

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 décarbure 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 rindard, afin de la *désorner*, c'est-à-dire de la séparer des scories 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

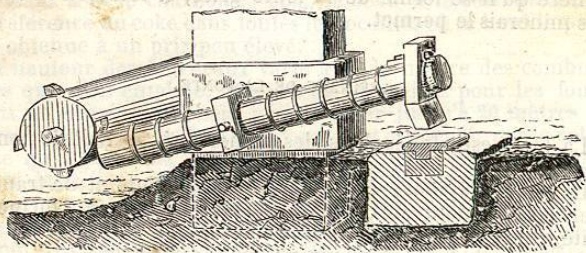


Fig. 110.

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 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*; 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 intérieurement de plaques de fonte recouvertes d'argile et

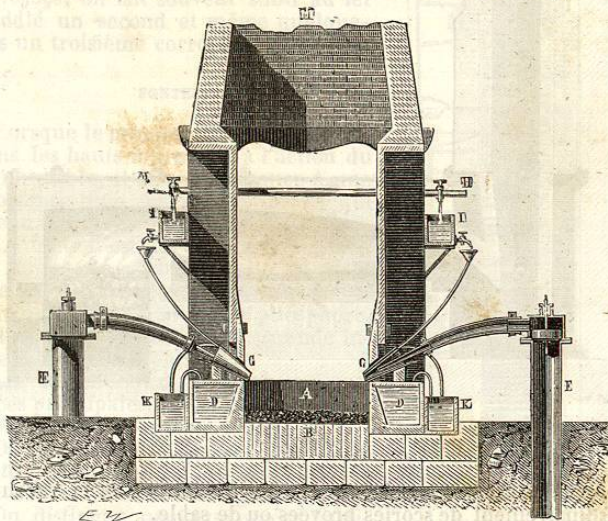


Fig. 111.

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 ainsi le *fine métal*.

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 incli-

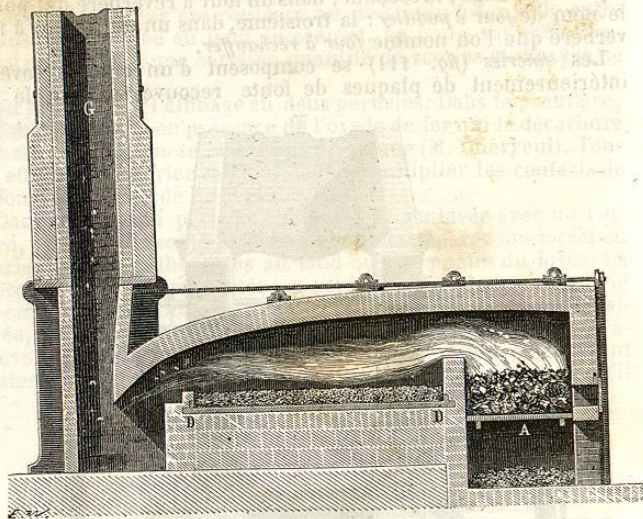


Fig. 112.

née : 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. 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.

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 quelquefois un troisième corroyage.

## FONTES.

Lorsque le minerai de fer est soumis dans les hauts fourneaux à l'action du combustible, il donne naissance à une substance plus fusible que le fer qui 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 nomme *fonte blanche manganésifère*.

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

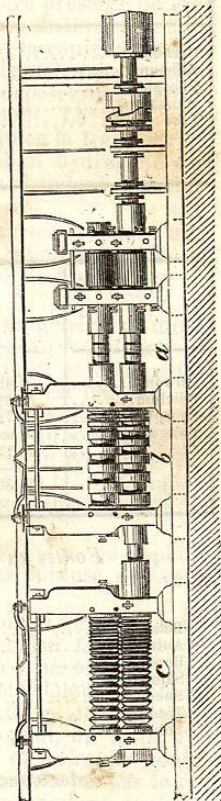


Fig. 113.



	FONTES GRISES obtenues PAR LE CHARBON DE BOIS.		FOYER GRISSE DU BERRY obtenue par un mélange de coke et de charbon de bois.
	CHAMPAGNE.	NIYERNAIS.	
Carbone.....	2,400	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	95,810	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
Suède.....	95,30	4,20	0,50
Trédiou.....	95,00	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

Certaines variétés de fonte contiennent plus de carbone que celles qu'indiquent les tableaux précédents; la proportion du

carbone peut quelquefois s'élever dans les fontes jusqu'à 4 et 5 pour 100; cette composition s'approche de celle d'un carbure à proportions définies représenté par la formule  $Fe^4C$ .

**Fonte noire.** — Cette fonte peut prendre l'empreinte du marteau; elle se casse facilement; sa texture présente de gros grains au milieu desquels on aperçoit très-distinctement du graphite; la présence de ce corps lui donne sa couleur caractéristique. La fonte a donc la propriété de dissoudre du charbon sous l'influence de la chaleur, et de le laisser déposer sous la forme de graphite quand elle se refroidit lentement. La fonte noire est plus fusible que les autres fontes; lorsqu'on la traite par les acides, elle dégage de l'hydrogène mêlé d'un hydrogène carboné doué d'une odeur fétide, et laisse un abondant résidu de graphite.

Cette fonte se produit dans les hauts fourneaux lorsqu'on a employé un excès de charbon relativement au minerai; elle est très-recherchée pour les moulages en seconde fusion.

**Fonte grise.** — La fonte grise provient en général de minerais de bonne qualité, lorsque le haut fourneau fonctionne régulièrement; sa couleur est d'un gris foncé, et quelquefois d'un gris clair. Sa cassure est grenue; elle est toujours poreuse; elle ne prend jamais un beau poli. Sa densité varie entre 6,79 et 7,05. Elle se laisse limer, couper au ciseau et forer facilement. Traitée par les acides, elle laisse un résidu de graphite, qui est moins considérable que pour la fonte noire. La fonte grise contient toujours une quantité notable de silicium.

Cette fonte exposée à l'air s'oxyde avec plus de rapidité que la fonte blanche, parce qu'elle est plus poreuse que cette dernière.

Lorsqu'après avoir fondu la fonte grise, on la refroidit subitement en la jetant dans de l'eau froide, on lui fait éprouver une sorte de trempe et on la transforme en *fonte blanche*. Cette modification se produit toujours partiellement lorsqu'une fonte grise est refroidie trop brusquement; la fonte devient alors beaucoup plus dure et plus cassante; on peut, du reste, l'adoucir en la faisant fondre de nouveau et refroidir lentement. Toutes les fontes blanches ne s'adoucisent pas par le recuit; celles qui contiennent du manganèse restent toujours blanches.

L'effet de la trempe est d'empêcher la séparation du carbone et du fer unis dans la matière fondue.

Certaines fontes grises au bois, coulées dans des manchons de fer épais, éprouvent une sorte de liquation; la partie qui s'est refroidie en premier lieu ne contient environ que 1 ou 1,5 pour 100 de charbon; elle est très-dure et présente la plupart des propriétés de l'acier; tandis que les parties centrales sont riches en carbone et beaucoup moins dures. On profite souvent



de cette propriété pour durcir à la surface les cylindres de fonte qui servent à la confection des laminoirs.

Le phosphore contenu dans les fontes grises diminue leur ténacité, mais augmente leur fluidité, et les rend propres au moulage des objets d'art.

La fonte grise sert, soit pour le moulage en première fusion, soit pour l'affinage.

**Fonte blanche.** — Nous avons dit que l'on peut obtenir une fonte blanche en refroidissant subitement la fonte grise ; mais les fontes blanches ordinaires se produisent dans le haut fourneau, soit en réduisant les minerais manganésifères, soit en employant un excès de minerai par rapport au charbon.

Un refroidissement dans le fourneau ou le traitement d'un minerai sulfureux donnent en général de la fonte blanche.

La fonte blanche a un éclat métallique ; elle est quelquefois d'un blanc d'argent ; lorsqu'elle est manganésifère, elle cristallise souvent en pyramides quadrangulaires volumineuses. Sa densité varie entre 7,44 et 7,84.

La fonte blanche est très-dure ; elle ne peut être entamée par la lime et casse sous le marteau sans en recevoir l'empreinte. Elle résiste à l'écrasement mieux que la fonte grise. Elle est plus fusible que la fonte grise, mais reste toujours à l'état de fusion pâteuse, tandis que la fonte grise acquiert une grande fluidité.

Les fontes blanches sont d'autant plus dures qu'elles contiennent plus de charbon. On les emploie quelquefois au moulage, mais elles sont presque toujours affinées. Les fontes manganésifères servent en général à la fabrication des aciers de forges ou des fers acièreux.

## ACIERS.

On donne le nom d'*acier* à un carbure de fer contenant des traces de silicium et de phosphore, et dans lequel la proportion de carbone ne dépasse jamais un centième. L'acier contient plus de carbone que le fer du commerce et moins que la fonte.

Voici la composition de quelques aciers :

	Anglais, 1 <sup>re</sup> qualité.	Isère.	Français, 1 <sup>re</sup> qualité.	Français, 2 <sup>e</sup> qualité.
Carbone.....	0,62	0,65	0,65	0,94
Silicium.....	0,03	0,00	0,04	0,08
Phosphore.....	0,03	0,08	0,07	0,11
Fer.....	99,32	99,27	99,24	98,87
	100,00	100,00	100,00	100,00

(Gay-Lussac.)

L'acier peut contenir en outre de petites quantités d'azote, d'arsenic, de soufre, d'aluminium, de chlore, de manganèse, de cuivre, d'antimoine, de tungstène, de vanadium, de titane, etc. ; mais ces différents corps sont considérés comme étran-

gers à la constitution véritable de l'acier. Les minerais de fer manganésifères sont éminemment propres à la fabrication de l'acier.

L'acier est plus dur que le fer ; il peut prendre un beau poli, sa texture présente des grains très-fins, égaux et serrés. Il est sonore et rend des sons agréables.

L'acier que l'on porte à une température rouge, et que l'on refroidit subitement, éprouve le phénomène de la *trempe* ; il devient excessivement dur, très-cassant, et peut même rayer le verre. Cette propriété de l'acier est celle dont les arts tirent le plus grand parti.

La dureté d'une trempe dépend de la température à laquelle l'acier a été porté, et du corps qu'on emploie pour le refroidir.

Pour produire une trempe très-dure, il faut porter l'acier au rouge blanc et le plonger dans de l'eau très-froide, ou mieux dans du mercure.

Les trempes douces s'obtiennent en refroidissant l'acier dans des corps gras ou dans de la résine en fusion.

Quelquefois, dans les arts, on trempe l'acier en le chauffant à une température élevée et en le refroidissant subitement. Mais, le plus souvent, on fait subir à l'acier une trempe plus forte que celle qu'il doit garder, et on le recuit à des températures variables pour lui donner le degré de dureté que l'on désire. Pendant le recuit, l'acier perd d'autant plus de dureté qu'on le chauffe à une température plus élevée.

L'ouvrier apprécie le point convenable pour le recuit, en profitant de la propriété que présente l'acier de prendre des teintes qui varient avec la température à laquelle il a été exposé.

Ces teintes sont dues à la formation d'une couche très-mince d'oxyde de fer qui produit les phénomènes des anneaux colorés. La chaleur donne à l'acier les teintes suivantes :

- A 220°, jaune clair ;
- 245°, jaune d'or ;
- 255°, brun ;
- 265°, pourpre ;
- 285 à 290°, bleuâtre ;
- 300°, indigo ;
- 320°, vert d'eau.

Les rasoirs, les canifs sont recuits au jaune ; les ciseaux, les couteaux se recuisent au brun ; les ressorts de montres, au bleu ; les ressorts de voitures, au rouge brun.

L'acier éprouve par la trempe une modification comparable à celle de la fonte. Après la trempe, le carbone ne se trouve plus dans le même état qu'avant cette opération. En effet, l'acier non trempé, traité par un acide, se dissout en laissant un résidu très-sensible de graphite ; le carbone se dégage à l'état de carbure d'hydrogène.

La trempe fait aussi varier la densité de l'acier. Avant la trempe, la densité de l'acier est 7,738, et après elle devient 7,704. L'acier perd sa sonorité lorsqu'on le trempe, et ne rend plus que des sons ternes et voilés.



Nous dirons à quels signes on peut reconnaître le meilleur acier : 1° un acier de bonne qualité, trempé à une faible chaleur, devient très-dur ; 2° sa dureté est uniforme dans toute sa masse ; 3° après la trempe, il résiste au choc sans se rompre et ne perd sa dureté que par un recuit très-intense ; 4° il se soude avec facilité et sans se fendiller ; 5° il montre dans sa cassure un grain fin et égal ; il est très-dense et convient à la confection des objets polis.

On divise les aciers en quatre variétés principales : l'acier naturel, l'acier de cémentation, l'acier fondu, l'acier damassé, puis ensuite, l'acier puddlé, et l'acier corroyé.

Pour obtenir l'acier, on a recours à deux procédés complètement distincts : 1° on peut décarburer partiellement la fonte ; c'est ainsi qu'on prépare l'acier naturel et l'acier puddlé ; 2° on peut aussi carburer le fer, on a alors l'acier de cémentation.

**Acier naturel.** — Cet acier porte souvent aussi le nom d'acier de forge ou d'acier de fonte. On l'obtient en affinant incomplètement la fonte dans des creusets profonds au contact de l'air ou sous l'influence de l'oxyde de fer qui la décarburent. La fonte contient plus de carbone que l'acier ; on comprend donc qu'en enlevant à la fonte une certaine partie de son carbone, on puisse la transformer en acier. Dans la préparation de l'acier naturel, on emploie toujours de la fonte manganésifère, par les raisons qui ont été indiquées en parlant des forges catalanes.

L'opération se fait dans un foyer comparable aux feux d'affinerie, contenant la fonte en fusion et une certaine quantité de battitures de fer.

Cet acier est principalement employé à la confection des instruments aratoires.

Dans l'extraction du fer par la méthode catalane, on carbure quelquefois assez le fer pour le transformer en acier naturel.

On prépare depuis quelques années un acier qui porte le nom d'acier puddlé, que l'on obtient en puddlant incomplètement une fonte de bonne qualité.

**Acier de cémentation.** — La cémentation est une opération dans laquelle on acièr le fer en le chauffant pendant longtemps au contact du charbon en poudre. Le fer se combine alors avec 1 centième environ de carbone, et se transforme en acier.

On se sert, pour la cémentation, de creusets ou de caisses de terre ou de briques réfractaires, qui sont placées de telle manière dans le fourneau que la flamme les enveloppe de tous côtés. Les caisses sont remplies de couches alternatives d'une matière charbonneuse, nommée *cément*, et de barreaux de fer ; les barreaux métalliques ne doivent pas se toucher. On place dans les caisses des tiges de fer nommées *épreuves*, que l'on retire de temps en temps, et dont on se sert pour apprécier les

progrès de la cémentation. La température ne doit pas être assez élevée pour faire entrer l'acier en fusion.

On a beaucoup varié d'opinion sur la nature des céments qui conviennent le mieux pour la production de l'acier ; on ajoute ordinairement au charbon une petite quantité de cendres et de sel marin.

On cémenté quelquefois de petites pièces de fer par un procédé qui porte le nom de *trempe en paquets*, et qui consiste à chauffer dans des caisses de tôle de fer, de fonte ou de terre, des objets de fer avec un ciment composé de charbon, de suie, de cendres et de sel marin.

L'acier de cémentation est ordinairement recouvert d'ampoules ; c'est ce qui lui fait donner dans le commerce le nom d'acier poule.

Lorsqu'on veut diminuer la dureté de la surface d'un acier, qu'on le destine, par exemple, au travail du burin, on le chauffe, pendant cinq ou six heures, à une chaleur blanche, dans de la limaille de fer.

Les méthodes de fabrication de l'acier de cémentation et surtout de l'acier naturel donnent rarement un acier homogène, tenace et élastique. Lorsqu'on ne veut pas, ou qu'on ne peut pas le ramener par la fusion à une homogénéité parfaite, il est nécessaire de le *corroyer* d'une manière analogue à celle qui est employée pour le fer. Cet acier prend dans le commerce le nom d'acier corroyé.

**Acier fondu.** — Cet acier est le plus homogène et le plus estimé. On l'obtient en fondant, dans des creusets brasqués, de l'acier de cémentation coupé en petites barres et recouvert de charbon. Quand l'acier est devenu liquide, on le coule dans des lingotières en fonte, puis on le martèle et on l'étire en barres. Il est très-dur ; il peut prendre un beau poli, et présente souvent la propriété précieuse de se tremper par la seule action de l'air. Nous donnons dans la figure 114 le fourneau qui sert à fondre l'acier dans des creusets d'argile réfractaire.

**Acier damassé.** — On donne ce nom à une variété d'acier qui se recouvre d'une espèce de moiré lorsqu'on le traite par des acides étendus : on le nomme souvent *acier Wootz* ou *acier indien*.

On obtient un acier propre au damassage en laissant refroidir lentement de l'acier riche en carbone ; il se forme alors dans la masse des carbures de fer en proportion définie qui peuvent cristalliser et apparaître ensuite par l'action des acides (M. Bréant).

On a obtenu également un acier damassé comparable à l'acier Wootz, en fondant du fer de bonne qualité avec 2 centièmes de noir de fumée ou de coke. Lorsqu'on se sert de ce dernier charbon, l'acier contient en général quelques millièmes d'aluminium ; on a du reste signalé la présence de ce métal dans plusieurs aciers damassés venant de l'Inde.



On forme également des aciers damassés, en alliant à l'acier ordinaire du chrome, du platine, de l'aluminium.

On a fabriqué de très-belles lames damassées en alliant à de l'acier de petites quantités de tungstène ou de molybdène (le duc de Luynes). La méthode la plus sûre pour obtenir un acier propre au damassage, consiste à fondre dans un creuset réfrac-

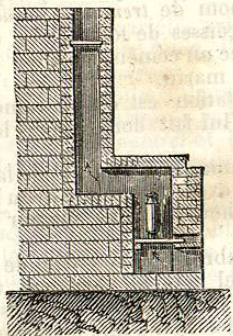


Fig. 114.

taire 5 kilogrammes de fer très-pur avec  $1/12$  de graphite,  $1/32$  de battitures de fer,  $1/24$  de dolomie servant de flux. Pour faire apparaître le damassage, on décape l'acier avec du sulfate de fer contenant une certaine quantité de sulfate d'alumine. L'acier damassé ainsi préparé paraît être beaucoup plus dur que le meilleur acier fondu (M. Anocoff).

## PROCÉDÉ BESSEMER.

La méthode métallurgique due à M. Bessemer a pour but d'obtenir directement de l'acier fondu en faisant passer un courant d'air dans la fonte liquide. La découverte capitale de M. Bessemer est d'avoir reconnu que ce courant d'air traversant une masse de fonte liquide, loin de le refroidir comme on aurait pu le croire, l'échauffe, au contraire, par suite de la combustion des corps plus oxydables que le fer qui se trouvent dans la fonte.

La disparition de ces corps se fait successivement et dans un ordre qui dépend de leur oxydabilité et de leur affinité pour le fer.

Ce nouveau procédé d'affinage n'exige donc aucune consommation de charbon; les métalloïdes contenus dans la fonte sont les véritables combustibles qui, en s'oxydant, produisent la température utile à l'opération.

Lorsqu'une fonte contient les éléments de l'acier, et en outre

des corps nuisibles que le courant d'air peut enlever sans détruire l'aciération, l'acier Bessemer est obtenu immédiatement, en arrêtant l'affinage au moment où les corps inutiles ont été oxydés.

Mais, dans la plupart des cas, pour produire un acier pur et surtout d'une qualité déterminée, on a intérêt à éliminer complètement tous les métalloïdes qui existent dans la fonte, à produire du fer et même du fer azoté ou brûlé; on reconstitue ensuite l'acier en mélangeant le fer fondu avec une fonte aciéreuse.

La fabrication de l'acier par la méthode Bessemer est alors d'une simplicité merveilleuse; elle revient à introduire dans du fer fondu, et complètement affiné, des quantités variables de matières aciéreuses qui se trouvent dans une fonte convenablement choisie.

L'appareil dans lequel se fait l'élaboration, et auquel M. Bessemer a donné le nom de *convertisseur* (*converter*), consiste en une sorte de cubilot mobile autour d'un axe horizontal formé de plaques de tôle boulonnées et garni intérieurement de terre réfractaire (fig. 115).

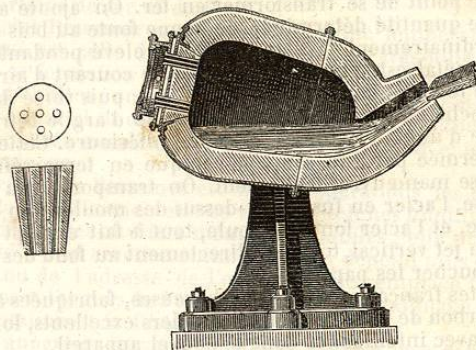


Fig. 115.

Le fond de ce cubilot porte une plaque de fonte trouée, destinée à laisser passer les tuyères qui y sont vissées par leur partie inférieure, et qui viennent déboucher au fond du vase, en restant entourées de lut réfractaire. Au-dessous des tuyères se trouve un cylindre métallique, fermé par une plaque de fonte clavetée, de même dimension que celle qui supporte les tuyères: l'air y est amené par un tuyau qui permet aux tuyères de conserver leur activité, quelle que soit la position de l'appareil. Le dôme porte une ouverture par laquelle s'échappent les étincelles.

La manœuvre de l'appareil est faite au moyen d'engrenages



mus à la main, ou à l'aide de machines. La cornue est d'abord remplie de charbons allumés, dont on entretient la combustion très-active, jusqu'à ce que l'intérieur de la cornue ait acquis une température très-élevée. On renverse alors l'appareil pour le débarrasser du charbon qu'il contient; puis, en lui donnant la position qui est indiquée dans la figure 115, où son axe est horizontal, on y fait arriver la fonte par une conduite; on donne au vent toute sa force, on relève l'appareil dans la position de l'axe vertical et l'opération commence.

La première impression de l'air sur la fonte produit un grand nombre d'étincelles: au bout de quelques minutes, on voit apparaître une flamme assez courte, rougeâtre, qui va sans cesse en croissant et en s'éclaircissant pendant la durée de l'opération. Avec quelque habitude, on trouve dans cette flamme des indications précieuses pour la conduite de l'opération.

On peut, comme en Suède, arrêter la soufflerie, et par conséquent l'oxydation du métal, lorsque la fonte est arrivée au point de transformation où elle est convertie en acier.

Mais, en général, on préfère dépasser ce point, et on continue le courant d'air jusqu'à ce que la cessation presque subite de la flamme brillante et volumineuse indique l'instant où la fonte est sur le point de se transformer en fer. On ajoute alors au métal une quantité déterminée de bonne fonte au bois manganesée, ordinairement  $\frac{1}{10}$ . L'appareil est relevé pendant un instant; le métal est soumis à l'action d'un courant d'air rapide qui opère le mélange de la fonte et du fer, puis versé dans une grande poche en fer. Cette poche, enduite d'argile réfractaire, est percée d'une ouverture à la partie inférieure. Cette ouverture est fermée par une soupape conique en terre réfractaire pouvant se manœuvrer facilement. On transporte, au moyen d'une grue, l'acier en fusion au-dessus des moules; on soulève la soupape, et l'acier fondu s'écoule, tout à fait exempt de scories, en un jet vertical, tombant directement au fond des moules sans en toucher les parois.

Nos fontes françaises non phosphoreuses, fabriquées au coke ou au charbon de bois, donnent des aciers excellents, lorsqu'on les traite avec intelligence dans le nouvel appareil.

La production de l'acier fondu en grande masse, obtenu avec des fontes au coke par le procédé Bessemer, est une véritable révolution métallurgique dont nous devons faire ressortir ici toute l'importance.

M. Frey a développé les avantages du nouveau mode d'aciération dans le rapport qu'il a publié à la suite de l'Exposition universelle de Londres de 1862. Nous empruntons à ce travail les considérations suivantes.

Les aciers fondus sont produits par des méthodes différentes, parmi lesquelles on peut citer: 1° la fusion de l'acier cémenté; 2° l'aciération au creuset de fers aciéreux, par un mélange de charbon et d'oxyde de manganèse; 3° la fusion d'un mélange de fonte et de fer aciéreux; 4° le procédé Bessemer.

Les trois premières méthodes peuvent donner sans aucun

doute des résultats excellents, mais la fusion de l'acier n'a encore été obtenue d'une manière pratique qu'au creuset contenant 20 kilogrammes d'acier.

Lorsqu'il s'agit de couler une grosse pièce d'acier, pesant par exemple 10,000 kilogrammes, on comprend toutes les difficultés que présente le manieement de 500 creusets chauffés dans 125 fours qui doivent donner au même moment l'acier convenablement fondu.

En outre, la préparation de l'acier fondu par les méthodes anciennes exige toujours l'emploi de fers spéciaux, aciéreux, d'un prix très-élevé, et une consommation de combustible considérable qui, en partant du minerai, représente en poids six à sept fois celui de l'acier produit.

La méthode Bessemer présente les avantages suivants:

1° L'acier Bessemer, convenablement préparé, offre toutes les qualités que l'industrie, la guerre et la marine peuvent demander à l'acier fondu en grande masse; il est homogène, plus dur et plus résistant que le fer; comme il résulte du mélange du fer fondu avec une fonte aciéreuse, il peut être produit avec tous les degrés de dureté qu'exigent les applications, en modifiant les proportions de fer et de fonte.

2° L'acier Bessemer qui se produit à une température très-élevée, qui est celle de la fusion du fer, est très-fluide au moment de sa formation; il ne contient dans sa masse qu'un petit nombre de bulles; on peut donc le couler rapidement dès qu'il sort de l'appareil et donner ainsi à l'acier une première forme qui est achevée ensuite, presque sans déchet, par le martelage ou le laminage.

3° L'aciération Bessemer est une des opérations les plus simples de la métallurgie; elle se fait en quelques minutes et peut être confiée à des ouvriers même peu habiles; elle présente la régularité d'une réaction chimique et ne dépend plus des tours de main ou de l'adresse de l'ouvrier; elle remplace toutes les opérations si longues de l'aciération, qui sont l'affinage pour fer, la cémentation et la fusion au creuset.

4° Les appareils Bessemer donnent, suivant leur capacité, de 1,000 à 3,000 et 10,000 kilogrammes d'acier, et permettent d'obtenir, en combinant plusieurs de ces appareils et en réunissant leur production, des masses énormes d'acier fondu. Un atelier Bessemer, contenant deux appareils de 3,000 kilogrammes, remplace 6 à 7 foyers d'affinage, 9 fours à puddler travaillant pendant vingt-quatre heures, et 300 creusets pour la fusion de l'acier.

5° Presque toutes les fontes au coke non phosphoreuses et peu sulfureuses peuvent être employées dans l'aciération Bessemer. C'est là le point important du nouveau procédé qui doit être pris en très-sérieuse considération par tous les pays qui ne possèdent pas de minerais à acier, et chez lesquels le combustible est rare.

La consommation du combustible dans le procédé Bessemer, en y comprenant le chauffage des appareils, n'atteint pas les  $\frac{1}{10}$  du poids de l'acier obtenu; tandis que, dans l'ancienne



méthode, le poids du combustible employé est six à sept fois plus fort que celui de l'acier produit.

(\*) ANALYSE DES FONTES ET DES ACIERS.

Les fontes et les aciers peuvent contenir, outre le fer et le carbone, des proportions variables de silicium, d'aluminium, de manganèse, de phosphore et de soufre.

*Dosage du silicium.*

On dissout la fonte ou l'acier dans l'eau régale ; on évapore la liqueur à sec ; le résidu est mêlé avec trois ou quatre fois son poids de carbonate de soude, on le chauffe au rouge dans un creuset de platine, on le redissout dans l'acide chlorhydrique, et on évapore de nouveau à sec ; la silice devient insoluble ; on la lave avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et on la pèse ; le poids du silicium est déduit de la quantité de silice qu'on détermine de cette manière.

*Dosage du carbone.*

On ne peut déterminer la proportion du carbone d'une fonte en la traitant par un acide et pesant le résidu ; en effet, on sait qu'une grande partie du carbone, et souvent même la totalité, se dégage à l'état de carbure d'hydrogène.

On analyse la fonte en la brûlant avec du chromate de plomb dans un appareil à analyse organique ; on introduit à l'extrémité du tube à combustion du chlorate de potasse qui, en dégagant de l'oxygène, complète la combustion de la fonte et chasse l'acide carbonique qui reste dans le tube : la fonte est transformée en oxyde de fer et en acide carbonique ; cet acide se dissout dans l'appareil de Liebig qui contient de la potasse ; on détermine ainsi son poids, et par conséquent celui du carbone. Le soufre, s'il en existe dans la fonte, reste à l'état de sulfate de plomb dans le tube à combustion ; on le dose dans une autre expérience (M. Regnault).

*Dosage du phosphore.*

Pour déterminer la quantité de phosphore contenue dans une fonte, on dissout la fonte dans l'eau régale ; on sépare la silice par une évaporation à sec et par des lavages avec de l'eau acidulée ; on verse dans la liqueur un carbonate alcalin ; l'acide phosphorique se précipite alors à l'état de phosphate de fer basique, mélangé à de l'oxyde de fer.

Le précipité est traité par un excès de potasse au creuset d'argent, et transformé en phosphate de potasse qu'on sépare de

l'oxyde de fer au moyen de l'eau ; la liqueur sursaturée par un acide est mêlée avec un excès de chlorure de calcium et précipitée par l'ammoniaque qui forme du phosphate de chaux dont la composition est connue.

On peut encore ajouter dans le phosphate de potasse une quantité de sel de fer au maximum, contenant une proportion d'oxyde de fer connue, et verser ensuite de l'ammoniaque. On obtient ainsi un mélange de phosphate de fer et de peroxyde de fer dont on détermine le poids ; on en retranche la quantité connue de peroxyde de fer provenant du sel de fer ajouté : la différence donne l'acide phosphorique, et par conséquent la proportion de phosphore contenue dans la fonte.

Enfin le phosphate de potasse, neutralisé par un acide, pourrait être précipité par un sel de plomb ; le phosphate serait dosé alors à l'état de phosphate de plomb.

*Dosage du soufre.*

On dose le soufre d'une fonte en dissolvant la fonte dans l'eau régale, en évaporant la liqueur à sec, reprenant le résidu par l'eau acidulée, et précipitant le fer par la potasse. La liqueur est ensuite rendue acide par un excès d'acide azotique, et précipitée par l'azotate de baryte ; il se forme du sulfate de baryte, d'où l'on déduit la quantité de soufre.

(\*) ESSAI D'UN MINÉRAI DE FER.

Cet essai a pour but de déterminer la richesse du minéral, la qualité de la fonte qu'il peut donner, et ensuite la nature de sa gangue, afin de connaître la proportion de castine ou d'erhue qu'il faut ajouter pour faire entrer le minéral en fusion. Cette analyse se fait ordinairement par la *voie sèche* ; ce mode d'essai présente l'avantage de réaliser, en petit, l'opération qui se pratique en grand dans le haut fourneau.

On introduit dans un creuset brasqué de 19 à 20 grammes de minéral réduit en poudre et mélangé avec le fondant. On le soumet à la température d'un feu de forge pendant deux heures. Quand le creuset est refroidi, on en retire le culot, qui se compose de scorie et de fonte ; on en détermine le poids ; on sépare ensuite facilement la fonte que l'on pèse ; la scorie est dosée par différence.

*Analyse d'un minéral de fer par le permanganate de potasse.*

Ce mode d'analyse s'applique aux minerais et aux alliages de fer ; il est d'une exécution facile et comporte plus d'exactitude que l'essai dans un creuset brasqué ; on peut également l'employer pour l'analyse des mélanges ou des combinaisons de