



PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE

TECHNIQUES D'ÉNERGIE ÉCOLOGIQUE

UN SYSTÈME EXPERT POUR FOURS VIENT AMÉLIORER LA FABRICATION DE L'ACIER

Résumé

La société Stantec Global Technologies Itée a mis au point un procédé d'amélioration basé sur un système expert pour fours (appelé EFSOP[™]) qui a fait l'objet de démonstrations aux installations de la Co-Steel Lasco situées à Whitby, en Ontario. En combinant l'analyse ininterrompue des émanations et les données en temps réel relatives au procédé, le système en question pourrait aboutir à un accroissement de la productivité des fours, à une baisse dans les coûts de production, à une amélioration des dispositifs environnementaux, ainsi qu'à l'obtention de connaissances approfondies sur la métallurgie de la fabrication de l'acier à l'aide de fours électriques à arc. Parmi les autres avantages offerts aux opérateurs de fours électriques à arc, on retrouve l'amélioration de la combustion, une

meilleure connaissance de la métallurgie, de même que la conception et l'exploitation de systèmes relatifs aux émanations.

Faits saillants

- Économies en électricité.
- Amélioration de l'efficacité de la combustion et accroissement des avantages liés au procédé.
- Période de recouvrement de moins d'un an.
- Réduction des émissions polluantes.



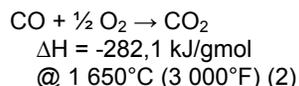
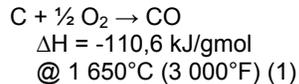
Sonde d'échantillonnage des gaz du système EFSOP[™] de Goodfellow.

L'objectif visé

L'accroissement de la production provoquée par l'utilisation de fours électriques à arc a entraîné un accroissement équivalent de la quantité d'énergie perdue dans les dispositifs de contrôle des émanations. Le recours de plus en plus répandu à des sources chimiques de production d'énergie et à l'injection d'oxygène dans ces mêmes fours a permis d'abaisser les périodes de chauffe. Trop souvent, cependant, les fours électriques à arc fonctionnent sans favoriser l'efficacité de la combustion et les avantages liés au procédé. Le présent travail visait à développer un système, lequel servirait à analyser les gaz dégagés en tant qu'instrument de contrôle et d'interprétation du procédé, cela en vue d'améliorer au maximum la fabrication de l'acier au moyen de fours électriques à arc.

Le principe

Le milieu de la combustion au sein d'un four électrique à arc détermine l'efficacité des ajouts d'énergie chimique pour la production d'énergie. L'oxydation du carbone dans un four de cette sorte se produit en deux stades, soit :



Le premier stade de la réaction (de C à CO) intervient aisément grâce au crevage par oxygène de décarburation. Très souvent, la deuxième réaction plus exothermique (de CO à CO₂) ne se produit pas dans l'espace libre se trouvant au-dessus du métal en fusion. En fait, la plus grande partie du CO s'évapore à l'extérieur du four par les gaz d'échappement, transportant avec lui de grandes quantités d'énergie. Les mesures prises ont démontré qu'une importante proportion additionnelle d'énergie pouvait être perdue sous forme d'hydrogène à la suite d'une combustion incomplète ou du craquage des gaz du brûleur et de la dissociation d'équilibre des molécules dans l'eau à des températures élevées.

La situation

Dans les usages qui caractérisent le fonctionnement actuel des fours, plus de 30 p. 100 de l'énergie totale introduite peut être perdue par l'entremise du système de traitement des gaz de dégagement. La

plus grande partie de cette énergie thermique prend la forme d'énergie chimique en puissance découlant de la combustion incomplète des hydrocarbures à l'intérieur du blindage du four. En même temps, les règlements environnementaux sont de plus en plus contraignants. Se conformer aux règlements environnementaux et aux charges thermiques élevées des gaz de dégagement pourrait exiger des investissements substantiels en capital pour accroître les capacités en matière de dépoussiéreurs à sacs filtrants ou en conduits d'eau refroidie. Certaines usines doivent maintenant faire face à des limitations de productivité découlant de l'ajout de systèmes de contrôle de la pollution atmosphérique.

Le système EFSOP^{mc} de Goodfellow comporte un ensemble d'instruments haut de gamme permettant d'évaluer la composition des gaz de dégagement. Il est également relié aux paramètres programmables de régulation logique en temps réel à l'intérieur de l'usine. En fait, le système effectue l'analyse des gaz qui se dégagent du four afin d'en déterminer la quantité de monoxyde de carbone et d'hydrogène (c'est-à-dire les produits résultant de la combustion incomplète de l'oxygène et du combustible à l'intérieur du blindage du four). Les gaz provenant du combustible utilisé peuvent représenter plus de 50 p. 100 des gaz de dégagement du four, soit une quantité considérable d'énergie. C'est ainsi que le contenu énergétique total des gaz de dégagement peut atteindre plus de 200 kWh/t (182 kWh/tonne), donc plus de 100 kWh/t (91 kWh/tonne) seraient constitués d'énergie chimique. Pour compléter l'analyse de la combustion, on établit également la concentration d'oxygène et de dioxyde de carbone à l'intérieur de l'échantillon prélevé. Le tableau 1 donne un résumé des principaux paramètres établis dans le cas d'un four de la Co-Steel Lasco. Le système met en lumière l'utilité d'une analyse chimique en continu des gaz de dégagement à titre de

Dimension du trou de coulée	137 tonnes (125 tonnes fortes)
Poids de la charge	154 tonnes (140 tonnes fortes)
Transformateur	120 MTA
Diamètre du blindage	6,25 m (20'6'')
Diamètre des électrodes	61 cm (24 '')
Genre de piquage	Dispositif excentrique de piquage sur la poche de coulée placée dans le trou de coulée.

Table 1 : Description du four électrique à arc de la Co-Steel Lasco

contrôle des procédés et d'instrument d'interprétation. Ce genre d'analyse permet aux opérateurs de fours électriques à arc d'obtenir les données nécessaires aux économies d'énergie puisqu'ils peuvent ainsi savoir quand injecter de l'oxygène supplémentaire. Si l'on veut accroître l'efficacité de la combustion à l'intérieur d'un four électrique à arc, il faudrait prendre en considération le rapport avec le brûleur, la synchronisation et le genre de carbone ajouté, ainsi que l'effet consécutif à la cadence et aux angles de crevage.

La fabrication de l'acier à l'aide d'un four électrique à arc constitue un procédé métallurgique hautement dynamique. Les réactions au sein du four et le bilan énergétique se modifient considérablement tout au long du parcours effectué par la chaleur, c'est-à-dire à mesure que le matériau à charge froide est chauffé dans le bain de métal en fusion. Dans la période de fusion du cœur et avant d'obtenir les conditions propres au bain régulier, il n'y a que peu de paramètres disponibles pour indiquer les événements métallurgiques qui se produisent.

Le système EFSOP^{mc} de Goodfellow fournit des données sans discontinuer sur la chimie du bain. Il est possible de recourir aux profils chimiques des gaz de dégagement afin de déterminer le point de chute du carbone dans l'énergie thermique. De plus, les résultats obtenus à la suite d'une analyse peuvent aboutir à une efficacité accrue de la circulation d'oxygène dans le four et atténuer les pertes excessives de production découlant d'un crevage excessif.

Outre l'énergie du procédé et les bénéfices sur le plan métallurgique, les capacités de caractérisation précise qu'offre le système EFSOP^{mc} de Goodfellow concernant la chimie des gaz de dégagement du four constituent un élément d'une grande valeur pour la conception des principaux dispositifs d'évacuation directe. Ces derniers sont destinés à recueillir les émanations provenant des fours électriques à arc. Un dispositif d'évacuation directe, dans le cas des fours électriques à arc, doit

servir à refroidir les gaz de dégagement chauds. Il s'agit alors de se conformer aux restrictions en matière de températures dans les systèmes de contrôle de la pollution atmosphérique, soit 135°C (275°F) pour un dépoussiéreur classique à sacs filtrants. La température des gaz est régulée grâce à diverses techniques comme l'emploi de conduits refroidis par eau et le refroidissement par évaporation. Il est nécessaire, au moment des interruptions de la combustion, d'introduire de l'air de dilution afin de brûler entièrement le CO et le H₂ restant dans les gaz de dégagement, une mesure indispensable pour prévenir les explosions en aval. Le mélange adéquat de l'air de combustion avec les éléments évacués du four est également important pour assurer la destruction complète des gaz de combustion et atténuer la formation d'agents polluants.

L'installation permanente du système EFSOP^{mc} de Goodfellow à la société Co-Steel Lasco est devenue entièrement opérationnelle en février 1996. Elle fonctionne depuis lors sans interruptions, ayant produit plus de 6 000 coulées avec un minimum d'entretien. Les données relatives à l'analyse et au traitement des gaz de dégagement, des informations inestimables pour l'évaluation des changements intervenus dans le procédé au cours du temps, ont été consignées pour cette période.

Depuis cette première installation du système EFSOP^{mc} de Goodfellow à la société Co-Steel Lasco, celui-ci s'est retrouvé dans des aciéries aux États-Unis et au Royaume-Uni

Le rendement du système EFSOP^{mc} de Goodfellow a fait l'objet de vérifications dans le cadre du Programme de vérification des technologies environnementales. Ce dernier vise à soutenir le secteur canadien de l'environnement en permettant une vérification crédible et indépendante des revendications faites en matière de rendement technologique. Le journal *Financial Post* a, en octobre 1998, attribué une médaille d'argent au système

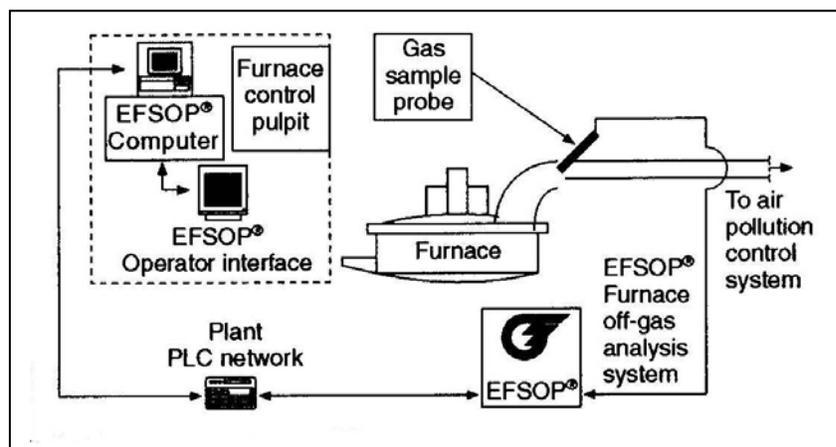


Figure 1 : Schéma relatif aux appareils qui composent le système EFSOP^{mc} de Goodfellow.

EFSOP^{mc} pour souligner ses mérites dans le domaine de la technologie de l'environnement.

L'entreprise

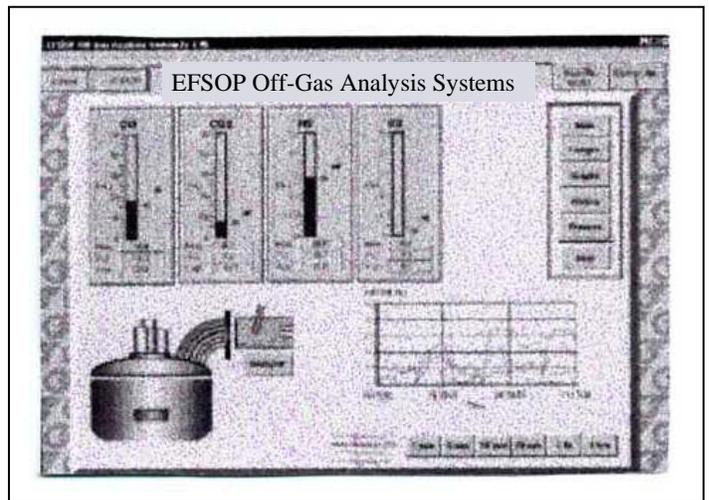
La société Stantec Global Technologies Itée est une entreprise de technologie possédant des bureaux à Mississauga, en Ontario. La société mère de celle-ci a son siège social à Edmonton, en Alberta. Les activités menées en matière de recherche et de développement ont abouti à la réalisation d'un prototype du système novateur.

Les aspects économiques

Il y a une énorme différence entre les méthodes de fabrication de l'acier utilisées à la Co-Steel Lasco en 1996 et celles qui caractérisaient le système EFSOP^{mc} en 1997. La consommation électrique, avec ce dernier, a été réduite de 35 kWh/t, tandis que les périodes sous tension l'ont été de 4 minutes par coulée. Ces changements sont substantiels et, en se basant sur les coûts propres à ces installations, les économies réalisées atteignent annuellement plus d'un million de dollars canadiens. La période de recouvrement, grâce à ces économies directes, était d'un peu moins d'un an.

La reconnaissance

En 1999, M. Howard Goodfellow s'est vu décerner le Prix de l'efficacité énergétique pour son travail sur le système expert pour fours à la société Stantec Global Technologies.



Une invitation à travailler avec nous

Nous sommes intéressés à collaborer avec vous. Veuillez communiquer avec le Bureau commercial pour discuter des besoins particuliers que vous auriez.

 (613) 996-8693

 cetc-bdo@nrcan.gc.ca

Pour plus d'information SVP communiquer avec:

Jacques Guérette, PEng
Gérant, groupe de l'industrie
 (613) 996-2296
 jguerett@nrcan.gc.ca

Centre de la technologie de l'énergie de CANMET-Ottawa
Ressources naturelles Canada
1 promenade, Haanel
Nepean, Ontario, K1A 1M1
Canada

cetc.nrcan.gc.ca