creuset, et, en la brassant fortement avec une branche de bois vert, on a rempli le but que l'on s'étais proposé. On peut même ajouter, comme en premier lieu, des battitures pour faciliter l'oxydation, et par suite la décarbonisation. La fonte se réduit en grumeaux, que l'on projette tout autour du creuset, afin de l'exposer à un grand courant d'air. Cette manutention n'occasionne aucune dépense dans la main-d'œuvre, puisqu'elle s'exécute par les ouvriers du haut fourneau ; tandis que précédemment on y employait les deux affineurs, et on brûlait pendant trois heures et demie du combustible pour faire la fonte.

On a construit provisoirement, dans le voisinage du haut fourneau, un foyer analogue à celui dont on se sert dans l'affinage, mais beaucoup moins profond. On le brasque à l'ordinaire ; on y jette quelques charbons, et ensuite les grumeaux ou grenaille mêlée avec du poussier de charbon. On conduit l'opération comme précédemment, et elle s'exécute par un simple manœuvre. Un seul ouvrier peut coutiser environ quinze quintaux de gueuse par jour avec quelques livres de charbon. Je ne fais point mention du poussier employé, puisqu'il ne peut servir à aucun autre usage. Cette opération présente donc de l'économie dans la main-d'œuvre, puisqu'un simple manœuvre remplace les deux affineurs.

La seconde
opération.

Les coutis qui proviennent de l'opération précédente sont transportés aux forges des Vallettes pour y subir l'affinage proprement dit. Cette opération se conduit comme à l'ordi-

Troisième
opération.

naire. Je vais donner les résultats d'un affinage de 522 l., qui a duré dix-sept heures pour obtenir les scapolons.

La consommation du combustible s'est élevée à 36 vals, ce qui fait neuf quintaux de charbon. Le produit en scapolons était de 419 l.

Ces scapolons, soumis à l'opération de l'éti-rage, se sont réduits à 400 l., et ont consommé 8 vals, ou bien 2 quintaux de charbon. La consommation totale est donc de 11 quintaux pour quatre quintaux de fer; ce qui fait 273 l. pour 100 de fer forgé en petites barres.

De ces résultats nous pouvons conclure que le procédé dont je viens de donner la description est infiniment avantageux, comparé à l'ancien, puisqu'au lieu de consommer 500 environ, on ne brûle plus que 275 l. De plus, la main-d'œuvre, au lieu de s'élever à 3 f. par quintal, sera réduite à 2 f. 15 c. Cette grande économie dans le combustible provient du charbon que l'on brûle dans la première opération bergamasque pour opérer la fonte, et de celui qui est employé pour vaporiser la grande quantité d'eau que l'on projette dans beaucoup de circonstances; ce qui n'a point lieu dans cette méthode. Au reste, cet essai n'a point encore acquis le degré de perfection dont il est susceptible. Les marteaux de l'usine sont beaucoup trop légers et le mouvement trop petit. De là, le fer se refroidit, et on est obligé de le porter souvent au feu.

Puisque cette usine ne travaille qu'en petit fer, il est inutile de forger les loupes de 60 à 80 l., dans le cas même où les ouvriers persisteraient à ne sortir que de grosses masses; il convien-

dra

drait de les aplatir sous le marteau pour en chasser les scories, et de les couper de suite en 5 ou 6 lopins. Le fer en serait meilleur, par la facilité que l'on aurait à le purger dans toutes ses parties. Il se formerait moins de battitures, et ces lopins se chaufferaient bien plus vite que les grandes masses. Par suite, on pourrait les placer sur les charbons, et contenir l'affinage des coutis sans interruption. On pourrait même former le foyer dans le sens du contrevent et de la rustine par les coutis. Ils se disposeraient à la fusion, et on économiserait encore du combustible. Dans l'état actuel des choses, je pense que la consommation totale peut se réduire à 225 en suivant les corrections que j'indique. Je me propose de continuer ces essais lorsque la saison permettra la mise en activité des usines.

En examinant toutes les circonstances de ce nouveau procédé, on reconnaît facilement l'affinage styrien. En effet, dans ce dernier, on coule la gueuse en petites plaques appelées *blettes*; elles sont grillées, puis ensuite affinées par une seule opération. Dans la méthode exécutée aux forges des Valettes, on coule la gueuse dans un creuset, et on le réduit en grumeaux ou grenailles. L'opération du coutisage n'est autre chose que le grillage styrien; car les grumeaux ne sont qu'un assemblage de grains de fonte. L'air peut les pénétrer dans toutes les parties; et, sous ce rapport, ce grillage est plus parfait que celui de Styrie. La consommation de combustible est moins grande que dans ce dernier; mais la main-d'œuvre est plus considérable. Enfin, l'affinage des coutis s'effectue à une seule opération comme celui des plaques.

Volume 33, n°. 197.

Y

Le fer que l'on obtient est très-bon, et jouit de toutes les propriétés d'un fer doux et très-nerveux.

Il est nécessaire d'ajouter que le creuset où l'on affine ne convient nullement, et que la distance de la tuyère au contrevent est trop petite. On pourra peut-être encore apporter quelques changemens avantageux, lorsqu'on donnera au creuset d'autres dimensions.

Il serait à désirer que l'on remplaçât l'affinage bergamasque, le seul connu dans un grand nombre de départemens français et italiens, par celui que je viens de décrire. Les succès obtenus dans un premier essai me font croire que les maîtres de forges pourront, à chaque instant, y apporter des améliorations. On pourrait alors doubler le nombre des usines, en ne consommant pas davantage de charbon que pour celles qui existent.

A N A L Y S E

De divers échantillons de la Mine de cuivre nommée vert de cuivre ferrugineux par les Minéralogistes étrangers ;

Par M. VAUQUELIN.

ON connaît depuis long-tems une mine de cuivre dont M. Werner et les autres minéralogistes allemands ont fait une espèce particulière, sous le nom de *Eisen Schüssiges Kupfergrün*, vert de cuivre ferrugineux, et dont ils indiquent deux variétés, l'une scoriacée (schlackiges), l'autre terreuse (erdiges). Cette espèce est distinguée, dans leurs méthodes, d'une autre qu'ils nomment simplement *Kupfergrün*, et qui a été regardée comme une malachite terreuse par plusieurs minéralogistes dont M. Haüy a suivi l'exemple (1). Mais les savans étrangers séparent aussi cette dernière de la malachite ou du cuivre carbonaté vert. MM. Brongniard et Delamétherie (2) ont considéré les trois substances dont nous venons de parler, comme des variétés d'une même espèce, à laquelle le premier donne le nom de malachite, et l'autre, celui de cuivre vert carbonaté.

(1) *Traité élémentaire de Minéralogie*, tom. II, p. 222.

(2) *Leçons de Minéralogie données au Collège de France*, tom. II, p. 123.