(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 046 721**
A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **81420127.3**

(22) Date de dépôt: **25.08.81**

(51) Int. Cl.³: **C 21 C 5/46**
C 21 C 7/072

(30) Priorité: **26.08.80 FR 8018846**

(43) Date de publication de la demande:
03.03.82 Bulletin 82/9

(84) Etats contractants désignés:
AT BE DE GB IT SE

(71) Demandeur: **UGINE ACIERS**
10, rue du Général Foy
F-75008 Paris(FR)

(72) Inventeur: **Brancaz, Jean**
Cité Mignot Venthon
F-73200 Albertville(FR)

(72) Inventeur: **Marizy, Georges**
18, avenue Paul Girod
F-73400 Ugine(FR)

(74) Mandataire: **Givord, Jean-Pierre et al,**
PECHINEY UGINE KUHLMANN 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cedex 3(FR)

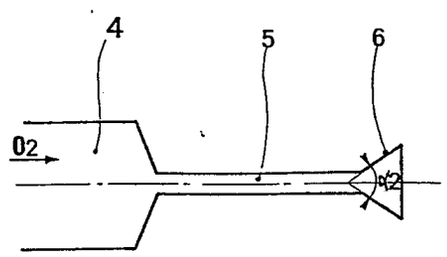
(54) Nouvelle buse pour lance d'injection d'oxygène pour la décarburation des fontes et application à la décarburation des fontes au chrome.

(57) La nouvelle buse qui fait l'objet de l'invention concerne la décarburation de fontes liquides au moyen d'un jet d'oxygène issu d'une lance équipée d'une telle buse.

La buse suivant l'invention se caractérise par un divergent qui comporte au-delà du col une partie tronconique d'angle au sommet compris entre 60 et 70° et, de préférence, entre 62 et 66°. L'angle de 65° est proche de l'optimum.

La buse suivant l'invention s'applique en particulier à la décarburation des fontes au chrome et permet l'obtention de rendements très élevés en chrome et en fer.

fig.3



EP 0 046 721 A1

NOUVELLE BUSE POUR LANCE D'INJECTION D'OXYGENE POUR LA DECARBURATION DES FONTES ET APPLICATION A LA DECARBURATION DES FONTES AU CHROME

La nouvelle buse, qui fait l'objet de l'invention, concerne de la façon la plus générale, la décarburation des fontes au moyen de lances disposées au-dessus du niveau de la fonte liquide, qui émettent à travers une buse un jet d'oxygène en direction de la surface de cette fonte. L'invention concerne plus particulièrement les caractéristiques des jets d'oxygène issus de lances d'injection équipées de cette nouvelle buse et l'influence de ces caractéristiques sur les conditions d'interaction entre ces jets d'oxygène et la fonte liquide. Cette nouvelle buse s'applique en particulier, mais de façon non limitative, à la décarburation des fontes au chrome.

Un certain nombre d'études ont été faites sur les caractéristiques que doivent présenter les buses montées à l'extrémité des lances d'injection d'oxygène utilisées pour la décarburation des fontes. C'est ainsi que, dans l'ouvrage qui concerne la métallurgie de l'acier au moyen de convertisseurs basiques intitulé : "BOF Steelmaking" qui a été publié en 1976 aux Etats Unis par l'Iron and Steel Society, on trouve des indications précises au volume 3 Chapitre 8, pages 150 à 153, sur les caractéristiques des buses montées sur les lances à oxygène. Il est précisé en particulier à la page 150, lignes 28 à 35, qu'un écoulement supersonique raisonnablement uniforme peut être obtenu au moyen d'une simple partie conique divergente qui fait suite à l'étranglement. La figure 8-5, page 151, reproduit une telle buse pour lance à oxygène. Enfin, page 153, lignes 7 à 17, des renseignements précis sont donnés sur le demi-angle au sommet qu'il convient d'adopter pour la partie tronconique divergente. On doit éviter des angles trop grands qui renforcent les ondes de choc causant une trop rapide dispersion du jet. Il est proposé de choisir le demi-angle au sommet de la buse d'injection dans l'intervalle compris entre 2,5 et 10° , un demi-angle de 5° étant considéré comme un compromis pratique.

L'expérience a montré que les buses ainsi réalisées donnent des

résultats relativement satisfaisants dans le cas général de la décarburation des fontes ordinaires, mais, par contre, des difficultés ont été rencontrées dans le cas du traitement des fontes au chrome et, en particulier, dans le cas de la mise en oeuvre du procédé de décarburation des fontes au chrome qui fait l'objet de la demande de brevet français N° 80 01809 déposée le 24.01.1980 par UGINE ACIERS.

Dans cette demande, est décrit et revendiqué un procédé de décarburation des fontes au chrome ou au chrome nickel contenant en % en poids 1,5 à 8 de C, 10 à 30 de Cr et jusqu'à 30 de Ni, qui comporte au moins dans la phase finale de la décarburation , la formation d'une émulsion gaz/fonte liquide au sein de laquelle le carbone est oxydé directement par l'oxygène.

Les conditions nécessaires à la réalisation de cette émulsion sont critiques. En effet, il est connu que la réalisation d'émulsions entre une fonte liquide, un laitier et une phase gazeuse est relativement facile. C'est le cas de la décarburation des fontes par le procédé LD. Ce sont alors les caractéristiques de viscosité du laitier qui jouent le rôle le plus important, comme cela est montré dans l'article de A. CHATTERJEE, N.O. LINDFOR et J.A. WESTER : "Process metallurgy of LD Steelmaking" (Iron making and steel making 1976 - N° 1) . Par contre, pour qu'une émulsion entre une phase gazeuse et le métal liquide puisse se former et se maintenir de façon stable, même en l'absence quasi totale de laitier, jusqu'à ce que la teneur en carbone soit abaissée jusqu'à un niveau final proche de 0,2 %, des conditions bien définies de température de la fonte liquide, de teneur en carbone, de distance lance-bain, de débit et de pression d'oxygène doivent être réalisées.

Ainsi que cela est décrit dans la demande FR 80 01809, lorsque les conditions favorables sont réunies et que l'émulsion entre phase gazeuse et fonte liquide se forme et se maintient de façon satisfaisante, on obtient à la fois une décarburation rapide et poussée et, en même temps, un rendement en chrome métal particulièrement élevé. Les exemples donnés dans cette demande concernent des essais effectués sur des quantités unitaires de fonte au chrome d'environ 60 kg. La buse utilisée avait un diamètre au col de 2 mm, et un

débit de 168 Nl/mn d'oxygène.

Les études poursuivies et les nombreux essais effectués pour le développement de ce procédé de décarburation des fontes au chrome ont montré qu'il ne suffisait pas d'ajuster convenablement les paramètres opératoires qui avaient été identifiés pour obtenir de façon reproductible l'établissement d'une émulsion stable. Dans bien des cas, des retards à la formation de l'émulsion et une certaine instabilité de celle-ci étaient observés ; ces retards et/ou cette instabilité entraînaient une chute des rendements en chrome et en fer. Dans quelques cas même, l'émulsion ne se formait pas du tout.

On a donc recherché le moyen d'améliorer la reproductibilité du déclenchement de l'émulsion gaz/fonte liquide et aussi d'accroître la stabilité de cette émulsion une fois formée.

Le moyen qui fait l'objet de l'invention est une nouvelle buse pour lance d'injection d'oxygène à jet supersonique, grâce à laquelle il est possible de provoquer avec une beaucoup plus grande efficacité la formation de l'émulsion gaz/fonte liquide.

Cette nouvelle buse suivant l'invention se caractérise par un divergent qui comporte au-delà du col ou étranglement, une partie tronconique dont l'angle au sommet est compris entre 60 et 70° et, de préférence, entre 62 et 66°, l'angle de 65° étant proche de l'optimum dans les conditions des essais. Cette partie tronconique peut être prolongée par une surface de révolution autour du même axe dont la génératrice présente une concavité tournée vers l'intérieur, de façon à diminuer la dispersion du jet.

La nouvelle buse suivant l'invention permet de mettre en oeuvre de façon particulièrement efficace, le procédé de décarburation des fontes au chrome par jet d'oxygène supersonique qui fait l'objet de la demande de brevet francais N° 80 01809.

Cette nouvelle buse s'applique aussi de façon beaucoup plus générale à la décarburation des fontes de tous types grâce à une efficacité

particulière pour provoquer l'émulsion de la fonte liquide au moyen de la phase gazeuse, et, éventuellement aussi, l'émulsion du laitier liquide.

L'exemple et les figures ci-après permettent de mieux comprendre les caractéristiques de la buse qui fait l'objet de l'invention ainsi que son application à la décarburation des fontes au chrome.

La figure 1 représente une buse de type connu pour jet d'oxygène supersonique.

La figure 2 représente la variation de la poussée du jet en fonction de l'angle au sommet du divergent d'une buse tronconique.

La figure 3 représente une buse pour jet d'oxygène supersonique suivant l'invention.

La figure 4 représente la variation du rendement en chrome en fonction de l'angle au sommet du divergent tronconique de la buse.

La figure 5 représente la variation du rendement en fer en fonction de ce même angle au sommet.

La figure 6 représente une buse suivant l'invention à profil amélioré.

Dans les premiers essais de décarburation des fontes au chrome suivant le procédé décrit dans la demande FR 80 01809, on utilisait une lance à oxygène comportant une buse dont l'étranglement ou col était constitué par une zone tubulaire cylindrique d'environ 2 mm de diamètre et 20 mm de long. L'extrémité de cette zone tubulaire du côté sortie n'était pas prolongée par un divergent et l'expansion du jet d'oxygène n'était donc absolument pas limitée à la sortie de l'étranglement .

L'expérience avait montré que, dans ces conditions, la buse se recouvrait d'une couche d'oxydes réfractaires à base d'oxyde de chrome. Cette couche se déposait principalement pendant la période

de formation puis de maintien de l'émulsion gaz/fonte liquide.

Une analyse d'une telle couche avait donné par exemple comme composition :

Cr_2O_3	: 50 %	(en poids)
FeO	: 20 %	
SiO_2	: 10 %	
Al_2O_3	: 7 %	
MgO	: 6 %	
CaO	: 6 %	

On voit d'après cet exemple, que cette couche résultait essentiellement de l'oxydation des composants de la fonte au chrome, avec intervention de seulement quelques pour cent de chaux provenant du laitier initialement introduit - alumine et magnésie venaient du garnissage. On avait constaté que ce dépôt tendait à entourer l'orifice de la buse et à former un entonnoir plus ou moins bien défini autour de cet orifice.

On a eu l'idée de réaliser une buse présentant un divergent, à la fois pour essayer d'améliorer l'efficacité du jet et aussi pour éviter les risques de perturbation de ce jet par des dépôts d'oxydes réfractaires projetés à partir de la fonte liquide.
On a alors réalisé des buses dont la forme générale est représentée figure 1. Ces buses comportent une entrée (1) raccordée à la canalisation d'arrivée d'oxygène, puis un col cylindrique (2) d'environ 2 mm de diamètre et 20 mm de long et, enfin, un divergent tronconique (3) dont l'angle au sommet $\alpha 1$ est d'environ 10° suivant l'enseignement de l'ouvrage "BOF Steelmaking" cité plus haut.

Les résultats d'essais de ces buses ont été négatifs. On constatait, effectivement, qu'il ne se formait pas de projections d'oxydes à l'intérieur du divergent mais on n'arrivait pas à former l'émulsion gaz/fonte liquide de façon reproductible et stable.

On alors entrepris des essais afin de préciser en particulier l'influence de l'angle au sommet du divergent tronconique sur la poussée du jet à débit constant. La figure 2 donne des résultats

de tels essais dans le cas d'une série de huit buses de mêmes caractéristiques que celles de la figure 1 excepté l'angle du divergent. La buse n° 1 ne comportait pas de divergent, les buses 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 comportaient des divergents tronconiques de 4 mm de hauteur dont les angles au sommet étaient respectivement de 41, 53, 61, 65, 69, 77 et 100°.

Trois séries d'essais ont été faites pour trois niveaux de débits différents en oxygène : 172, 181 et 193 Nl/mn. On mesurait pour chaque essai la poussée en N exercée par le jet sur le plateau d'une balance disposé à une distance d'environ 3 cm de l'orifice.

Les courbes 1, 2 et 3 tracées respectivement pour les débits de 193, 181 et 172 Nl/mn montrent chaque fois l'existence d'un même point singulier dans le cas du divergent de 65°.

Bien que ce point singulier corresponde à une poussée minimale, on a eu l'idée de réaliser suivant l'invention des buses pour la décarburation des fontes par jet d'oxygène supersonique, comportant un divergent tronconique dont l'angle au sommet est compris entre 60 et 70° et, de préférence, compris entre 62 et 66°, l'angle de 65° correspondant, à la précision des mesures près, à la poussée minimale, dans les conditions de l'essai.

La figure 3 représente une buse suivant l'invention. Elle comporte une entrée (4) et un col (5) dont les caractéristiques sont semblables à celles de l'entrée (1) et du col (2) de la figure 1. Par contre, le divergent tronconique (6) présente un angle au sommet $\alpha 2$ de 65°. On a constaté qu'il est possible au moyen d'une telle buse de provoquer de façon tout à fait reproductible, l'émulsion des fontes au chrome au moyen d'un jet d'oxygène supersonique, suivant le procédé décrit dans la demande de brevet citée plus haut. De plus, cette émulsion, une fois formée, présente une grande stabilité et se maintient jusqu'à décarburation finale de la fonte, c'est-à-dire jusqu'à une teneur en carbone voisine de 0,2 %. Il est possible, sans qu'on puisse l'affirmer, que l'efficacité particulière des divergents à angle de 60 à 70° et, de préférence compris entre 62 et 66°, soit dûe à la turbulence

particulièrement importante provoquée dans l'écoulement de l'oxygène par cette forme de divergent.

On a alors étudié l'influence de l'angle au sommet du divergent sur les rendements moyens en Cr et en Fe de l'opération de décarburation. Les essais avaient en effet montré que, généralement, une grande stabilité de formation et de maintien de l'émulsion gaz/fonte liquide s'accompagnait de rendements très élevés en Fe et Cr. Ces rendements sont calculés en % en poids en rapportant les quantités de Fe et Cr contenues dans l'acier obtenu après décarburation à celles contenues initialement dans la fonte.

L'exemple ci-après donne les résultats d'une série d'essais de décarburation de fonte effectués de façon identique en faisant varier seulement les angles de divergent des buses.

On a préparé une série de six buses du même type que celle de la figure 3, mais ayant chacune un divergent tronconique d'angle au sommet différent. Les six valeurs d'angle au sommet ainsi réalisées sont : 41°, 53°, 61°, 65°, 69° et 77°. Chacune de ces buses comporte un col cylindrique de 2 mm de diamètre et 20 mm de long et la hauteur du tronc de cône du divergent est dans tous les cas de 4 mm.

Au moyen de chacune de ces buses, on a effectué de trois à neuf coulées de fonte au chrome suivant un mode opératoire unique similaire à celui déjà décrit dans la demande française N° 80 01809, pages 6 et 7.

On a élaboré un lot de fonte homogène ayant la composition suivante : Cr 17 %, C 6 %, Si 0,3 %, Mn 0,3 %, S < 0,03 %, P < 0,03 %.

Pour chaque essai, on porte à 1380° C une quantité de 60 kg de cette fonte dans un four comportant un chauffage par induction, la surface de la fonte liquide étant recouverte de 340 gr de chaux. On injecte alors de l'oxygène au moyen d'une lance verticale avec un débit d'environ 180 Nl/mn. On utilise une des six buses qui viennent

d'être décrites et la distance verticale entre l'extrémité de la buse et le bain est de 26 mm. L'oxygène ainsi éjecté entre en réaction avec le bain et on peut observer trois phases successives.

Dans une première phase, l'oxygène réagit principalement à la surface du bain de fonte en oxydant de préférence Cr, Si et Fe : au fur et à mesure que les oxydes formés qui contiennent en majeure partie du Cr_2O_3 s'accumulent à la surface du bain, une réaction secondaire de réduction de ces oxydes par le carbone s'amorce. La vitesse de cette réaction de réduction s'accroît peu à peu en même temps que la température s'élève jusqu'à environ 1650° C vers la dixième minute. Le CO formé se dégage pendant ce temps et brûle en donnant des flammmes.

Dans une deuxième phase, à partir de la onzième minute, la réduction des oxydes, principalement de l'oxyde de chrome, par le carbone devient plus rapide que la formation de ces oxydes. Dans cette période de vive réaction, la température s'élève encore, de façon cependant moins rapide. A partir de la quinzième minute environ, la vitesse de décarburation se stabilise, la teneur en carbone, qui est alors d'environ 4 %, continue à décroître au rythme d'à peu près 0,3 % par minute et en même temps, on observe une réduction correspondante de l'oxyde de chrome. Ce mécanisme se poursuit jusque vers la vingtième minute : la température du bain atteint alors environ 1750° C tandis que la teneur en C s'est abaissée à environ 2,9 %. A la fin de cette deuxième phase, les oxydes métalliques formés initialement sont presque complètement réduits.

Vers la vingtième minute, les conditions sont réunies pour le démarrage d'une troisième phase, qui permettra d'abaisser la teneur en carbone jusque vers 0,2 %. Au début de cette troisième phase, la température du bain de fonte est très élevée. Dans ces conditions, en maintenant inchangées les conditions de débit d'oxygène et de distance entre l'extrémité de la buse et le bain de fonte, on observe la formation, à partir du bain de fonte lui-même, d'une émulsion entre gaz et fonte qui recouvre rapidement la surface du bain puis se développe en épaisseur jusqu'à doubler le volume initial de la fonte. Tout se passe comme si la fonte elle-

même, sous l'action du jet d'oxygène et de la formation de CO, par réaction directe de l'oxygène avec le carbone contenu dans cette fonte, entrait en ébullition dans toute sa masse, grâce aux conditions physico-chimiques réalisées. Au sein de l'émulsion ainsi formée, les vitesses de réaction sont élevées, ce qui permet la poursuite de la décarburation, à un rythme rapide, jusqu'à une teneur finale en carbone d'environ 0,2 % qui est atteinte à la vingt neuvième minute. La température est alors d'environ 1820° C et on arrête le soufflage d'oxygène.

La pesée de l'acier obtenu après solidification, et l'analyse de sa teneur en fer et en chrome, permettent de déterminer les rendements en Fe et Cr correspondants.

Les figures 4 et 5 permettent d'observer les variations de ces rendements en fonction de l'angle du divergent tronconique de la buse. On voit très clairement que ces rendements passent par un maximum pour la buse qui présente un angle de 65° . Bien que certains facteurs puissent modifier légèrement l'angle optimal du divergent tronconique suivant l'invention, celui-ci est, d'après les essais effectués, compris entre 62 et 66° dans le domaine des conditions opératoires utilisables.

Avec une buse de 65° d'angle au sommet, les dépôts sur la paroi interne de la buse, dûs à des projections d'oxydes réfractaires à partir du métal liquide, sont faibles.

Des essais complémentaires ont montré qu'on peut encore réduire ces dépôts et réduire aussi la dispersion du jet en prolongeant la partie tronconique du divergent par une surface de révolution autour du même axe, dont la génératrice présente une concavité orientée vers l'intérieur. IL convient, de préférence, que la tangente à la courbe génératrice de cette partie de la buse soit confondue à l'origine avec la génératrice du cône. A l'extrémité de la génératrice, la tangente peut devenir parallèle à l'axe ou proche du parallélisme.

La figure 6 présente une buse suivant l'invention ainsi perfectionnée. On voit l'entrée (7), le col cylindrique (8) et le divergent tronconique (9) d'angle au sommet ($\alpha 2$) qui sont semblables aux parties correspondantes de la buse suivant l'invention de la figure 3. La partie (10) qui prolonge la partie tronconique (9) comporte une concavité tournée vers l'axe. Au point (11) de raccordement entre le tronc de cône et la partie (10), la tangente à la génératrice de celle-ci se confond avec la génératrice du tronc de cône. Au point (12) à l'extrémité de la buse, la tangente à la génératrice de la partie concave est presque parallèle à l'axe de la buse. Une telle buse perfectionnée suivant l'invention présente l'avantage non négligeable, grâce à la forme de son extrémité de sortie, d'éliminer les risques de pénétration de projections d'oxydes ou même de métal à partir du bain de métal fondu.

La buse suivant l'invention peut être réalisée en divers matériaux. On préfère souvent utiliser le cuivre. Il est important d'usiner convenablement les surfaces intérieures et de leur donner un bon état de surface pour éviter l'accrochage de particules d'oxydes ou de métal projetées. En général, on raccorde la buse à une lance métallique refroidie par un fluide convenable.

Bien que les exemples qui viennent d'être donnés portent sur des essais effectués sur de petites quantités, on a vérifié que les résultats obtenus sont extrapolables à l'échelle industrielle. C'est ainsi que les angles au sommet des divergents tronconiques suivant l'invention conduisent aussi à des résultats optimaux dans le cas des buses de forte section utilisées pour le traitement des fontes en quantités industrielles.

De plus, bien que la buse qui fait l'objet de l'invention ait été expérimentée principalement dans le cas de la décarburation des fontes au chrome, des essais ont montré qu'elle pouvait être utilisée aussi avantageusement pour la décarburation de tous types de fontes.

C'est ainsi que, de la façon la plus générale, on peut utiliser des lances à oxygène équipées de buses suivant l'invention pour la décar-

buration des fontes en convertisseur basique par des procédés tels que le LD ou par des procédés analogues.

Dans ces différents cas, l'utilisation des buses suivant l'invention permet d'accroître l'efficacité et la rapidité de la décarburation et permet aussi d'augmenter le rendement en fer.

REVENDICATIONS

1°) Nouvelle buse pour la décarburation des fontes par jet d'oxygène supersonique, caractérisée en ce qu'elle comporte un divergent tronconique (6) dont l'angle au sommet est compris entre 60 et 70°.

2°) Nouvelle buse suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le divergent tronconique (6) a un angle au sommet compris entre 62 et 66° et, de préférence, voisin de 65°.

3°) Nouvelle buse suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que son divergent comporte au-delà de la partie tronconique (9) une surface de révolution (10) autour du même axe dont la courbe génératrice présente une concavité orientée vers l'intérieur.

4°) Application de la nouvelle buse suivant l'une des revendications 1 à 3, à la décarburation des fontes au chrome.

5°) Application de la nouvelle buse suivant l'une des revendications 1 à 3, à la formation d'émulsions stables gaz/fonte ou gaz/laitier/fonte.

fig.1

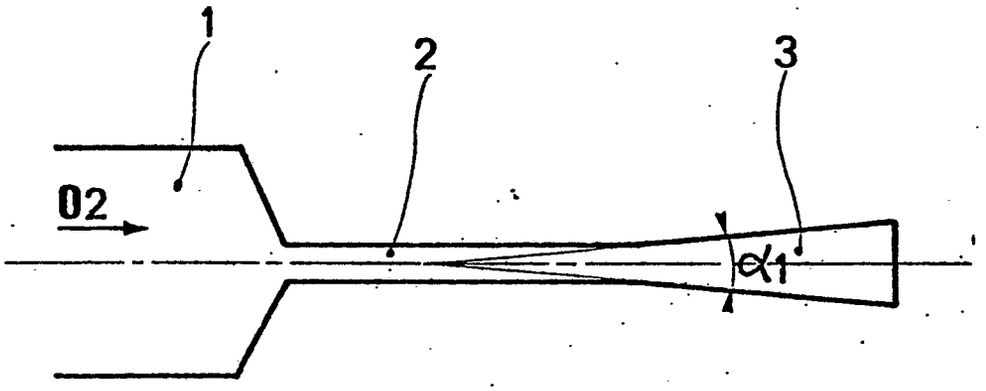

1
2
3
02
α1

fig.2

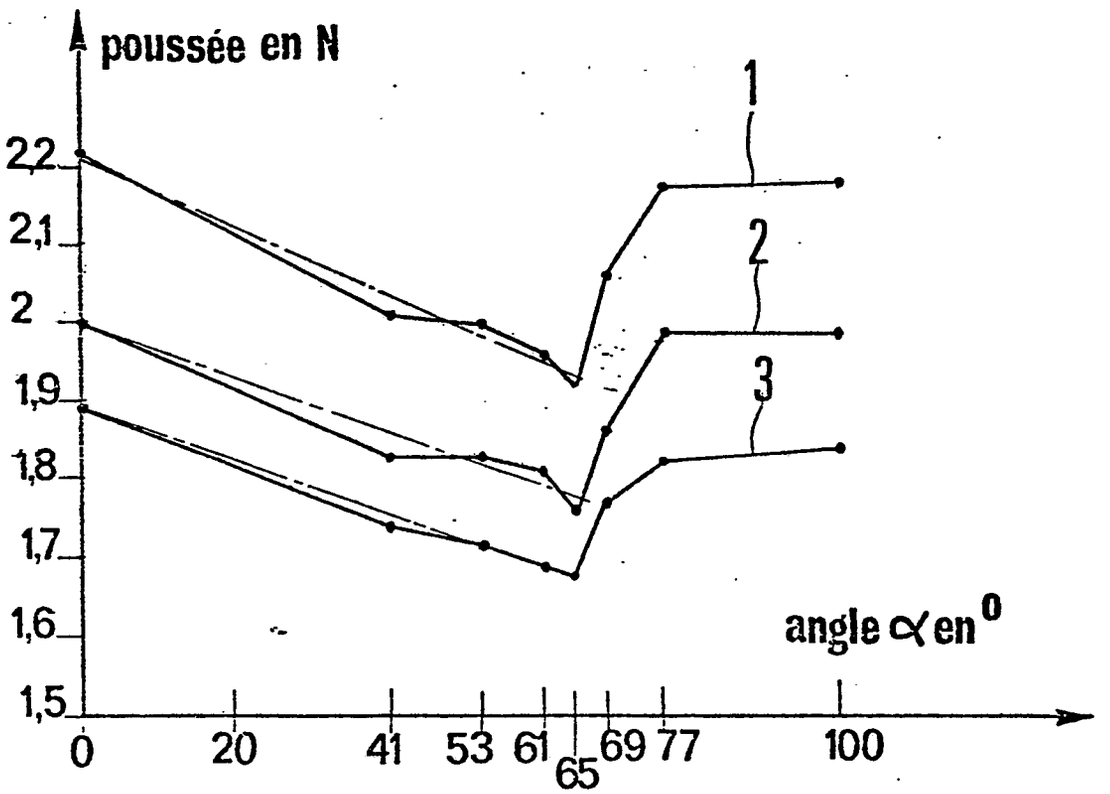

poussée en N
2,2
2,1
2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1
2
3
angle α en °
0
20
41
53
61
65
69
77
100

fig.3

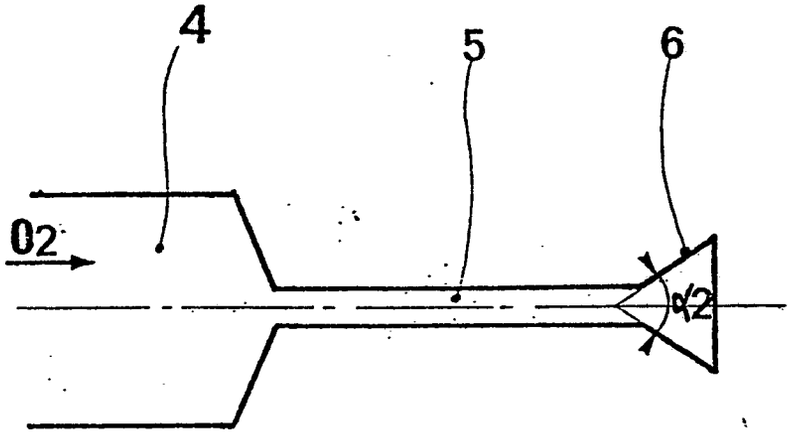


fig.4

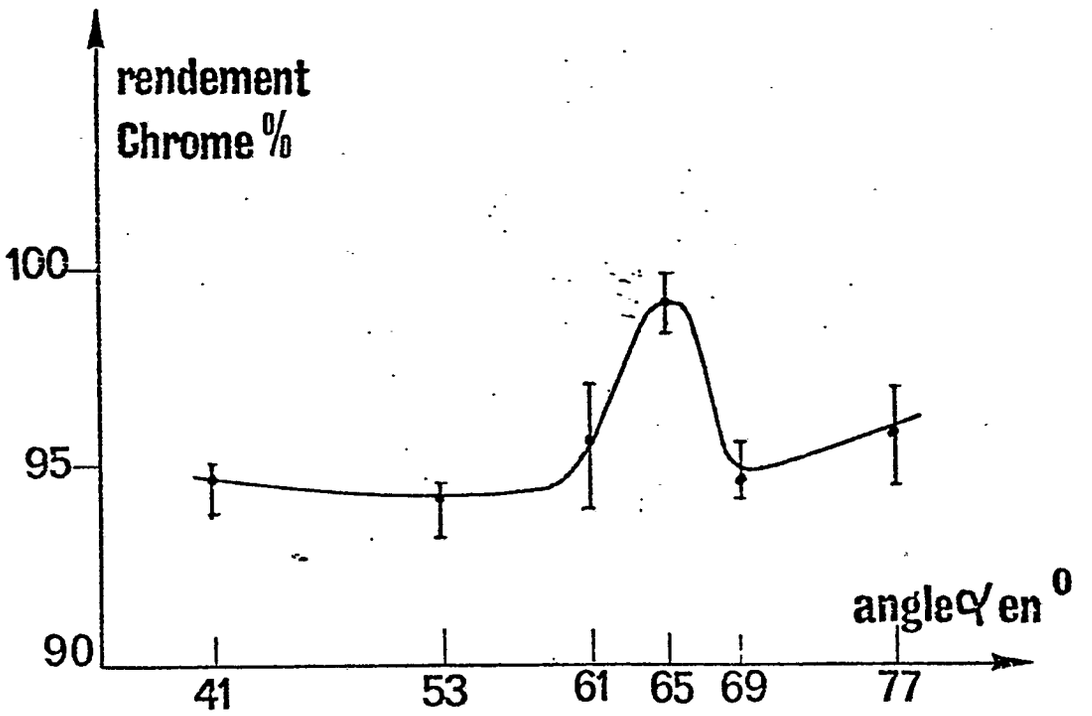


fig.5

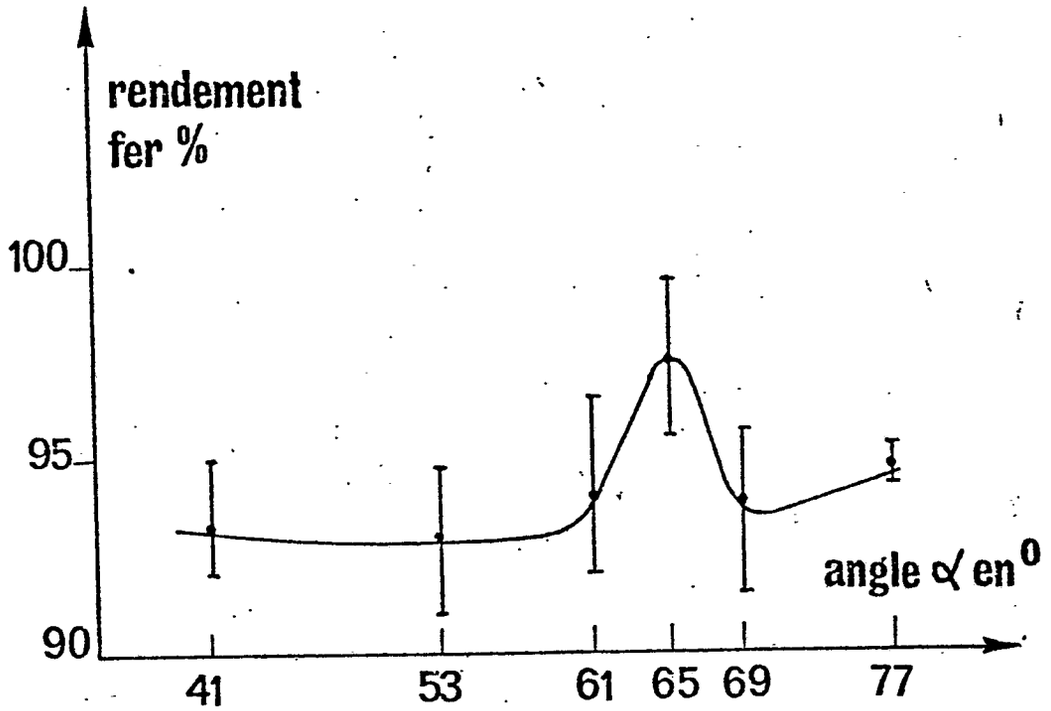
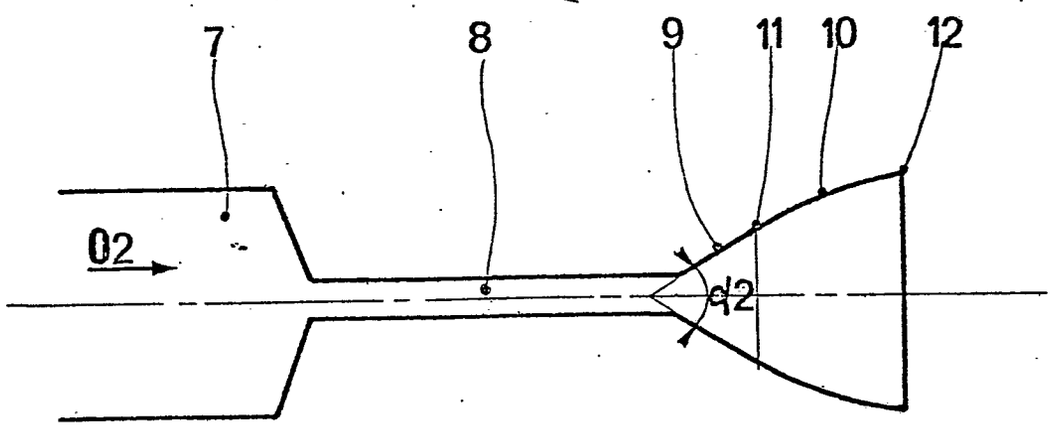

rendement
fer %
100
95
90
41
53
61
65
69
77
angle ∝ en °

fig.6


7
8
9
11
10
12
02
α2

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0046721
Numéro de la demande
EP 81 42 0127

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée
A	GB - A - 800 833 (THE BRITISH OXYGEN COMPANY) * Figure 2 * --	
A	US - A - 3 559 974 (WALTER V. BERRY) * Figure 2 * --	
A	FR - A - 1 476 043 (WALTER V. BERRY) * Figure 2 * ----	

CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.³)

C 21 C 5/46
7/072

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.³)

C 21 C
F 27 D

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X: particulièrement pertinent
A: arrière-plan technologique
O: divulgation non-écrite
P: document intercalaire
T: théorie ou principe à la base de l'invention
E: demande faisant interférence
D: document cité dans la demande
L: document cité pour d'autres raisons

&: membre de la même famille, document correspondant

X Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	25-11-1981	SCHROEDER