

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie chimique

**CONTRIBUTION À LA CARACTÉRISATION DU RÉACTEUR
À LIT SOUFLÉ PAR PLASMA
APPLICATION DANS UN PROCÉDÉ DE GAZÉIFICATION
DU COKE DE PÉTROLE**

Thèse de Doctorat es sciences appliquées
Spécialité: Génie chimique


H. Hamdi
Hassan HAMDİ

Sherbrooke (Québec), CANADA

Septembre 2000

RÉSUMÉ

Le travail présenté dans cette thèse est consacré à la caractérisation et à la conception et réalisation d'un réacteur chimique à lit soufflé par plasma dans lequel certaines opérations telles que: traitement de minerai, gazéification et traitement de déchets solide pourraient être envisagées. La caractérisation comprend l'étude de l'hydrodynamique, du transfert de chaleur et de l'attrition dans le réacteur. À la dernière phase du projet, la gazéification du coke de pétrole par le dioxyde de carbone a été explorée.

Une attention particulière a été accordée à l'étude de l'hydrodynamique qui conditionne le bon fonctionnement du réacteur. La géométrie à la base du réacteur s'avère être un paramètre de design important qui influence l'existence de zones de poudre stagnantes et la circulation dans le lit. L'étude paramétrique, incluant l'angle de cône comme paramètre géométrique, a permis d'établir deux corrélations qui permettent de prédire le point de transition lit fixe-lit soufflé. Les paramètres opératoires variés sont la taille des particules, le débit de gaz plasma et la puissance d'alimentation de la torche. Une taille de poudre critique en bas de laquelle le lit soufflé par plasma est instable a été déterminée. Elle est de l'ordre de 0.450 mm pour le solide utilisé (Alumine). Les corrélations établies montrent que l'hydrodynamique est contrôlée par les conditions à l'entrée du réacteur: température enthalpique et vitesse du jet.

L'étude du transfert de chaleur est basée sur les bilans d'énergie sur les différents éléments du système: torche, réacteur et solide granuleux. Un modèle global pour l'estimation de la température moyenne du lit qu'on peut atteindre sous différentes conditions opératoires a été mis au point. Le modèle montre l'importance des pertes thermiques et leur influence sur le niveau de température maximal réalisable en régime permanent. Les pertes mesurées montrent l'importance des pertes radiatives, par la fontaine au dessus du lit, qui représentent 60 % de l'énergie thermique injectée dans le lit.

L'étude de l'attrition a montré que l'attrition est d'autant plus sévère que la puissance d'opération est élevée et que la taille des particules est plus grande. Dans la gamme des conditions d'opération étudiée, le taux de fines produits varie de 4 à 33% de la charge solide dans le réacteur. La réduction du diamètre moyen de la poudre varie de 4 à 59% de la taille

moyenne de la poudre initiale. La fragmentation des particules par chocs thermiques et chocs inter particules dans le jet contribue de manière importante à l'attrition dans le réacteur à puissance d'opération élevée. La mesure du facteur de forme des particules avant et après traitement dans le réacteur a montré une sphéroïdisation des particules. Ce phénomène étant dû à la fusion partielle de la surface des particules (plus important pour les particules de faible taille) et à la régularisation de la forme par friction inter particules dans l'anneau ainsi que par chocs inter particules dans le jet.

La gazéification du coke de pétrole par le dioxyde de carbone a permis de tester l'utilisation du procédé à lit soufflé par plasma comme réacteur chimique solide/gaz. Le taux spécifique de gazéification obtenu au cours des expériences varie entre $183 \cdot 10^{-5}$ et $334 \cdot 10^{-5}$ g/g/min. Ces taux sont de 3 à 6 fois supérieurs à ceux mesurés par certains auteurs dans les mêmes conditions d'opération: température, pression totale et pression partielle de CO_2 . Les taux élevés obtenus sont attribués à plusieurs facteurs:

- La contribution du plasma dans le processus réactionnel par dissociation d'une fraction de CO_2 (10 %).
- Le coke de pétrole utilisé n'est pas complètement pyrolysé ce qui augmente sa réactivité.
- L'attrition caractéristique des lits soufflés est favorable à la réaction de gazéification.

L'efficacité énergétique du réacteur peut être améliorée par un meilleur contrôle de son hydrodynamique et la réduction des pertes thermiques. L'éluvation importante observée dans le cas de particules de coke fin ($d_p < 0.425$ mm) diminue l'efficacité du réacteur. Une grande importance doit être accordée à ce phénomène dans le choix des applications. La taille de solide critique dépend des conditions hydrodynamiques d'opération (vitesse du gaz) et de la densité du solide.

REMERCIEMENTS

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur le professeur Maher Boulos, directeur du C.R.T.P., pour m'avoir accueilli dans le laboratoire des plasmas et pour son soutien, ses conseils, ses encouragements et tout le support qu'il m'a fourni. Je remercie le professeur Jerzy Jurewicz pour son encadrement, son soutien, sa disponibilité, sa confiance, sa compréhension et sa patience durant toute la durée de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également au professeur Richard J. Munz qui me fait l'honneur d'accepter de juger ce travail ainsi qu'aux professeurs Maher Boulos, Jerzy Jurewicz et Denis Gravelle qui m'honorent en acceptant d'être membres du jury de ma thèse.

Je tiens à remercier également Messieurs Serge Gagnon et Marc Couture, techniciens du C.R.T.P. pour leur support technique durant les phases de réalisation du montage expérimental. Je remercie particulièrement Monsieur Gérard Bédard, technicien du département de génie chimique, pour sa disponibilité, ses conseils techniques et pour tous les travaux qu'il a réalisés pour moi. Je remercie aussi Madame Andrée Paradis, secrétaire du C.R.T.P, pour sa gentillesse et sa disponibilité.

Que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail trouvent ici ma gratitude et mes sincères remerciements.

Je remercie la Banque Islamique pour le Développement (I.D.B) pour l'aide financière, dans le cadre des bourses de mérite, qu'elle m'a accordée.