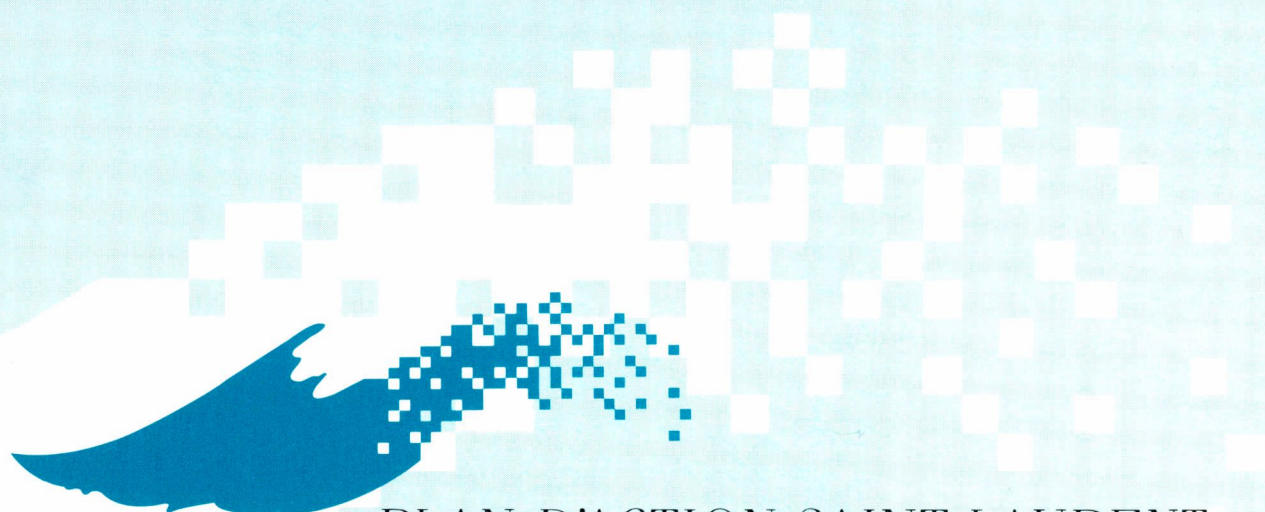
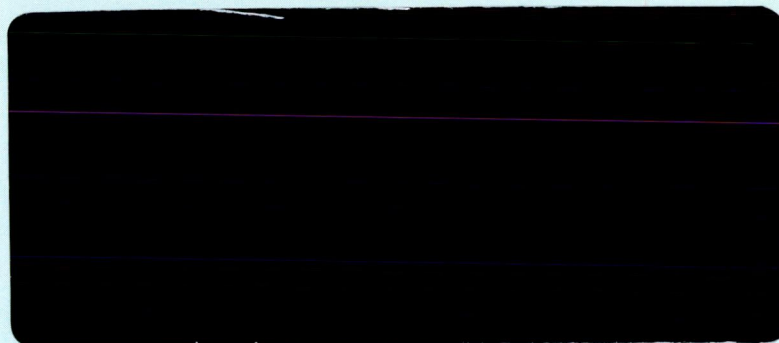




PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE ACTION PLAN

243150

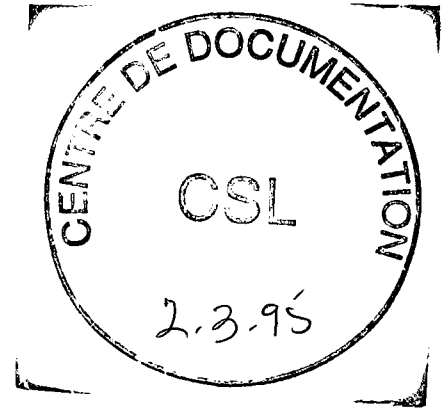


Québec 

Sommaire exécutif

*Étude de faisabilité et de démonstration
Régénération des sables de fonderie
par le procédé «Gaz-Contact»*

Dossier: 4954-10/D-392



Soumis par:

Groupe DATECH

Société en commandite Gaz Métropolitain Inc.

et

Centre des technologies du gaz naturel

Promoteur:

Groupe DATECH - Société en commandite Gaz Métropolitain Inc.

avec l'assistance financière du

Centre St-Laurent d'Environnement Canada

Octobre 1993

AVIS DE REVISION

Le présent document n'a pas été révisé de façon détaillée par la Section du Développement technologique d'Environnement Canada (région du Québec) et son contenu ne reflète pas nécessairement les vues et politiques d'Environnement Canada. Toute mention d'une marque déposée ou d'un produit commercial ne constitue nullement une recommandation de la part d'Environnement Canada.

Les personnes désirant faire part de leurs commentaires sur la teneur du présent rapport sont priées de les adresser à:

Environnement Canada
Section du développement technologique
685 rue Cathcart, 8e étage
Montréal, Qc H3B 1M6

A/S Monsieur Gérald Girouard
(514) 283-9274

RÉSUMÉ

L'étude proposée s'inscrit dans le cadre du projet de régénération thermique des sables de fonderie et est dirigée par Gaz Métropolitain et le Centre des technologies du gaz naturel.

Le sable est utilisé en fonderie pour la fabrication de moules et de noyaux dans lesquels le métal en fusion est coulé. Lors de la fabrication du moule, la tenue de celui-ci est assurée par une résine polymérisée dans la masse. Une fois le métal refroidi, le moule est brisé et la pièce métallique est ainsi récupérée. À partir de cet instant les fonderies sont aux prises avec des sables usés dont une certaine quantité n'est pas réutilisable.

La régénération des sables usés de l'industrie de la fonderie est une nécessité non seulement environnementale mais aussi économique. Les sables usés contiennent des résines organiques de type phénolique ou furannique jusqu'à quelques pourcentages en poids. Leurs caractéristiques de lixiviation ne sont pas très connues mais ces sables sont, dans certains pays, considérés comme déchets dangereux. De ce fait, leurs coûts de mise en décharge sont devenus prohibitifs (jusqu'à quelques centaines de dollars la tonne). De plus, le coût du sable propre peut être lui aussi relativement élevé selon les caractéristiques de composition et de granulométrie désirée. Il apparaît donc particulièrement rentable de procéder à la régénération des sables usés; ceux-ci peuvent alors être réutilisés pour la fabrication de moules et noyaux et ainsi éviter des coûts relatifs à la mise en décharge et à l'achat de sable neuf.

La méthode de récupération des sables de fonderie par le procédé "gaz-contact" est susceptible d'offrir des avantages économiques et environnementaux. Il importe, dans un premier temps, de déterminer si ce procédé permet une régénération des sables afin que ceux-ci soient réutilisables dans la confection future de moules. L'étude de faisabilité et la démonstration industrielle sur la régénération thermique des sables de fonderies par le procédé "gaz-contact" se divise en deux phases:

- 1) l'étude expérimentale sur l'installation pilote de l'École Polytechnique,
- 2) l'implantation d'une unité de démonstration industrielle.

L'objet de ce présent rapport porte sur la première des deux étapes qui a été confiée à des chercheurs du département de Génie chimique de l'École Polytechnique de Montréal. Cette présente étude vise essentiellement trois choses.

- 1) Évaluer les performances (de régénération, énergétique et environnementales) de l'unité pilote, sous diverses conditions opérationnelles.
- 2) Déterminer les conditions opérationnelles optimales de régénération des sables de fonderie.
- 3) Évaluer l'état du projet et de lancer la phase II, c'est à dire la conception et la construction d'une unité industrielle de démonstration.

Le procédé gaz-contact a été mis au point par Gaz de France. L'unité expérimentale est composée principalement d'une alimentation continue en solides, d'un brûleur à contre-rotation, d'un four, d'une chambre de détente, d'un cyclone, d'un extracteur de fumées et d'un collecteur pour les sables traités. Cette installation utilise le gaz naturel et l'air comprimé respectivement comme combustible et comburant. Son fonctionnement repose essentiellement sur l'alimentation directe du produit à traiter au sein de la flamme.

L'étude a été faite sur trois types de sable contaminés et du sable propre. Le sable de fonderie fourni est broyé à une granulométrie représentative de celle utilisée par la fonderie participante.

Après avoir fixé le débit de solide à traiter et déterminé la puissance requise au brûleur, les principales étapes de déroulement d'un essai sont :

- la mise en route du brûleur;
- l'injection du solide après avoir stabilisé le système;
- l'enregistrement de la température des fumées à différentes positions axiales du four et du brûleur;
- la prise d'échantillons à différentes positions axiales du four (le temps minimal requis pour chaque prélèvement est de trois minutes);

- l'analyse de la quantité d'oxygène, d'imbrûlés, de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote toutes les dix à quinze minutes.

Chaque échantillon de solide prélevé est séché dans une étuve à environ 70°C puis incinéré dans un four à moufle à une température d'environ 650°C. Cette procédure permet de déterminer, la quantité de résine restante dans le produit traité.

Pour toutes les conditions opérationnelles, la température de la phase gazeuse, dans le brûleur, était d'environ de 1000°C et supérieure à 680°C dans le four. On constate que l'équilibre thermique est atteint (la température du solide est égale à la température des fumées) avant que le sable sorte de l'unité. Le sable s'échauffe au contact des fumées dans le premier 1.5m de l'unité. Plus la puissance est élevée, plus la température des deux phases est élevée.

Un degré de destruction de résine de 96.3% a été obtenu lors de l'expérience no. 12. Cette valeur correspond à la conversion de résine déjà observée pour des sables phénoliques (Mao, 1991). À l'exception de l'expérience 14, dont le débit de solide est élevé et taux d'aération faible, toutes les expériences ont permis d'obtenir un degré de conversion supérieur à 58%. D'après les informations fournies par les fonderies, il ne semble pas nécessaire d'atteindre un taux d'élimination aussi élevé que 96.3%. Comme le sable traité est réutilisé, une teneur en résine résiduelle de plusieurs pour cent (si ce n'est 10 ou 20) est acceptable.

Les essais visant à déterminer le rendement du sable régénéré dans la fabrication des moules n'ont pas été effectués par la compagnie Canadian Steel Foundries, comme il était convenu. Ces tests auraient pu permettre de déterminer le pourcentage optimal de résine tolérable dans les sables régénérés.

Les analyses pratiquées par les chercheurs de l'École Polytechnique permettent de conclure que les émissions de monoxyde de carbone sont de deux sources:

- le sable et l'air injectés dans la flamme perturbent celle-ci,
- la combustion de la résine elle-même.

Les quantités enregistrées sont élevées, il est donc nécessaire de prévoir une unité de postcombustion afin de traiter les fumées.

Les émissions de NO_x sont en grande partie dues à la présence d'azote dans la résine. Il est donc difficile d'en contrôler la formation. La quantité de NO_x émise est tout de même très raisonnable.

De plus les analyses d'Envirobec inc. ont révélé la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans des proportions assez élevées ($130 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Par l'ajout d'un postcombusteur la quantité de HAP devrait diminuer. En ce qui concerne les furannes et dioxines, les quantités sont amplement en dessous des normes.

Les analyses ont détecté la présence d'hydrocarbures imbrûlés qui est due à la perturbation de la flamme par l'injection du sable. Le post-traitement des fumées s'avère essentiel.

Par rapport aux autres procédés thermiques de régénération des sables de fonderie, les plus hautes températures auxquelles sont soumis les sables, devraient permettre une meilleure élimination des HAP, furannes et dioxines. Les données concernant les émissions des autres procédés ne sont pas disponibles pour fin de comparaison.

Donc il a été démontré que les sables de fonderie peuvent être régénérés par le procédé "gaz-contact". Des taux d'élimination de résine aussi élevés que 96.3% ont été observés, ce qui est largement suffisant pour recycler le sable pour la fabrication de moules et noyaux. En effet, il n'est pas nécessaire, pour que les moules aient une tenue mécanique satisfaisante, que toute la résine soit éliminée.

Pour les différents types de sables de fonderie considérés, les conditions opérationnelles optimales ont été observées à une puissance spécifique de $0.85 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{kg}$ et un excès d'air de 50% (ou un taux d'aération de 1.5). Les émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures

proviennent principalement de la combustion de la résine et demandent un traitement des fumées en aval de l'unité "gaz-contact".

Les émissions de particules, d'oxydes d'azote, de dioxines et furannes sont faibles, nettement inférieures aux normes ou aux recommandations applicables.

Les résultats obtenus lors de cette expérience pilote démontrent la nécessité d'ajouter au procédé "Gaz-contact" une panoplie d'accessoires. Dans un premier temps, un postcombusteur permettrait de réduire les émissions (CO-HAP) à l'atmosphère mais augmenterait la consommation énergétique du procédé. Par contre un récupérateur thermique permettrait de récupérer une partie de l'énergie contenue dans les sables traités et les produits de la combustion. Le rapport de l'École Polytechnique démontre une avenue possible à cet égard. Tout en étant techniquement réalisable, ces ajouts ont pour effet: l'augmentation des coûts d'immobilisation et des frais d'opération.

Malgré des résultats prometteurs, il est recommandé de mettre en veilleuse la suite de ce projet, qui est la poursuite du développement de la régénération des sables de fonderie par le procédé "gaz-contact": soit la conception et la construction d'une unité de démonstration aux dimensions industrielles. Cette recommandation est faite en raison de deux interrogations de notre part.

Premièrement, il faut déterminer avec certitude la qualité du sable. Il est nécessaire de s'associer à un fondeur afin de vérifier si le sable recyclé permet d'obtenir des moules répondant aux exigences de l'industrie. Pour obtenir l'information nécessaire, le fondeur devra faire des tests de résistance mécanique sur des matrices élaborées à partir des sables traités.

Deuxièmement, il est important d'identifier les besoins de l'industrie de la fonte des métaux. Pour déterminer avec plus de précision la pertinence de cette technologie, il est nécessaire d'étudier la situation actuelle des fonderies; le type de sable employé, la quantité utilisée, l'agent liant utilisé, le niveau de contamination des sables, etc.

De plus, une nouvelle technologie est en voie de développement à l'École Polytechnique de Montréal. Cette technologie offre, dans un premier temps, la possibilité de contrôler et varier indépendamment et aux besoins deux critères essentiels à la destruction thermique des résines soit le temps de résidence et la température. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant laissent présager que ce procédé offrira, avec une plus grande flexibilité opérationnelle, des résultats supérieurs. Les résultats sur les nouvelles installations pilotes sont attendus vers le deuxième trimestre de l'année 1994.

Les résultats des travaux à venir, devraient permettre aux gens impliqués dans le dossier, de prendre une décision éclairée quant à l'orientation globale du projet de régénération des sables de fonderie.

SUMMARY

The present report covering the thermal regeneration of foundry sands, is sponsored by Gaz Métropolitain Inc. and the Natural Gas Technology Centre.

The sand in the foundry industry is used to form molds in which the molten metal is poured. Polymer resin is used to increase the strength of the molds. After the pouring process and cooling down, the mold is broken to retrieve the molded piece. Thereafter a substantial amount of non-reusable sand is left behind for disposal.

The regeneration of used sands is interesting for environmental and economic purposes. The used sands contain organic resins of the phenolic or furanic type, up to few percentage points on a mass basis. Their lixiviation properties are not well known, and in certain countries, the rejected sands are considered as dangerous waste. The cost of their disposal is becoming prohibitive (up to a few hundred dollars per ton). Furthermore, the cost of new sand (non-contaminated) can also be expensive pending on the quality and the granulation. The regeneration of used foundry sands becomes interesting in terms of cost for disposal and purchased new sands and protection of the environment. The regenerated sand can be reuse in the process.

The "gas-contact" process of foundry sand regeneration is likely advantageous from both environmental and economic points of view. The first goal of the project is to determine: If this process can regenerate sands usable in the fabrication of new molds. The feasibility study and its industrial demonstration of thermal regeneration of foundry sand by the "Gas-contact" process consist in two phases:

- 1) The experimental phase on the pilot unit located at the Chemical Engineering department of Ecole Polytechnique of Montreal,
- 2) The construction and experimentation of an industrial unit.

This report covers the first phase that has been contracted to some researchers of Chemical Engineering departement of Ecole Polytechnique. This feasibility study has essentially three goals:

- 1) To evaluate the performances of the pilot plant, under different operating conditions in terms of regeneration capability, energy consumption and environnemental impact;
- 2) To determine optimum operating parameters for an industrial application;
- 3) To evaluate the relevance to pursue with phase II: the construction of an industrial unit.

The "gas-contact" process was developped by "Gaz de France". The pilot unit comprises: a continuous feeding system, a counter-rotation burner, a combustion chamber, an expansion chamber, a dust collection cyclone, a gas extractor and a collector for treated sands. This unit uses natural gas and compressed air respectively as fuel and combustive agent. Its basic principle is to feed the material to be treated directly into the flame within the burner.

The experimentations have been conducted with three types of contaminated or used sand and new sand. the utilisation of the different sands should permits to detemine the effect of the quantity of resin on the regeneration capability of the process. The used sand is grounded to the specifications of the participating foundry.

The main steps of each test are, after determinating the solid flow rate and the thermal heat input of the burner:

- Start-up of the burner,
- Feed of the sand after stabilization of the system,
- Monitoring of the temperature of flue gas at different axial position along the combustion chamber and burner,
- Sample taking of the in-process sand at different axial position along the combustion chamber (minimal elapsed time between samples is 3 minutes),

- Analysis of flue gas for oxygen content: carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxide... were taken every 10 to 15 minutes.

Each sample of treated sand is dried in an oven at a temperature of 70°C and incinerated at a temperature of 650°C. This procedure allows the determination of residual resin in the treated sand.

For all tests, the temperatures were maintained at 1000°C at the burner and more than 680 °C in the chamber. The thermal equilibrium is reached (the temperature of the solid is equalled to the temperature of the flue gas) before the sand leaves the chamber. The thermal exchange occurs at the contact of the sand with the flue gas in the first 1,5 m of the unit.

A level of destruction of 96.3% of the resin has been reached during test #12. This value corresponds to resin conversion previously observed on phenolic sands (Mao 1991). Except for test #14, where the feed rate was higher and the excess air level was lower, all experiments have yielded a level of resin destruction higher than 58%. The informations supplied by the foundries do not justify a level as high as 96.3%. Some residual resin is acceptable (maybe 10 to 20%).

The test to determine the properties of regenerated sand used in the fabrication of the molds were not conducted by Canadian Steel Foundries as originally agreed. These tests would have determined the optimum quantity of residual resin acceptable in the regenerated sands.

From the tests conducted by Ecole Polytechnique, it can be concluded that the emissions of carbon monoxide derive from two sources:

- The sand and air injected disturb the flame,
- The resin combustion itself.

The levels recorded are high, therefore it becomes necessary to add a post-combustion chamber to treat the flue gas.

The emission of nitrogen oxide (NO_x) derive mostly from the presence of nitrogen in the resin. Although the control of NO_x is impossible, the quantity generated is reasonable.

The flue gas monitoring conducted by Envirobec Inc. reveals a high level of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) ($130 \mu\text{g./Nm}^3$). The addition of a post-combustion should reduce these emissions. The emissions of furans and dioxines are well below the accepted standards. The analyses have shown also the presence of unburnt hydrocarbons due to the chilling of the flame. The post-combustor becomes necessary.

In comparison with the other thermal foundry sand reclamation systems, the higher temperature obtained in "gas-contact" process should allows a more complete elimination of PAH, furans and dioxines. However, data concerning the emissions by the other systems are not available for comparison.

It has been demonstrated that the "gas-contact" process can regenerate used foundry sands. Levels of resin elimination as high as 96.3% were observed , which are amply sufficient to reclaim the sand for fabrication of molds and cores.

For different types of foundry sand tested, the optimal operating conditions have been observed at specific heat input of $0,85 \text{ kW}\cdot\text{h/kg}$ with an excess air of 50% (or aeration rate of 1,5). The emissions of carbon monoxide and hydrocarbons mainly derive from the combustion of the resin and require a post-treatment downstream of "gas-contact" process unit. Emission of solid particles, NO_x , furans and dioxines are low and below standards and recommendations.

The results of this experimentation conducted on the pilot unit indicate the requirements for supplementary equipments. First a post-combustor will reduce the level of emissions (CO-PAH) while increasing the energy consumption. On the other hand a thermal recuperator would allow recuperation of some energy contained in the treated sand and combustion product. The project report by Ecole Polytechnique describes ways and means to this regard. While

technically feasible these add-on would have for effects: to increase the capitalization and operation costs.

In spite of good results, it is therefore recommended that the second phase of this project, the conception of an industrial demonstration unit, be temporarily deferred. This recommendation is based on two interrogations.

First, the quality of the reclaimed sands needs to be determined. It is necessary to involve a foundry to participate in the testing of molds meeting the industry requirements. The foundry will have to test the mechanical resistance on the molds manufactured with recycled sands.

Secondly, it is important to specify what are the relevance of this technology. To determine, with more precision, the relevance of this technology it is necessary to have some informations about the requirements of the foundry industry. These informations are the type of sand, the quantity used, the bounding agents used, the degree of contamination, etc.

Furthermore, a new technology is presently being developed by Ecole Polytechnique. This technology offers the possibility of controlling and varying independantly, as required, the two main criteria necessary for the destruction of resins and other agents. These two main factors are the residence time and temperature. The results obtained to date let to believe that this process will provide greater operating flexibility and superior results. The results from the new pilot plant are expected during the second quarter of 1994.

The results of the next study, will allow, for everyone, to take the best decision about the project orientation.

