

Voies nouvelles de la production de gaz pauvre à partir des houilles

par le Dr. NISTLER, Essen.

Traduction adaptée de « Glückauf » du 12 avril 1952.

par INICHAR.

SAMENVATTING

De auteur toont de noodzakelijkheid en de economische voordelen aan van de vergassing van kolenstof. Hij beschrijft het principe van het «vlamprocédé» van de Ruhrgas A.G. en vergelijkt achtereenvolgens de evolutie der temperaturen en der concentraties van de reagerende stoffen volgens de omloop der gassen, enerzijds in de vergassingsvlam bij het kolenstof en in de gewone gasgenerator anderzijds. Uit deze studie leidt hij het constructie-principe van semi-industriële apparaten af, waarin men vervolgens de invloed van de granulometrie van het stof en de problemen gesteld door het smelten der assen en door de noodzakelijkheid met een overmaat aan brandstof te werken, bestudeerd heeft.

Deze techniek werd aldus ontwikkeld tot aan het industrieel stadium.

De bijdrage bevat talrijke thermische balanssen en inlichtingen aangaande de kostprijs van het gas.

RESUME

L'auteur montre la nécessité et les avantages économiques de la gazéification des poussières. Il décrit le principe du « procédé de flamme » de la Ruhrgas A.G. Il compare successivement l'évolution, suivant le trajet des gaz, des températures et des concentrations des corps réagissants, d'une part, dans la flamme de gazéification de poussières et, d'autre part, dans le gazogène ordinaire. De cette étude ont été déduits les principes de construction d'appareils semi-industriels dans lesquels ont alors été étudiés l'incidence de la granulométrie des poussières et les problèmes posés par la fusion des cendres et la nécessité d'opérer avec excès de combustible. La technique a ainsi été développée jusqu'au stade industriel. Le mémoire contient de nombreux bilans thermiques et renseignements concernant les prix de revient du gaz.

Les besoins croissants du marché en gaz de ville, gaz de synthèse et gaz pauvre conduisent à un développement sans cesse plus important de la gazéification des combustibles solides; un élargissement de la gamme des combustibles à gazéifier accompagne nécessairement cette extension. L'ancienne Union pour les intérêts charbonniers, à Essen, et la Ruhrgas A.G. s'occupèrent de ce problème déjà de nombreuses années avant la dernière guerre; elles construisirent, en collaboration avec la Demag A.G., une installation expérimentale de gazéification de poussier à l'usine d'azote de la Société Minière Hibernia A.G. à Herne.

Cette installation était terminée en 1943, mais par suite de la guerre, les recherches n'ont pu être menées à bien. En 1949, la Ruhrgas A.G. reprit ces travaux dans un département spécial; ils aboutirent à l'élaboration de quelques nouveaux procédés de production de gaz pauvre par gazéification de poussier dans une chambre à turbulence. Ces procédés sont décrits ci-dessous; ils ont entretemps été développés jusqu'au stade industriel.

Les procédés de gazéification de poussières présentent un intérêt tout particulier du fait qu'ils sont indépendants des caractéristiques et du degré

d'évolution des combustibles traités. En effet, tout combustible solide peut être réduit en poussière et gazéifié en lit fluide, quels que soient son pouvoir cokéfiant, son rendement en goudron et ses autres propriétés.

La grande surface externe des charbons pulvérisés assure un déroulement rapide de la réaction et permet ainsi de traiter dans un même gazogène de grandes quantités de combustible, ce qui réduit les frais d'installation et de fonctionnement.

D'autre part, il importe de tenir compte du fait que les progrès actuels de la mécanisation vont accroître sans cesse la quantité de poussières et de produits fins disponibles.

La production de gaz pauvre est d'autant plus importante dans le district de la Ruhr, qu'un grand nombre de cokeries gaspillent pour le chauffage de leurs fours le gaz de cokerie même, alors qu'elles sont techniquement à même d'utiliser du gaz pauvre. Là où du gaz de haut fourneau n'était pas disponible, on ne pouvait jusqu'à présent produire du gaz pauvre qu'à partir de coke concassé dans un générateur à grille tournante. Ce procédé, malgré des frais d'installation et de fonctionnement relativement faibles et un rendement sus-

ceptible d'être encore amélioré actuellement, ne fournit pas un gaz de remplacement économique par suite du prix élevé du coke.

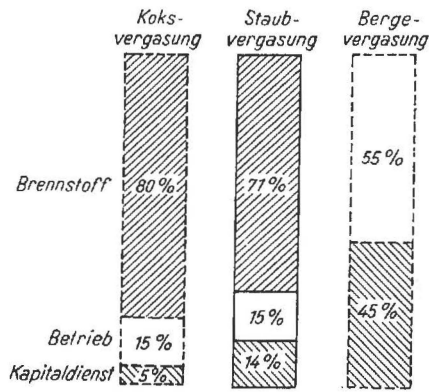


Figure 1. — Détails du prix de revient du gaz obtenu à partir de coke, de poussier et de schistes.
 Koksvergasung = Gazéification de coke.
 Staubvergasung = Gazéification de poussier.
 Bergevergasung = Gazéification de schistes.
 Brennstoff = Combustible.
 Betrieb = Frais d'exploitation.
 Kapitaldienst = Amortissement et intérêts du capital.

Il ressort de la figure 1 que le bilan économique de la gazéification des fines est approximativement semblable à celui de l'utilisation d'un gazogène; contrairement à la gazéification des déchets minéraux, les frais d'investissement et de fonctionnement de ces deux procédés sont relativement minimes. La supériorité économique de la gazéification des fines sur le gazogène à coke est due

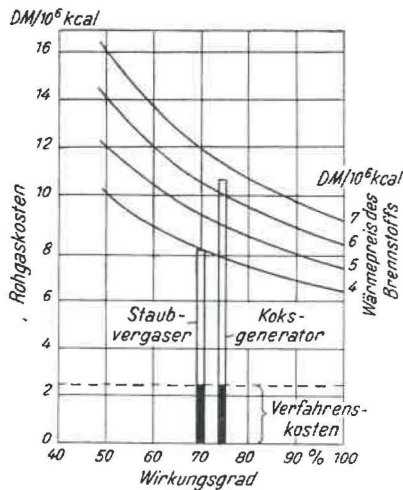


Figure 2. — Prix du gaz brut en fonction du rendement et du prix du combustible.
 DM/10⁶ Kcal = DM/10⁶ Kcal.
 Rohgaskosten = Prix du gaz brut.
 Wärmepreis des Brennstoffs = Prix du combustible.
 Staubvergaser = Appareil de gazéification de poussier.
 Koksgenerator = Gazogène à coke.
 Verfahrenskosten = Frais d'exploitation.
 Wirkungsgrad = Rendement de la gazéification.

uniquement au prix moins élevé du combustible utilisé.

La figure 2 montre l'influence du rendement de la gazéification et du prix du combustible sur le prix de revient du gaz, ces prix étant établis en DM/Kcal. Avec le coke, qui coûte déjà presque 7 DM aux 10⁶ Kcal, il est impossible de fournir du gaz de remplacement à un prix inférieur à environ 10 DM les 10⁶ Kcal. Pour des raisons de transport, on ne peut, dans le bassin de la Ruhr, utiliser du lignite ou des briquettes de lignite. Ainsi donc, sont seules utilisables les catégories de combustibles bon marché tels que les poussières de triage, les tout-venants fins, les schlammes, etc. Or, la pente des courbes de la figure 2 montre que, en gazéifiant ces combustibles relativement cendrez avec un rendement analogue à celui des gazogènes à grille tournante, on doit obtenir d'excellents résultats du point de vue économique.

Le principe du procédé développé par la Ruhr-gas A.G. est de faire réagir les poussières de charbon avec une quantité d'air sensiblement inférieure à celle nécessaire à leur combustion. Il s'agit ici d'une flamme de poussières qui est entretenue par la nette insuffisance d'air.

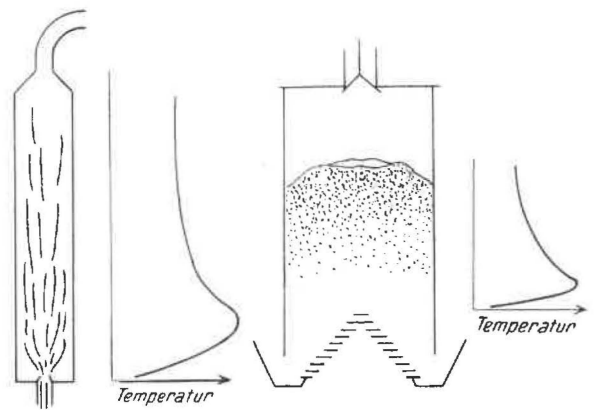


Figure 3. — Répartition de la température dans l'appareil de gazéification de poussier et dans le gazogène à coke.

La figure 3 montre la répartition des températures dans une telle flamme: la température s'élève d'abord rapidement jusqu'à utilisation complète de l'oxygène de l'air insufflé, passe par un maximum, diminue ensuite, d'abord rapidement, puis de plus en plus faiblement jusqu'au sommet de l'appareil. Cette chute de température résulte des réactions endothermiques de la gazéification; elle présente une analogie certaine avec la répartition des températures dans les couches de combustible d'un gazogène où l'on peut de même distinguer une zone d'oxydation à température croissante et une zone de réduction à température décroissante.

Mais, des différences essentielles quoique peu apparentes existent entre les deux processus de gazéification et créent des difficultés lors de la gazéification des poussières. Il y a tout d'abord une grande différence dans les concentrations des corps réagissants: en effet, si l'on parcourt dans

le sens du flux des gaz les couches de combustible d'un gazogène à lit fixe, la concentration de l'oxygène s'annule rapidement et la contraction des gaz réductibles CO_2 et H_2O atteint son maximum là où l'oxygène disparaît et diminue graduellement vers la fin du processus. Mais tout au long de celui-ci, la concentration en carbone reste constante.

Lors de la gazéification des poussières, l'évolution des concentrations des corps réagissants gazeux est identique à celle qui se réalise dans le gazogène; il existe une différence dans la variation des concentrations en carbone qui ici diminuent de plus en plus vers la fin du processus. En effet, le carbone qui se déplace avec le gaz dans la même direction que lui, est utilisé par les réactions de gazéification; la dissociation du CO_2 et de la vapeur d'eau consommant également du carbone cesse dès que celui-ci a disparu.

Il est avantageux de favoriser l'échange de chaleur et le contact des produits de la réaction par une énergique turbulence du flux gazeux. Mais, la nécessité d'un certain excès de poussier vers la fin du processus n'en est pas pour autant diminuée, car sans carbone libre, aussi violente que soit la turbulence, la dissociation du CO_2 et de la vapeur d'eau ne peut se faire.

Ainsi, comme on ne peut renoncer à cet excès de carbone, on doit éliminer du flux gazeux à sa sortie du gazogène un résidu non gazéifié. Il peut alors être utilisé par exemple pour le chauffage ou être réintroduit dans le circuit de gazéification. La première solution ne présente guère d'intérêt du fait qu'il faut coupler la gazéification du poussier avec un procédé d'utilisation du résidu non gazéifié; or on désire, dans la gazéification, utiliser des fines relativement cendreuses et la poussière excédentaire à récupérer aura une teneur en cendres encore sensiblement plus élevée même si dans le gazogène, elle n'a perdu que ses matières volatiles. On constate donc qu'il ne peut y avoir que peu d'intérêt à utiliser ultérieurement cet excès de poussier, dégazé et enrichi en cendres, alors que la deuxième solution (le recyclage de la poussière) apparaît comme tout indiquée.

Comme le montre le schéma de la figure 4, il existe plusieurs façons de réaliser ce recyclage. On peut réintroduire l'excédent de poussière dans l'appareil, soit en même temps que les fines fraîches provenant du bunker, soit en amont de l'introduction de celles-ci et avec l'air de gazéification. Cette deuxième solution est particulièrement séduisante du fait que l'entière de l'oxygène des gaz agit sur les poussières résiduelles, dégazées et riches en cendres; mais du point de vue appareillage, la première solution ou procédé à un étage, est de loin plus simple. C'est par conséquent ce procédé qui a été adopté, d'autant plus que de nombreux essais ont démontré que la gazéification complète est possible dans l'appareil à un étage.

En ce qui concerne l'élimination des scories, il y a lieu d'attirer encore une fois l'attention sur l'analogie de l'évolution des températures dans un gazogène à lit fixe et dans la flamme de poussier alimentée avec un excès de combustible. Dans

les deux cas, un maximum de température nettement visible se présente à la fin de la zone d'oxydation; mais il existe une différence essentielle dans la composition du combustible à ce maximum. Dans le gazogène à lit fixe (ou plus exactement à lit de combustible se déplaçant lentement en sens inverse des gaz) le combustible a certainement déjà perdu à cet endroit la moitié de son pourcentage en carbone. Mais il reste quand même pour une grande partie composé de carbone, de sorte qu'il est encore stable aux températures d'environ 1400°C que l'on rencontre à ce maximum. Par contre, dans la zone où la quasi-totalité du carbone est consommée, règne une température nettement moins élevée. Ce déplacement en sens contraire du combustible et des gaz permet ainsi de dépasser quelque peu la température de fusion des cendres. Il en est autrement dans le cas de la gazéification de poussier: ici le combustible se déplace dans la même direction que les gaz et les différences de grandeur des particules du combustible sont beaucoup plus accentuées que dans les procédés utilisant du combustible en morceaux, même si celui-ci n'a été classé que très imparfaitement.

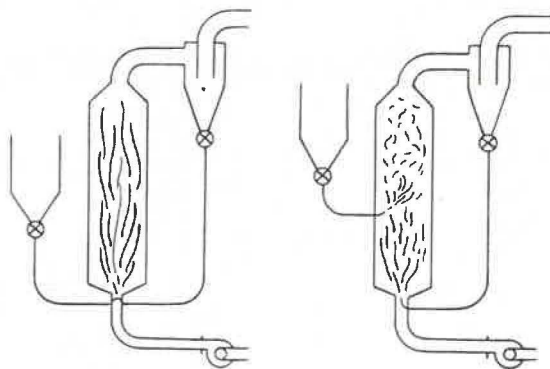


Figure 4. — Appareils de gazéification de poussier à un et à deux étages.

Il en résulte que, dans la zone du maximum de température, de nombreuses particules de poussier sont déjà complètement brûlées, de sorte que, à cette même température de 1400°C , une grande partie des cendres est liquéfiée. Pour éviter avec certitude la fusion ou le ramollissement des cendres, on devrait donc travailler à une température sensiblement plus basse que dans un gazogène à lit fixe.

Les projets tendant à résoudre ce problème n'ont pas manqué. C'est ainsi que l'on a proposé d'introduire les gaz réacteurs à des endroits différents.

Cette solution serait cependant difficile à appliquer par suite de la perte de rendement causée par la forte baisse de température.

Au contraire, il semble beaucoup plus rationnel de travailler à des températures suffisamment élevées pour liquéfier complètement les cendres, ceci en préchauffant l'air aussi fortement que possible.

La chambre de gazéification est elle-même conçue en forme de cyclone. Suivant ce principe, on assure la séparation de la scorie fondue et crée

en outre une vitesse relative élevée entre les particules de poussier et les gaz réacteurs de sorte que les réactions de gazéification se passent dans des espaces excessivement réduits; cette concentration de la source de chaleur sous un volume restreint favorise également la fusion des cendres. La possibilité de traiter une grande quantité de combustible par unité de volume et le processus de la gazéification lui-même favorisent donc la séparation des cendres sous forme liquide.

L'exactitude des considérations précédentes a été prouvée par une série d'environ 200 essais, conduits dans une installation expérimentale d'une capacité journalière de 5 tonnes. La gamme des combustibles expérimentés comprenait toutes les variétés de houilles ainsi que des lignites et de la tourbe.

Les granulométries étaient celles d'une gamme de poussières donnant entre 20 et 82 % de refus au tamis 4 700; ces finesses correspondent à peu près à celles des poussières de triage. Il résulte des essais que l'influence de la granulométrie des poussières est particulièrement minime.

Dans cette installation expérimentale, l'élimination de la scorie a été réalisée par coulée discon-

tinue. Les charbons traités avaient une teneur en cendres allant jusqu'à 30 %.

Dès que les essais eurent prouvé que même les charbons donnant les cendres les moins fusibles pouvaient être gazéifiés par le procédé, une installation expérimentale complète, de 14 tonnes de capacité journalière, a été montée et mise en activité; elles comprenait tous les éléments nécessaires, depuis le dispositif de broyage du charbon jusqu'aux installations d'épuration complète du gaz, avec élimination continue des scories.

Le pouvoir calorifique du gaz obtenu correspond approximativement à celui d'un gaz de haut fourneau.

Un charbon flambant à 24,4 p. c. de cendres, 1,8 p. c. d'humidité et 30,2 p. c. de matières volatiles, a donné par exemple un gaz pauvre de composition suivante : 5,3 p. c. de CO_2 , 22,1 p. c. de CO , 12,6 p. c. de H_2 et 60 p. c. d'azote.

Le pouvoir calorifique supérieur était de 1 051 Kcal/Nm³ et l'inférieur de 991 Kcal/Nm³. On n'y trouve que des traces de méthane. L'examen du bilan thermique de la gazéification dans l'installation expérimentale a permis d'établir le schéma de l'utilisation de la chaleur représenté à la figure 5.

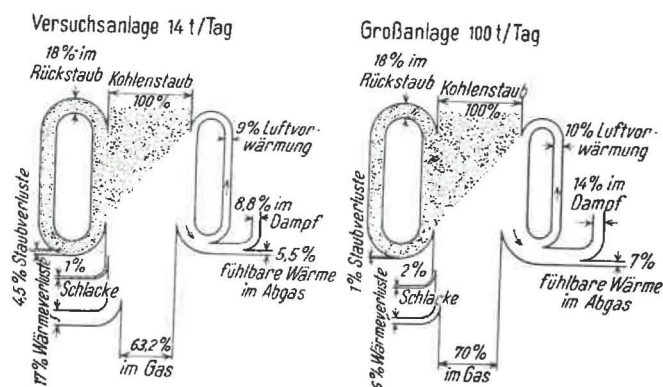


Figure 5. — Bilan thermique de la gazéification.

Versuchsanlage 14 t/Tag	= Installation expérimentale 14 t/jour.
18 % im Rückstaub	= 18 % dans le poussier recyclé.
Kohlenstaub 100 %	= Poussier 100 %.
4,5 % Staubverluste	= 4,5 % pertes en poussier.
1 % Schlacke	= 1 % scories.
17 % Wärmeverluste	= 17 % pertes calorifiques.
9 % Luftvorwärmung	= 9 % préchauffage de l'air.
8,8 % im Dampf.	= 8,8 % dans la vapeur.
5,5 % fühlbare Wärme im Abgas	= 5,5 % de chaleur sensible dans le gaz final.
Grossanlage 100 t/Tag	= Installation industrielle 100 t/jour.
18 % im Rückstaub	= 18 % dans le poussier recyclé.
1 % Staubverluste	= 1 % pertes de poussier.
Kohlenstaub 100 %	= Poussier 100 %.

Le gaz pauvre emporte environ 63 p. c. de l'énergie calorifique du combustible sous forme de chaleur latente. Une autre partie de cette énergie calorifique est réintroduite dans le circuit avec l'excès de poussier non gazéifié.

La chaleur sensible du gaz est utilisée dans le préchauffeur de l'air de gazéification, qui recycle ainsi une grande partie de la chaleur sensible.

Une autre partie de cette chaleur sensible est utilisée dans une chaudière à vapeur. Il résulte de tout cela que 72 p. c. du potentiel thermique du combustible sont utilisés dans l'installation expérimentale. Les pertes par conductivité et rayonnement s'élèvent à 17 p. c. et sont par conséquent très élevées, de même que les pertes de poussier lors de la réintroduction de l'excès de combustible.

Dans une installation industrielle d'une capacité journalière de 100 tonnes, ces deux sources de pertes calorifiques diminueraient de sorte que l'on peut espérer un rendement de 70 p. c. et, si l'on tient compte de la vapeur produite, une utilisation de la quantité totale de chaleur de l'ordre de 84 p. c.

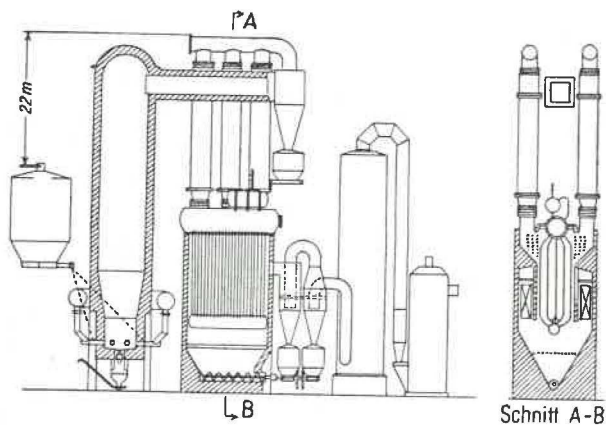


Figure 6. — Générateur de gaz pauvre pour 1.000 tonnes de poussier de charbon par jour.
Schnitt A-B = Coupe A-B.

L'esquisse de projet d'installation, représentée à la figure 6 montre comment le procédé peut être réalisé industriellement. Une série de tuyères disposées tangentiellement injectent du poussier

et de l'air fortement préchauffé dans une chambre-cyclone.

La scorie liquide, essorée par le tourbillon gazeux, s'écoule sans arrêt par un orifice ménagé dans le fond de la chambre et est granulée dans un bain d'eau. Les gaz d'abord dépoussiérés en grande partie par un cyclone, traversent le réchauffeur d'air et la chaudière de récupération. Ils sont finalement épurés complètement par un Multiklon, un laveur et enfin un électro-filtre.

Jusqu'à présent, les recherches se sont limitées au problème le plus immédiat de la production de gaz pauvre par gazéification par l'air. Le procédé peut toutefois certainement être appliqué à la fabrication de gaz de synthèse à l'aide d'un mélange vapeur-oxygène. Il faut même s'attendre à ce que la possibilité de régler la concentration d'oxygène du mélange gazeux rende plus facile cette nouvelle application du procédé. Le rendement sera également plus élevé que lors de la gazéification par l'air, les pertes thermiques dues à l'important volume d'azote de l'air étant éliminées.

Un mot encore au sujet du prix de revient du gaz : les frais d'installation et de fonctionnement du nouveau procédé ne dépassent certainement pas ceux d'une installation avec gazogène à grille tournante; le rendement sera pratiquement le même; le bénéfice résultant de l'utilisation d'un combustible meilleur marché va donc se retrouver entièrement dans le prix de revient du gaz.