

temps soumis à affaissement vertical. Aussi l'on s'explique l'apparition de cassures ouvertes et de déformations de sections amenant la destruction des revêtements, la production de hors-plombs et de déformations diverses des guidonnages notamment le flambage des rails en acier employés dans le guidonnage Briart.

Indépendamment des accidents de personnes qui peuvent se produire, il y a lieu de remarquer que les multiples réfection des parois, les déformations des guidonnages et les déraillements de cages, qui en résultent, ne sont pas compatibles avec les conditions d'extraction dans les puits modernes à grande production.

Si dans les anciens sièges, à faible production et dont le champ d'action est généralement fort limité, on a préféré, au lieu de sacrifier une bonne partie du gisement, subir les ennuis résultant des mouvements subis par les puits, on ne pourra évidemment agir de même pour les puits devant extraire de forts tonnages spécialement pour ceux traversant de fortes épaisseurs de morts terrains aquifères, pour lesquels les mouvements des cuvelages pourraient amener des catastrophes.

Avant de terminer cette note, il convient de rappeler que certains proposent de supprimer tous massifs de protection des puits, en déhouillant les couches au cours de l'enfoncement des puits tout autour de ceux-ci et en remblayant soigneusement les parties ainsi déhouillées. Le revêtement définitif des puits ne se ferait qu'après que la phase la plus active des effets d'affaissement serait terminée.

Une autre méthode recommandée consiste à déhouiller et remblayer dans chaque couche par un puits intérieur, une surface convenablement déterminée et d'enfoncer par la suite les puits en traversant les remblais de ces exploitations.

Pour permettre au revêtement définitif de subir un certain jeu sans se dégrader, on propose d'y ménager de distance en distance des joints de discontinuité horizontaux, occupés par des assises en bois tendre.

Ces idées, quelle que soit la hardiesse, qui est à leur base, méritent qu'on ne les perde pas de vue et que l'on étudie les applications qui pourraient en être faites.

Mons, le 4 juin 1924.

La fabrication du coke par le procédé Maclaurin

Conférence donnée à l'Assemblée Générale du 4 avril 1924 de la
Section des Mines de Hollande, par l'Ingénieur A. Guyot van der Ham.

NOTICE

d'après le compte-rendu publié dans le n° 25 du 21 juin 1924
de la revue « De Ingenieur »

PAR

CH. DEMEURE,

Ingénieur au Corps des Mines à Mons.

Le procédé Maclaurin est à ranger, d'après l'auteur, parmi les méthodes de distillation du charbon à basse température. Nous verrons plus loin que cette opinion de M. Guyot van der Ham a été contestée par le professeur S. J. Vermaes.

Le procédé Maclaurin est caractérisé par le fait que la distillation du charbon y est *continue*, et s'opère *sans apport de chaleur externe*. Le charbon en morceaux est traité dans un four à cuve, et la chaleur nécessaire à sa distillation est obtenue par la combustion d'une partie du coke produit, brûlant à la base même de la cuve.

L'intérêt de cette méthode réside dans le fait qu'elle permet de traiter des charbons à faible pouvoir cokéfiant, et d'en tirer, suivant l'allure à laquelle on fait marcher le four, soit du très bon semi-coke, soit du coke métallurgique passable, tout en récoltant des quantités considérables de gaz et de sous-produits de valeur.

Nous ne pouvons malheureusement suivre l'auteur dans l'exposé fort intéressant qu'il donne de l'historique de cette méthode, brevetée en 1913 par le chimiste écossais Robert Maclaurin. Nous nous bornerons à résumer, pour les lecteurs des Annales des Mines, la description de l'usine érigée à Grangemouth par la « Maclaurin Carbonisation Company Ltd », ainsi que les considérations émises par l'auteur sur l'avenir du procédé et le champ que l'on peut assigner à ses applications.

L'usine Maclaurin à Grangemouth comprend :

1. Un four à cuve de 30 tonnes de capacité, pouvant traiter 20 tonnes de charbon par jour ;
2. Des appareils pour la séparation du gaz et des sous-produits, (goudron et ammoniacque).

Les sous-produits sont traités dans les installations voisines d'une société filiale placée sous la même direction, la « Scottish Bye Products Company Ltd ». Quant au gaz, il était fourni, suivant contrat, à la « Scottish Dyes Company Ltd » qui l'employait pour la production de vapeur. Mais cette dernière société a dû dénoncer son contrat en 1923, ayant été atteinte par la crise de l'industrie anglaise des couleurs ; et depuis lors, la Société Maclaurin, n'ayant plus l'écoulement de son gaz, a dû fermer son usine de Grangemouth.

I. — Description du four.

Le four Maclaurin de Grangemouth (voir fig. 1) repose sur un soubassement en maçonnerie de 2^m,50 de haut. La cuve proprement dite est une pyramide quadrangulaire tronquée de 5 mètres de haut,

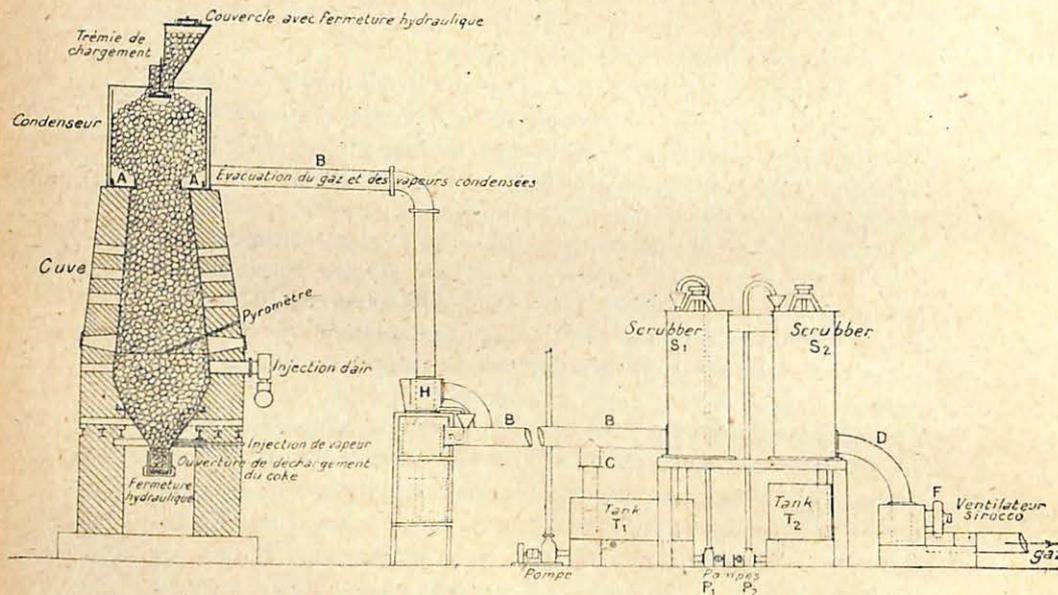


Fig. 1. — Schéma de l'installation Maclaurin à Grangemouth. Echelle 1/150.

dont les dimensions intérieures sont : 2^m,40 × 2^m,40 à la base, et 1^m,20 × 1^m,20 au sommet. Elle se continue vers le bas par une pyramide renversée de 1^m,50 de haut, portant à sa base l'appareil de défournement du coke ; et, vers le haut, par une chambre cylindrique appelée condenseur, portant à son sommet la trémie de chargement du charbon.

Les orifices de déchargement du coke, à Grangemouth, sont au nombre de deux : ils sont fermés par des trappes avec garde hydraulique pour éviter les passages d'air. Dans la nouvelle usine Maclaurin de Dalmarnock, érigée pour le compte de la Fabrique Communale de Gaz de Glasgow, chaque four a quatre ouvertures de déchargement ; la partie inférieure du four est élargie et divisée en deux par une voûte de séparation en matériaux réfractaires, afin de régulariser la descente du coke ; toute la maçonnerie du four est enfermée dans un manteau de tôle, et supportée par des colonnes.

Au-dessus des ouvertures de déchargement se trouvent les orifices d'injection de vapeur pour l'extinction du coke.

Plus haut, à la base de la cuve, sont ménagés les orifices d'admission d'air pour la combustion partielle du coke.

La cuve est revêtue, à l'intérieur, de matériaux réfractaires de première qualité, et, à l'extérieur, de briques ordinaires.

Le condenseur est une chambre cylindrique en tôle, à double paroi, portant, à sa base, un bac annulaire A pour la récolte des vapeurs condensées : ce bac annulaire communique également avec l'intervalle existant entre les deux parois du condenseur.

La trémie de chargement du charbon est fermée, à la partie supérieure, par un couvercle avec garde hydraulique ; et, à la partie inférieure par un cône d'acier coulé, analogue à ceux que l'on voit au gueulard des hauts fourneaux.

Fonctionnement du four.

Le charbon en morceaux est amené à la trémie par bennes de 1 tonne, élevées par un monte-charge à vapeur. Le charbon est introduit dans la trémie, que l'on referme ensuite à l'aide du couvercle avec garde hydraulique : on ouvre ensuite la trémie à la partie inférieure en faisant descendre le cône, et le charbon est ainsi admis dans le condenseur. Le charbon froid y condense, en s'échauffant lui-même, les vapeurs de distillation venant de la cuve ; il descend ensuite lentement dans celle-ci pour y être lui-même distillé.

Cette distillation s'opère dans la partie supérieure de la cuve, au contact des gaz chauds provenant de la combustion de coke. La température, dans cette *zone de distillation*, atteint 450° à 500° : c'est donc la distillation à basse température, avec formation d'« Urteer ».

Le charbon cokéfié descend ensuite dans la *zone de combustion*, située dans la partie la plus large de la cuve, où il est brûlé partiellement au contact de l'air injecté par les tuyères. La température dans cette zone de combustion, est maintenue à 700°/800° quand on veut fabriquer du semi-coke, et à 850°/900° quand on veut fabriquer du coke métallurgique. On la règle en agissant sur la quantité d'air admis (450 m³ par tonne de charbon traité, dans le premier cas, et 600 m³ dans le second), et on la mesure à l'aide d'un pyromètre (v. fig. 1) ou même, simplement, d'une barre de fer introduite dans le four et dont on observe la coloration. L'air comburant est injecté saturé d'eau, à une température de 65°, et une pression de 25 à 38 millimètres d'eau donnée par un ventilateur. Les gaz produits par la combustion partielle du coke, s'élèvent dans le four et vont opérer la distillation du charbon des couches supérieures. La cendre résultant de la combustion, s'attache à la surface externe des morceaux de coke formés : ceux-ci (surtout les cokes métallurgiques) ont, par suite, cet éclat argenté qui est si caractéristique des cokes obtenus dans les fours-ruches (et qui d'ailleurs provient aussi, dans ces fours, d'une combustion partielle du coke par suite de l'admission d'air dans la zone de distillation). La quantité de coke brûlée dans la zone de combustion correspond à 7,5 % du charbon traité.

Au sortir de la zone de combustion, le coke pénètre dans la *zone de refroidissement*, située dans la pyramide renversée, où il est éteint sous un jet de vapeur saturée à 1,5 atmosphère (110°). Cette injection de vapeur a aussi pour effet d'enrichir le gaz (gaz à l'eau) et d'augmenter le rendement en ammoniac. La consommation de vapeur d'un four Maclaurin, tant pour la saturation de l'air de combustion que pour l'extinction du coke, est de 160 à 230 kilogrammes par tonne de charbon traité, chiffre élevé, mais beaucoup inférieur à ceux des gazogènes (2.200 kilogrammes de vapeur dans le gazogène Mond).

Le coke éteint est enfin défourné, à une température de 200°, par les *orifices de déchargement*, que l'on ouvre une fois par heure. La charge descend, chaque fois, de 30 centimètres environ. La descente du charbon, depuis son admission dans le condenseur jusqu'à son défournement sous forme de coke, demande environ 30 heures.

On peut arrêter pendant un jour ou deux un four Maclaurin en bouchant toutes ses ouvertures, et le remettre ensuite en marche sans grandes pertes. Le rallumage d'un four complètement éteint peut également se faire d'une façon simple et rapide.

II. — Récolte et séparation du gaz et des sous-produits.

Les gaz et vapeurs de distillation sortant de la cuve viennent se refroidir au contact du charbon froid chargé dans le condenseur. Une partie du goudron et de l'eau ammoniacale contenus dans le mélange gazeux s'y condense sous forme de gouttelettes qui viennent se rassembler dans le bac annulaire A. Le gaz, partiellement débarrassé de ces vapeurs, arrive au sommet du condenseur, puis redescend dans l'intervalle compris entre les deux parois de ce dernier, intervalle qui reste en communication avec le bac annulaire A, ce qui permet au gaz d'y abandonner une nouvelle partie des vapeurs qu'il entraîne. Il s'écoule ensuite par la conduite B vers les scrubbers. Quant au liquide condensé dans le bac annulaire A, il s'élève dans ce bac jusqu'à atteindre le niveau de la conduite d'évacuation B : il s'écoule alors, lui aussi, par cette conduite, avec les gaz qui l'entraînent sous forme de brouillard.

Une partie du goudron et de l'eau ammoniacale peut déjà se rassembler avant d'arriver aux scrubbers, au point le plus bas de la conduite B.

En ce point (point C de la fig. 1) ils sont recueillis par une canalisation qui les envoie au tank T₁, où goudron et eau ammoniacale subissent une première séparation par ordre de densité. L'eau ammoniacale est aspirée par une pompe centrifuge P₁, puis additionnée d'H₂ SO₄ dilué, et la solution acide de (NH₄)₂ SO₄ obtenue est repompée à la tête du scrubber S₁ où elle sert de « solution de lavage » pour les gaz.

Ceux-ci subissent un premier lavage dans S₁. L'eau ammoniacale et le goudron provenant de ce lavage retombent à la base du scrubber S₁ et de là dans le tank T₁. Quant aux gaz, ils passent dans le scrubber S₂ où ils subissent un second lavage sous l'effet d'une solution acide de (NH₄)₂ SO₄ maintenue en circulation par une pompe centrifuge P₂ : les produits de ce second lavage tombent dans le tank T₂. Les gaz sont encore refroidis dans une tour de refroidissement non figurée sur le dessin, puis aspirés par un ventilateur sirocco F, mesurés par un compteur à gaz, et envoyés à la consommation.

Le goudron et la solution de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ des tanks T_1 et T_2 (ainsi que d'un troisième tank T_3 non figuré sur le dessin et qui accompagne la tour de refroidissement) sont envoyés périodiquement dans un réservoir de 14.000 litres, où s'opère la séparation définitive des deux produits par ordre de densité. Les deux produits sont alors emmagasinés séparément dans deux réservoirs de 28.000 litres chacun, d'où ils sont envoyés à la « Scottish Bye Products Company ».

L'usine Maclaurin de Grangemouth emploie, comme force motrice, un moteur électrique de 30 HP, dont 13 à 14 seulement sont effectivement utilisés; et, comme personnel, 12 ouvriers répartis en 3 postes de 4 hommes, avec un seul surveillant pour les 3 postes.

La construction de l'usine a duré 6 mois, mais le temps normal de construction d'une usine de 20 tonnes par jour est de 4 mois.

III. — Traitement du goudron et de la solution de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ par la « Scottish Bye Products Cy »

Cette société possède, à Grangemouth, trois bâtiments en bois où s'effectuent les trois opérations suivantes :

1. Séparation des phénols par traitement du goudron à la NaOH. Le goudron résiduaire est employé, après centrifugation et traitement à l'HCl et au Na NO_2 , comme graisse de machine.

2. Traitement des phénols en vue de l'abtenion des crésols,

3. Traitement de la solution de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ pour obtenir le sulfate d'ammoniaque anhydre, après enlèvement des phénols polyhydratés qui servent à la préparation des couleurs.

L'avenir du procédé Maclaurin, et le champ que l'on peut assigner à ses applications, découlent, tout à la fois, et de la nature des charbons qu'il permet de traiter, et de la qualité des produits qu'il permet d'obtenir.

I. — QUELS CHARBONS PEUVENT ÊTRE TRAITÉS PAR LE PROCÉDÉ MACLAURIN ?

Le four Maclaurin est un four à cuve. Comme le haut fourneau, il est sujet à s'obstruer facilement dès qu'il s'y trouve des matières pulvérulentes.

Il suit de là qu'à l'inverse des fours à coke ordinaires (fours à chambres) dans lesquels on ne peut introduire le charbon qu'après

broyage préalable, les fours Maclaurin ne pourront être chargés que de charbon en gros morceaux.

On ne pourra, d'autre part, y introduire des charbons dont le pouvoir cokéfiant (ou agglutinant) serait trop élevé, car ces charbons pourraient s'agglomérer dans le four et coller aux parois, et par là provoquer à tout moment des obstructions et des ancrages.

Les charbons à employer devront donc satisfaire aux conditions suivantes :

1° Contenir au plus 20 % de fin (0 — 12 millimètres).

2° Ne pas décrépiter ni s'effriter lorsqu'on les soumet à un échauffement lent jusque 450°.

3° Ne pas avoir un pouvoir cokéfiant supérieur à 20, ni inférieur à 8, cette limite inférieure étant justifiée par le fait qu'un charbon dépourvu de tout pouvoir cokéfiant donnerait naissance à une poudre qui bientôt obstruerait le four.

Le procédé Maclaurin permet donc de traiter les charbons à faible pouvoir cokéfiant. Il y a lieu de remarquer que ceux dont le pouvoir cokéfiant est supérieur à 16 seront toujours traités, de préférence, dans des fours ordinaires, surtout si l'on a en vue la production de coke métallurgique, lequel est obtenu de meilleure qualité dans les fours à chambres que dans les fours Maclaurin.

II. — QUELS PRODUITS PEUVENT ÊTRE OBTENUS PAR LE PROCÉDÉ MACLAURIN ?

1. *Coke*. — La structure du coke Maclaurin est conditionnée par le fait que le charbon est distillé sous forme de gros fragments. Les morceaux de coke proviendront, dès lors, non pas de l'agglutination d'éléments fins comme dans le procédé ordinaire, mais simplement de la distillation des morceaux de charbon chargés. Ce point est mis en évidence par la photographie Röntgen, qui montre que les morceaux de coke Maclaurin ont conservé la structure *stratifiée* du charbon primitif : il est extrêmement rare d'y rencontrer la structure *cellulaire*, si caractéristique du coke métallurgique ordinaire.

On sait que le procédé Maclaurin permet de fabriquer, à volonté, deux espèces de coke : le semi coke, obtenu en maintenant la température, dans la zone de combustion, à 700°-800°; et le coke métallurgique, obtenu en maintenant la température à 850°-900°.

A. — *Semi-coke*. — Le semi-coke Maclaurin est, d'après l'auteur, supérieur à celui fabriqué par n'importe quel autre procédé de distillation à basse température. Il est caractérisé par :

a) une grande dureté, égale à celle du charbon initial, et même à celle du coke d'usine à gaz. Il subira donc peu de pertes par effritement pendant son transport.

b) L'absence complète de matières goudronneuses, ce qui en fait un excellent « combustible sans fumée ».

c) La présence de 3 à 5 % de matières volatiles qui lui permettent de s'enflammer aussi facilement que du charbon maigre.

Le semi-coke Maclaurin semble donc particulièrement désigné comme combustible domestique ; il constitue ce « smokeless fuel » si recherché dans les pays à charbons gras (Angleterre et Amérique), pour la consommation dans les agglomérations urbaines. Mais, comme le fait remarquer M. Connerade dans la magistrale étude qu'il a publiée dernièrement ici même (1), cette utilisation du semi-coke ne présente pas pour nous, qui disposons d'une extraction de charbons maigres suffisante, la même importance que pour les Anglais et les Américains ; et c'est dans la grande industrie qu'il faudrait lui trouver, chez nous, des débouchés (soit dans les gazogènes ; soit, après briquetage, comme combustible de locomotives ; soit enfin comme combustible pulvérisé).

Voici les résultats d'un essai de cokéfaction effectué dans le four de Grangemouth pour le compte de la Fabrique Communale de gaz de Glasgow, à l'aide de 82,5 tonnes de charbon de la couche « Carron Lower Coxrod ».

Composition du charbon :

Eau	= 7,7 %	Teneur en soufre. =	0,65 %
Matières volatiles	= 30,5 %	Proportion de gros =	70 %
Carbone fixe	= 53,7 %	Pouvoir calorifique =	6875 cal.
Cendres	= 8,1 %	Pouvoir cokéfiant =	13
Total	= 100,00 %		

(1) L'étude scientifique du charbon en vue de la recherche de matières premières nouvelles pour l'industrie, par E. Connerade (*Annales des Mines de Belgique*, Tome XXIV 1923, 3^{me} livraison, p. 673-sqq).

Produits obtenus par tonne de charbon :

$$1) \text{ Semi-coke} = 548 \text{ kgs dont : } \begin{cases} 73,5 \% \text{ de gros } (> 1'' \\ 10,56 \% \text{ de coke de forge } (\frac{1}{2}'' - 1'' \\ 6,92 \% \text{ de coke } \frac{1}{4}'' - \frac{1}{2}'', \\ 9,02 \% \text{ de fin.} \end{cases}$$

Teneur en soufre = 0,44 %

Teneur en cendres = 13,5 % pour le gros, et 33,40 % fin.

2) Sulfate d'ammoniaque = 7,84 kgs.

3) Goudron anhydre = 71 litres.

4) Gaz à 2,200 cal. = 784 m³.

À la suite de ces expériences, la Fabrique Communale de Gaz de Glasgow a décidé d'ériger, à Dalmarnock, une usine Maclaurin d'une capacité totale de 100 tonnes de charbon par jour, en 5 fours de 20 tonnes : le semi-coke produit étant destiné à la consommation urbaine, dans la ville de Glasgow.

B. — *Coke métallurgique*. — Le coke métallurgique obtenu par le procédé Maclaurin n'a pas la valeur du coke métallurgique ordinaire. Sa *dureté* est extrêmement variable : pour du coke Maclaurin préparé à l'aide de charbons écossais, la résistance à l'écrasement oscille entre 20 et 135 kgs par cm², tandis que celle du coke de la Ruhr est de 120 à 175 kgs/cm². D'autre part la grosseur des morceaux est beaucoup plus faible.

Ce coke est cependant utilisable dans les hauts-fourneaux écossais. En effet, vu la rareté du coke métallurgique en Ecosse, ceux-ci ont été construits de faible hauteur (12 à 18 mètres) de façon à pouvoir employer, au lieu du coke, du « splint coal » ou même un mélange de charbon ordinaire aussi dur que possible et de 15 à 50 % de coke métallurgique.

Mais la *valeur d'emploi* du coke Maclaurin a été fixée, par les techniciens écossais qui l'ont essayé dans leurs hauts fourneaux, à 86 à 90 % de celle du coke métallurgique ordinaire : c'est-à-dire que si par tonne de fonte fabriquée dans le haut fourneau, il faut 1 tonne de coke métallurgique ordinaire, il faudra 1,10 à 1,15 tonne de coke Maclaurin.

De plus, le *rendement en coke* du four Maclaurin est notablement plus faible que celui d'un four à chambres avec régénération. Cela tient au fait qu'une partie du coke produit est employée à chauffer le four. Voici les chiffres moyens que l'on peut admettre pour le

rendement en coke de charbons à environ 40 % d'eau et de matières volatiles.

	Rendement en % du charbon traité	Rendement en % du coke produit
Coke métallurgique.	39	74
Coke de forge.	6	11
Coke fin	8	15
Total.	53	100

Le coke Maclaurin renferme, on le voit, une forte proportion de morceaux de petites dimensions, qui diminue encore le rendement en coke métallurgique.

Enfin la *teneur en cendres* est très élevée (8,83 % pour le coke métallurgique et 36,30 % pour le coke fin).

Mais le grand avantage du procédé Maclaurin, c'est que, à côté d'un coke métallurgique passable, obtenu à l'aide de charbons à faible pouvoir cokéfiant, il donne, comme nous allons le voir, des quantités considérables de sous-produits de valeur.

2. *Goudron*. — Le goudron Maclaurin possède, d'après M. A. Guyot van der Ham, les propriétés de l'« Urteer » (c'est ainsi que les Allemands désignent, on le sait, le goudron obtenu par les procédés de distillation à basse température). Sa couleur est brune ; son poids spécifique = 1,03 à 1,05 ; son pouvoir calorifique = 9.000 calories par kilogramme.

Exemple de la composition d'un goudron Maclaurin :

Humidité	=	1,70 %
Huiles légères. {	0° — 120°	= 0,64 »
	120° — 130°	= 5,47 »
	230° — 270°	= 14,14 »
	270° — 320°	= 16,08 »
	320° — 345°	= 9,96 »
Brai	=	48,50 »
Pertes	=	3,51 »

La production de goudron par tonne de charbon de la couche « Carron Lower Coxrod » est de 71 litres, soit 73,27 kilogrammes.

En moyenne, pour les charbons écossais, elle est de 65 litres, soit 58 kilogrammes. Elle est double de celle obtenue par la distillation dans des fours à chambres avec récupération des sous-produits.

Le goudron Maclaurin peut servir de point de départ à la fabrication d'huile de chauffage, d'huile Diesel, d'huile de graissage, de paraffine, de graisses, de vernis, de phénols. Quelques unes de ces fabrications sont déjà réalisées industriellement.

D'après le professeur S. J. Vermaes, le goudron Maclaurin aurait l'odeur âcre et la coloration du goudron de distillation à haute température : et le procédé Maclaurin doit être considéré comme un procédé *mixte* : en effet les gros morceaux de charbon ne sont distillés que superficiellement dans la zone de distillation : la distillation s'achève, au cœur de ces morceaux, dans la zone de combustion où règne une température beaucoup plus élevée. Le goudron recueilli est donc un mélange d'« Urteer » et de goudron distillé à haute température. Une partie du goudron formé dans la zone de combustion est d'ailleurs décomposée et c'est ce qui explique que le rendement en goudron du procédé Maclaurin soit légèrement inférieur à celui des autres procédés de distillation à basse température.

3. *Eau ammoniacale* = 140 litres par tonne de charbon de la couche « Lower Coxrod », donnant 7,84 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque. La production moyenne pour les charbons écossais est de 8,2 kilogrammes. La même quantité serait produite par la distillation dans des fours à chambres avec récupération des sous-produits ; la distillation dans des fours à gaz donne 20,4 kilogrammes de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par tonne de charbon traité.

4. *Gaz*. — La production peut varier de 565 à 1.130 m³ par tonne de charbon traité, suivant que l'on marche en semi-coke (air injecté = 450 m³ par tonne) ou en coke métallurgique (au injecté = 600 m³ par tonne).

La marche en semi-coke, avec du charbon de la couche « Lower Coxrod » a donné 784 m³ de gaz par tonne.

Exemple de la composition de ce gaz :

CO ₂ = 7,8 %	} Pousier calorifique = 2.200 calories par m ³ .
Cn Hm = 0,4 »	
O ₂ = 0,2 »	
CO = 15,2 »	
CH ₄ = 14,7 »	
H ₂ = 4,9 »	
N ₂ = 56,8 »	

La marche en coke métallurgique, avec du charbon à 40 % d'eau et de matières volatiles, donne en moyenne 920 m³ de gaz à 2.100 calories (pouvoir calorifique double de celui du gaz de haut-fourneau, égal à 1,7 fois celui du gaz de gazogène au charbon, et à 1/2 fois celui du gaz de four à coke). Ce gaz convient pour le chauffage des fours Martin, des fours à réchauffer, etc.

L'utilisation de ce gaz, produit en quantités considérables par le procédé Maclaurin, est l'une des conditions économiques indispensables de son succès. Les grandes usines métallurgiques écossaises (David Colville and Sons, Glengarnock Iron and Steel Works, Carron Iron Works) n'ont pu, malgré les conclusions relativement favorables de leurs expériences sur le coke Maclaurin, faire construire de fours suivant ce procédé, car elles n'avaient pas, pour elles mêmes, l'emploi des énormes quantités de gaz produites; et, d'autre part, elles n'auraient pu les utiliser à la production de force ou de chaleur pour d'autres usines, étant donné l'esprit individualiste de l'industrie écossaise et anglaise, non encore concentrée en groupes. Tant que cet esprit règnera dans les usines du Royaume-Uni, le procédé Maclaurin n'y aura que peu de chances de succès, car il exige, avant tout, que l'usine productrice du coke et du gaz ait une entente étroite avec d'autres industries qui puissent faire, du gaz, une très forte consommation. Par contre, le procédé Maclaurin trouvera sur le continent, à ce point de vue, un champ beaucoup plus propice à ses applications

Application de la réfrigération à la ventilation des Mines

Résumé du rapport présenté par MM. Willcox et Farmer

au IV^e Congrès International du Froid.

Au IV^e Congrès international du froid qui s'est réuni à Londres au mois de juillet dernier, MM. Willcox et Farmer ont présenté un rapport sur l'application de la réfrigération à la ventilation des mines.

La ventilation et la réfrigération de nos mines profondes présentent un grand intérêt; c'est la raison pour laquelle nous donnons un résumé du rapport de MM. Willcox et Farmer.

Pour que le travail dans la mine puisse être réellement efficace, l'air envoyé par la ventilation dans les chantiers doit être tel que les ouvriers soient en état de travailler sans subir une gêne physique et sans que leur santé soit altérée.

La qualité de l'air dans les chantiers est influencée par différents facteurs: la profondeur des travaux; la température et l'humidité de l'air à la surface; le volume d'air circulant; enfin la nature et l'état des parois avec lesquelles l'air entre en contact.

La principale difficulté à surmonter dans les mines de grande profondeur est l'effet sur les ouvriers d'une haute température.

Les recherches effectuées sur la ventilation des mines chaudes et profondes ont démontré que les ouvriers peuvent travailler utilement dans une atmosphère dont la température est sensiblement au-dessus de la température normale, à la condition que l'humidité ne dépasse pas une certaine limite et qu'en outre, la circulation de l'air soit active.

Dans des mines de profondeur moyenne, telles que les mines de houille, on peut aérer les chantiers d'une manière satisfaisante, en faisant circuler un volume considérable d'air. Mais il y a des mines dans lesquelles l'air circule dans de longues galeries et se sature d'humidité au contact d'eau tiède depuis l'orifice du puits d'entrée

d'air jusqu'aux chantiers du travail, et dans de telles mines la réfrigération peut être nécessaire pour réaliser des conditions atmosphérique supportables.

Dans la plupart des mines, il y a des culs-de-sac et des endroits chauds qui présentent des difficultés au point de vue de la ventilation. Là également les conditions atmosphériques peuvent être améliorées par une application rationnelle de la réfrigération.

Dans les mines très profondes, telles que les mines d'or du Rand (Afrique du Sud), de l'Inde et du Brésil, la ventilation est un problème difficile, dont la meilleure solution semble devoir être trouvée dans la réfrigération. Cette solution est plus spécialement indiquée pour les mines qui sont situées dans les régions tropicales.

La seule application de la réfrigération qui ait été faite en grand, à la connaissance des auteurs, est celle de la mine de Saint-John del Rey, dans l'Etat de Minas (Brésil).

C'est la mine la plus profonde du monde; les chantiers étaient à la profondeur de 1.950 mètres lorsque l'installation de la réfrigération fut mise en activité, c'est-à-dire en novembre 1920.

La mine est en exploitation depuis de nombreuses années et à mesure que les travaux s'approfondissaient, la température et l'humidité de l'air dans les chantiers augmentaient. Les ouvriers y travaillaient dans une atmosphère sèche à une température de 45° C et, en quelques endroits, dans une atmosphère humide à une température de 35° C. Certains d'entre eux devaient fournir un grand effort physique dans une température de 30° C en atmosphère sèche et de 29° C en atmosphère humide. La mine aurait dû être abandonnée si l'on n'avait pas trouvé le moyen d'améliorer les conditions d'aéragé.

Après qu'on eut examiné toutes les solutions possibles, il fut décidé de maintenir l'air, à l'orifice du puits d'entrée d'air, à une température égale à celle qui règne pendant les mois d'hiver, soit environ à 13° C.

Les conditions de l'aéragé furent ainsi considérablement améliorées et il fut possible de travailler à une profondeur plus grande, les chantiers se trouvant actuellement à 2.045 mètres sous le niveau de l'orifice du puits.

A. DELMER.

BIBLIOGRAPHIE

Leçons sur les pompes centrifuges, par L. DENOËL, Ingénieur en Chef des Mines, Professeur à l'Université de Liège. — Autographie D. et E. Close, rue Surlet 25, à Liège.

Les Ingénieurs des Mines sortis de l'école de Liège dans ces quinze dernières années, ont eu l'occasion d'apprécier la grande valeur du remarquable enseignement de M. le Professeur Denoël.

Chargé de faire le cours d'exploitation des mines --digne successeur de feu M. le Professeur A. Habets, si justement réputé — M. Denoël allie, en effet, dans l'exposé des matières qu'il développe, la clarté et la méthode à un haut caractère scientifique.

Aussi, est-ce avec la plus vive satisfaction que tous ceux que la matière intéresse, accueillent les publications du savant professeur !

Les « Leçons sur les ventilateurs dynamiques » par L. Denoël, qui ont paru en 1911 (1), et dont, à l'époque, la publication avait été signalée dans les « Annales des Mines », en un compte-rendu élogieux, par un des plus éminents ingénieurs du Corps des Mines, avaient suscité le désir de voir leur auteur, poursuivre la publication du cours qu'il professe.

Il n'est pas douteux que tous les ingénieurs réservent le plus vif succès à l'ouvrage « Leçons sur les pompes centrifuges » que M. Denoël vient de publier.

Dans l'*introduction*, après avoir exposé de quelle manière se pose le problème de l'application des pompes centrifuges à l'exhaure des mines, M. Denoël, pour la préparation logique du lecteur à la compréhension des chapitres suivants, définit les diverses parties d'une turbo-pompe, donne la classification des pompes centrifuges et fait connaître le mode d'action de la turbine.

Dans la *première partie*, consacrée à l'examen des propriétés fondamentales des pompes centrifuges, il étudie successivement : la recherche de la hauteur théorique H ; les caractéristiques des pompes ; leur vérification expérimentale et les courbes caractéristiques ; l'influence des formes de la turbine ; l'adaptation au circuit extérieur ; la détermination des dimensions d'une pompe.

Après avoir constaté que la hauteur de charge d'une pompe simple ne dépasse guère 60 mètres, et montré ainsi que pour refouler l'eau des plus grandes profondeurs à la surface, il est nécessaire d'établir

(1) Une troisième édition, mise à jour, a paru en 1921.