

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 02041

(54) **Procédé d'affinage de métal.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). C 22 B 9/05; C 21 C 5/34.

(22) Date de dépôt..... 9 février 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : JP, 26 octobre 1981, n° 56-170 198.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 29-4-1983.

(71) Déposant : Société dite : NIPPON STEEL CORPORATION. — JP.

(72) Invention de : Yasuyuki Nakao, Yosuke Hoshijima et Kazuo Okohira.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Armengaud Aîné,
3, av. Bugeaud, 75116 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour l'affinage du métal, et particulièrement de l'acier, par insufflation d'un gaz d'affinage entouré par un gaz de refroidissement, dans le bain du métal fondu devant être affiné, en utilisant une tuyère de soufflage du type comportant une pluralité de tubes concentriques, par exemple une tuyère à deux tubes concentriques, située en-
5 dessous de la surface du bain métallique contenu dans un récipient d'affinage de métaux (par exemple un convertisseur). Cette invention concerne plus particulièrement un procédé de protection des tuyères du type multi-tubes concentriques.

10 Dans une tuyère à double tubes concentriques de type classique (désignée ci-après par "tuyère double") d'un récipient d'affinage de métaux, on insuffle de l'oxygène dans le bain métallique à affiner par le tube interne, et un gaz de refroidissement est insufflé dans ce bain au travers du tube extérieur de cette tuyère double. Comme gaz de refroidissement, on utilise principale-
15 ment, dans un système d'affinage de métaux, un hydrocarbure gazeux tel que, notamment, du méthane ou du propane. L'un des perfectionnements apportés à ce procédé consiste à utiliser du CO_2 ou de la vapeur d'eau, comme gaz de refroidissement, afin d'obtenir un meilleur effet refroidissant. Dans ce procédé amélioré, on utilise un hydrocarbure gazeux en une quantité légèrement
20 inférieure à 10 % en poids de la quantité du gaz d'affinage (de l'oxygène, de préférence), comme décrit, par exemple, dans le brevet américain 3 706 549. Avec un tel procédé, il est donc nécessaire de contrôler la quantité de gaz de refroidissement en fonction de la quantité de gaz d'affinage (oxygène) insufflé.

Cependant, dans un tel procédé, le gaz de refroidissement est limité
25 aux hydrocarbures gazeux, et les essais ont confirmé que^{lorsque} le type de gaz refroidissant est changé, ou que l'on modifie les dimensions de la tuyère, l'effet refroidissant recherché ne peut pas toujours être atteint, même en réglant la quantité de gaz de refroidissement utilisée à une valeur qui représente moins de 10 % en poids de la quantité de l'oxygène gazeux insufflé.

30 La présente invention se propose d'apporter un procédé amélioré d'affinage de métaux utilisant une tuyère à plusieurs tubes concentriques.

Un autre objet de cette invention est d'apporter un procédé de protection d'une tuyère permettant d'obtenir un excellent effet de refroidissement de la tuyère, lors de l'affinage d'un métal, en utilisant une tuyère multi-tubes

concentriques, quel que soit le type de gaz refroidissant utilisé et quelles que soient les dimensions de la tuyère mise en oeuvre.

Parmi les gaz refroidissants pouvant être utilisés selon le procédé objet de l'invention, on peut citer notamment : les hydrocarbures gazeux (propane, propylène, etc.), le bioxyde de carbone et l'argon, mentionnés dans les exemples indiqués ci-après, et également l'azote (capacité de refroidissement : 1,51 à 1,8 kJ /Nl), l'oxyde de carbone CO (capacité de refroidissement : 1,60 à 1,88 kJ ./Nl), le gaz ammoniac (capacité de refroidissement : 2,51 à 2,72 kJ ./Nl), la vapeur d'eau (capacité de refroidissement : 1,97 à 2,38 kJ /Nl), ainsi que des mélanges de ces divers gaz. Il est également possible d'utiliser un gaz de déchets provenant d'un four industriel, par exemple un gaz de convertisseur, un gaz de haut-fourneau, un gaz de four à coke, etc., ou un gaz de combustion d'un four industriel, tel que, notamment, un four de chauffage, un four de frittage, etc.

Les essais effectués en vue de déterminer les effets du changement de type de gaz de refroidissement ou des dimensions d'une tuyère double sur l'effet refroidissant de la tuyère ont confirmé que l'effet refroidissant désiré pouvait être obtenu en contrôlant le débit par minute d'un gaz de refroidissement traversant l'intervalle prévu pour le passage de ce gaz refroidissant entre le tube externe et le tube interne de la tuyère double, de manière à satisfaire la relation suivante :

$$(I) \quad \frac{A \text{ (kJ ./Nl)} \times B \text{ (Nl/min)}}{\pi D_i \text{ (cm)} \times \Delta T \text{ (cm)}} = 2510 \text{ à } 5860 \text{ (kJ ./cm}^2 \cdot \text{min)}$$

relation dans laquelle A représente la capacité de refroidissement du gaz refroidissant ; B est le débit de ce gaz ; πD_i est la circonférence interne du tube externe de la tuyère double ; et ΔT représente l'épaisseur de la paroi du tube externe.

D'autres caractéristiques et avantages de cette invention ressortiront de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés, qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les dessins :

- la Figure 1 est une vue schématique en coupe, par un plan vertical, illustrant un exemple de réalisation d'une tuyère double mise en oeuvre dans le procédé selon l'invention ;

- la Figure 2 est un graphique illustrant la relation qui existe entre les dimensions de la tuyère et le taux de perte du bain de cette tuyère lorsqu'on détermine la quantité d'hydrocarbure gazeux insufflé en fonction de la quantité d'oxygène soufflé dans le bain métallique ;

5 - la Figure 3 est un graphique montrant les pertes du bain de la tuyère lorsqu'on modifie le type de gaz de refroidissement utilisé ainsi que son débit, tout en maintenant constantes les dimensions de la tuyère ;

 - la Figure 4 est un graphique illustrant la relation qui existe entre la quantité de gaz de refroidissement et le taux de perte du bain de la tuyère
10 lorsqu'on utilise du propane comme gaz refroidissant ;

 - la Figure 5 est un graphique montrant la relation qui existe entre la quantité de gaz de refroidissement et le taux de perte du bain de la tuyère lorsqu'on utilise du CO_2 liquide comme gaz refroidissant ; et,

 - la Figure 6 est un graphique montrant les domaines de débits de gaz
15 de refroidissement pouvant être utilisés selon l'invention, dans le cas de divers types de gaz de refroidissement, dont les capacités de refroidissement ont été portées en abscisse.

On expliquera maintenant l'invention en détail.

La demanderesse a recherché l'influence de diverses dimensions de
20 tubes des tuyères à double tubes concentriques et de différents types de gaz de refroidissement sur l'effet refroidissant de la tuyère double, et elle a fait les découvertes suivantes :

En premier lieu, en ce qui concerne les dimensions de la tuyère, il s'est confirmé que, lorsque l'épaisseur de la paroi du tube externe formant
25 la tuyère devient plus épaisse, et/ou que la circonférence interne du tube externe devient plus grande, il est plus difficile d'obtenir un effet refroidissant suffisant en utilisant la même quantité de gaz de refroidissement. Par conséquent, lorsque l'épaisseur de la paroi du tube externe augmente, ou que la circonférence interne du tube externe est rendue plus importante, il est néces-
30 saire d'utiliser une quantité accrue de gaz de refroidissement pour obtenir l'effet refroidissant recherché.

Ensuite, en ce qui concerne le gaz de refroidissement, on a découvert que, même lorsque l'épaisseur de la paroi et la longueur de la circonférence interne du tube externe conservent les mêmes valeurs, le débit du gaz de re-

froidissement doit être modifié pour obtenir le même effet refroidissant, si le type de gaz de refroidissement diffère.

Les résultats des divers essais ont confirmé qu'on pouvait obtenir un effet refroidissant suffisant tout en empêchant la présence d'une porte de bain
 5 métallique dans une tuyère multi-tubes concentriques située en-dessous de la surface du bain, en faisant passer un gaz refroidissant dans le passage prévu dans la tuyère pour ce gaz, de manière que, lorsque la circonférence du passage prévu pour ce gaz refroidissant est représentée par la circonférence du tube externe de la tuyère, la quantité d'extraction de chaleur du gaz de re-
 10 froidissement dans ledit passage (la chaleur sensible et la chaleur latente du gaz de refroidissement) est comprise entre :

$$2510 \quad \left[\pi D_i (\text{cm}) \times \Delta T (\text{cm}) \right] \quad \text{kJ /min ; et,}$$

$$5860 \quad \left[\pi D_i (\text{cm}) \times \Delta T (\text{cm}) \right] \quad \text{kJ /min.,}$$

relations dans lesquelles πD_i et ΔT ont les mêmes significations que
 15 celles indiquées ci-dessus pour l'équation (I).

On expliquera ci-après en détail les raisons de cette limitation de la quantité de gaz de refroidissement dans la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

La Figure 1 est une vue en coupe, par un plan vertical, qui illustre la
 20 structure d'une tuyère double d'insufflation par le fond d'un récipient d'affinage de métaux (capacité : 10 tonnes), utilisée pour obtenir les données expérimentales sur lesquelles repose la présente invention. La tuyère double comporte, comme connu, un tube interne 1 pour l'insufflation du gaz d'affinage, constitué principalement d'oxygène, et un tube externe 2. Un gaz de refroidissement est
 25 introduit dans l'espace annulaire compris entre le tube extérieur 2 et le tube intérieur 1, par l'intermédiaire d'une conduite d'alimentation 3, reliée à une source de gaz de refroidissement. Le tube extérieur 2 est entouré par un garnissage réfractaire 4.

Le tableau I ci-après précise les dimensions des tuyères doubles utilisées lors des essais. Dans ce tableau :

- (a) désigne le diamètre interne du tube considéré ;
- (b) désigne le diamètre externe du tube considéré ; et,
- (c) désigne l'épaisseur de la paroi de ce tube.

Tableau I
Dimension des tuyères

5	Tuyère N°	Tube interne			Tube externe		
		(a) (mm)	(b) (mm)	(c) (mm)	(a) (mm)	(b) (mm)	(c) (mm)
10	1	15	21	3,0	23	29	3,0
	2	15	21	3,0	23	27	2,0
	3	15	21	3,0	24	27	1,5
	4	15	21	3,0	25	29	2,0
	5	23	29	3,0	31	35	2,0
15	6	23	29	3,0	31	37	3,0
	7	23	29	3,0	33	37	2,0
	8	6	10	2,0	12	16	2,0
	9	6	9	1,5	11	14	1,5
	10	6	9	1,5	13	17	2,0

20

La Figure 2 montre les pertes de bain de la tuyère pour différentes valeurs du rapport de la quantité de gaz de refroidissement (propane) à celle de l'oxygène gazeux insufflé, à partir du fond du récipient d'affinage, dans le cas d'une opération d'affinage métallique utilisant les tuyères dont les caractéristiques sont précisées dans le tableau I ci-dessus. Sur la Figure 2, on a porté en abscisse le rapport gaz de refroidissement/O₂ (en % en poids). Les numéros encadrés désignent les numéros des tuyères du tableau I.

Il ressort clairement de l'examen de cette Figure 2 que, en fonction des dimensions de la tuyère, il n'est pas toujours possible d'obtenir des résultats optimaux lorsqu'on utilise un hydrocarbure gazeux (propane) comme gaz de refroidissement, en contrôlant la quantité de gaz refroidissant insufflé pour qu'elle soit inférieure à 10 % en poids de la quantité d'oxygène insufflé. Par ailleurs, lorsqu'on utilise les tuyères n° 1 et n° 9 (tableau I), les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la quantité d'hydrocarbure gazeux insufflé (propane) est supérieure à 10 % en poids de la quantité d'oxygène insufflé. Ceci montre qu'un simple contrôle de la quantité de gaz refroidissant insufflé,

effectué de manière que cette quantité représente moins de 10 % en poids de la quantité d'oxygène insufflé ne constitue pas toujours la meilleure façon de protéger cette tuyère.

Par ailleurs, on a recherché les pertes en bain de la tuyère pour divers types de gaz de refroidissement, parmi lesquels le CO_2 et l'argon, pour différentes valeurs de débit. Les résultats obtenus sont indiqués sur la Figure 3. Cette dernière montre clairement que les pertes de bain de la tuyère diffèrent grandement avec différents types et/ou différentes valeurs de débit de gaz de refroidissement. Sur cette Figure 3, on a indiqué en abscisse le rapport de la quantité de gaz de refroidissement (en % en poids) à celle de l'oxygène.

Ces résultats font clairement ressortir qu'un effet de refroidissement suffisant de la tuyère ne peut pas être obtenu avec certitude dans un affinage de métaux simplement en contrôlant la quantité de gaz de refroidissement insufflée en fonction de la quantité d'oxygène soufflée dans le bain à affiner. Le type de gaz de refroidissement utilisé et les dimensions de la tuyère employée doivent alors être pris en considération pour obtenir un effet de refroidissement suffisant de cette tuyère.

En conséquence, pour déterminer la relation qui existe entre les pertes de bain de la tuyère et les dimensions de cette dernière, la demanderesse a évalué les résultats d'essais obtenus en modifiant :

1° - le débit du gaz de refroidissement ; et,

2° - les dimensions de la tuyère,

en utilisant du propane et du CO_2 gazeux comme gaz de refroidissement. Les résultats ont été évalués par rapport à la valeur suivante, et on a découvert qu'on pouvait obtenir une protection suffisante de la tuyère en contrôlant la quantité de gaz de refroidissement insufflée, de manière à maintenir cette valeur dans un domaine déterminé :

$$(II) \quad \frac{B \text{ (Nl/min)}}{\pi D_i \text{ (cm)} \times \Delta T \text{ (cm)}} \equiv C \text{ (Nl/cm}^2 \cdot \text{min)}$$

relation dans laquelle : B représente le débit par minute du gaz de refroidissement ; πD_i est la valeur de la circonférence interne du tube externe (en d'autres termes, il s'agit de la circonférence externe du passage du gaz de refroidissement) ; ΔT représente l'épaisseur de la paroi du tube externe ; et C est la quantité de gaz refroidissant délivrée par ce passage.

La demanderesse a découvert en outre que la gamme de valeurs indiquée ci-dessus diffère selon le type de gaz de refroidissement utilisé, comme cela ressort de l'examen des Figures 4 et 5. De façon plus spécifique, cette gamme s'étend de 200 à 400 $\text{Nl/cm}^2 \cdot \text{min}$ pour le propane, alors qu'elle est
5 comprise entre 700 et 1300 $\text{Nl/cm}^2 \cdot \text{min}$ pour le CO_2 .

La demanderesse pense que cette différence résulte des différences de propriétés des gaz de refroidissement, c'est-à-dire des différences qui existent entre la chaleur spécifique à pression constante et la chaleur de décomposition des gaz. En d'autres termes, on pense que, lorsqu'on utilise un
10 gaz de refroidissement ayant une moindre modification de quantité de chaleur (modification des quantités de chaleur sensible et de chaleur latente) par Nl de gaz de refroidissement (par exemple CO_2), il est nécessaire d'augmenter le débit du gaz de refroidissement par rapport au cas où on utilise un gaz de refroidissement qui présente une modification importante de la quantité de cha-
15 leur (par exemple du propane).

On a donc essayé divers gaz de refroidissement, et on a défini la quantité de chaleur par Nl comme étant "la capacité de refroidissement du gaz refroidissant". La relation entre la capacité de refroidissement de chaque gaz refroidissant et la quantité de gaz de refroidissement est illustrée par la Fi-
20 gure 6 pour tous les gaz de refroidissement utilisés lors des essais spécifiés ci-dessus. Sur cette Figure, on a porté en abscisse la capacité de refroidissement, et en ordonnée la quantité du gaz de refroidissement délivrée à la tuyère. Les résultats ont montré que :

- 1° - pour un gaz de refroidissement donné, il existe un domaine défini de
25 valeurs du rapport indiqué ci-dessus à l'intérieur duquel on peut empêcher l'apparition de pertes de bain de la tuyère ; et,
- 2° - ces valeurs sont inversement proportionnelles à la capacité de refroidissement du gaz de refroidissement.

Sur la Figure 6, le signe " O " indique que les pertes de bain de
30 la tuyère étaient très faibles; le signe " $\times$ " indique les régions dans lesquelles les pertes de bain de la tuyère étaient induites par un refroidissement insuffisant ; et le signe " X " indique des pertes de bain anormales, provoquées par l'instabilité du courant de gaz de refroidissement résultant d'un refroidissement excessif.

En utilisant l'information illustrée par la Figure 6, la tuyère peut être protégée efficacement quel que soit le type de gaz de refroidissement utilisé, ou quelles que soient les dimensions de la tuyère, en contrôlant le débit du gaz de refroidissement de manière que :

$$5 \quad \frac{A \text{ (kJ./Nl)} \times B \text{ (Nl/min)}}{\pi Di \text{ (cm)} \times \Delta T \text{ (cm)}} \quad \text{soit compris entre :}$$

2510 et 5860 (kJ./cm².min),

relation dans laquelle : A, B, πDi et ΔT ont la signification indiquée ci-dessus dans l'équation (I).

10 Les exemples qui suivent, qui n'ont bien entendu aucun caractère limitatif, illustrent l'invention.

Exemple 1 -

On a utilisé un convertisseur de 100 tonnes comportant quatre tuyères doubles ayant les dimensions précisées ci-après pour affiner de
15 l'acier fondu par soufflage d'oxygène, dans les conditions suivantes :

Dimensions des tuyères :

- diamètre interne du tube intérieur : 15 mm
- diamètre externe du tube intérieur : 23 mm
- diamètre interne du tube extérieur : 25 mm
- 20 - diamètre externe du tube extérieur : 31 mm

Quantité d'O₂ soufflée par les tubes intérieurs :

- 350 Nm³/heure, par tube.

Débit du gaz de refroidissement (GPL) insufflé au travers des 4 tubes:

- 25 - 33 Nm³/heure, par tube.

Rapport gaz de refroidissement / O₂ :

- 13 % en poids.

Quantité de gaz de refroidissement délivrée dans le passage prévu pour ce gaz, définie par l'équation (II) :

- 30 - 233 Nl/cm².min.

Dans ces conditions, comme cela ressort clairement de l'examen de la Figure 4, l'opération se situe dans le domaine 2510-5860 kJ./cm².min, et la perte de bain des tuyères était de 1 mm/charge.

Exemple de comparaison n° 1 :

On a utilisé un convertisseur de 100 tonnes équipé de quatre tuyères doubles ayant les dimensions indiquées ci-après pour affiner, par soufflage, un bain d'acier fondu, dans les conditions suivantes :

- 5 Dimension des tuyères :
- diamètre interne du tube intérieur : 16 mm
 - diamètre externe du tube intérieur : 19 mm
 - diamètre interne du tube extérieur : 20,8 mm
 - diamètre externe du tube extérieur : 25,4 mm
- 10 Quantité d'oxygène soufflée au travers des 4 tubes internes :
- 567 Nm³/heure par tube.
- Débit du gaz de refroidissement (GPL) soufflé au travers des 4 tube
- 40 Nm³/heure par tube.
- Rapport gaz de refroidissement / O₂ gazeux :
- 15 - 9,7 % en poids.
- Quantité de gaz refroidissant délivrée au passage prévu pour ce ga
- 444 Nl/cm². min.
- Dans ces conditions, comme cela ressort clairement de l'examen d la Figure 4, l'opération se situait en dehors du domaine compris entre 2510 et
- 20 5860 kJ /cm². min, et les pertes de bain de la tuyère étaient de : 12 mm/charge.

Exemple 2 -

On a suivi la même procédure que dans l'exemple 1, en utilisant quatre tuyères doubles, et dans les conditions suivantes :

- 25 Dimensions des tuyères :
- diamètre interne du tube intérieur : 15 mm
 - diamètre externe du tube intérieur : 19 mm
 - diamètre interne du tube extérieur : 25 mm
 - diamètre externe du tube extérieur : 31 mm
- 30 Quantité d'oxygène provenant des 4 tubes internes :
- 350 Nm³/heure par tube.

Débit du gaz de refroidissement (CO₂) insufflé au travers des
4 tubes :

- 88 Nm³/heure par tube.

Rapport gaz de refroidissement / CO₂ gazeux :

- 5 - 25 % en poids.

Quantité de gaz refroidissant délivrée par le passage correspondant :

- 1000 Nl/cm². min.

Dans cet exemple, les pertes en bain de la tuyère ont été de :
0,8 mm/charge.

- 10 Il demeure bien entendu que cette invention n'est pas limitée aux divers exemples de réalisation décrits ou représentés, mais qu'elle en englobe toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1 - Procédé d'affinage d'un bain métallique fondu par soufflage dans ce bain d'un gaz d'affinage entouré par un gaz de refroidissement à l'aide d'une tuyère du type comportant plusieurs tubes concentriques, située en-dessous de la surface du bain contenu dans un récipient d'affinage, ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à contrôler le débit du gaz de refroidissement traversant le passage prévu pour ce gaz de refroidissement entre le tube externe et le tube interne adjacent de la tuyère, de manière que :

$$A \left(\frac{\text{kJ}}{\text{Nl}} \times B \left(\frac{\text{Nl}}{\text{min}} \right) \right) \quad \text{soit compris entre :}$$

$$10 \quad \pi D_i (\text{cm}) \times \Delta T (\text{cm})$$

2510 et 5860 kJ /cm². min,

relation dans laquelle : A désigne la capacité de refroidissement du gaz de refroidissement ; B est le débit de ce gaz ; πD_i représente la circonférence intérieure du tube externe ; et, ΔT est l'épaisseur de la paroi du tube externe.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la tuyère multi-tubes est une tuyère à deux tubes concentriques.

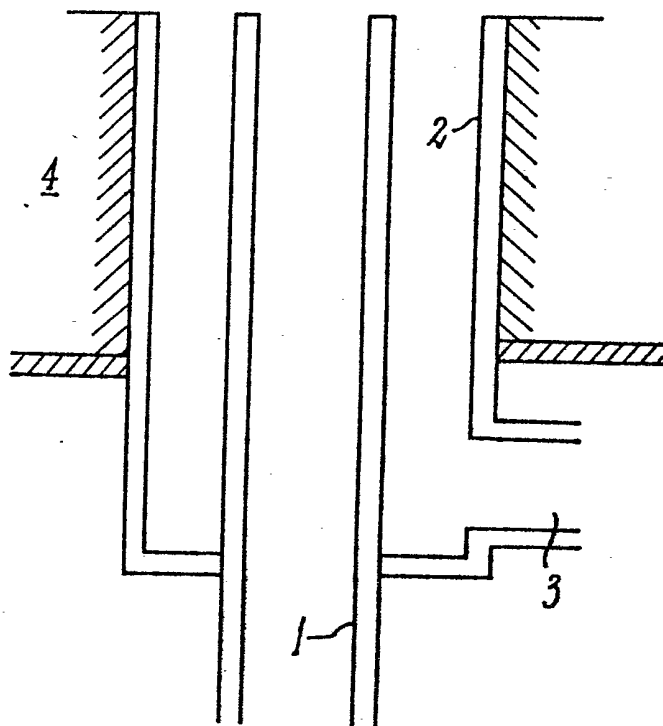
3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le gaz de refroidissement utilisé est un hydrocarbure gazeux, du CO₂ gazeux, du CO gazeux, ou de l'argon.

4 - Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'hydrocarbure gazeux est du propane ou du propylène.

5 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le gaz d'affinage est de l'oxygène gazeux.

1/4

FIG. 1



2 / 4

Fig. 2

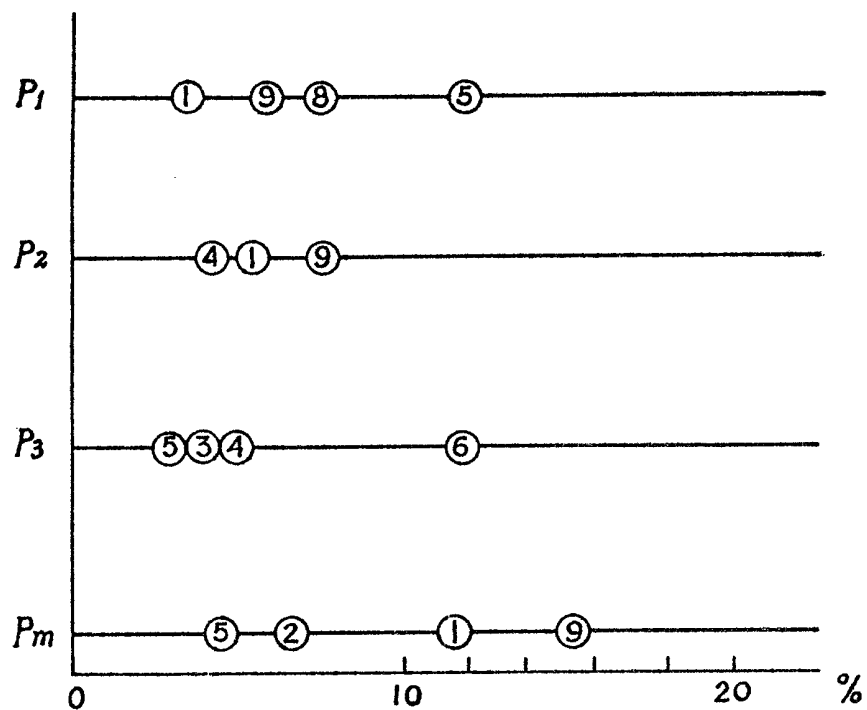
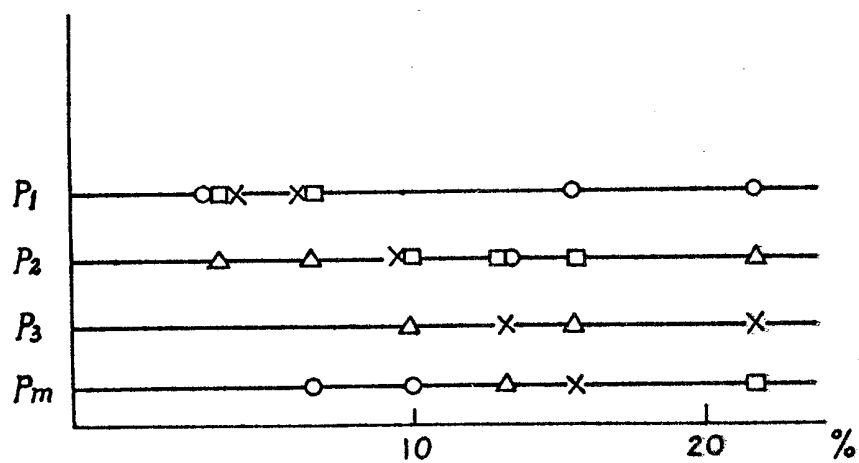


Fig. 3



○ : propane
 △ : propylene
 □ : argon
 × : CO₂

Fig. 3

3/4

FIG. 4

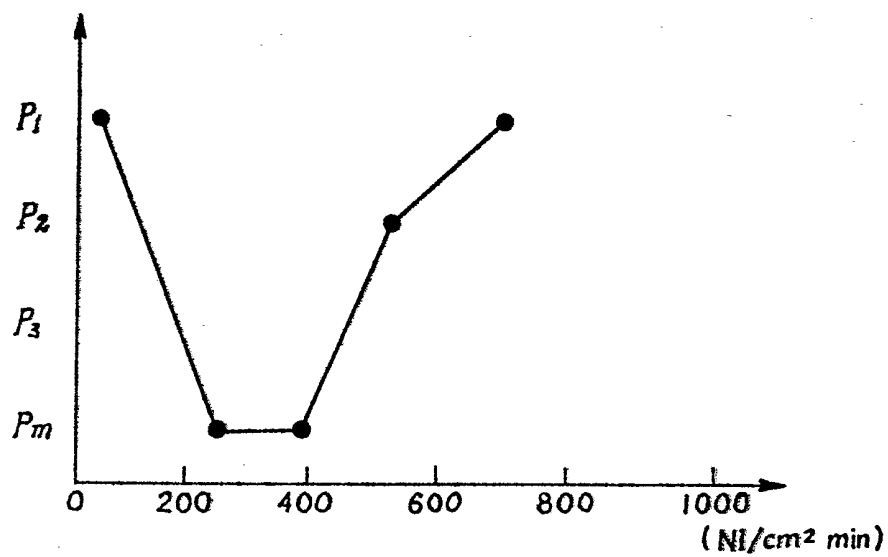


FIG. 5

