

MÉMOIRES

RÉCUPÉRATION

DU

GOUDRON ET DE L'AMMONIAQUE

des gaz des Hauts-fourneaux à la houille

PAR

JULES DEMARET

Ingénieur principal du Corps des Mines,
Professeur de Métallurgie et de Chimie industrielle
à l'École des Mines de Mons.

[6698 : 6687]

Dans les pays où, comme en Belgique, l'alimentation des hauts-fourneaux en combustible se fait pour ainsi dire exclusivement au moyen du coke, on opère l'extraction du goudron et des composés ammoniacaux, lors de la calcination du charbon, en recourant à des fours spéciaux, tels que ceux de MM. Semet-Solvay. Les gaz sortant du gueulard des hauts-fourneaux sont alors directement brûlés dans les appareils à air chaud et sous des chaudières à vapeur ou, mieux au point de vue de l'effet utile, ils servent, suivant une application récente, à faire fonctionner des moteurs ⁽¹⁾.

(1) Voir à ce sujet le travail de M. l'Ingénieur en chef Hubert sur " l'utilisation directe des gaz des Hauts-fourneaux ", *Annales des Mines de Belgique*, t. II, 2^e livraison.

Au contraire, dans certaines régions, comme celles de l'ouest de l'Écosse, où l'on consomme de la houille crue, riche en matières volatiles, le problème consiste à retirer les sous-produits des gaz perdus des hauts-fourneaux au moyen d'une condensation et d'un lavage; ces gaz ainsi épurés sont susceptibles des mêmes applications que ceux des hauts-fourneaux au coke; on peut même dire qu'ils conviennent mieux puisqu'ils sont plus riches en éléments combustibles, plus secs par suite de leur refroidissement énergique et plus complètement débarrassés de leurs poussières.

Le but de cette notice est d'exposer l'analyse d'un travail publié en Angleterre sur la récupération, par le professeur Humbolt Sexton de Glasgow. Ce sujet peut intéresser les ingénieurs belges qui s'occupent d'industrie métallurgique à l'étranger et qui, dans des pays d'aussi vastes ressources que la Russie et la Chine, par exemple, se trouveraient dans le cas d'utiliser au haut-fourneau des combustibles analogues à ceux de l'Écosse.

Le charbon du bassin de la Clyde, qui convient spécialement pour l'emploi au haut-fourneau, est connu sous le nom de « splint coal » et rentre dans la catégorie des houilles sèches à longues flammes. Il renferme en moyenne 40 % de matières volatiles. Parmi celles-ci on compte généralement 1,4 % d'azote, dont 1/5 environ se trouve à l'état d'ammoniaque.

Par suite de la distillation de cette houille dans le haut-fourneau et de la conversion du carbone fixe en oxydes volatils ainsi que de la présence de l'azote dans l'air insufflé, on obtient, par tonne de charbon consommé, un volume de 3.500 mètres cubes de gaz, qui sortent du gueulard à la température de 315°; on peut en retirer 1,8 hectolitre de goudron et un poids d'ammoniaque correspondant à 10 kilogrammes de sulfate.

Les hauts-fourneaux ont ordinairement une hauteur de 15 mètres et consomment en moyenne 70 tonnes de houille par 24 heures.

Ils sont principalement alimentés avec le minerai appelé « black-band », qui contient, après calcination, 60 % de fer métallique et ils produisent environ 50 tonnes de fonte par jour.

Les *méthodes de récupération*, auxquelles on s'est arrêté en Écosse, se rapprochent de celles que l'on emploie dans les usines à gaz d'éclairage et dans les usines à sous-produits annexées aux fours à coke.

Mais la première difficulté que l'on a rencontrée dans la pratique réside dans le volume de gaz beaucoup plus considérable que l'on a généralement à traiter. Ainsi, pour le cas d'une installation de huit hauts-fourneaux qui a fait l'objet d'une des premières applications du procédé, on s'est trouvé en présence de 1,960,000 mètres cubes par 24 heures. Or l'éclairage de toute la ville de Glasgow, par exemple, dont la population est de un million d'habitants, ne comporte qu'une consommation de 351,000 mètres cubes par jour, et, d'autre part, une batterie de 100 fours à coke avec récupération ne fournit que 150,000 mètres cubes dans le même temps.

La seconde difficulté consiste non seulement à refroidir cette énorme masse de gaz qu'il faut amener de 315° à 15°, mais surtout à en séparer la quantité relativement très faible de matières condensables qui y sont disséminées et qui ont une grande tendance à être entraînées par le courant sous forme d'un véritable brouillard.

Les *principales installations* sont les suivantes :

1° Dans le procédé de *MM. Alexandre et Mc. Cosh* employé à l'usine de Gartsherrie, les gaz de huit hauts-fourneaux se réunissent dans un tuyau collecteur, de 2^m10 de diamètre, pourvu de caisses à poussières. Ils passent

ensuite dans un barillet où s'opère une première condensation du goudron et qui réalise en même temps une garde hydraulique sur la communication entre les hauts-fourneaux et les condenseurs.

Parfois la chaleur des gaz sortant du gueulard est utilisée pour la deshydratation du goudron recueilli dans les appareils de récupération.

Ceux-ci se composent (fig. 1) d'un *condenseur atmosphérique*, d'un *condenseur à eau* et d'un *scrubber*.

Le condenseur atmosphérique (jeu d'orgue) est formé de 200 tuyaux en fer d'une hauteur de 12 mètres et d'un diamètre de 0^m50. Ceux-ci sont raccordés deux à deux à la

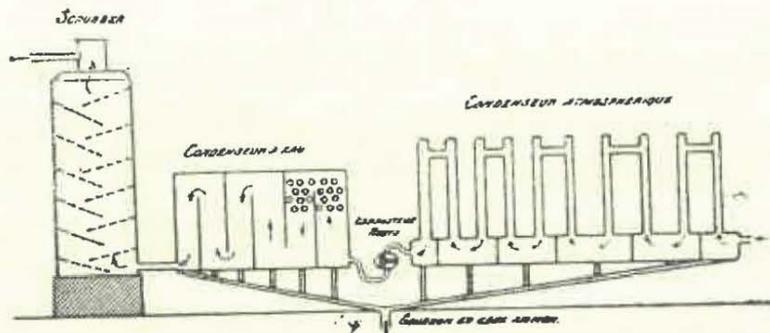


FIG. 1

partie supérieure et leurs extrémités inférieures aboutissent dans deux compartiments voisins d'une même caisse sur laquelle ils reposent. Le goudron condensé tombe au fond de cette dernière et peut ensuite s'évacuer. Les tuyaux sont disposés en 20 rangées parallèles qui sont fixées sur des caisses séparées et qui permettent la subdivision du flux de gaz en autant de courants partiels différents. La température est de 200 degrés à l'entrée et de 50° à la sortie de l'appareil. En été, pour compléter le refroidissement, les tuyaux sont aspergés d'eau.

Le condenseur à eau est une grande chambre en tôle de fer (15^m × 15^m × 5^m), divisée en 7 compartiments par des

cloisons transversales qui s'arrêtent alternativement à quelque distance du plafond et de la cuvette en formant ainsi chicane au passage du gaz. L'intérieur est continuellement rafraîchi par des tuyaux horizontaux en fer de 0^m075 de diamètre, au nombre de 2700, disposés normalement aux longues parois de la chambre et dans lesquels on fait serpenter un courant d'eau froide. Les goudrons déposés se réunissent à ceux du condenseur atmosphérique. La température du gaz est ainsi abaissée à environ 20°.

Pour les deux condenseurs précédents, l'étendue donnée à la surface de refroidissement est de 8^m² par millier de mètres cubes de gaz passant par 24 heures.

Le scrubber, également en tôles de fer, a une section carrée de 1^m50 de côté et une hauteur de 25 mètres. Les gaz arrivent au bas de cette tour, tandis qu'au sommet on fait tomber une pluie d'eau de façon à abattre les dernières traces de goudron et à retenir en solution les produits ammoniacaux. Dans le but d'augmenter l'intimité du contact, l'intérieur du scrubber est garni de tôles perforées qui sont disposées en cascade et qui présentent alternativement une légère inclinaison en sens contraire l'une de l'autre de façon à permettre la division du courant gazeux en un grand nombre de jets séparés et sans cesse renouvelés. Ces cloisons laissent entre leur bord inférieur et la paroi de la tour un intervalle qui sert pour l'écoulement du goudron et par lequel le gaz peut trouver passage en cas d'obstruction des trous.

2° Le procédé de *M. Dempster* (fig. 2) appliqué à l'usine de Glengarnock se rapproche du précédent, mais l'installation est plus simple et moins coûteuse.

Elle comprend également un *condenseur atmosphérique* semblable à celui de Gartsherrie, mais avec ce perfectionnement que chacune des caisses sur lesquelles sont fixées les 20 rangées de tuyaux peut être isolée au moyen d'une vanne en vue du nettoyage ou des réparations.

En outre, avant d'y pénétrer, les gaz traversent un *laveur préparatoire*, ou à goudron, sorte de barillet à quadruple effet, formé d'une caisse en fer remplie d'eau jusqu'à une certaine hauteur et divisée en 4 compartiments par des cloisons transversales qui s'arrêtent à peu de distance du fond; ces gaz sont ainsi obligés de passer quatre fois dans l'eau.

Le refroidisseur à eau est ici remplacé par un « *laveur Livesey* », qui est en réalité un *condenseur à chocs*; celui-ci comprend une série de tôles verticales perforées destinées à

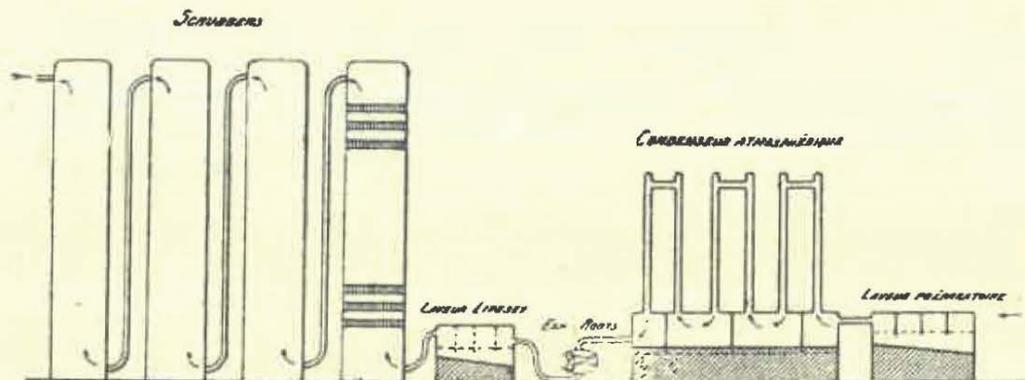


FIG. 2

briser le courant de gaz et à arrêter les vésicules de goudron après avoir déterminé leur écrasement.

Enfin il y a une batterie de 4 *scrubbers* (système Livesey) d'une hauteur de 30 mètres et d'un diamètre de 3^m60 qui sont remplis de planches en bois posées de champ et en quinconce. Le sommet de l'un est relié, par un tuyau, à l'extrémité inférieure du suivant, de telle sorte que la marche des gaz est ascensionnelle dans tous. Afin d'augmenter le degré de concentration des eaux ammoniacales et de rendre l'opération méthodique, le liquide recueilli dans le fond de chaque scrubber est repris au moyen d'une pompe et refoulé au sommet du précédent.

3° Le procédé de *M. Gillespie* (fig. 3), mis en pratique aux usines de Wishaw de la Steel and Iron C^y de Glasgow, est le plus récent et le plus efficace.

L'installation comporte également un *laveur préparatoire* ou à goudron et un *condenseur atmosphérique*; mais les scrubbers, de construction élevée, sont remplacés par *deux laveurs perfectionnés*, moins encombrants et moins coûteux, entre lesquels est placé l'exhausteur.

En principe, on peut dire que l'efficacité d'un laveur n'est pas aussi grande que celle d'un scrubber au point de vue de la récupération, car, lorsque le gaz bouillonne dans l'eau, la surface extérieure des bulles est seule en contact avec le liquide. Mais les dimensions de ces dernières, grâce à

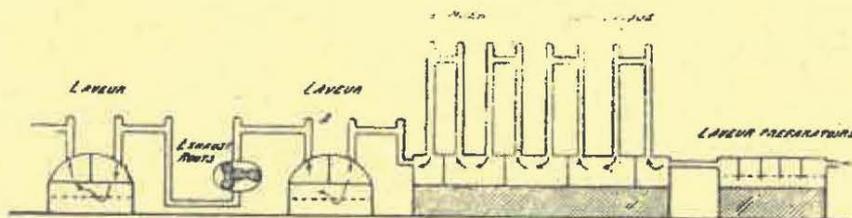


FIG. 3

la disposition de l'appareil de *M. Gillespie*, sont tellement réduites que le gaz y est tout aussi divisé que dans les scrubbers.

Ce laveur (fig. 4) est formé d'une caisse en tôle de fer de 18 mètres de longueur, de 4 mètres de largeur et de 2 mètres de hauteur. A 0^m90 du fond est établie une cloison horizontale en fonte. La partie de l'appareil qui est supérieure à celle-ci, est divisée en 2 compartiments par une séparation disposée verticalement dans le sens longitudinal. L'un de ces compartiments sert pour l'entrée et l'autre pour la sortie du gaz, après que celui-ci a passé dans la partie inférieure du laveur.

Cette dernière comprend, en dessous de la cloison hori-

zontale, une série de tôles verticales placées transversalement et à 0^m12 l'une de l'autre; ces tôles plongent dans l'eau qui remplit le fond de la caisse et leur bord inférieur présente une fine dentelure.

La cloison horizontale, à gauche et à droite de la séparation longitudinale, comprend une série d'ouvertures oblongues qui ne sont pas en regard les unes des autres, mais bien alternées de telle façon que le gaz qui pénètre par les ouvertures de gauche est obligé, en bouillonnant dans l'eau, de passer en dessous des tôles dentelées pour trouver une issue par les ouvertures de droite. Par suite de

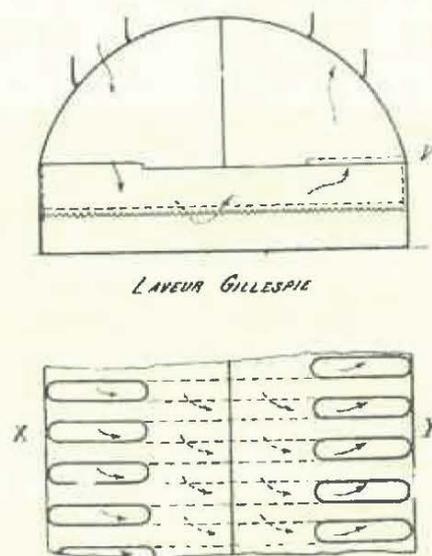


FIG. 4

la division du gaz en minces filets, on assure l'intimité de son contact avec l'eau.

Quel que soit le procédé, les appareils de récupération introduisent dans la marche des gaz des hauts-fourneaux des résistances notables qui exigent l'emploi d'*exhausteurs*; ceux-ci sont ordinairement du système Roots ou des ventilateurs à force centrifuge.

Sur les collecteurs et les diverses conduites de gaz sont

établis de nombreux clapets de sûreté et des appareils de garde hydrauliques, en vue des accidents qui pourraient résulter des obstructions ou de la formation d'un mélange détonant.

Le *prix des installations* varie de 125,000 à 250,000 fr. par haut-fourneau.

Les trois systèmes de récupération exposés ci-dessus sont basés uniquement sur le refroidissement des gaz et sur leur lavage au moyen de l'eau. Il y a lieu de mentionner en outre les deux procédés, moins importants, de Neilson (ou procédé acide) et de Addie que l'on peut appeler *chimiques* parce qu'ils ont recours à des réactifs pour retenir l'ammoniaque.

L'installation de *M. Neilson*, à Summerlee, comprend deux scrubbers. Dans le premier, le gaz rencontre simplement une pluie d'eau qui abat une notable proportion de goudron. Dans le second, qui est muni d'un revêtement intérieur en plomb, on fait tomber de l'*acide sulfurique*.

Mais, d'une part, la récupération du goudron est incomplète, et, d'autre part, le sulfate d'ammoniaque formé est exposé à être souillé par des particules de matières goudronneuses.

M. Addie, aux usines de Langloan, réunit d'abord les gaz dans un grand tuyau collecteur, où il fait arriver également un courant d'*anhydride sulfureux*. On obtient celui-ci par la combustion de pyrites dans des kilns, en ayant soin d'éviter un excès d'air atmosphérique. Le mélange traverse ensuite 2 scrubbers, dans lesquels, au contact des gaz, on obtient une solution de sulfite et d'hyposulfite d'ammoniaque. Dans cette dernière on ajoute un lait de chaux pour dégager l'ammoniaque qui est transformé ensuite en sulfate d'après le procédé ordinaire.

Usine à sous-produits. Le traitement des gaz des hauts-fourneaux écossais s'est imposé pour compenser la baisse du prix de vente de la fonte et il est devenu d'une application pour ainsi dire générale.

Presque toutes les installations comprennent, comme annexes, des usines à sous-produits qui appartiennent soit aux maîtres de forges eux-mêmes, soit à des compagnies appelées « Sociétés chimiques subsidiaires ». Celles-ci achètent par contrat le goudron et l'ammoniaque à la condition de renvoyer ensuite les gaz expurgés.

Ces derniers sont alors absolument exempts de goudron et la proportion d'ammoniaque qu'ils renferment encore n'excède pas celle correspondant à 56 grammes de sulfate par tonne de charbon.

Le mélange de goudron et d'eaux ammoniacales provenant des appareils de récupération est amené dans de grandes citernes de dépôt où la séparation se fait d'elle-même par ordre de densité.

Les *eaux ammoniacales*, par suite de la température des gaz à leur sortie du haut-fourneau, sont presque exclusivement formées d'une solution d'ammoniaque libre; mais comme elles peuvent contenir des traces de sulfate et de cyanure, on y fait parfois une légère addition de chaux. La concentration s'opère soit en utilisant des chaudières ordinaires de grandes dimensions, chauffées par les flammes d'un foyer, soit en recourant à des « évaporateurs » continus dans lesquels le liquide, tombant en cascade sur une série de tôles, est rencontré par un courant ascensionnel de vapeur.

L'ammoniaque mis en liberté se rend dans un saturateur en fer doublé de plomb contenant de l'acide sulfurique. La liqueur saturée qui en résulte est versée dans un réservoir analogue où l'évaporation est produite par la vapeur. Les cristaux de sulfate, aussitôt formés, sont pêchés; ils sont

ensuite soumis à un égouttage, parfois activé par des appareils à force centrifuge, et enfin à un séchage.

Quant au *goudron*, il contient 60 % d'eau, que l'on expulse facilement par la chaleur dans des chaudières. Le rendement en goudron anhydre est de 72 litres par tonne de charbon. Ce goudron a une composition différente de celui que l'on obtient dans les usines à gaz d'éclairage et dans celles annexées aux fours à coke. Il résulte de la distillation de la houille à une température relativement basse dans les régions supérieures du haut-fourneau ; il contient peu d'hydrocarbures de la série aromatique, notamment de benzine et d'anthracène ; il ne peut donc convenir aux fabriques de matières colorantes dérivées du goudron.

On le soumet lui-même à une distillation, que l'on a soin d'arrêter alors que le brai est encore liquide ; celui-ci, dont on obtient environ 50 kilogrammes par tonne de houille, est utilisé pour la fabrication des briquettes de charbon ou agglomérés. Quant aux huiles (45 litres par tonne de houille), elles servent soit comme combustible, soit pour l'éclairage, soit pour la fabrication du gaz.

Dans quelques usines on opère une distillation fractionnée de manière à recueillir séparément des huiles légères, d'une densité de 0,970, appelées « lucigènes », parce qu'elles sont spécialement convenables pour l'éclairage et des huiles lourdes, d'une densité de 0,989, riches en phénols et employées soit comme désinfectant, soit pour l'imprégnation des bois.

Il reste à indiquer les *bénéfices* que l'on peut retirer de la récupération des sous-produits.

Les chiffres suivants ont été publiés relativement à une installation qui comprend 4 *hauts-fourneaux* :

Charbon consommé 2032 tonnes, *par semaine.*
 Fonte produite. 1422 " "

Récupération { Brai 102 tonnes, valeur 3.000 fr.
 Huiles. 91.000 litres " 3.125 fr.
 Sulfate d'ammoniaque 21 tonnes " 5.625 fr.
 Total 11.750 fr.

Dépenses. . . { Salaires et surveillance. 750 fr.
 Acide sulfurique (25 francs par tonne de
 sulfate) 525 fr.
 Entretien et amortissement des installa-
 tions. 950 fr.
 Total 2.225 fr.

Bénéfice par semaine 5.525 fr.

soit 6 fr. 70 par tonne de fonte produite.

Mons, 24 mai 1898.