



Les grands travaux exécutés à la Division des Hauts Fourneaux des Usines d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée.

Par MAURICE DERCLAYÉ,

INGÉNIEUR A. I. L.G., DIRECTEUR DE LA DIVISION DES HAUTS FOURNEAUX DE LA S. A. D'OUGRÉE-MARIHAYE, A OUGRÉE.

Suite et fin (1).

Epurat*ion* centrale des gaz de haut fourneau.

Au début de ce mémoire, nous avons donné les raisons qui militent en faveur de l'épuration des gaz sortant du gueulard des hauts fourneaux. Nos anciennes installations comportent des épurations par voie humide, individuelles à chaque fourneau. Nous avons adopté l'épuration centrale par voie sèche dont la mise en route va se faire dans quelques mois.

Dans les usines métallurgiques, la température avant épuration centrale oscille normalement entre 125 et 150°; elle peut même dépasser continuellement ou exceptionnellement cette dernière valeur. Aussi des refroidisseurs sont nécessaires avant l'entrée dans les caisses filtrantes; en effet, le tissu filtrant utilisé est en coton. Le coton, comme tout corps organique, passe, à une certaine température déterminée, à la distillation sèche et se décompose. Pour le coton, cette température est voisine de 110°, ce qui est la raison pour laquelle la température prescrite pour les gaz à filtrer ne doit jamais dépasser 100°.

Ainsi les gaz, après avoir quitté les bouteilles à poussières (fig. 60) traversent un refroidisseur primaire A, à cuve d'eau B, pourvu de tuyères C d'injection d'eau, sous forme de brouillard ténu.

Pour éviter un trop grand refroidissement du

gaz brut, dont la température est déjà réduite, il est recommandable de pourvoir les refroidisseurs d'une conduite de dérivation D.

La quantité d'eau injectée dans les refroidisseurs doit être strictement dosée et juste nécessaire à l'abaissement de température; on doit veiller à ce que la quantité d'eau contenue dans le gaz n'atteigne jamais la saturation et soit toujours en dessous du point de rosée, sinon des dépôts boueux seraient à craindre dans les refroidisseurs et de nature à créer des obstructions.

Dans son passage dans les caisses filtrantes, le gaz a une tendance à se refroidir; un refroidissement en dessous du point de rosée provoquerait des dépôts de boues dans les caisses et sur les sacs dont la propriété filtrante serait vite compromise; il y aurait colmatage des tissus et des arrêts deviendraient nécessaires pour procéder à des nettoyages.

Aussi, après leur refroidissement, les gaz passent dans un réchauffeur conçu en réchauffeur par surface, chauffé par combustion d'une minime partie du gaz épuré. C'est la forme la plus moderne de chauffage à l'heure actuelle et il faut rejeter le chauffage à la vapeur tout à fait anti-économique. Il existe bien une forme ultra-moderne de chauffage, c'est le réchauffage direct par combustion dans le courant gazeux même d'une fraction infime du gaz, en injectant 0,1 à 0,2 % d'oxygène dans le courant gazeux et en assurant la continuité de la combustion, électriquement.

(1) Voir nos de mai, juin et juillet.



Ce mode de chauffage est délicat et dangereux dans le cas de rentrée d'air dans la conduite à gaz brut; toutefois, il est employé dans certaines usines.

Les tubes de chauffage indirect sont en fonte spéciale et leur section est ovale pour empêcher le dépôt des poussières. Le réchauffeur fonctionne en réalité comme une chaudière de chauffage central et le ramonage extérieur des tubes se fait très facilement pendant la marche.

Après passage dans le réchauffeur, le gaz possède une température uniforme et supérieure d'une vingtaine de degrés à la température correspondant au point de rosée, de façon à éviter toute condensation aqueuse dans les caisses filtrantes.

La caisse filtrante F, pour une capacité de 50.000 m³/heure de gaz à épurer, quantité mesurée à 0° et 760 mm de pression, correspond à la plus grande unité filtrante actuellement en construction; elle comprend 15 compartiments contenant chacun 40 sacs filtrants G, d'un diamètre de 200 mm, d'une longueur utile égale à 3 m. et d'une surface filtrante, par sacs de 1,88 m².

La surface filtrante totale de la caisse s'élève ainsi à 1.131 m² pour 50.000 m³/heure de gaz, soit à 22,6 m² par 1.000 m³/heure de gaz.

Par rapport aux anciennes installations, la surface filtrante totale a été considérablement augmentée (de 16,7 m² à 22,6 m² soit de 36 %) de façon à réduire la vitesse de filtrage favorable à une bonne filtration et aussi pour diminuer la résistance des sacs au passage des gaz.

Cette diminution de résistance pour une même charge quantitative a pour résultat de diminuer l'absorption de force motrice nécessaire à la circulation des gaz dans les caisses à filtres, mais aussi d'augmenter l'importance des appareils et les frais d'installation par conséquent les frais d'immobilisation.

Ce point est de première importance lorsqu'on se propose de comparer 2 installations concurrentes.

Le gaz entre par le bas dans les compartiments et traverse les sacs filtrant de l'intérieur vers l'extérieur, en se débarrassant des poussières qui ne peuvent traverser les tissus, après quoi, complètement épuré, il quitte les compartiments par les tubulures H.

La résistance opposée au passage des filtres est variable avec la charge, la perméabilité du tissu et la teneur en poussières du gaz brut; elle oscille entre 180 et 140 mm de colonne d'eau et descend même dans les installations récentes en dessous de 100 mm.

Pour vaincre cette résistance, on se sert d'un aspirateur V, qui produit en même temps la surpression voulue dans la conduite à gaz épuré.

Afin que le tissu des sacs filtrants reste continuellement assez poreux, pour laisser passer le gaz, il est nécessaire que la poussière qui s'y dépose soit de temps en temps enlevée, ce qui se produit automatiquement toutes les 7 à 8 minutes de la façon suivante:

Chaque compartiment d'une caisse est successivement isolé de la conduite d'aspiration, c'est-à-dire de la conduite à gaz épuré par la soupape H, tandis que la soupape K s'ouvre et livre passage à un courant de gaz épuré, refoulé par un petit ventilateur sous une surpression de 80 mm de colonne d'eau à travers les sacs filtrants en sens inverse du courant de gaz sale, c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur des sacs. En même temps, quelques secousses sont transmises au cadre L, auquel tous les sacs d'un même compartiment sont suspendus. Les poussières se détachent du tissu et tombent dans le fond de la caisse, d'où une vis transporteuse les dirige dans le sac M, d'où elles sont extraites.

Dans les anciennes installations, la distribution du gaz épuré de dépoussiérage se faisait par des clapets de renversement, l'isolement des compartiments de la conduite générale à gaz épuré et le mécanisme de secouage étaient commandés mécaniquement. Au surplus, l'étanchéité des papillons laissait à désirer; les commandes mécaniques exigeaient des réparations continuelles. Présentement, les papillons sont remplacés par des soupapes et les commandes mécaniques par une distribution pneumatique (voir fig. 61).

A la sortie du ventilateur, le gaz possède un degré de pureté inférieur à 0,015 grammes de poussières au mètre cube.

Pour pouvoir surveiller la marche de l'épuration et apprécier le degré de pureté obtenu, des regards vitrés sont placés dans les caisses à hauteur des sacs et se correspondent de part en part des compartiments; ils permettent d'inspecter l'in-

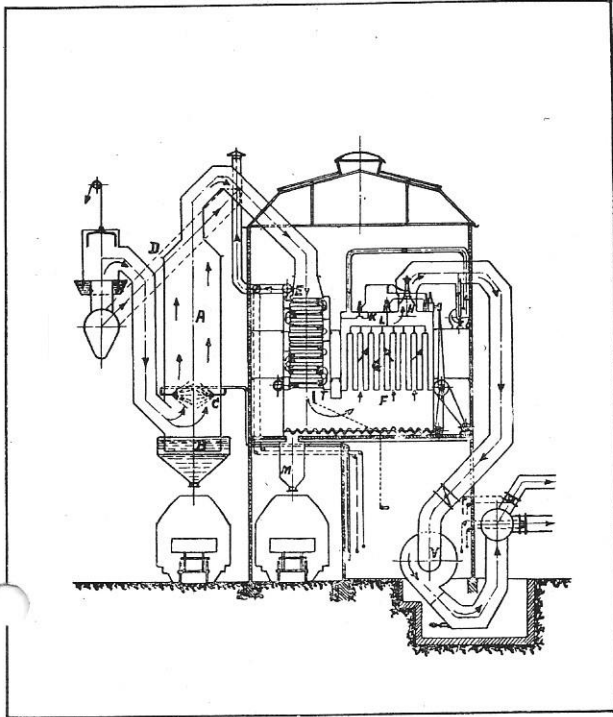


Fig. 60. — Schéma d'une épuration sèche par sacs.

térieur. Aussitôt qu'un filtre commence à se détériorer, une légère couche de poussières se dépose sur la vitre et la masse gazeuse s'opalise. On doit aussitôt prendre des dispositions pour pourvoir au remplacement du sac défectueux.

Si le gaz épuré est destiné à l'alimentation de moteurs à gaz, on le refroidit à la sortie du ventilateur V dans des tours à injection d'eau pulvérisée; de ces tours le gaz sort à un degré d'épuration correspondant à une teneur en poussières de 0,005 grammes au mètre cube et à une température d'une dizaine de degrés environ au-dessus de température de l'eau.

La surveillance d'une épuration de 100.000 m³ de gaz/heure n'exige que la présence de deux homme par poste; c'est d'ailleurs le nombre minimum prescrit par les autorités de surveillance pour ce genre d'installation.

Le rôle du premier surveillant est d'assurer la distribution du gaz.

Pour faciliter son travail, on réunit sur un même tableau les indicateurs de températures et de pressions, les signaux acoustiques et lumineux

transmis des fourneaux ou de la salle des machines, les commandes des moteurs des ventilateurs principaux et de balayage, les commandes des vannes d'injection d'eau dans les refroidisseurs primaires et secondaires, les vannes réglant le débit de gaz aux brûleurs des réchauffeurs, etc.

Une flamme témoin du gaz épuré est à portée du surveillant, la présence d'une quantité, même très minime de poussière dans le gaz est décelée par une nuance rougeâtre de la flamme dont la couleur normale est d'un bleu limpide, si le gaz est pur.

Au rougissement de la flamme, on inspecte l'intérieur des caisses par les regards H et l'on diagnostique rapidement à l'opacité du courant gazeux, le compartiment où se trouve le sac endommagé.

Aussitôt, ce compartiment est mis hors circuit à cette fin, on ferme le clapet A (fig. 61), qui se trouve à la partie inférieure. On cale les soupapes B et C, obturant ainsi les communications avec la conduite générale à gaz épuré et avec la conduite du gaz de balayage.

On ouvre ensuite la soupape D de la conduite

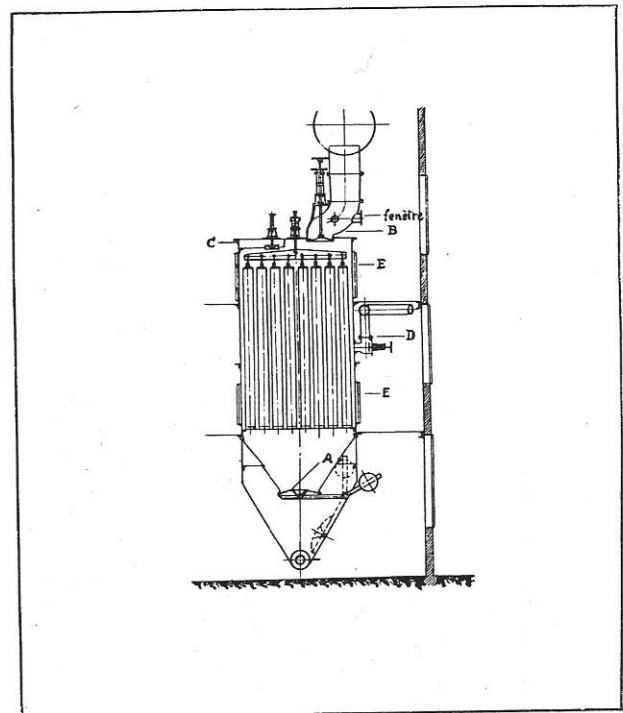


Fig. 61. — Distribution d'une épuration par sacs.



d'aspiration en communication avec un petit ventilateur d'aérage qui évacue les gaz du compartiment isolé. On ouvre les portes d'accès E et on remplace le sac défectueux. L'opération peut se faire en moins d'une heure.

L'épuration à sec par sacs s'est considérablement améliorée ces dix dernières années et a reconquis une large confiance qui, nous devons l'avancer, était fortement ébranlée. En effet, par la nécessité de devoir faire face à une concurrence acharnée, les constructeurs d'épuration sèche avaient cru bon de mettre sur le marché des installations légères et peu coûteuses, mais malheureusement insuffisantes.

Par ailleurs, la technique s'est fortement améliorée et, d'autre part, les industriels ne sont plus aussi parcimonieux, se rendant parfaitement compte que des moyens puissants de réglage et de contrôle doivent être un adjuvant précieux et nécessaire à toute installation moderne digne de ce nom si l'on veut économiser la main-d'œuvre.

Ils sont moins enclins à exiger des appareils peu coûteux de première installation, mais qui, par la suite, grèvent lourdement le prix de revient.

Les améliorations et modifications apportées depuis une dizaine d'années dans la construction de l'épuration par sacs, sont les suivantes :

1° Toutes les parties constructives ont été notablement renforcées, les tôles

en acier ordinaire de 4 mm d'épaisseur ont été remplacées par des tôles d'acier ou cuivre de 7 mm, beaucoup plus résistantes à la rouille;

2° La surface totale filtrante a été augmentée en majorant le nombre de sacs dont la longueur et le diamètre ont été maintenus, tant pour augmenter le rendement d'une caisse que pour réduire la perte de charge due à la résistance des filtres;

3° Le secouage des filtres a été remplacé par le battage pneumatique;

4° Tous les clapets, papillons, vannes ont été remplacés par des soupapes à commande pneumatique et les armatures qu'on n'a pu éliminer sont étanches;

5° Chaque caisse élémentaire est indépendante et possède son ventilateur aspirant foulant, son ventilateur de dépoussiérage, son mécanisme de battage sous la commande d'un moteur autonome de distribution et peut vivre de sa vie propre;

6° Les ventilateurs sont

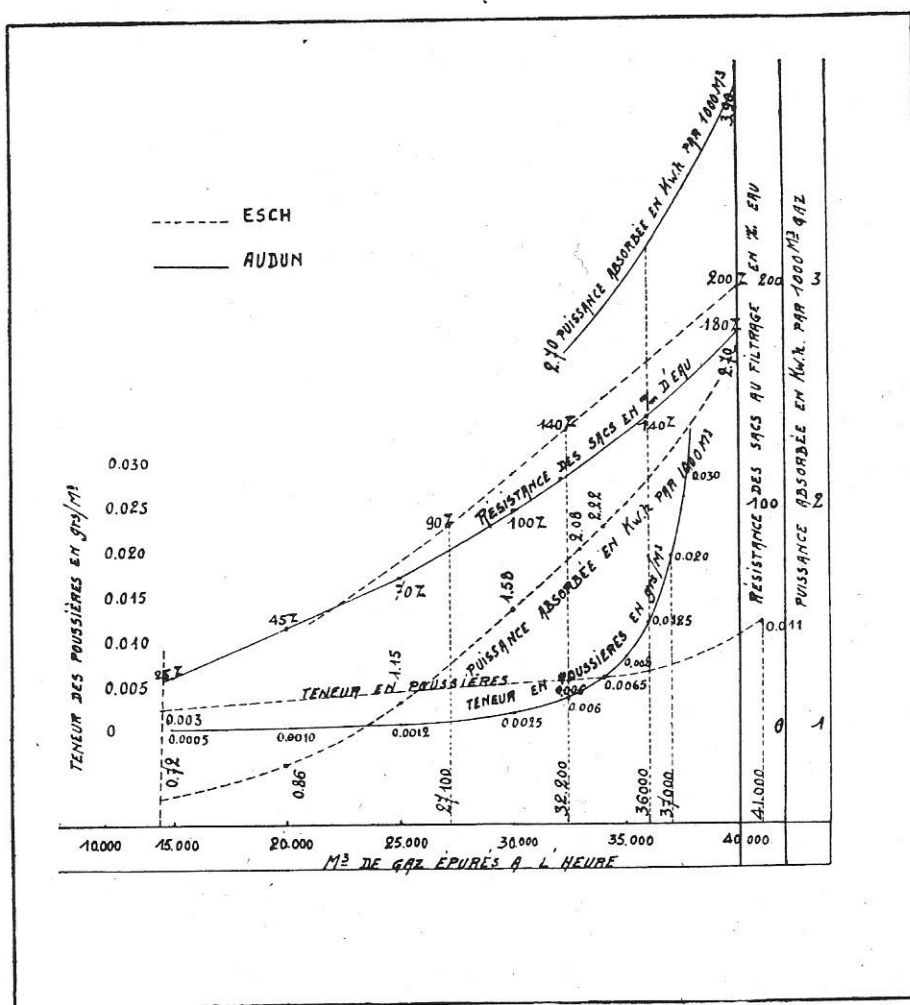


Fig. 62. — Caractéristiques des épurations par sacs d'Esch et d'Audun le Tiche.

d'une construction impeccable, à paliers à billes et à haut rendement mécanique;

7° L'épuration est surveillée d'un tableau centralisant toutes les lectures et toutes les commandes.

Les caractéristiques des épurations par sacs les plus récentes d'Esch et d'Audun-le-Tiche sont figurées au diagramme figure 62.

L'épuration d'Esch a été mise en service en 1925 pour 40.000 m³ de gaz épuré par heure; celle d'Audun a été mise en service en 1923 pour 36.000 m³ de gaz/heure par unité.

Au diagramme figurent:

1° Les courbes A (Audun) et E (Esch) de résistance au filtrage à travers les sacs exprimées en mm de colonne d'eau. Elle est de 140 mm pour Audun et de plus de 180 mm pour Esch;

2° Les courbes de teneurs en poussières du gaz

épuré, teneurs exprimées en grammes par mètre cube;

3° Les courbes de la puissance absorbée par 1.000 m³ de gaz épuré à l'heure et exprimée en Kwh, comprenant: a) la puissance absorbée par le groupe moteur ventilateur principal, en fonction de la qualité de gaz épuré (mesurée à 0° et 760 mm pour la pression nulle de l'entrée des filtre et la pression de 200 mm de colonne d'eau à la sortie du ventilateur; b) la puissance absorbée par le moteur actionnant le distributeur et l'appareil de secouage, ainsi que celle absorbée par la vis transporteuse.

Alors qu'à Audun la résistance des filtres n'atteint que 140 mm, cette résistance est de l'ordre de 200 mm à Esch, bien que l'épuration d'Esch soit meilleure, étant voisine de: 0,010 gr. de poussières au m³ contre 0,0125 gr./m³ pour Audun (cela provient de ce que le tissu est à

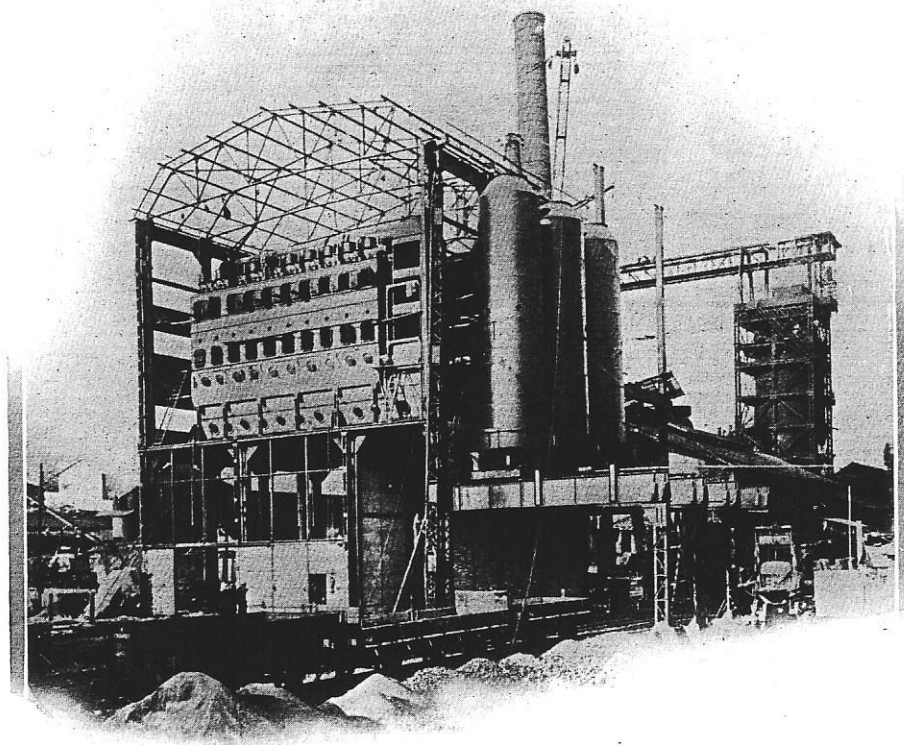
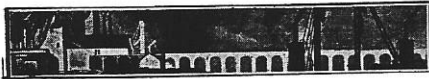


Fig. 63. — Vue d'une épuration de 3 fois 36.000 m³ en montage.



mailles plus serrées). Du fait de cette résistance plus grande, la puissance totale absorbée par 1.000 m³ de gaz épuré, qui ne dépasse pas 2,22 Kwh à Audun, atteint le chiffre de 3,9 Kwh à Esch. Cette dernière valeur pourrait être ramenée à la valeur de 2,7 Kwh pour la même qualité de sacs (de 140 mm de résistance) comme cela se remarque sur le diagramme.

Ceci prouve que l'efficacité de l'épuration par sacs, comme d'ailleurs celle de l'épuration électrique, dépend des proportions données aux appareils, de la grandeur de la surface totale filtrante offerte aux gaz, du nombre de mailles au m² du tissu et de l'état de cette surface.

En prenant la moyenne des résultats obtenus dans les deux usines ci-dessus, en tablant sur une résistance commune des sacs de 140 mm de colonne d'eau, on voit que l'on peut épurer 1.000 m³/h. de gaz (0°/760 mm) au degré de pureté moyen de :

$$\frac{0,0125 + 0,0100}{2} = 0,0113 \text{ gr. de poussières par mètre cube avec une dépense de force égale à } \frac{2,22 + 2,70}{2} = 2,45 \text{ Kwh.}$$

La résistance des sacs est un facteur des plus importants pour la consommation de force motrice. Pour réduire ce facteur, il faut augmenter la grandeur de la surface filtrante, autrement dit celle des appareils. Nous avons en montage une épuration par sacs pour laquelle la résistance garantie sera inférieure à 100 mm et la puissance absorbée garantie ne dépassera pas 1,5 Kwh par 1.000 m³ de gaz/heure.

Voici pour terminer un tableau des caractéristiques générales des épurations par sacs d'Esch, d'Audun et d'Ougrée.

TABLEAU I.

CARACTERISTIQUES.

ESCH : Pour une unité de 40.000 m³/h. (0°/760 mm) l'installation comprend 11 compartiments de 32 sacs de 3 m. de longueur utile et de 200 mm de diamètre, ce qui correspond à une surface filtrante totale de 663 m², soit 16,6 m² par 1.000 m³ de gaz à épurer par heure.

AUDUN : Unités de 36.000 m³/heure comprenant 10 compartiments à 32 sacs de mêmes dimensions. Surface filtrante = 603 m², soit 16,7 m² par 1.000 m³.

OUGREE : Unités de 50.000 m³/heure à 15 compartiments de 40 sacs. Surface filtrante de 1.131 m², ce qui correspond à 22,6 m² par 1.000 m³ gaz.

Cela représente une surface filtrante de 36 % supérieure aux précédentes.

Ainsi, à Ougrée, nous espérons ne consommer que: 1,50 kWh environ par 1.000 m³ de gaz/heure à cause de la garantie que la résistance des filtres n'atteindra que 80 mm de colonne d'eau. L'augmentation de la surface filtrante de 36 % supérieure à celles d'Esch et d'Audun justifie ces espérances.

La figure 63 montre une vue d'ensemble du bâtiment de l'épuration sèche par sacs.

La figure 64 représente une vue intérieure du mécanisme de secouage, de l'appareil de commutation et des commandes des soupapes à gaz épuré se rendant dans le collecteur général d'une caisse à filtres.

La figure 65 montre le tableau central de contrôle de toute la station d'épuration.

	ESCH	AUDUN	OUGRÉE	
Capacité unitaire m ³ gaz	40.000 m ³	36.000 m ²	50.000 m ³	
Pression gaz entrée filtres : m/m eau	0 m/m	0 m/m	0 m/m	
Pression gaz sortie conduite générale	200 m/m	200 m/m	200 m/m	
Résistance filtres en m/m col. eau.	200 m/m } ou 140	140 m/m	80 m/m	
Puissance absorbée en Kwh pour vaincre résistance des filtres	1,28	0,89	0,82	0,38
Pour refoulement par vent. principal	2,30	1,49	1,15	0,95
Pour accélération (différence de vitesse des gaz.	0,11	0,11	0,14	0,10
Pour distributeur et vis sans fin	0,05	0,05	0,08	0,08
Pour le secouage (pneumatique)	—	—	—	—
Consommation totale.	3,90	2,70	2,22 Kwh.	1,54 Kwh.

Appareils à chauffer le vent ou coupers et vannage automatique.

L'invention relative au chauffage du vent pour haut fourneau remonte à 1828 et est due à l'Anglais Neilson; elle donna, dès le début, des résultats remarquables tant au point de vue économie de coke par tonne de fonte, qu'au point de vue augmentation de production.

Au début, on dépensait une certaine quantité de combustible pour chauffer le vent, mais l'inven-

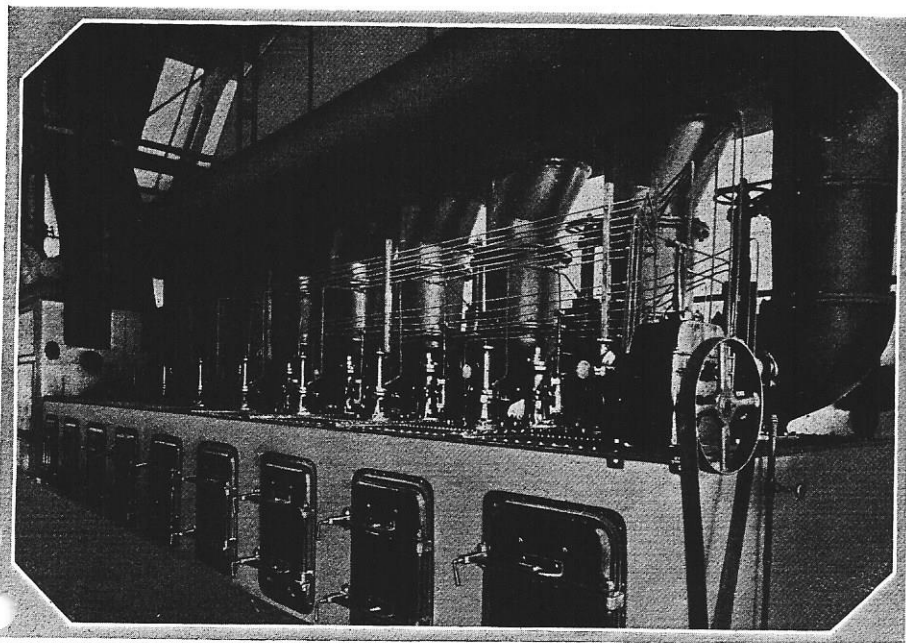


Fig. 64. — *Epuration sèche par sacs.*
Mécanismes de distribution.

tion fut complétée en 1837 par la découverte du Français Faber du Saur, qui, le premier, sut capter les gaz combustibles des gueulards des hauts fourneaux, les recueillir avant leur inflammation et les employer à ce chauffage.

Les appareils de chauffage pour vent de hauts fourneaux utilisent le pouvoir calorifique des gaz, c'est-à-dire la chaleur que l'on doit préalablement transformer en chaleur sensible par combustion de ces gaz. Ils sont tous du type à chaleur régénérée, système Cowpers, du nom de son inventeur (fig. 66).

Ils sont constitués par un empilage de briques réfractaires formant plusieurs centaines de petits canaux verticaux qui aboutissent à la partie inférieure dans un collecteur limité par une grille en fonte montée sur colonnes qui sert de soutien à l'empilage. Ce collecteur communique avec un carneau souterrain et une cheminée d'aspiration.

Notons en passant que l'empilage réfractaire a aussi reçu le nom de ruchage à cause de sa ressemblance avec les multiples alvéoles d'une ruche d'abeilles.

Le gaz de gueulard est brûlé à la base

d'une chambre de combustion qui s'étend sur toute la hauteur du Cowpers et les produits de la combustion ou fumées, montant jusqu'à la partie supérieure de cette chambre qui porte aussi le nom de puits, se rabattent vers les empilages en dessous d'une coupole ou calotte coiffant l'appareil cylindrique du Cowpers. Les fumées traversent les empilages en descendant vers le collecteur et la cheminée, où elles sont évacuées dans l'atmosphère.

Pendant leur descente dans le ruchage, où elles se sont divisées entre tous les carneaux multiples, les fumées se sont refroidies par cession de leur chaleur sensible aux empilages, qui se sont considérablement échauffés à ce contact.

Ce cheminement de haut en bas de fumées chaudes qui se refroidissent est rationnel et est une application du principe de l'écoulement de gaz chaud qui dit que si l'on doit subdiviser un courant de gaz chaud qui va en se refroidissant, en

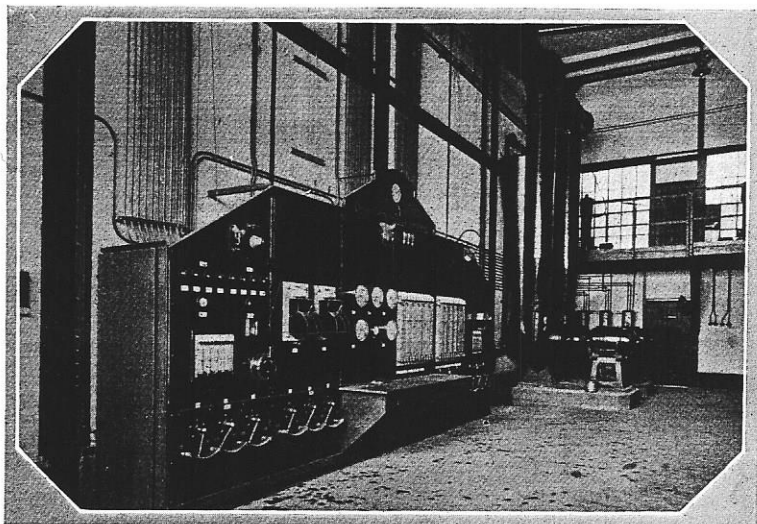


Fig. 65. — *Epuration sèche par sacs.*
Tableau de contrôle.



veines égales, il faut donner à ces veines une direction descendante ou autrement le principe dit un courant qui se refroidit peut se subdiviser en veines descendantes uniformes.

Le puits où se produit la combustion du gaz sert, dans l'état actuel, à redresser les fumées pour les amener au dessus des empilages pour se conformer à la loi énoncée ci-dessus.

En fait, le puits est un accessoire inutile et encombrant. On pourrait le supprimer en plaçant les brûleurs à gaz sous la coupole. Dans la pratique actuelle, on n'a pas encore recours à ce procédé d'avenir, parce que le plancher de travail de l'ouvrier gazeur préposé à la surveillance des brûleurs placés dans la coupole se trouverait à plusieurs dizaines de mètres au-dessus du plancher de travail des fondeurs occupés au fourneau et que, dans ces conditions, la surveillance à des niveaux différents de 25 m. environ devient délicate. Nul doute que l'avenir est cependant dans la construction de Cowpers sans puits de combustion.

Après échauffement des empilages, on arrête la combustion du gaz et l'air froid est introduit en

sens inverse suivant le principe qui dit qu'un courant froid qui s'échauffe doit être subdivisé en veines ascendantes.

L'air s'échauffe au contact des empilages et redescend par le puits pour être dirigé sur le fourneau.

Un cowper doit donc être mis alternativement au gaz pendant un temps déterminé pour permettre le chauffage des empilages et à vent pour récupérer les calories accumulées et les transmettre au vent froid.

Ces alternances s'effectuent au moyen d'une série de vannes dont nous décrirons plus loin le fonctionnement.

Le vent insufflé dans le fourneau pouvant atteindre des pressions fort élevées de l'ordre de 60 cm. de mercure et même davantage lorsque le fourneau est pendu, une des particularités des appareils Cowpers est de devoir fonctionner sous pression. C'est pourquoi ils sont constitués d'une forte enveloppe en tôle d'acier comprenant le fond, l'enveloppe cylindrique proprement dite et la calotte.



Fig. 66. — Vue d'ensemble d'un fourneau et de sa batterie de 4 Cowpers.

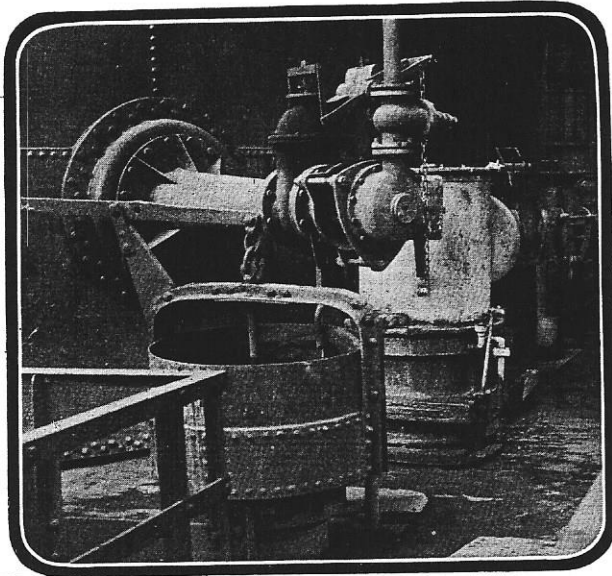


Fig. 67. — Brûleur Stoecker-Rhein primitif marchant avec 4% d'air prélevé sur la soufflerie du fourneau.

Dans les installations à grosses productions avec marche intensive des fourneaux la pression pouvant atteindre 1,5 atmosphère, l'épaisseur des tôles de fond et de la partie inférieure du cylindre peut atteindre 25 mm.

Pour un fourneau moyen de 200 T., les Cowpers étaient au nombre de quatre; ils avaient 6^m50 de diamètre et une hauteur totale de 26 à 28 m. La surface de chauffe de chaque Cowper était de 5.000 m² environ.

Normalement, un Cowper est à vent et les 3 autres à gaz; il faut donc 5.000 m² pour chauffer le vent et 15.000 m² pour réchauffer les empilages dans un même temps donné. Après une heure de mise à vent sur un Cowper donné, le suivant, qui est au gaz, est inversé et mis lui-même à vent, puis immédiatement après cette opération, le premier Cowper est mis en chauffage. De cette manière, on assure indéfiniment la continuité du soufflage sur le fourneau.

On remarque ainsi qu'un Cowper était capable de céder toute la chaleur emmagasinée pendant 3 périodes en une seule; comme d'habitude on souffle pendant 1 heure, il fallait 3 longues heures pour réchauffer les empilages.

Ce phénomène paraît peu rationnel; on est parvenu à se rendre compte de cette anomalie et le procédé de chauffage P. S. S., des initiales des trois noms des inventeurs, est apparu vers 1912.

Le procédé P. S. S. est basé sur l'accélération communiquée à la circulation des fumées dans les empilages et par voie de conséquence sur l'augmentation de la surface de chauffe d'un appareil.

Ce procédé applique des lois connues depuis longtemps qui démontrent que la transmission thermique d'un gaz chaud à une surface donnée en chauffage est proportionnelle à la racine carrée de la vitesse du gaz (\sqrt{v}).

En somme, le procédé a pour but d'activer l'échange de la chaleur pendant la période de chauffage en augmentant la vitesse des fumées; il consiste à insuffler mécaniquement des volumes plus importants de gaz et de comburant, au lieu de s'en tenir à la vitesse provoquée par le simple tirage d'une cheminée.

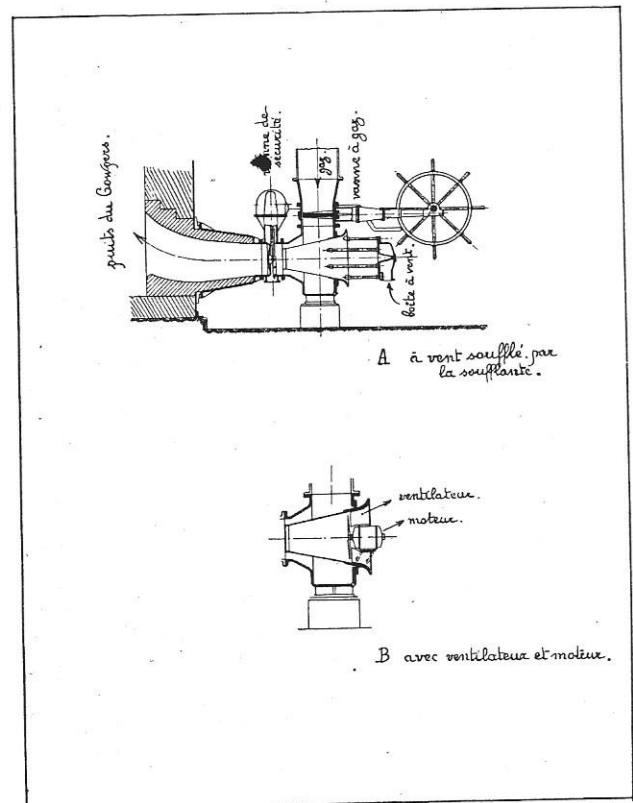
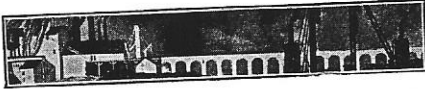


Fig. 68. — Nouveau modèle de brûleurs "A s k a n i a".



Pour un volume déterminé à faire passer, la durée de passage étant considérablement réduite de ce fait, il s'ensuit que l'on peut diminuer la surface de chauffe, ou, ce qui revient au même, pour une surface de chauffe déterminée, on peut, dans un temps donné, faire passer beaucoup plus de gaz, ce qui se traduit par une réduction du nombre de Cowpers.

Que l'échange calorifique soit une fonction de la vitesse des gaz, cela ressort clairement de la marche même des Cowpers, puisqu'ils se refroidissent en 1 heure par le passage du vent, qui est rapidement refoulé par la soufflerie à une vitesse considérable, tandis qu'ils ne parviennent à s'échauffer qu'au bout de 3 heures, précisément parce que la vitesse des gaz est déterminée par l'aspiration ou tirage de la cheminée de l'ordre de 20 à 30 m. de colonne d'eau seulement et que cette puissance motrice est incapable de communiquer aux gaz une vitesse bien considérable.

Le nouveau procédé P. S. S. dit à chauffage accéléré permet la marche à deux Cowpers seulement, au lieu de quatre, les durées des périodes à vent et à gaz étant devenues égales toutes deux à 1 heure.

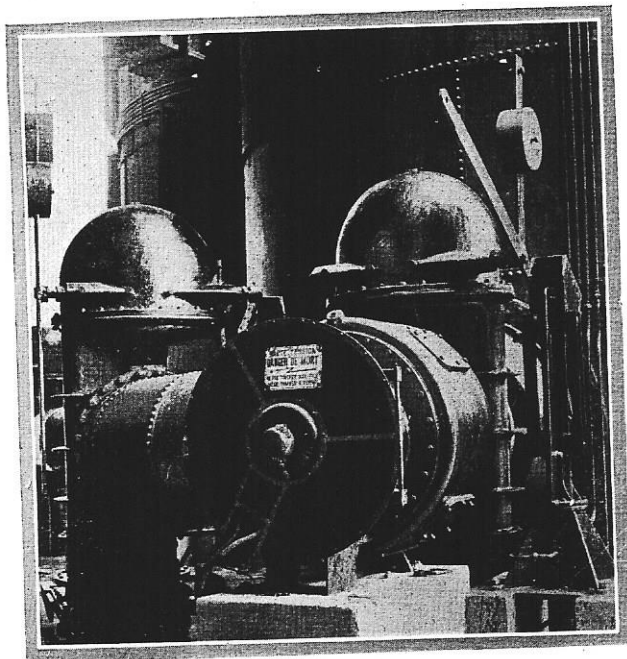


Fig. 69. — Vue de face du brûleur "Askania" avec vannage automatique de Zimmerman-Janssens.

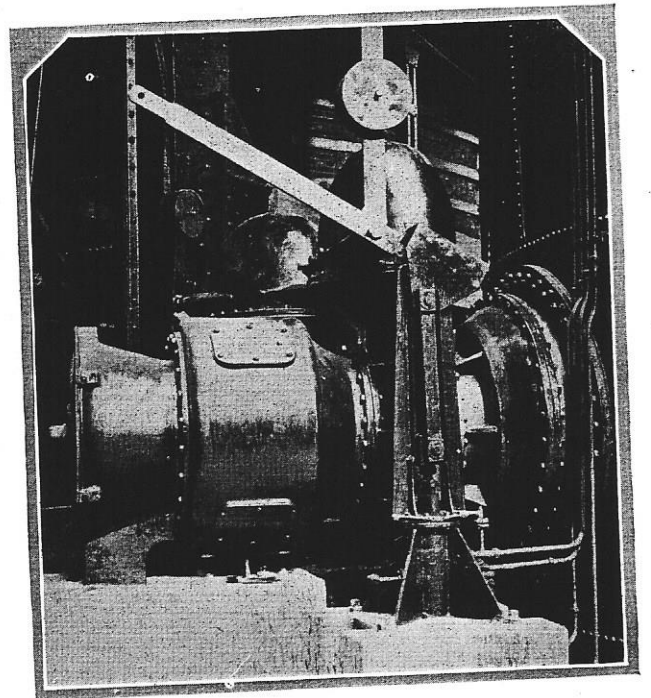


Fig. 70. — Vue de côté du brûleur "Askania".

Toutefois, devant maintenant faire passer dans un Cowpers en 1 heure de temps la quantité qui passait autrefois dans trois unités, il est nécessaire de tripler la surface de chauffe attribuée autrefois à un seul appareil.

Pour ce faire, on a modifié les anciens empilages pour ne pas modifier les dimensions extérieures des appareils: les canaux sont devenus plus étroits et plus nombreux et les épaisseurs des ruches moins grandes. Cette nouvelle construction était d'autant plus possible à réaliser que dans toutes les usines on épure actuellement la totalité des gaz du gueulard.

Lorsque le gaz n'était pas ou presque pas épuré, les poussières se déposaient sur la surface des ruches et comme ces poussières sont fortement athermanes, c'est-à-dire qu'elles ne laissent pas passer la chaleur, il arrivait un moment où les échanges de chaleur devenaient tellement médiocres, qu'il devenait nécessaire de procéder à leur nettoyage.

Pour pouvoir les nettoyer, il fallait nécessairement donner aux canaux des empilages des sections suffisantes pour pouvoir les ramoner; c'est



pour cela que l'on donnait des sections correspondant à des carrés de 140 à 160 mm de côté.

Avec l'emploi du gaz épuré, les nettoyages ne sont plus nécessaires et on a pu réduire les dimensions des canaux à 60 x 60 mm. De ce chef, et par suite de la réduction des épaisseurs des briques de 60 à 30 mm, on a pu augmenter la surface de chauffe d'un Cowpers de 5.000 à 14.000 m² sans rien changer à ses dimensions extérieures.

Il en résulte une diminution des frais d'immobilisation, et comme nous allons le voir, une grosse économie dans la consommation de gaz.

Pfoser, dans son procédé P. S. S. de chauffage intensif des Cowpers, injecte seulement l'air de combustion sous pression pour se rapprocher au point de vue vitesse des gaz, des vitesses réalisées pendant la marche à vent.

De ce fait, il en résulte des avantages nouveaux au point de vue de l'activité et de la perfection de la combustion. Bien que le puits d'un Cowpers ou chambre de combustion longue et spacieuse permet de brûler le gaz complètement avant son arrivée aux empilages, il est évident qu'en employant des bons brûleurs dans lesquels gaz et air sont intimement mélangés avant combustion, cette dernière pourra se faire plus rapidement dans un espace concentré et il en résultera une élévation de la température de combustion dont seule dépend la puissance des échanges calorifiques entre les fumées et les empilages.

Au surplus, les fumées étant sous pression dans le Cowpers, on est beaucoup plus certain de mieux répartir des fumées entre les multiples canaux réfractaires et de bien faire travailler toute la surface de chauffe.

Une autre économie considérable provient de la moindre perte calorifique des Cowpers par rayonnement, puisque cette perte n'affecte plus que deux Cowpers au lieu de quatre et une troisième résulte de l'abaissement de la température des fumées à la cheminée par suite de la meilleure absorption calorifique des empilages et, par conséquent, du rejet dans l'atmosphère d'une moindre quantité de calories précieuses.

Voici les bilans comparatifs de deux installations, l'une avec 4 Cowpers ordinaires à tirage naturel et l'autre avec deux Cowpers à chauffage intensif.

	Cowpers ordinaires	Cowpers forcés
Perte par la cheminée . . .	23 %	9 %
Perte par rayonnement . . .	17 %	5 %
Rendement des Cowpers . . .	60 %	86 %
Total . . .	100	100 %

En établissant des Cowpers à chauffage accéléré, l'industriel gagne 16% sur le rendement et la quantité de gaz nécessaire au chauffage du vent du fourneau tombe de 50 %, dans le cas d'une installation avec Cowpers ordinaires, à 27 % en moyenne dans le cas où l'on dispose de Cowpers à chauffage intensif.

Cela représente une économie de 23 % de la quantité de gaz totale produite par le fourneau et qu'on destine à d'autres usages comme la production d'énergie électrique en brûlant ce disponible dans des moteurs à gaz.

Un fourneau de 200 T. de fonte journalières produit environ 38.000 m³ de gaz à l'heure. En employant les Cowpers à chauffage accéléré, on peut réaliser sur cette quantité une économie de $38.000 \times 0,23 = 8.740$ m³ à l'heure; cette quantité utilisée à la production d'énergie électrique, en la brûlant dans des moteurs à gaz, est capable de 720 kilowatts heure, ce qui représente une énergie considérable en supplément.

Pfoser utilise comme brûleur un brûleur type Bunsen fonctionnant à air sans pression; il consiste en une simple buse d'amenée d'air, placée au centre du puits de combustion du Cowpers, dont les parois sont construites en ajutage convergent-divergent. L'air insufflé dans la buse par un ventilateur entraîne avec lui le gaz à brûler et chasse après combustion les fumées à travers les empilages.

Il présente ce grand avantage que le poids de gaz entraîné varie proportionnellement au poids d'air refoulé; cette proportionnalité subsiste même, si la pression de gaz varie dans des limites assez étendues et, à ce point de vue, on peut dire que le brûleur règle automatiquement la quantité de gaz à celle de l'air injecté. Toutefois, ce système exige des ventilateurs spéciaux capables de débiter la quantité totale d'air comburant nécessaire à la combustion et équivalente à la quantité de gaz passant dans un Cowpers. En effet, pour



brûler 1 m³ de gaz de haut fourneau avec 15 % d'excès d'air, il faut environ 1 m³ de comburant.

Dans un fourneau de 200 T. de production journalière produisant 38.000 m³ de gaz heure, 27 % de cette quantité sont nécessaires pour chauffer le vent qui lui est nécessaire à la température de 800 degrés environ.

On doit donc brûler : 38.000 × 0,27 = 10.000 m³ de gaz heure dans le Cowpers, système Pfoser et pour cette combustion 10.000 m³ doivent être insufflés dans la buse du brûleur à l'heure.

Cela représente déjà une quantité importante et, pour une installation de plusieurs fourneaux, il faut prévoir une centrale de ventilateur à grands débits avec une réserve suffisante et aussi un grand développement de tuyauteries à air comburant.

En vue d'éviter ces grosses installations, l'Askania Werke a inventé un brûleur à gaz Stocker-Rein, constitué par un convergent-divergent en fonte précédé d'une boîte à vent. Cette boîte est pourvue de six tubes de 1 pouce débouchant dans le convergent et raccordée par ailleurs à la tuyauterie à vent froid de soufflage du haut fourneau.

A l'aide d'un prélèvement de vent sous pression venant de la soufflante, et égal à 4 %, que l'on insuffle dans la boîte à vent de l'Askania, on peut faire passer tout l'air nécessaire à la combustion. Cet air primaire, en débouchant dans le pavillon du convergent-divergent, entraîne par son mouvement dans l'ajutage tout l'air secondaire nécessaire à la combustion du gaz et communique aux fumées une vitesse suffisante pour assurer le chauffage intensif des Cowpers.

La puissance absorbée correspond au travail de compression des 4 % d'air prélevé à la soufflerie et est exactement le même que celui nécessaire au refoulement de tout l'air dans un brûleur type Pfoser; en effet, dans le brûleur Pfoser, on doit refouler l'air total à une pression de 300 mm de colonne d'eau. Pour un fourneau de 200 T., on a besoin, comme vu ci-dessus, de 10.000 m³ d'air à l'heure; en admettant un rendement de 40 % pour le groupe moteur ventilateur, on doit avoir besoin d'une puissance de :

$$\frac{10.000 \times 300}{3600 \times 0,40 \times 75} = 28 \text{ C. V. environ.}$$

D'autre part, pour un fourneau de 200 T. de production par 24 heures, soit 8.332 kgs de fonte

à l'heure, on doit brûler à l'heure 8.332 kgs de coke, si la mise au mille de coke par tonne de fonte est de 1.000 kgs avec du coke à 83,2 % de carbone et un pourcentage de 90 % de carbone brûlé aux tuyères, il faut :

$$4,43 \times \frac{83,2}{100} \times \frac{90}{100} = 3,32 \text{ m}^3 \text{ d'air par kilog de}$$

coke enfourné.

Le chiffre de 4,43 représente en m³ à 0 degré et 760 mm de pression, la quantité d'air nécessaire pour brûler 1 kg. de carbone en C. O. dans le creuset du fourneau.

Si nous supposons un coefficient de perte de vent dans les tuyauteries de 6 %, la quantité d'air réellement à refouler par la soufflante est égale, par heure, à 3,20 × 1,06 × 8.332 = 29.328 m³ d'air.

La pression nécessaire à la marche du fourneau étant de 26 cm. de mercure à la machine, soit de 26 × 13,2 = 344 cm. d'eau ou 3.440 mm de colonne d'eau, la puissance absorbée pour refouler les 4 % prélevés sur la soufflante, à cette pression, en remarquant que le rendement de cette machine est de 60 %, est égale à :

$$\frac{(29.328 \times 0,04) \times 3.440}{3.600 \times 0,6 \times 75} = 24 \text{ C. V.}$$

Nous trouvons que la puissance nécessaire, dans le cas d'un brûleur Askania, est de 24 chevaux, au lieu de 28 chevaux dans le cas d'un brûleur Pfoser.

La puissance absorbée est donc du même ordre, mais l'Askania a pour lui de diminuer les frais de première installation par suppression de la centrale des ventilateurs et de nombreuses tuyauteries à air. Au surplus, il ne demande aucun entretien, aucune surveillance et n'est sujet à aucune fausse manœuvre. Il en résulte une grande économie de frais d'exploitation et de frais d'intérêts et amortissement.

Nous avons installé cet appareil Askania à cinq de nos fourneaux et nous en avons obtenu pleine et entière satisfaction. (Voir ces installations à nos fourneaux 4, 5, 6, 7 et 8 représentées par les fig. 69 et 70.)

Mais depuis la Société Askania a fait de nouveaux progrès dans la construction de ses brûleurs Stocker-Rein pour se mettre à la hauteur des per-

fectionnements apportés dans la construction des fourneaux à grande production. C'est que les débits à faire passer dans un seul Cowpers deviennent considérables.

En effet, un fourneau capable d'une production de 500 T. de fonte par jour avec un rendement de 25 % et une mise au mille de coke de 1.200 kgs, comme on en rencontre actuellement dans le Luxembourg ou capable de 1.000 T. de fonte avec un rendement de 47 % et une mise au mille de coke de 825 kgs, comme on en rencontre présentement en Allemagne, il faut compter sur une production horaire de 100.000 m³ de gaz dont 25 % soit 25.000 m³/heure sont nécessaires pour le Cowpers.

Pour de telles quantités, on construit actuellement des Cowpers de 8 m. de diamètre et de 32 m. de hauteur totale avec une surface de chauffe de 24 à 26.000 m².

Pour y faire passer 25.000 m³ de gaz et autant d'air comburant à l'heure, Stocker-Rein a imaginé un brûleur plus puissant à tuyau venturi et toujours à tête avec boîte à vent fonctionnant dans les mêmes conditions que les petits brûleurs décrits ci-dessus.

De tels brûleurs peuvent être construits pour n'importe quel débit de gaz, au moyen de busettes de soufflage en rapport avec la quantité de gaz à

injecter par heure et avec la quantité d'air secondaire entraînée.

Pour ne pas gêner la soufflerie, Askania, dans ces derniers types de brûleurs, a supprimé la boîte à vent et l'a remplacée par une soufflante à hélice placée dans le pavillon même du brûleur et commandé par un petit moteur électrique (fig. 68).

La figure 69 représente de face et la figure 70 représente de profil un tel brûleur installé aux deux Cowpers à chauffage accéléré de notre haut fourneau II.

Il marche à notre entière satisfaction depuis un an et nous en avons commandé de nouveaux pour les Cowpers de notre haut fourneau V, actuellement en reconstruction et dont la capacité de production est portée à 425 T. de fonte par 24 heures.

Notons que ces brûleurs sont construits par la firme de Zimmerman et Jansens de Düren, ainsi que le vannage automatique des Cowpers, dont je dois, à présent, dire quelques mots.

En effet, un perfectionnement nouveau a été introduit depuis quelques années seulement, dans la construction du vannage des appareils Cowpers.

Nous avons parlé de l'inversion que l'on doit faire périodiquement toutes les heures aux Cowpers. Après une heure de chauffage, l'appareil doit être mis à vent et inversement après une heure de mise à vent, le Cowper doit être remis en chauffage.

Ces opérations s'exécutent à l'aide d'un jeu de vannes. Dans un cowper, il y a d'abord une vanne à vent froid pour l'introduction de l'air au pied du ruchage et une vanne à vent chaud dans la partie inférieure du puits pour la sortie de l'air échauffé vers le fourneau; ces deux vannes sont normalement ouvertes lorsque l'appareil est à vent.

Lorsqu'on veut mettre l'appareil à gaz, il faut, au préalable, pour ne pas interrompre la continuité du courant d'air chaud soufflé sur le fourneau, interrompre le chauffage du deuxième Cowper et le mettre aussi à vent, de façon à avoir les deux appareils à vent pendant quelques minutes, avant de passer à la période de chauffage du premier.

Cette opération effectuée, on ferme la vanne à vent chaud du premier Cowper, puis

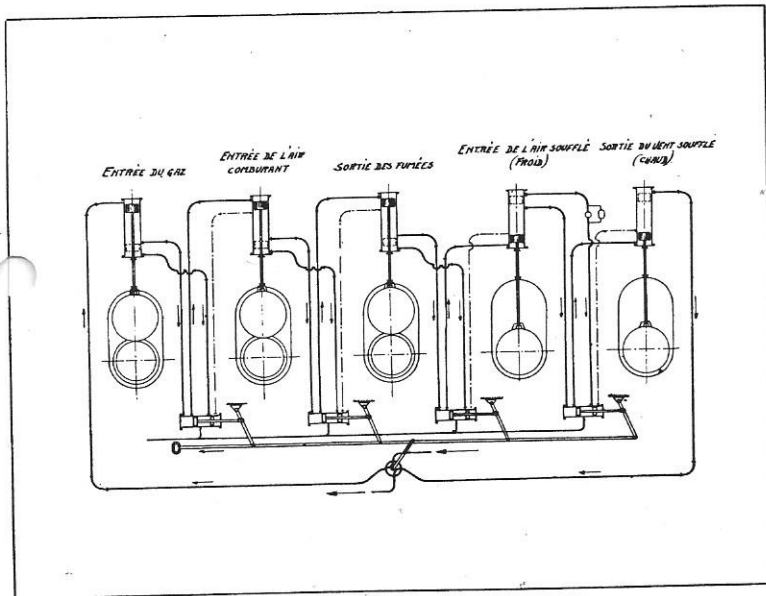


Fig. 71. — Inversion de la période à gaz à la période à vent.

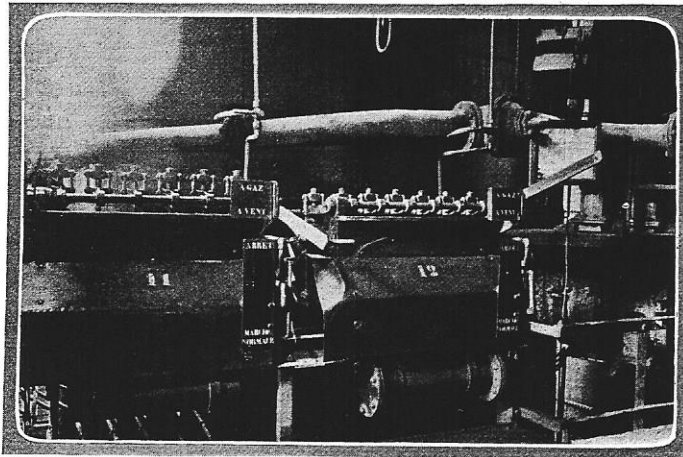


Fig. 72. — Vue des deux distributeurs automatiques pour vannage des 2 Cowpers du H. F. n° II système Zimmermann-Jansens.

la vanne à vent froid; dans ces conditions, l'appareil est complètement isolé, mais il contient encore du vent sous pression? On doit lâcher cette pression et, dans ce but, ouvrir une soupape d'échappement à l'air libre; aussitôt la pression tombée, on referme cette soupape et le Cowper est prêt pour entrer dans la période de chauffage.

Pour mettre l'appareil au gaz, on ouvre d'abord la vanne à la cheminée placée dans la chambre ménagée sous le ruchage à côté de la vanne à vent froid, et ce, dans le but d'évacuer les produits de la combustion du gaz en fumées dès que celle-ci sera commencée.

On ouvre ensuite la vanne à air de combustion située près de la vanne à gaz ou sur celle-ci, au pied du puits de combustion, sous la vanne à vent chaud, et enfin on ouvre la vanne à gaz elle-même; le gaz s'enflamme au contact de l'air et la période de gaz se poursuit pendant une heure.

Après cette heure, les manœuvres inverses sont exécutées pour remettre l'appareil à vent et se poursuivent périodiquement d'heure en heure.

Ces opérations de vannages se font encore à la main de la majorité des usines à fonte avec des organes de fermetures qui, pour l'introduction du gaz et de l'évacuation des

fumées à la cheminée, consistent en valves rotatives à tambour et en obturateurs à disques dits lunettes de Schmidt et en glissières sous les tambours.

Avec ces appareils, pour le gaz, par exemple, la manœuvre consiste d'abord à fermer le registre sous le tambour pour couper l'arrivée du gaz, puis à faire tourner le tambour sur lui-même pour le décoller de l'appareil, et enfin à fermer l'orifice mis ainsi à jour par un disque d'obturation que l'on cale énergiquement sur l'appareil, parce que dans la période de soufflage, il devra supporter la pression du vent.

Une manœuvre d'inversion complète, exécutée par l'ouvrier gazier préposé à ce travail, dure de 7 à 10 minutes, pendant lesquelles l'appareil est forcément inutilisé. Or, un laps de temps de 10 minutes sur une période d'une heure représente un pourcentage de temps de 16,5 %, pendant lequel l'appareil Cowper ne travaille pas.

Dans un fourneau moderne à deux Cowpers seulement, les manœuvres d'inversion font donc perdre 16,5 % d'un temps précieux pendant lequel l'appareil ne chauffe pas.

Pour obtenir une température déterminée de vent chaud, il faut bien tenir compte de cette perte en accroissant la surface de chauffe en conséquence, ce qui se traduit par des frais d'im-

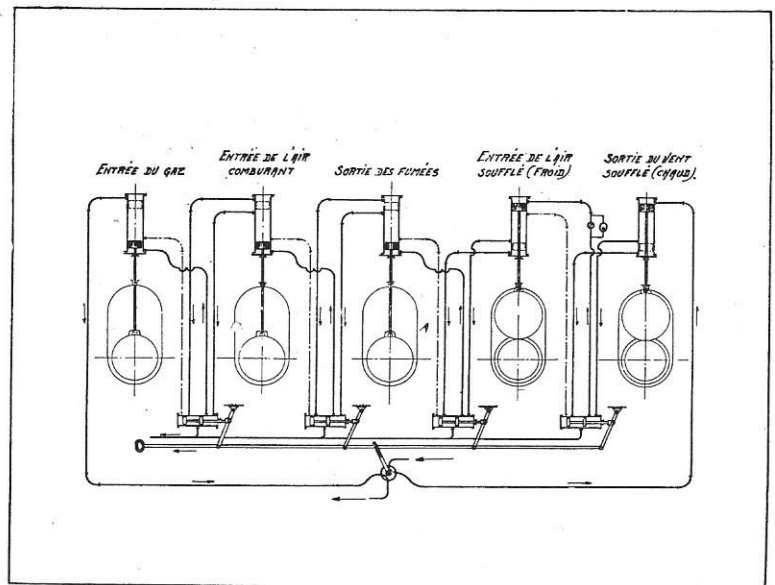


Fig. 73. — Inversion de la période à vent à la période à gaz.



mobilisation plus élevés, puisqu'il faut construire des Cowpers plus grands que ceux que l'on construirait si la période effective de chauffage était exactement de 1 heure.

Par ailleurs, le gazier doit être un homme attentif et soigneux, il doit surveiller les inversions et ne commettre aucune fausse manœuvre.

Pour éviter les conséquences d'une fausse manœuvre, la firme Zimmermann a imaginé de rendre les manœuvres automatiques et voici comment le résultat a été atteint.

Supposons que l'appareil est au gaz et qu'il doive être mis à vent.

Sur la figure 71, on voit que chacune des cinq vannes principales nécessaires au fonctionnement d'un Cowper est pourvue d'un cylindre à air comprimé qui la commande.

Les mouvements à effectuer successivement sous la dépendance d'un servo-moteur à quatre cylindres ou distributeurs. La figure 72 représente un tel distributeur installé sur le plancher de travail du fourneau; on y voit les divers cylindres placés les uns à côté des autres, ainsi que les manettes de commande.

Mais pour la facilité des explications, les différents cylindres du distributeur sont représentés sur la figure 71, à côté de chaque vanne respective.

D'un seul coup de manette, on a incliné vers la gauche tous les leviers verrouillés ensemble et maintenus dans cette position pendant toute la durée d'une inversion. L'air comprimé marche alors dans le sens indiqué par la flèche, à travers un robinet à quatre voies et se rend dans l'espace supérieur du cylindre de commande de la vanne à gaz; le piston est poussé vers le bas et la vanne s'abaisse en fermant l'entrée du gaz dans l'appareil Cowpers.

La face opposée du piston est reliée par une conduite à l'espace médian du premier cylindre de distribution du poste de commande; cet espace médian débouche dans la conduite commune K dans laquelle débouche également tous les espaces médians de tous les cylindres de distribution, et communique à l'air libre, évacuant l'air emprisonné.

Dans le bas de sa course, le piston du cylindre actionnant la vanne à gaz démasque la conduite par laquelle l'air comprimé pénètre dans la chambre arrière du premier cylindre distributeur

et de là, par une nouvelle conduite, dans l'espace supérieur du cylindre moteur de la vanne à air comburant.

Le piston descend et ferme cette vanne. Dans sa position finale, le piston moteur découvre une tuyauterie qui, par l'intermédiaire du second cylindre de distribution va commander la fermeture de la vanne à la cheminée et puis, passant par le troisième cylindre de distribution, ouvre la vanne à air et enfin, par l'intermédiaire du quatrième cylindre distributeur, ouvre la vanne à vent chaud.

Comme les deux dernières vannes ci-dessus doivent s'ouvrir, contrairement aux trois premières qu'il s'agissait de fermer, on a établi un croisement des tuyauteries entre les cylindres moteurs de ces deux groupes de vannes, de façon que l'air comprimé pénètre dans les cylindres de commande des vannes du second groupe par l'espace inférieur dans le but de les ouvrir.

Pour que la levée et la fermeture des différents organes se fasse avec douceur, on a prévu dans chaque piston un canal amortisseur; l'air comprimé est ainsi arrêté un peu avant la position de fermeture et la section totale de l'ouverture d'entrée dans le cylindre n'est démasquée qu'après que le piston a parcouru un certain trajet en arrière. Ceci est très important surtout pour l'ouverture de la vanne à vent froid.

On sait, en effet, que, lorsqu'on produit l'ouverture de cette vanne à la main, le gazier procède avec précaution et d'une petite quantité seulement, au début pour permettre à l'air sous pression de remplir lentement l'appareil Cowpers. Ce n'est qu'après remplissage, lorsqu'a cessé le sifflement caractéristique de l'air sous pression qui s'engouffre qu'il achève l'ouverture complète de la vanne à vent froid.

Cette manœuvre a un double but, en premier lieu de ne pas mettre brusquement l'appareil sous pression et ensuite de ne pas emballer la soufflante.

Si le Cowpers est à vent et qu'on doive le mettre à gaz, il suffit de repousser vers la droite les leviers de manœuvres commun à tous les pistons distributeurs, comme cela est représenté sur la figure 73. On peut y suivre facilement le mouvement des vannes dans leurs nouvelles positions successives.



Pour les explications, le schéma a été réduit dans le but de les rendre faciles. En réalité, il doit y avoir une sixième vanne, c'est la vanne d'échappement de l'air comprimé dans l'appareil après fermeture des vannes à vent chaud et à vent froid et avant ouverture de la vanne à la cheminée. Avant la vanne à la cheminée, on intercale une petite vanne spéciale de vidange et l'ensemble du distributeur est alors pourvu de 5 cylindres de distributeur au lieu de quatre.

Dans les grands Cowpers de 8 mètres de diamètre, une vanne à la cheminée est insuffisante pour faire passer le volume total des fumées;

on est obligé d'en installer une seconde et d'installer un sixième cylindre au distributeur.

Enfin, à la vanne à gaz, on intercale une vanne de sécurité et un septième cylindre est prévu au distributeur. La figure 72 représente les deux postes de distribution de deux Cowpers voisins à 7 cylindres. La figure 74 représente les vannes automatiques à vent froid, à la cheminée et celle de décompression montées sur les Cowpers de nos hauts fourneaux 2 et 3.

Nous n'entrerons pas dans les détails de construction des vannes proprement dites, qui ont dû être construites dans le même esprit de sécurité

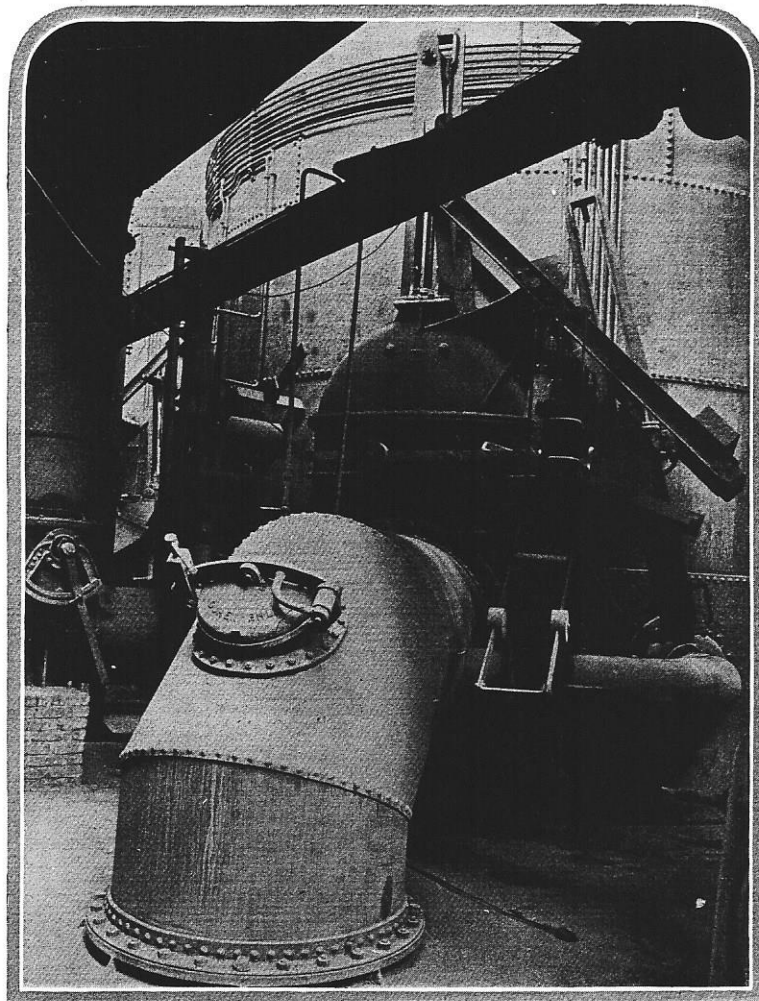
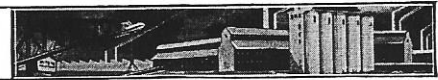


Fig. 74. — *Vue des vannes automatiques à vent froid et à la cheminée.*



que pour les anciennes. Les lunettes Schmidt permettaient, pendant la période à vent, de bien isoler le Cowpers du côté gaz et du côté cheminée pour éviter tout refoulement d'air soit dans la tuyauterie à gaz, soit dans la cheminée. De même le Cowpers était parfaitement isolé du côté gaz, les réparations et les visites peuvent se faire en toute sécurité.

Par des dispositifs appropriés, les nouveaux vannages automatiques offrent les mêmes garanties d'absolue sécurité.

En cas de défauts dans la marche automatique, des dispositions sont prises pour pouvoir effectuer les manœuvres à la main; notons toutefois que depuis trois ans nous avons cinq vannages automatiques en marche et que nous n'avons pas encore eu recours à la manœuvre à main jusqu'à présent.

Il peut arriver cependant, au début de la mise en service que, par suite d'un défaut de réglage, une vanne ne fonctionne pas et que la manœuvre d'inversion du Cowpers ne s'achève pas. Pour s'en apercevoir, il faut évidemment que le gazier suive la manœuvre et intervienne pour aider le mouvement de la vanne en cause.

Le gazier ne fait plus les manœuvres, mais il doit encore les surveiller. Pour supprimer cette sujétion, la firme Zimmermann et Jansen a complété l'installation par une signalisation électrique avec voyants lumineux qui indiquent sur un tableau central la succession des manœuvres du vannage automatique. Pour chaque vanne, il y a sur le tableau deux feux, l'un vert et l'autre rouge; la suppression du feu rouge et l'apparition du feu vert est l'indice que la manœuvre de la vanne correspondante s'est régulièrement effectuée.

Le tableau central de contrôle comporte ainsi sept feux rouges et sept feux verts par appareil; ce tableau comporte encore des débitmètres à vent et à gaz pour contrôler le débit de vent soufflé au fourneau et le débit de gaz consommé au Cowpers; en outre, des enregistreurs de la température du vent chaud et de la température à la cheminée des fumées du Cowpers, ainsi qu'un enregistreur de CO_2 et de CO dans ces fumées.

On trouve également sur le tableau un pressiomètre indiquant la pression au fourneau et un indicateur automatique du nombre de charges effectuées au fourneau, enfin les leviers de commande des distributeurs pour l'inversion des Cowpers et même un enregistreur de l'ouverture d'une vanne à vent froid de mélange à vent chaud en vue de l'obtention d'une température régulière du vent chaud soufflé au fourneau.

Une telle installation représente bien le « Commando-post » d'un fourneau. De ce commando-post on peut parfaitement suivre la marche complète du fourneau, sans devoir interroger les contremaîtres et prendre en temps utile toutes les dispositions que réclame l'allure du fourneau.

Le chef de service possède, de cette manière, le contrôle journalier du fourneau, bien en mains.

Une telle installation est en cours d'exécution dans nos usines, pour notre nouveau haut-fourneau V de 400 T.

Nous avons terminé l'étude que nous nous promettons de faire, mais le sujet est encore loin d'être épuisé et nous aurions encore beaucoup à dire sur notre nouvelle installation de pompage des eaux et aussi sur les nouvelles installations de moteurs à gaz dans nos centrales productrices d'énergie.

Nous aurons encore l'occasion de revenir sur ces sujets intéressants. Nous avons voulu montrer à nos lecteurs, étrangers à la grosse métallurgie du fer, les progrès énormes accomplis dans ce domaine depuis une dizaine d'années.

Nous avons voulu surtout montrer que ces progrès sont le résultat de l'application de la science et de la technique moderne au plus grand appareil métallurgique connu.

Cet appareil, connu depuis plus d'un siècle, n'a, en réalité, subi autant de transformations radicales que depuis le jour où une pléiade d'ingénieurs s'est fermement attachée à lui avec la ferme volonté d'aboutir et d'améliorer sa construction, sa conduite et son rendement.

Les résultats acquis font du haut fourneau l'appareil le mieux au point de toute l'industrie du fer.

FIN.