



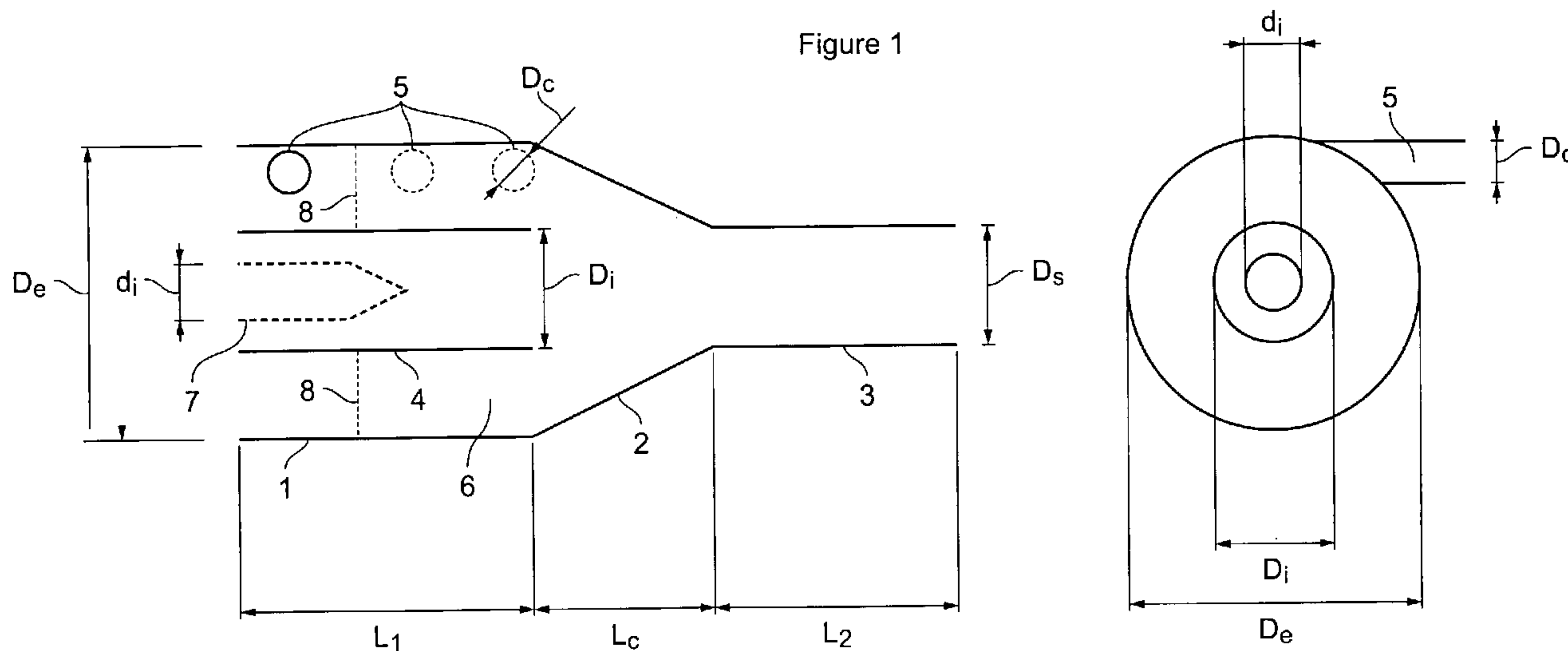
(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2009/04/29  
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2009/11/19  
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2010/10/14  
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2009/000509  
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2009/138594  
 (30) Priorité/Priority: 2008/04/30 (US12/112,140)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F23C 3/00* (2006.01),  
*F23C 7/04* (2006.01), *F23C 9/08* (2006.01),  
*F23D 11/40* (2006.01), *F23J 15/00* (2006.01)  
 (71) Demandeur/Applicant:  
 IFP ENERGIES NOUVELLES, FR  
 (72) Inventeurs/Inventors:  
 BOYER, CHRISTOPHE, FR;  
 NICOLLE, ANDRE, FR;  
 NASTOLL, WILLI, FR;  
 SANGER, ROBERT, US  
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : NOUVEAU DISPOSITIF DE CONTROLE DU PROFIL RADIAL DE LA TEMPERATURE D'UNE VEINE GAZEUSE

(54) Title: NEW DEVICE FOR CONTROLLING THE RADIAL TEMPERATURE PROFILE OF A STREAM OF GAS

Figure 1



(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention décrit un nouveau dispositif de contrôle du profil radial de la température d'une veine gazeuse destinée à être utilisée comme fluide caloporteur dans un échangeur situé en aval dudit dispositif.

## (12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2009/138594 A3**(43) Date de la publication internationale  
19 novembre 2009 (19.11.2009)(51) Classification internationale des brevets :  
F23C 3/00 (2006.01) F23C 9/08 (2006.01)  
F23C 7/04 (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2009/000509(22) Date de dépôt international :  
29 avril 2009 (29.04.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
12/112,140 30 avril 2008 (30.04.2008) US(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : IFP  
[FR/FR]; 1 & 4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil  
Malmaison Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **BOYER, Christophe** [FR/FR]; 0626, rue de la Brosse, F-69390 Charly (FR). **NICOLLE, André** [FR/FR]; NICOLLE André, 0033 Rue Lavoisier, Appartement 202, 92800 Puteaux (FR). **NASTOLL, Willi** [DE/FR]; 12, chemin de Matras, F-38370 Les Roches de Condrieu (FR). **SANGER, Robert** [US/US]; 505 West Henry Street, Mount Prospect, Illinois 60056 (US).(74) Mandataire : **ELMALEH, Alfred**; IFP, 1 et 4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil Malmaison Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

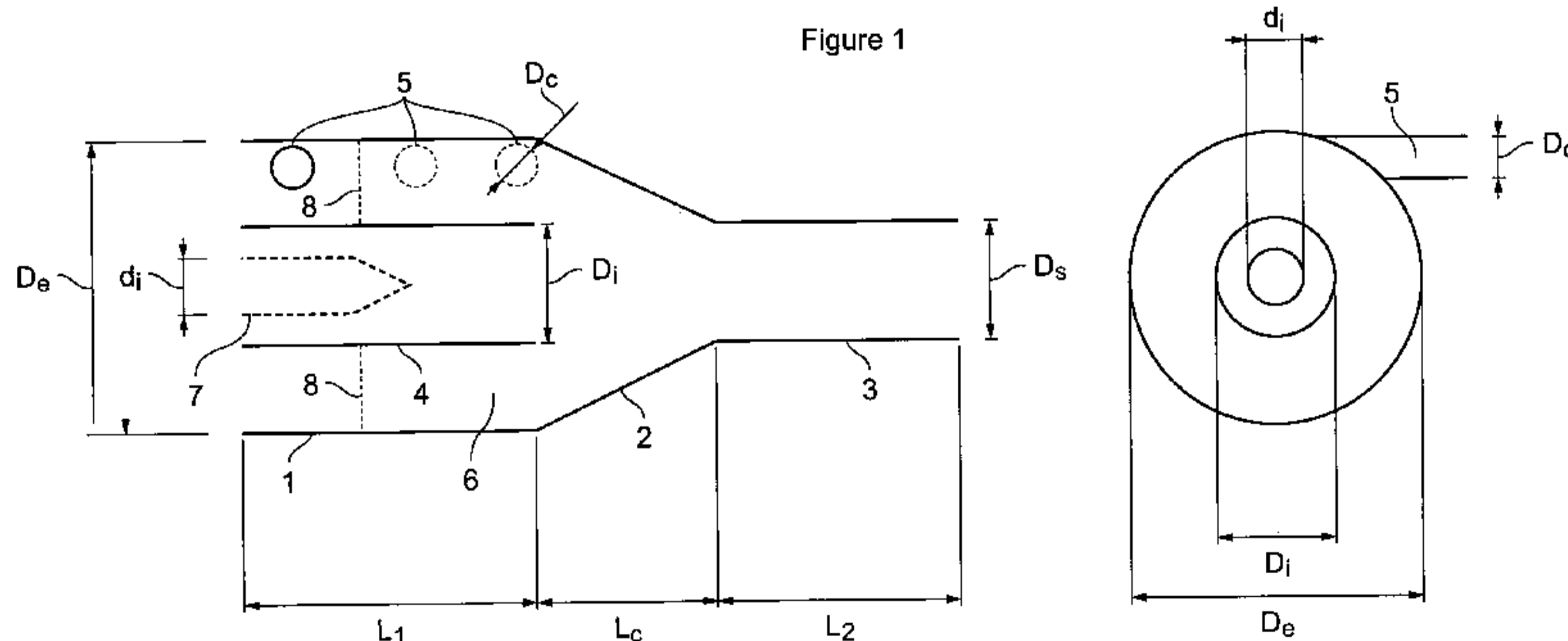
- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

(88) Date de publication du rapport de recherche internationale :

22 avril 2010

(54) Title : NEW DEVICE FOR CONTROLLING THE RADIAL TEMPERATURE PROFILE OF A STREAM OF GAS

(54) Titre : NOUVEAU DISPOSITIF DE CONTROLE DU PROFIL RADIAL DE LA TEMPERATURE D'UNE VEINE GAZEUSE



(57) Abstract : The present invention describes a new device for controlling the radial temperature profile of a stream of gas intended to be used as a heat transfer fluid in an exchanger situated downstream of the said device.

(57) Abrégé : La présente invention décrit un nouveau dispositif de contrôle du profil radial de la température d'une veine gazeuse destinée à être utilisée comme fluide caloporteur dans un échangeur situé en aval dudit dispositif.

WO 2009/138594 A3

## **NOUVEAU DISPOSITIF DE CONTROLE DU PROFIL RADIAL DE LA TEMPERATURE D'UNE VEINE GAZEUSE**

### Domaine de l'invention

La présente invention concerne un dispositif de contrôle de la température d'une veine gazeuse, la veine gazeuse constituant un fluide chaud issu par exemple d'une combustion, et destinée, après refroidissement, à être utilisée comme fluide caloporteur dans un échangeur situé en aval du présent dispositif. L'échangeur situé en aval ne fait pas partie de la présente invention et peut être d'un type quelconque.

Le dispositif selon l'invention permet à la fois de réduire la température de la veine gazeuse, tout en respectant un profil radial de température donné.

Le dispositif selon l'invention peut, par exemple, se placer le long d'un circuit de fumées, et permet de délivrer une veine gazeuse à température réduite et présentant un profil radial de température le plus homogène possible sur l'ensemble de sa section.

Plus particulièrement, le dispositif selon l'invention s'applique à des gaz de combustion disponibles à une température pouvant atteindre 2500°C, et généralement comprise entre 1000°C et 2500°C, qu'on désire porter à une température inférieure à 1000°C d'une manière parfaitement homogène, c'est à dire avec un profil radial de ladite température qui soit "plat" selon n'importe quelle section de la veine gazeuse.

Ce problème d'homogénéité radiale est complexe car la veine gazeuse chaude, par exemple issue d'une combustion réalisée au moyen d'un brûleur, présente généralement un profil radial de température marqué par des écarts importants entre la température au centre de la veine et la température en périphérie de ladite veine. Selon la technologie du brûleur utilisé et le régime d'écoulement, le plus souvent turbulent, il n'est pas rare d'observer des températures au centre de la veine gazeuse voisine de 2500°C, et des températures en périphérie d'environ 1500°C.

Le premier objectif atteint par la présente invention est d'abaisser la température d'une veine gazeuse "chaude" disponible à une température comprise entre 1000°C et 2500°C et pouvant présenter des hétérogénéités radiales de température, à un niveau inférieur à 1000°C, plus particulièrement inférieure à 700°C dans un temps donné inférieur à 1 seconde, et de manière que la veine gazeuse résultante, dite veine "froide" soit caractérisée par un profil radial de température le plus homogène possible.

Le dispositif permet en outre de ménager au niveau des parois du présent dispositif en contact avec la veine gazeuse à traiter, une zone à l'intérieur de laquelle la température de

ladite veine gazeuse est toujours inférieure à celle de la périphérie de ladite veine, et si possible inférieure à 500°C, ce qui permet de réaliser la majeure partie, voire l'intégralité dudit dispositif dans une métallurgie peu coûteuse.

Il convient de noter que ce second objectif est dans une certaine mesure antagoniste avec le premier, puisqu'il s'agit au final d'obtenir une veine gazeuse présentant un profil radial homogène, alors que le second objectif consiste à réaliser sur toute la traversée du dispositif par la veine gazeuse, un profil radial de cette dernière, caractérisé par une zone de paroi froide ( inférieure à 500°C), alors que la zone centrale peut atteindre des températures de 1500°C, ceci dans le but de protéger les parois du dispositif de températures excessives.

Le présent dispositif permet donc de résoudre un problème que l'on peut définir par deux objectifs, le premier objectif consistant à réaliser à la traversée du dispositif un profil présentant une zone de paroi froide et le second consistant à réaliser en sortie dudit dispositif un profil "plat", les deux objectifs devant être atteints en respectant un temps de séjour total inférieur à 1 seconde.

#### Examen de l'art antérieur

Le brevet US 7,018,435 B1 décrit un dispositif dans lequel le combustible est injecté à proximité de la paroi autour d'un jet de comburant de façon à assurer un bon mélange comburant/combustible avant d'entrer dans la section réactionnelle, en l'occurrence une réaction d'oxydation catalytique. Cependant, cette invention ne vise pas à contrôler la température de l'enceinte dans laquelle se déroule l'oxydation. De plus, dans cette invention, l'écoulement central n'est pas mis en rotation.

On peut mentionner également la technologie de Westinghouse dans son brûleur dit "multi annulaire" qui fait appel à un fluide refroidissement injecté dans une conduite annulaire comportant une chicane, mais dans laquelle le dit fluide n'est pas mis en rotation. De plus le brûleur utilisé dans cette technologie est nécessairement un brûleur possédant un dispositif de mise en rotation des gaz de combustion.

De manière générale, le principe d'injecter un fluide de refroidissement de manière approximativement tangentielle à l'écoulement du fluide principal en vue de refroidir ce dernier et de lui communiquer une certaine rotation, est connu de l'homme du métier.

La présente invention fournit un jeu de ratios spécifiques permettant de définir la géométrie d'ensemble du dispositif de façon à atteindre les deux objectifs précités.

#### Description sommaire des figures

La figure 1 donne une représentation schématique du dispositif selon la présente invention dans le cas général d'une veine gazeuse issue d'une combustion en amont. En pointillé sur

cette figure, on a représenté le cas particulier où la veine chaude est générée par un brûleur placé in situ, c'est à dire à l'intérieur même du présent dispositif.

Les figures 2 et 3 présentent des relevés de profil radial de la température pris dans la veine gazeuse avec le dispositif (lignes continues) et sans le dispositif selon l'invention (lignes pointillées). La figure 2 correspond à un relevé effectué à l'entrée du dispositif (partie convergente), et la figure 3 à un relevé effectué en sortie du dispositif.

Les figures 4 et 5 représentent des cartographies d'isotempératures effectuées dans un plan de coupe perpendiculaire à l'axe du dispositif.

La figure 4 est obtenue sans le dispositif, et la figure 5 avec le dispositif selon l'invention.

10

#### Description sommaire de l'invention

Le dispositif selon l'invention peut se définir comme un dispositif destiné à refroidir une veine gazeuse chaude en respectant une contrainte de température à la paroi de la dite veine gazeuse, tout au long de la traversée dudit dispositif, et un profil radial de température le plus homogène possible en sortie dudit dispositif.

Plus précisément le dispositif selon l'invention est un dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit intérieur (4) de diamètre  $D_i$  et s'écoulant sensiblement selon l'axe de symétrie dudit dispositif. Le dispositif objet de l'invention comporte:

- 20 - une enceinte cylindrique (1) de diamètre  $D_e$  entourant le conduit de diamètre  $D_i$  sur une longueur  $L_1$ ,
- une partie conique convergente (2) de longueur  $L_c$  permettant de passer du diamètre  $D_e$  au diamètre  $D_s$  strictement inférieur à  $D_e$ ,
- un conduit cylindrique (3) de diamètre  $D_s$  s'étendant sur une longueur  $L_2$ ,
- 25 - au moins une conduite d'amenée (5) d'un fluide de refroidissement de diamètre  $D_c$  située sensiblement perpendiculairement à l'axe du dispositif, et débouchant au niveau de la zone annulaire délimitée par l'enceinte cylindrique (1) et le conduit (4) de diamètre  $D_i$ .

La conduite d'amenée (5) permet d'alimenter en fluide de refroidissement la partie annulaire (6) comprise entre l'enceinte cylindrique externe (1) et le conduit interne (4).

Selon une caractéristique préférée du dispositif selon l'invention, la conduite d'amenée (5) du fluide de refroidissement est située à une distance  $d$  de la section d'entrée du dispositif,  $d/D_i$  étant supérieur à 0,1.

Selon une autre caractéristique préférée du dispositif selon l'invention, le conduit intérieur (4) contient un brûleur s'étendant approximativement sur une longueur égale à  $(L_1)/2$ .

Du fait du profil de température réalisé par le dispositif, l'enceinte cylindrique (1) de diamètre  $D_e$  est généralement en acier ordinaire.

La veine chaude à refroidir peut être générée par tout système de combustion produisant des gaz de combustion jusqu'à une température pouvant atteindre  $2500^\circ\text{C}$ . Dans certains cas, la veine gazeuse chaude est générée par un brûleur in situ, c'est à dire placé au sein du dispositif à l'intérieur de la conduite interne de diamètre  $D_i$ . Dans ce cas, la longueur du tube de flamme contenant ledit brûleur est préférentiellement comprise entre  $0,5 L_1$  et  $0,8 L_1$ .

De manière préférée, une grille (8) est disposée dans l'espace annulaire (6) dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe du dispositif à une distance comprise entre  $L_1/4$  et  $L_1/2$  de l'entrée du dispositif (correspondant à l'abscisse  $X=0$ ).

Lorsque la veine chaude est générée par un brûleur in situ, et que ledit brûleur génère un mouvement de rotation des gaz de combustion, le fluide de refroidissement est introduit dans l'espace annulaire par la conduite (5), préférentiellement de manière à produire un mouvement de rotation dudit fluide de refroidissement dans le même sens que le mouvement de rotation des gaz de combustion issus du brûleur.

L'invention peut également se définir comme un procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon la présente invention, dans lequel le fluide de refroidissement est injecté par la conduite (5) à une vitesse moyenne généralement comprise entre  $5 \text{ m/s}$  et  $80 \text{ m/s}$ , et préférentiellement comprise entre  $10 \text{ m/s}$  et  $30 \text{ m/s}$ . La dite vitesse est rapportée à la section de la conduite d'amenée (5) ou à chacune des dites conduites d'amenée lorsqu'il y en a plusieurs.

Le procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'invention permet de réaliser une zone de paroi à l'intérieur de laquelle la température est généralement comprise entre  $200^\circ\text{C}$  et  $500^\circ\text{C}$ .

Enfin, le procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'invention permet simultanément de réaliser en sortie dudit dispositif un profil radial de température homogène dans toute sa section, c'est à dire avec un écart de température

entre la température au centre de la veine gazeuse et la température en périphérie de la veine gazeuse inférieur à 35%.

#### Description détaillée de l'invention

La présente invention décrit un dispositif permettant d'abaisser la température d'une veine gazeuse chaude, contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$ , tout en garantissant son homogénéité dans toute section de ladite veine.

Le dispositif consiste en un ensemble axisymétrique comprenant:

- une enceinte cylindrique (1) de diamètre  $D_e$  entourant le conduit (4) de diamètre  $D_i$  sur une longueur  $L_1$ ,
- 10 - une partie conique convergente (2) de longueur  $L_c$  permettant de passer du diamètre  $D_e$  au diamètre  $D_s$ , strictement inférieur à  $D_e$ ,
- un conduit cylindrique (3) de diamètre  $D_s$  s'étendant sur une longueur  $L_2$ ,
- au moins une conduite d'amenée (5) d'un fluide de refroidissement de diamètre  $D_c$ , située sensiblement perpendiculairement à l'axe de symétrie du dispositif, et
- 15 permettant d'alimenter en fluide de refroidissement la partie annulaire (6) comprise entre l'enceinte cylindrique externe (1) de diamètre  $D_e$ , et le conduit (4) de diamètre  $D_i$ , le dispositif respectant les proportions suivantes:
- $L_1/D_i$  compris entre 0,5 et 2 et préférentiellement compris entre 1 et 2
- $L_c/D_i$  compris entre 0,5 et 5 et préférentiellement compris entre 0,6 et 2
- 20 -  $L_2/D_i$  compris entre 1,5 et 10 et préférentiellement compris entre 2 et 5
- $D_c/D_i$  compris entre 0,1 et 0,4 et préférentiellement compris entre 0,2 et 0,3
- $D_e/D_i$  compris entre 1 et 5 et préférentiellement compris entre 1 et 2

Pour la bonne compréhension de la suite du texte, on convient de noter X l'axe de symétrie principal du dispositif qui correspond à la coordonnée selon laquelle sont comptées les différentes longueur (  $L_1$ ,  $L_c$ ,  $L_2...$ ), et également du point de vue procédé, à la coordonnée selon laquelle la veine gazeuse s'écoule.

On convient de noter Y l'axe perpendiculaire à l'axe X, et contenant la conduite d'amenée (5).

Enfin, on convient de noter Z l'axe perpendiculaire au plan contenant les axes X et Y.

La conduite d'amenée (5) du fluide de refroidissement est préférentiellement située à une distance d de la section d'entrée du dispositif ( $X = 0$ ), telle que  $d/D_i$  est supérieur à 0,1. Cette conduite d'amenée peut être unique ou être divisée en un certain nombre de conduites d'amenée régulièrement réparties le long de l'axe X.

Dans le cas d'une multiplicité de conduites d'amenée (5), le choix du nombre et du diamètre de chacune des conduites est fait de manière à respecter à la fois le débit total de fluide de refroidissement permettant d'abaisser la température de la veine gazeuse à la température voulue, et le critère de vitesse de sortie du gaz de refroidissement.

10 Généralement, la vitesse de sortie du fluide de refroidissement au niveau de la ou des conduites d'amenée (5) est comprise entre 5 m/s et 80 m/s, et préférentiellement comprise entre 10m/s et 30 m/s.

La direction du vecteur vitesse du fluide de refroidissement au niveau de la conduite d'amenée (5) est perpendiculaire à l'axe X, de manière à induire un mouvement de rotation dudit fluide de refroidissement à l'intérieur de l'espace annulaire (6). Ce mouvement de rotation a pour effet d'homogénéiser le flux dudit fluide de refroidissement tout autour de l'espace annulaire (6), et d'homogénéiser ainsi le champ de température en périphérie du dispositif.

Il a été montré que cette rotation du fluide de refroidissement contribue à maintenir une température réduite en périphérie des parois de la zone annulaire (6) tout au long du processus de mélange avec la veine gazeuse à refroidir.

La veine gazeuse à refroidir peut être générée en amont du présent dispositif dans tout système de génération de chaleur, tel qu'un four, ou peut être générée par un brûleur placé à l'intérieur même dudit dispositif. La présente invention est compatible avec tout type de brûleur, que ce brûleur soit à pré mélange ( ou mélange préalable du combustible et du comburant) ou non. De manière préférée, le brûleur produira une flamme non pré mélangée, dite de diffusion.

La présente invention est également compatible avec tout type de combustible gazeux ou liquide. Généralement le combustible est constitué d'une coupe hydrocarbure quelconque, ou de gaz légers pouvant contenir de l'hydrogène. Le comburant est généralement de l'air mais peut également être de l'air enrichi, voir même dans certains cas de l'oxygène pur.



De manière encore préférée, le brûleur générant la veine gazeuse chaude est un brûleur comportant un dispositif de mise en rotation des gaz de combustion générés (appelé "swirl" dans la terminologie anglo saxonne). Dans ce cas, la rotation du fluide de refroidissement à l'intérieur de la zone annulaire (6) se fait dans le même sens que la rotation des gaz de combustion générés par le brûleur.

Préférentiellement, le brûleur est placé à l'intérieur d'un tube, dit tube de flamme, dont le diamètre  $d_i$  est approximativement compris entre  $0,2 D_i$  et  $1 D_i$ .

De façon encore préférée, la longueur du tube de flamme contenant le brûleur est approximativement comprise entre  $0,5 L_1$  et  $0,8 L_1$ .

10 La structure du profil radial de température de la veine gazeuse chaude, après mélange avec le fluide refroidissement, présente une zone de paroi à l'intérieur de laquelle la température de la veine gazeuse est inférieure à  $500^\circ\text{C}$  sur toute la longueur du dispositif, et inférieure à  $700^\circ\text{C}$  en tout point situé à l'aval du dispositif. Il est dans ces conditions possible d'utiliser pour les parois délimitant le dispositif et les tubulures situées en aval dudit dispositif  
15 un acier type 309 selon la norme AISI (c'est à dire de composition typique 24% de Cr et 14 % de Ni), ou tout autre acier équivalent.

Le conduit cylindrique (3) à l'intérieur duquel se poursuit l'échange de chaleur entre la veine gazeuse à refroidir et le fluide refroidissement peut subir des températures de paroi allant jusqu'à  $700^\circ\text{C}$ . Sans le dispositif selon l'invention, le choix des matériaux constituant les  
20 parois des enceintes contenant la veine gazeuse serait beaucoup plus contraignant du fait d'une température de paroi de l'ordre de  $900^\circ\text{C}$  à  $1200^\circ\text{C}$ .

L'espace annulaire (6) compris entre le conduit (4) et l'enceinte cylindrique (1) peut comporter une grille (8) disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe du dispositif à une distance comprise entre  $L_1/4$  et  $L_1/2$  par rapport à l'origine  $X=0$ . L'objectif de  
25 cette grille est d'homogénéiser les flux du fluide de refroidissement tout autour de la zone annulaire (6).

Le fluide de refroidissement est généralement de l'air à température ambiante. Il peut être également un gaz inerte tel que de l'azote, l'argon ou l'hélium. Le fluide de refroidissement peut également dans certains cas être constitué d'un mélange contenant du  $\text{CO}_2$ , tel que  
30 des fumées suffisamment froides et ne contenant pas d'eau (fumées dites "sèches").

Dans un cas particulier lié à l'utilisation en aval de la veine gazeuse comme fluide caloporteur, le fluide de refroidissement peut être constitué au moins en partie d'une fraction

de la veine gazeuse refroidie, après son utilisation comme fluide caloporteur dans un échangeur situé en aval.

#### Exemple selon l'invention

5 On fournit un exemple comparatif portant sur une veine chaude avec et sans le dispositif selon l'invention.

Les deux effets, 1) de création d'une zone de paroi refroidie sur une portion définie du dispositif et 2) de confinement de la veine gazeuse à l'intérieur d'un pinceau cylindrique sont clairement démontrés.

10 Une veine chaude est produite par un brûleur placé à l'intérieur du conduit de diamètre  $d_i$ . Le brûleur a une longueur égale à 250mm.

Les données géométriques du dispositif selon l'invention sont les suivantes :

$L_1=320$  mm, ( $L_1/D_i= 1,58$ )

$L_2=400$  mm, ( $L_2/D_i= 1,98$ )

15  $L_c=131$  mm, ( $L_c/D_i= 0,648$ )

$D_s=102$  mm, ( $D_s/D_i= 0,50$ )

$D_e=254$  mm, ( $D_e/D_i= 1,257$ )

$D_i=202$  mm,

$D_c=52$  mm, ( $D_c/D_i= 0,257$ )

20  $d_i=78$  mm, ( $d_i/D_i= 0,386$ ).

Le comburant est constitué d'air de débit 10,8 g/s et le combustible est constitué d'éthanol liquide de débit 1,06 g/s.

25 Une flamme de diffusion se stabilise à la sortie du tube de flamme de diamètre  $d_i= 78$  mm, soit avec un rapport  $d_i/D_i$  de 0,386.

Dans l'espace annulaire (6) compris entre le conduit de diamètre  $D_i$  et l'enveloppe externe de diamètre  $D_e$ , un écoulement d'air de refroidissement est injecté perpendiculairement à la section du dispositif, avec un débit de 35 g/s, correspondant à une vitesse de 14,0 m/s.

30 Ce débit d'air de refroidissement assure la mise en rotation dudit fluide sur l'ensemble de l'espace annulaire (6). L'air de refroidissement est introduit par la tubulure (5) de diamètre  $D_c= 52$  mm, située à une distance de 50 mm du début du dispositif ( $X=0$ ), et perpendiculaire à l'axe X du dispositif.

Le cas sans dispositif correspond à l'absence d'injection d'air de refroidissement. La température moyenne de la veine gazeuse est alors de: 1900°C.

Le cas avec dispositif correspond à l'injection d'air de refroidissement dans l'espace annulaire (6) compris entre le conduit de diamètre  $D_i$  et l'enveloppe externe de diamètre  $D_e$ .

5 La température moyenne de la veine gazeuse après mélange avec le fluide de refroidissement est alors de 700°C. La température en paroi est de plus toujours inférieure à 580 °C.

Les figures 2 et 3 présentent les résultats de simulations numériques réalisées à l'aide d'un code de mécanique des fluides, la veine gazeuse chaude étant générée par un brûleur in-  
10 situ de diamètre  $d_i = 78$  mm.

La figure 2 correspond à un profil comparatif avec le dispositif (courbe en traits pleins) et sans le dispositif (courbe en traits pointillés), le plan des relevés étant le plan de coupe situé à l'entrée du convergent ( $X = L_1$ ).

La figure 3 correspond à un profil comparatif avec le dispositif ( courbe en traits pleins) et  
15 sans le dispositif (courbe entrtraits pointillés), le plan des relevés étant le plan de coupe situé à l'extrémité de sortie du dispositif ( $X = L_1 + L_c + L_2$ ).

On constate qu'avec le dispositif, le profil radial de température présente aux parois une zone refroidie à l'intérieur de laquelle la température est d'environ 300°C, zone qui n'existe pas sans le dispositif où la température dans la zone de paroi est d'environ 1600°C.

20 Cet effet de refroidissement aux parois permet d'utiliser une métallurgie en acier ordinaire sur les parois (4) et (2) constituant le dispositif.

On observe de plus sur la figure 3 que le profil radial est homogène au sens où l'écart de température entre le centre ( $T = 730^\circ\text{C}$ ) et les parois ( $T = 550^\circ\text{C}$ ) est inférieur à 35 %.

Il convient de noter que ce niveau d'homogénéité en sortie du dispositif est difficile à réaliser  
25 compte tenu qu'une des fonctions du dispositif est de créer en permanence une zone de température dite "de paroi" inférieure à 500°C, de manière à protéger les parois correspondantes dudit dispositif.

La performance d'homogénéité du profil radial de température en sortie du dispositif doit s'apprécier en tenant compte du second objectif que permet de réaliser le dispositif selon  
30 l'invention qui est la création d'une zone de paroi "froide".

Les figures 4 et 5 représentent des cartographies isotempérature et permettent de visualiser le champs de température avec et sans le dispositif.

La figure 4, (sans le dispositif), fait apparaître un étalement des courbes isotempérature notamment autour de la zone conique (2), alors que sur la figure 5 (avec le dispositif) on observe un très net resserrement des courbes isotempérature qui se trouvent concentrées dans un pinceau cylindrique approximativement aligné avec le tube de flamme.

Cet effet de resserrement est particulièrement intéressant puisqu'il permet de confiner la veine chaude tout en maintenant une zone de paroi froide.

**REVENDEICATIONS**

- 1- Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit intérieur (4) de diamètre  $D_i$  et s'écoulant sensiblement selon l'axe du dispositif, ledit dispositif comportant:
- 5
- une enceinte cylindrique (1) de diamètre  $D_e$  entourant le conduit de diamètre  $D_i$  sur une longueur  $L_1$ ,
  - une partie conique convergente (2) de longueur  $L_c$  permettant de passer du diamètre  $D_e$  au diamètre  $D_s$  strictement inférieur à  $D_e$ ,
  - un conduit cylindrique (3) de diamètre  $D_s$  s'étendant sur une longueur  $L_2$ ,
- 10
- au moins une conduite d'amenée (5) d'un fluide de refroidissement de diamètre  $D_c$  située sensiblement perpendiculairement à la direction de l'axe dudit dispositif, et permettant d'alimenter en fluide de refroidissement la partie annulaire (6) comprise entre l'enceinte cylindrique externe (1) et le conduit interne (4), le dispositif respectant les proportions suivantes:
- 15
- $L_1/D_i$  compris entre 0,5 et 2 et préférentiellement compris entre 1 et 2
  - $L_c/D_i$  compris entre 0,5 et 5 et préférentiellement compris entre 0,6 et 2
  - $L_2/D_i$  compris entre 1,5 et 10 et préférentiellement compris entre 2 et 5
  - $D_c/D_i$  compris entre 0,1 et 0,4 et préférentiellement compris entre 0,2 et 0,3
  - $D_e/D_i$  compris entre 1 et 5 et préférentiellement compris entre 1 et 2.
- 20
- 2- Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon la revendication 1, dans lequel la conduite d'amenée (5) du fluide auxiliaire est située à une distance  $d$  de la section d'entrée du dispositif,  $d/D_i$  étant supérieur à 0,1.
- 25
- 3- Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel le conduit intérieur (4) contient un brûleur s'étendant approximativement sur une longueur égale à  $(L_1)/2$ .
- 30
- 4- Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'enceinte cylindrique (1) de diamètre  $D_e$  est en acier ordinaire.
- 5- Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenu dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon l'une quelconque des

revendications 1 à 4, dans lequel lorsque la veine chaude est générée par un brûleur in situ, la longueur du tube de flamme contenant ledit brûleur est comprise entre 0,5 L1 et 0,8 L1.

- 5 **6-** Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel une grille (8) est disposée dans l'espace annulaire (6) dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe du dispositif à une distance comprise entre  $L/4$  et  $L/2$ .
- 10 **7-** Dispositif axisymétrique de contrôle de la température d'une veine gazeuse chaude contenue dans un conduit (4) de diamètre  $D_i$  selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, lorsque la veine chaude est générée par un brûleur in situ, et que ledit brûleur génère un mouvement de rotation des gaz de combustion, le fluide de refroidissement est introduit dans l'espace annulaire par la conduite (5) de manière à produire un mouvement de rotation dudit fluide de refroidissement dans  
15 le même sens que le mouvement de rotation des gaz de combustion issus du brûleur.
- 8-** Procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le fluide de refroidissement est injecté à une vitesse moyenne comprise entre 5 m/s et 80 m/s, et  
20 préférentiellement comprise entre 10m/s et 30 m/s.
- 9-** Procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le fluide de refroidissement est de l'air à température ambiante, mis en rotation dans un plan perpendiculaire à l'axe du dispositif.
- 25 **10-** Procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la veine gazeuse au niveau de la partie conique (2) du dispositif présente une zone de paroi à l'intérieur de laquelle la température est comprise entre 200°C et 500°C.
- 30 **11-** Procédé de refroidissement d'une veine gazeuse chaude au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la veine gazeuse en sortie du dispositif présente un profil radial de température homogène dans toute sa section, c'est à dire avec un écart de température entre la température au centre et la température aux bords inférieur à 35%.

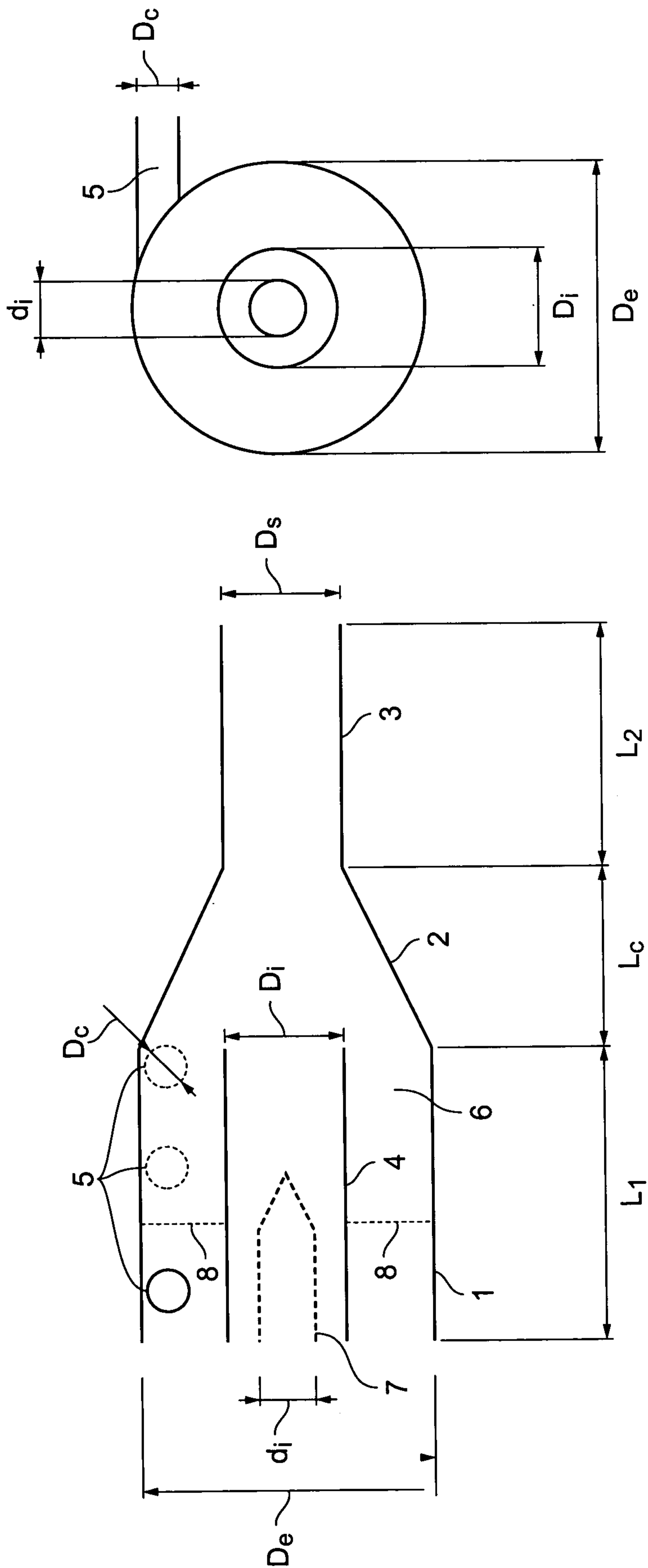


Figure 1

2 / 3

Figure 2

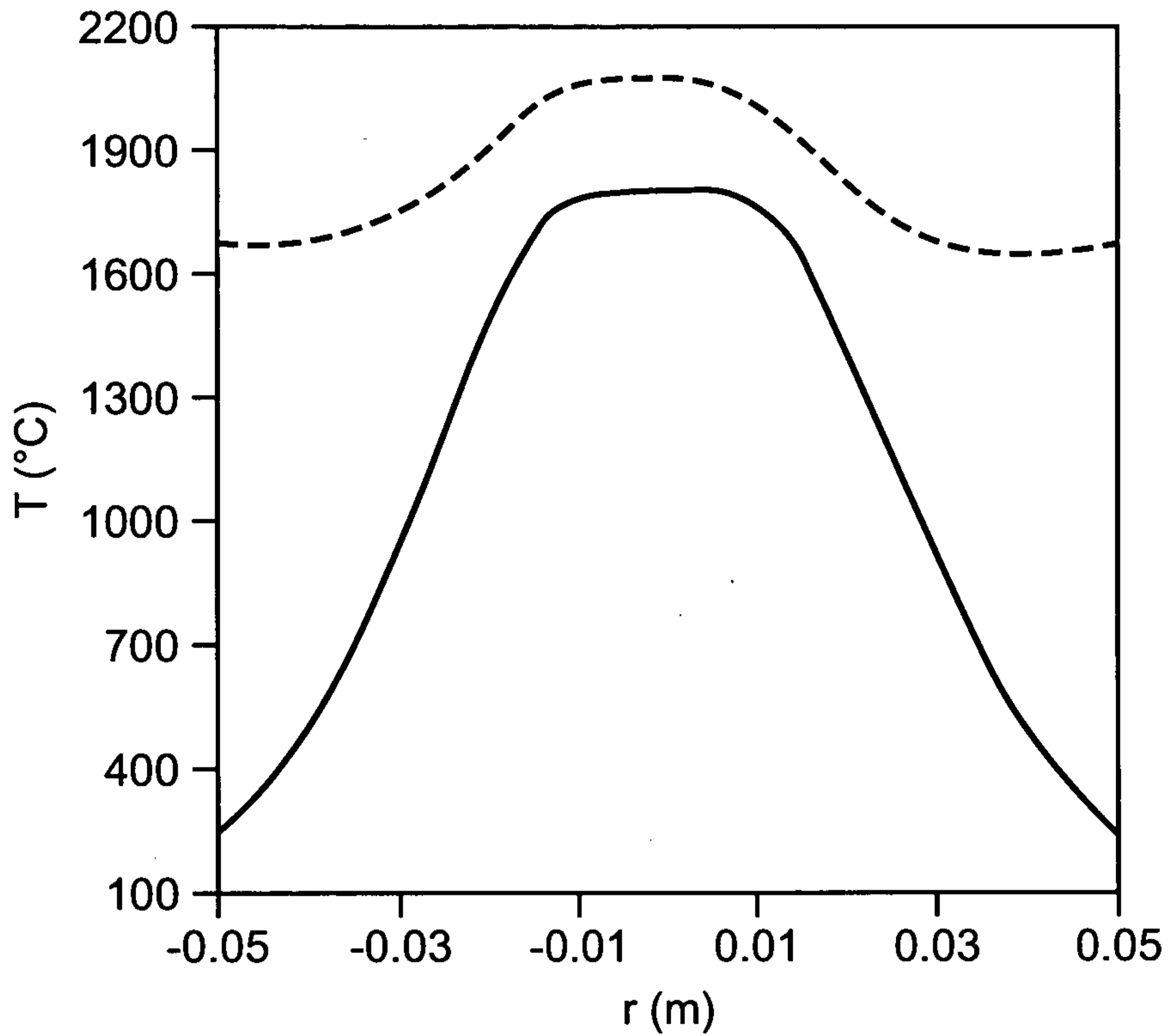


Figure 3

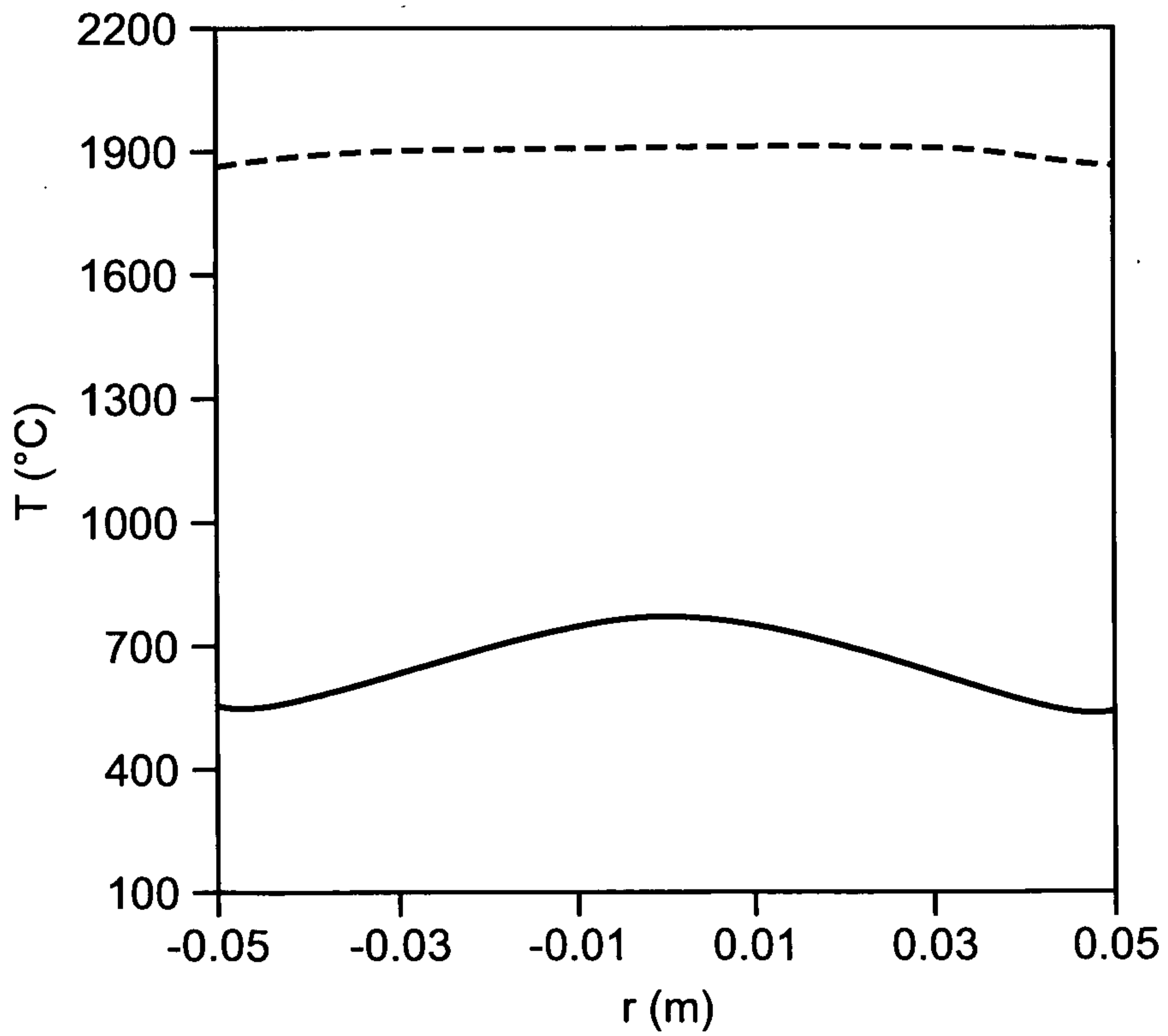




Figure 4

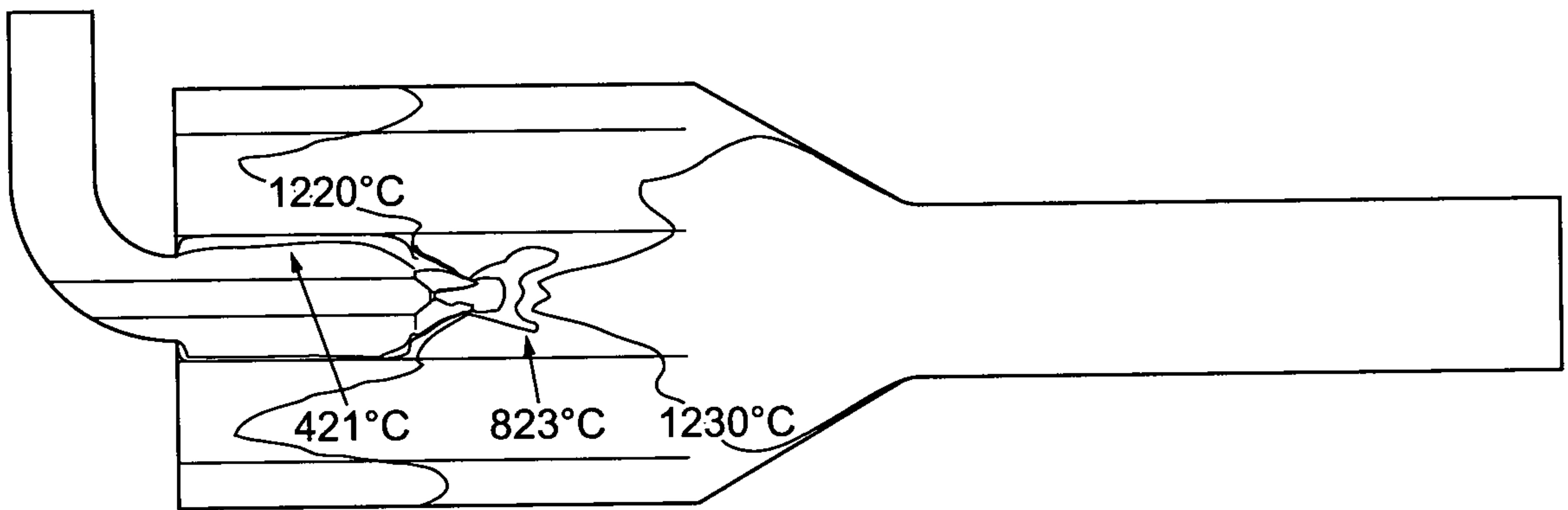


Figure 5

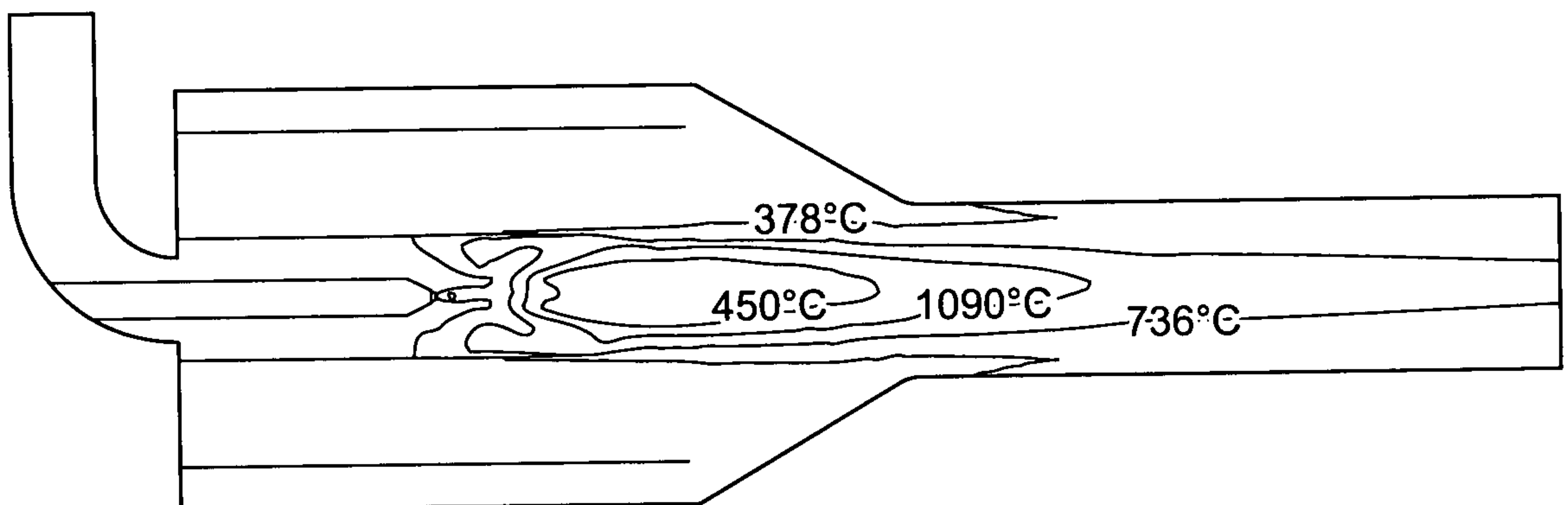


Figure 1

