

Examen des charbons destinés à l'injection dans les hauts fourneaux

L' injection de charbon dans les hauts fourneaux contribue à accroître leur productivité, à réduire la consommation de coke et à améliorer le contrôle du procédé, en plus de s'avérer moins énergivore que les opérations entièrement à base de coke. Pour obtenir le maximum d'efficacité, il faut soigneusement doser les caractéristiques du charbon injecté pour adapter celui-ci au fonctionnement du haut fourneau utilisé.

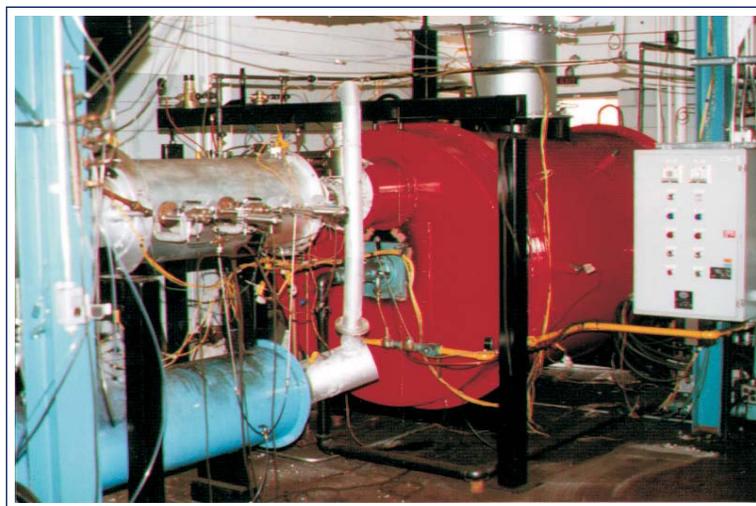


Fig. 1 Réacteur à l'intérieur de l'usine pilote d'injection du charbon au CTEC

Les propriétés du charbon influent sur la combustion du charbon, le refroidissement du chemin de roulement et la quantité de coke qu'il est possible de remplacer par du charbon injecté. Le contenu en carbone, en hydrogène, en oxygène et en matériaux volatils détermine, au premier chef, ces propriétés. Il en va de même de la quantité, de la composition et de la température de fusion des cendres.

Des études réalisées au Centre de la technologie de l'énergie de CANMET (CTEC) ont démontré que plusieurs charbons canadiens, disposant d'un contenu de moyen à bas en matériaux volatils, présentaient d'excellentes caractéristiques en vue de l'injection à l'intérieur des hauts fourneaux.

Les charbons les plus acceptables présentent une bonne combustibilité, se composent de produits de combustion

réactifs et exigent un refroidissement minimum du chemin de roulement. Les charbons qui montrent de faibles effets de refroidissement peuvent être injectés en grandes quantités avec des hausses compensatoires légères ou nulles des températures à l'intérieur du fourneau.

Services

Les capacités en laboratoire du CTEC sont uniques en Amérique du Nord, et peut-être même au monde. Les employés du CTEC exécutent et fournissent, tout en respectant le caractère confidentiel :

Des études de modélisation et de simulation

- amélioration maximale du procédé lié aux hauts fourneaux;
- évaluation des charbons pour voir s'ils conviennent à l'injection dans les hauts fourneaux.

Des études expérimentales et en usine pilote

- évaluation de la combustion du charbon dans des conditions reproduisant celles que l'on retrouve dans les hauts fourneaux;
- évaluation de la réactivité des produits de combustion et du coke placés dans des conditions de chemin de roulement (1 800°C et faisant appel à une analyse thermogravimétrique).

Les clients se voient offrir des avis et des recommandations relativement à l'amélioration du procédé utilisé à partir des résultats obtenus.

L'expérience montre que les producteurs de charbon et les exploitants de hauts fourneaux ont besoin des résultats obtenus à la suite des études mentionnées précédemment afin de commercialiser et de sélectionner les divers charbons destinés à l'injection.

Combustibilité

La figure 1 montre le réacteur placé dans l'usine pilote d'injection du charbon du CTEC. Celui-ci sert à simuler les conditions régnant dans les tuyères des brûleurs pipes que l'on retrouve dans les hauts fourneaux grâce à :

- des températures de fourneaux allant jusqu'à 900°C;
- des géométries variables du schéma de débit;
- les diverses vitesses de l'air chaud qui vont jusqu'à 150 mètre à la seconde (M/s);
- les diverses vitesses du charbon injecté qui vont jusqu'à 30 M/s;
- les périodes de séjour qui peuvent atteindre 20 microsecondes;
- les concentrations en oxygène dans le haut fourneau, qui peuvent atteindre 30 %, afin de simuler le fonctionnement le plus perfectionné d'un tel appareil.

On procède à des échantillonnages aux étapes intermédiaire et finale. Les échantillons obtenus sont examinés en ayant recours aux procédés suivants :

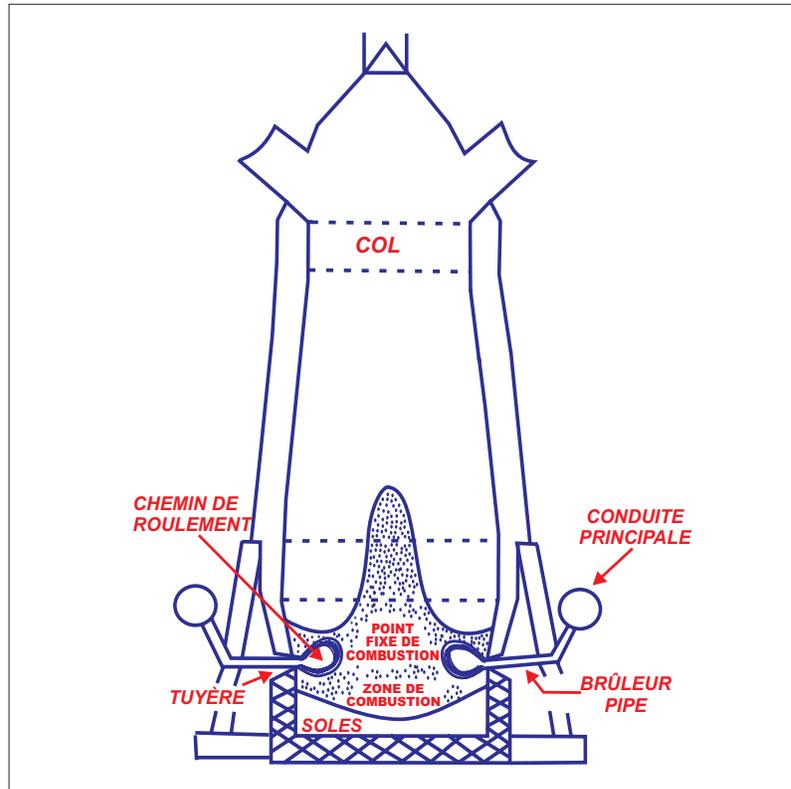


Fig. 2 Schéma d'un haut fourneau et des accessoires cités

- l'analyse chimique ;
- l'analyse thermogravimétrique ;
- la microscopie électronique à balayage ;
- l'analyse microscopique optique.

La réactivité des produits de combustion fait l'objet d'une analyse et d'une comparaison avec celle du coke en ayant recours à l'analyse thermographique dans des conditions simulées de chemin de roulement établies à 1 800°C et dans des compositions gazeuses qui sont les suivantes :

- a) CO₂ 10 %; O₂ 2 %; N₂ 88 %
- b) CO₂ 10 %; O₂ 5 %; N₂ 85 %

Modélisation et simulation

Les membres du CTEC ont élaboré trois modèles informatiques de fonctionnement des hauts fourneaux pour servir aux études destinées à leurs divers clients.

1 — Simulateur d'injection dans les hauts fourneaux

Ce modèle est utilisé pour prévoir l'effet de refroidissement et les propriétés de remplacement du coke des charbons, ainsi que la réaction du haut fourneau à l'injection de combustibles auxiliaires.

Ce modèle présuppose des conditions stables et permet de simuler l'interaction complexe entre les procédés chimiques et physiques dans la tuyère et le chemin de roulement. Il repose sur le principe de la conservation de la masse et de l'énergie.

Le carbone, l'oxygène et le fer sont évalués en ayant recours à des équations d'équilibre de la masse. Des équations d'équilibre de l'enthalpie servent, quant à elles, à représenter l'énergie dans la zone de combustion et dans le cœur du fourneau.

Le modèle permet de déterminer ce qui suit :

- le taux de coke;
- la composition du gaz de gueulard;
- la température de la flamme adiabatique du chemin de roulement (TFACR);
- les changements de TFACR par quantité unitaire de produit d'injection;
- la quantité admissible de charbon injecté en tant que fonction de changement dans la TFACR (kg/100°C);

- le taux d'injection admissible à une TFACR constante relativement à ceux du gaz naturel et du pétrole;
- le rapport de remplacement du coke (c'est-à-dire le rapport massique du coke remplacé en comparaison de la masse de charbon injecté).

2 — *Modèle de procédé de haut fourneau*

Ce modèle est utilisé pour prévoir l'effet des changements sur le fonctionnement du haut fourneau. Les paramètres d'introduction, comme l'injection de combustibles auxiliaires, l'enrichissement de l'oxygène, les propriétés du fourneau et les matériaux de charge, peuvent varier. Il s'agit là d'un outil utile pour prendre des décisions stratégiques.

Ce modèle stable se base sur les équilibres énergétiques établis pour le chemin de roulement et la zone inférieure du fourneau, ainsi que sur les équilibres massiques pour le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le fer.

Les résultats obtenus à partir du modèle comprennent ce qui suit :

- le volume du fourneau;
- le volume et la composition de la cuve et du gaz de guelard;
- la production de métal chaud et de scories;
- la température de la flamme (TFACR);
- les rapports de la réduction directe et indirecte des oxydes de fer;

- la réduction de la wustite;
- la réaction à la perte de solution;
- l'énergie nécessaire et l'énergie fournie.

3 — *Modèle dynamique*

Ce modèle est d'abord et avant tout un instrument de recherche. Les résultats qu'il permet d'obtenir viennent compléter ceux du Modèle de procédé de haut fourneau en fournissant des informations chronologiques. Il se fonde sur la cinétique de la réduction indirecte et du transfert de chaleur au sein de la cuve.

On peut utiliser les installations de R-D du CTEC selon une formule de rémunération des services.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

***Ressources naturelles Canada
Centre de la technologie de l'énergie de CANMET
1, promenade Haanel
Nepean (Ontario)
Canada K1A 1M1***

***Wes Hutney, Ph D
Chercheur scientifique
Téléphone : (613) 996-3968
Télécopieur : (613) 995-9728
Courriel : whutney@nrcan.gc.ca***



Ou visitez notre site Web à l'adresse suivante :
www.cetc-ctec.gc.ca