



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Numéro de publication: **0 228 335 B1**

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication de fascicule du brevet:
03.04.91

⑤① Int. Cl.⁵: **B22D 11/04**

②① Numéro de dépôt: **86440098.1**

②② Date de dépôt: **06.11.86**

⑤④ Lingotière de coulée continue à tête chaude.

③⑩ Priorité: **15.11.85 FR 8516954**

④③ Date de publication de la demande:
08.07.87 Bulletin 87/28

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
03.04.91 Bulletin 91/14

⑥④ Etats contractants désignés:
AT BE DE ES GB IT LU NL SE

⑤⑥ Documents cités:
FR-A- 1 517 577
FR-A- 2 041 714
GB-A- 2 157 600

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 284 (M-348)[1721], 26 décembre 1984; & JP-A-59 153 550 (KAWASAKI SEITETSU K.K.) 01-09-1984

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 180 (M-318)[1617], 18 août 1984; & JP-A-59 73 152 (MISHIMA KOUSAN K.K.) 25-04-1984

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 180 (M-318)[1617], 18 août 1984; & JP-A-59 73 153 (MISHIMA KOUSAN K.K.) 25-04-1984

PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 276 (M-346)[1713], 18 décembre 1984; & JP-A-59 147 751 (SUMITOMO DENKI KOGYO K.K.) 24-08-1984

"Metallurgical Transactions", Vol. 15 B, Sept. 84, S. 493-509

⑦③ Titulaire: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)**
Voie Romaine B.P. 64
F-57210 Maizières-lès-Metz(FR)

⑦② Inventeur: **Larrecq, Michel**
87 bis, rue Georges Ducrocq
F-57070 Metz(FR)
Inventeur: **Petegnief, Jacques**
29, rue de Bouteiller
F-57000 Metz(FR)

⑦④ Mandataire: **Ventavoli, Roger et al**
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID) Station d'Essais
Boîte Postale 64
F-57210 Maizières-lès-Metz(FR)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 228 335 B1

Description

L'invention concerne une lingotière verticale ou sensiblement verticale pour la coulée continue des métaux en fusion tel que l'acier. Plus particulièrement, l'invention concerne une lingotière en cuivre ou alliage de cuivre, à tête chaude, c'est-à-dire dans laquelle les échanges thermiques, au niveau du ménisque, entre le métal coulé et la lingotière sont ralentis de manière à atténuer les rides d'oscillation sur le produit coulé.

On connaît, par exemple par les documents FR-A-2 528 738 et FR-A-2 540 409, une telle lingotière, dont les parois énergétiquement refroidies par circulation d'un liquide de refroidissement, comportent à leur partie supérieure un insert métallique d'acier inoxydable, dont la conductivité thermique est inférieure à celle du métal constituant les parois de la lingotière. De la sorte, le métal est moins refroidi au voisinage du ménisque, ce qui permet de diminuer la profondeur des rides d'oscillation et la longueur de la corne solidifiée qui accompagne leur formation. On sait que de telles rides constituent des points sensibles où naissent préférentiellement des criques de surface préjudiciables à la qualité du produit fini.

La mise en place de cet insert métallique, dont l'épaisseur moyenne peut être de quelques millimètres (l'épaisseur peut être uniforme, ou bien décroître du haut en bas de l'insert), se fait selon une technique coûteuse (en général placage par explosion) en raison de la nécessité d'obtenir un contact parfait entre l'insert métallique et la paroi de la lingotière. Cette nécessité résulte notamment du fait que toute résistance thermique de contact non nulle introduit une donnée prédéterminée et non reproductible dans la résistance thermique globale de la lingotière. D'autre part, ces lingotières comportent souvent un revêtement superficiel d'usure en nickel destiné à éviter la formation de criques en étoile dans le produit coulé : l'addition d'une résistance thermique de contact risque de conduire le nickel à une température proche de sa limite autour de 600°C (température) du métal au voisinage de la paroi : environ 1540°C).

Le but de l'invention est de proposer un nouveau type d'insert pour lingotière à tête chaude, qui ne présente pas les inconvénients précités.

Selon l'invention, l'insert, de 10 à 20 cm de long environ, est constitué par un mince dépôt d'un matériau réfractaire de conductivité thermique inférieure à 20 W.m⁻¹K⁻¹ ayant une bonne tenue aux chocs thermiques, tel que l'alumine, la zircone, le nitrure de bore, le carbure de chrome, et dont l'épaisseur, prise entre environ 200 et 500 μm, est choisie de manière que, à la température de contact du métal avec ledit matériau déposé, ledit métal en cours de solidification présente une frac-

tion solide comprise entre 25 et 35 % environ en poids.

Les inventeurs ont en effet constaté que si la fraction solide à la surface du métal coulé est supérieur à environ 35 %, on obtient, par refroidissement dans la zone du ménisque proche de la paroi de la lingotière, une corne épaisse et rigide qui ne peut plus se déformer, ce qui entraîne la formation des rides d'oscillation.

Inversement, si la fraction solide est faible, le ménisque n'a plus de consistance ni rigidité ; mais maintenir une fraction liquide inférieure à 25 % revient à inhiber une part importante du refroidissement en lingotière.

Dans le domaine considéré, les matériaux réfractaires choisis résistent à des températures d'environ 1800°C. Leur conductivité thermique est de préférence inférieure à 10 W.m⁻¹K⁻¹, à comparer à des conductivités de l'ordre de 50, 100 et 300 W.m⁻¹K⁻¹ respectivement pour des inserts en inox, nickel et alliage cuivre-argent.

Les faibles épaisseurs envisagées sont avantageusement comprises entre 2 et 5/10^e de mm, à comparer aux quelques millimètres d'épaisseur des inserts métalliques.

Les matériaux réfractaires sont notamment l'alumine (température de fusion : 2040°C ; conductivité thermique s'échelonnant entre 2 W.m⁻¹K⁻¹ et des valeurs supérieures selon le traitement subi), la zircone (température de fusion : 2700°C ; conductivité thermique : 1 W.m⁻¹K⁻¹), le nitrure de bore, ou, de manière préférée, le carbure de chrome (température de fusion : 1800°C ; conductivité thermique : 7,5 W.m⁻¹K⁻¹).

Le dépôt du matériau s'obtient par projection de manière pulvérulente à chaud, par exemple au moyen d'une torche à plasma ou de préférence d'un canon à détonation (selon la technique commercialisée par la société "Union Carbon Corporation"), suivi d'un polissage. Cette technique permet d'obtenir un accrochage excellent entre le support et le matériau d'apport, et un revêtement homogène exempt d'aspérité.

Le dépôt est pratiqué dans un évidement de la paroi de la lingotière, de profondeur égale à l'épaisseur de dépôt, pratiqué soit dans le cuivre de la paroi, soit dans le revêtement superficiel de nickel ou de chrome s'il en est prévu un.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va être faite d'un mode particulier de réalisation de l'invention. On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une coupe partielle de la paroi d'une lingotière conforme à l'invention,
- la figure 2 est une vue similaire lorsque la lingotière est pourvue d'un revêtement superficiel,
- la figure 3 est un graphique montrant la variation du flux surfacique de chaleur dissipée par

la lingotière en fonction de la distance par rapport à la surface du ménisque (ordonnée 0),

- figure 4 est une représentation du profil des rides d'oscillations sur des brames de coulée continue dans une lingotière selon l'invention,

- figure 5 est une représentation similaire avec une lingotière sans insert.

Sur la figure 1, la paroi 1 en cuivre comporte un évidement 2 de 3/10^e mm d'épaisseur et d'une quinzaine de centimètres de hauteur couvrant la région du ménisque compte tenu des oscillations d'une part et des éventuelles variations de niveau moyen. L'évidement 2 est comblé par un dépôt 3 de Cr₃C₂ obtenu par projection au canon à détonation, suivi d'un polissage.

Sur la figure 2, l'évidement 2' est pratiqué à partir du revêtement de chrome 4, de 0,3 mm d'épaisseur, couvrant la paroi 1' de la lingotière. Le matériau 3' affleure la surface interne de la lingotière.

Le graphique de la figure 3 permet de comparer les valeurs des densités locales de flux thermique Φ_c extrait par la lingotière équipée d'un insert selon l'invention, en carbure de chrome (courbe B), aux valeurs obtenues en utilisant une lingotière conventionnelle sans insert (courbe A). La droite C en traits interrompus située à $d \approx 70$ mm, correspond à la limite inférieure de l'insert, ce qui, dans ce cas particulier, et pour un insert de 150 mm de haut environ, indique que le ménisque se trouve sensiblement à mi-hauteur dudit insert. Les deux courbes A et B correspondent à la coulée continue de brames avec une vitesse d'extraction de 1,3 m/min.

Dans les conditions d'échange thermique retenues pour cet exemple, les inventeurs ont pu constater, par l'étude d'un modèle mathématique établi pour un refroidissement en lingotière sans insert, que la température de surface de l'acier au contact avec la lingotière est proche du solidus de la nuance d'acier (1493 °C), ce qui indique une solidification importante de la corne du ménisque. Pour ramener la fraction solidifiée au contact avec la lingotière à environ 30 %, les inventeurs ont trouvé qu'il fallait diviser par quatre l'extraction calorifique assurée par les parois de cuivre au voisinage du ménisque.

On remarque sur la figure 3 que, conformément au but recherché, dans la zone de l'insert la densité de flux thermique extrait par la lingotière est sensiblement divisé par un facteur 4. En effet dans une lingotière classique, la densité de flux extrait au voisinage du ménisque est de l'ordre de 2 MW/m² (courbe A), et l'utilisation d'un insert mince en carbure de chrome ramène cette valeur au voisinage de 500 kW/m².

De plus, dès la sortie de l'insert (ligne en traits interrompus), l'extraction calorifique mesurée loca-

lement est proche des valeurs obtenues sur une lingotière conventionnelle, ce qui permet de constater que le refroidissement global en lingotière en dessous de l'insert est peu perturbé par la présence de celui-ci.

Les figures 4 et 5 permettent de comparer les profils longitudinaux de la surface d'une brame d'acier à bas carbone coulée à la vitesse de 1,3 m/min avec une fréquence d'oscillation de 117 coups par minute. La figure 4 correspond à un profil obtenu par solidification contre la paroi d'une lingotière équipée d'un insert selon l'invention, et la figure 5 correspond à un profil équivalent obtenu avec une lingotière conventionnelle sans insert.

Il apparaît clairement que l'utilisation d'un insert diminue notablement la profondeur des rides d'oscillation à la surface du produit, et améliore leur régularité. On a observé lors d'essais réalisés dans des conditions de coulée analogues, une diminution systématique de 25 à 40 % de la profondeur des rides d'oscillation.

D'autres essais réalisés avec des brames d'acier moyen carbone (c'est-à-dire à teneur en carbone voisine de 0,1 %) coulées à une vitesse de 0,8 m/min avec une fréquence d'oscillation de 80 coups par minute, ont permis de mettre en évidence la différence de structure de solidification de la première peau d'une brame selon qu'elle est solidifiée dans une lingotière sans insert conforme à l'invention.

L'observation d'échantillons prélevés longitudinalement dans lesdites brames et attaqués par le réactif de Bechet-Beaugeard, révèle que, dans le cas de la lingotière conventionnelle sans insert, les rides sont profondes et se prolongent par une hétérogénéité de solidification résultant de la formation de la corne solidifiée au niveau du ménisque. La profondeur de la corne solidifiée est lors d'environ 1,7 mm. Dans le cas de la lingotière avec insert selon l'invention, les rides apparaissent beaucoup moins marquées et la profondeur de pénétration de la corne solidifiée n'est que de 0,9 mm soit environ la moitié seulement de la valeur observée en l'absence d'insert.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et aux applications décrites ci-dessus à titre d'exemple. En particulier les dimensions de l'insert peuvent être adaptées aux lingotières et produits coulés. Les paramètres de coulée (vitesse d'extraction, fréquence des oscillations) peuvent être adaptés et la lingotière selon l'invention peut être utilisée aussi bien en coulée continue de brames que d'autres produits (blooms).

Revendications

1. Lingotière verticale ou sensiblement verticale de coulée continue des métaux en fusion tel que l'acier, en cuivre ou alliage de cuivre, dont les parois énergétiquement refroidies par contact avec un liquide de refroidissement en circulation, comportent à leur partie supérieure un insert, réalisé en un matériau de conductivité thermique inférieure à celle du cuivre ou de l'alliage de cuivre, destiné à ralentir les échanges thermiques, au niveau du ménisque, entre le métal coulé et la lingotière, caractérisé en ce que ledit insert, de 10 à 20 cm de long environ, est constitué par un dépôt d'un matériau réfractaire (3,3') de conductivité thermique inférieure à $20 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$, ayant une bonne tenue aux chocs thermiques, tel que l'alumine, la zircone, le nitrure de bore, le carbure de chrome, et dont l'épaisseur, prise entre environ 200 et 500 μm , est choisie de manière que, à la température de contact du métal avec ledit matériau déposé, ledit métal en cours de solidification présente une fraction solide comprise entre 25 et 35 % environ en poids.
2. Lingotière selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau réfractaire (3,3') a une température de fusion supérieure à 1800°C .
3. Lingotière selon la revendication 1 ou 2 caractérisée en ce que le matériau réfractaire (3,3') a une conductivité thermique inférieure à $10 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$.
4. Lingotière selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dépôt de matériau réfractaire (3,3') est obtenu par projection de matière pulvérulente à chaud.
5. Lingotière selon la revendication 4, caractérisée en ce que le dépôt est réalisé au moyen d'un canon de détonation.

Claims

1. Vertical or substantially vertical ingot mould for continuous casting of molten metals, such as steel, made from copper or copper alloy, the walls of which, energetically cooled by contact with a circulating cooling liquid, comprise at their upper part an insert made from a material with a thermal conductivity which is less than that of copper or of copper alloy, intended to slow down thermal exchanges at the level of the meniscus between the cast metal and the ingot mould, characterized in that the said in-

sert, from 10 to 20 cm in length approximately, consists of a deposition of a refractory material (3, 3') with a thermal conductivity which is less than $20 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$, having a good resistance to thermal shocks, such as alumina, zirconia, boron nitride or chromium carbide, and whose thickness, taken between approximately 200 and 500 μm , is chosen such that, at the temperature of contact of the metal with the said deposited material, the said metal which is in the process of solidification has a solid fraction of between 25 and 35% approximately by weight.

2. Ingot mould according to Claim 1, characterized in that the refractory material (3,3') has a melting temperature greater than 1800°C .
3. Ingot mould according to Claim 1 or 2, characterized in that the refractory material (3, 3') has a thermal conductivity of less than $10 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$.
4. Ingot mould according to any one of the preceding claims, characterized in that the deposition of refractory material (3, 3') is obtained by hot spraying of pulverulent material.
5. Ingot mould according to Claim 4, characterized in that the deposition is performed by means of a detonation gun.

Ansprüche

1. Vertikale oder annähernd vertikale Stranggießkokille für geschmolzene Metalle wie Stahl, aus Kupfer oder Kupferlegierungen, deren Wände energetisch durch Kontakt mit einer umlaufenden Kühlfüssigkeit gekühlt sind und an ihrem oberen Abschnitt einen Einsatz aufweisen, der aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit hergestellt ist, die geringer ist als jene des Kupfers oder der Kupferlegierung und der dazu bestimmt ist, den Wärmeaustausch auf der Höhe der Kuppe zwischen dem Gießmetall und der Kokille zu verlangsamen, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Einsatz, der eine Länge von 10 bis 20 cm aufweist, aus einer Beschichtung aus einem hitzebeständigen Material (3,3') von einer Wärmeleitfähigkeit von weniger als $20 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ besteht, das gute Festigkeit gegen schroffe Temperaturwechsel bzw. Wärmeschocks besitzt, wie z.B. Aluminiumoxid, Zirkon(di)oxid, Bornitrid, Chromcarbid, und dessen Dicke, die zwischen 200 und 500 μm liegt, so gewählt ist, daß bei der Temperatur, bei der das Metall mit dem

genannten aufgebracht Material in Berührung kommt, das genannte Metall im Lauf der Erstarrung eine feste Fraktion zwischen etwa 25 - 35 Gew.-% aufweist.

- 5
2. Kokille nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das hitzebeständige Material eine Schmelztemperatur von mehr als 1800°C aufweist.
- 10
3. Kokille nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das hitzebeständige Material (3, 3') eine Wärmeleitfähigkeit von weniger als 10 W.m⁻¹K⁻¹ aufweist.
- 15
4. Kokille nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung aus hitzebeständigem Material (3, 3') durch Spritzen von heißem pulverförmigem Material hergestellt wird.
- 20
5. Kokille nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung mit einer Beschichtungskanone durchgeführt wird.
- 25

30

35

40

45

50

55

5

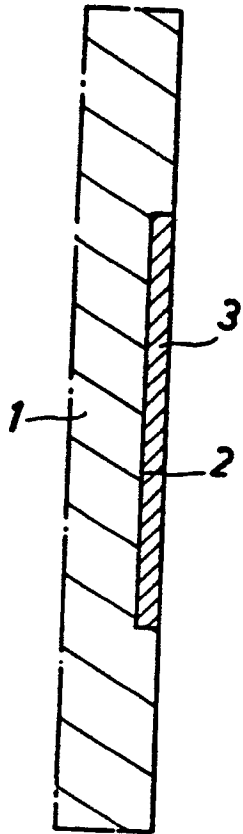


Fig. 1

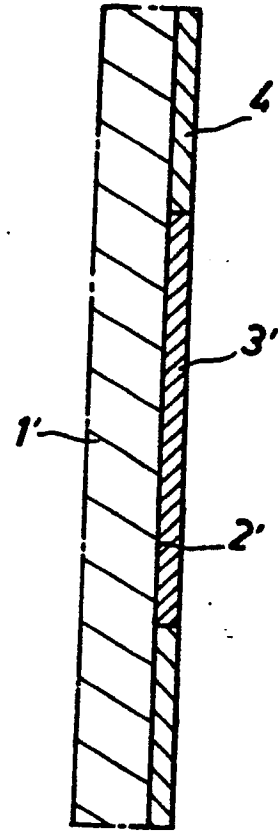


Fig. 2

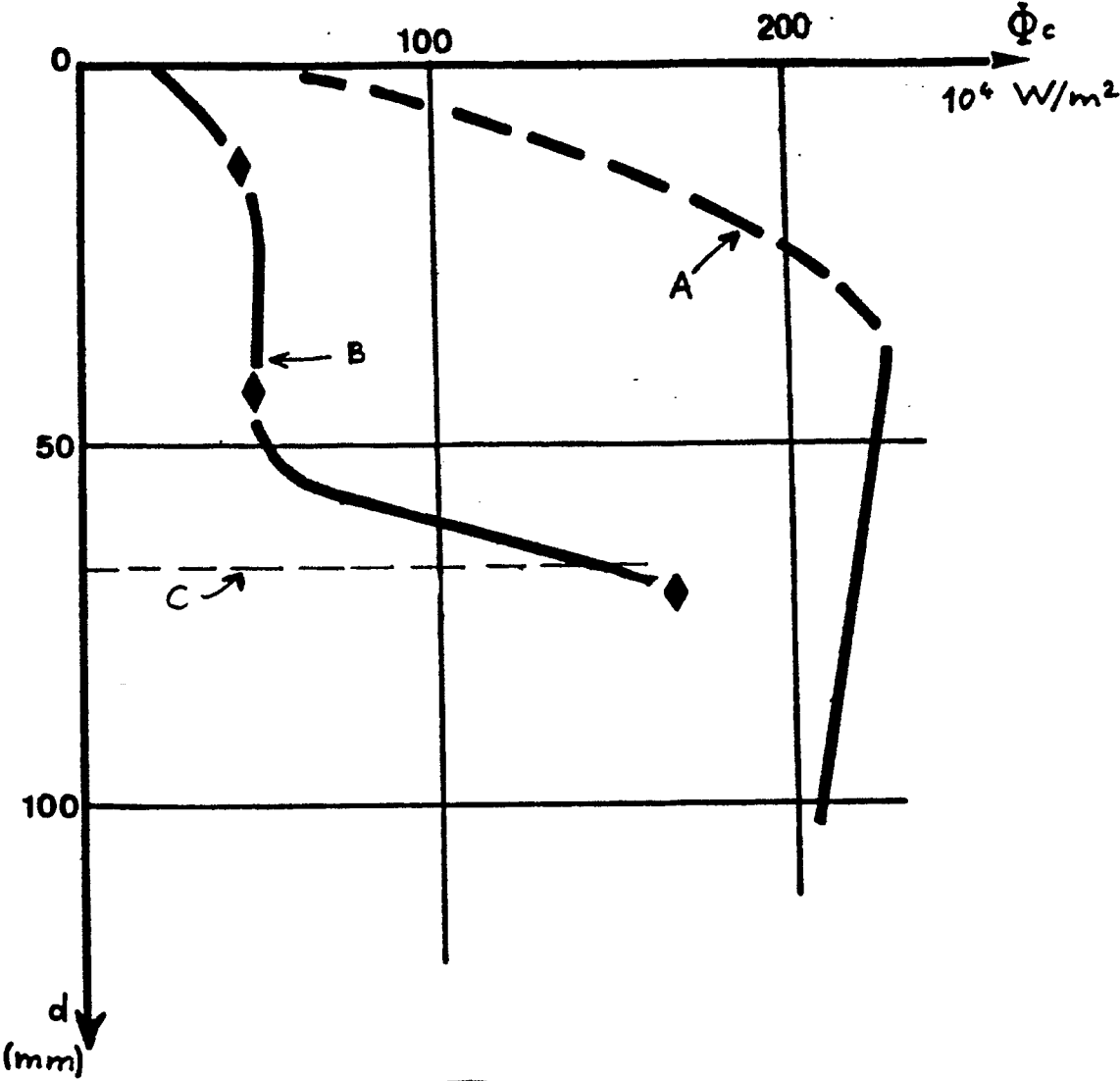


Fig. 3

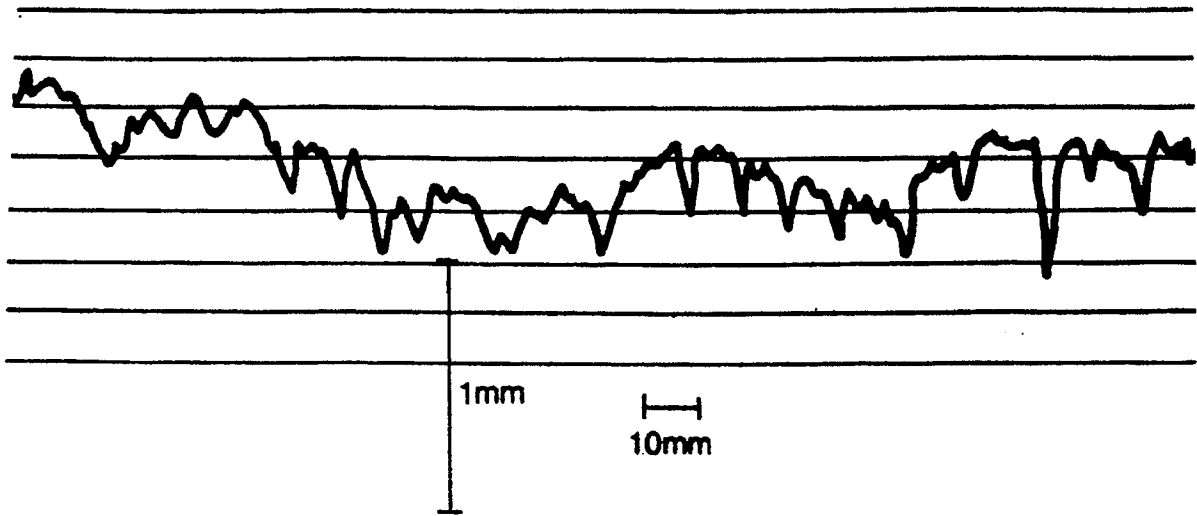


Fig. 4

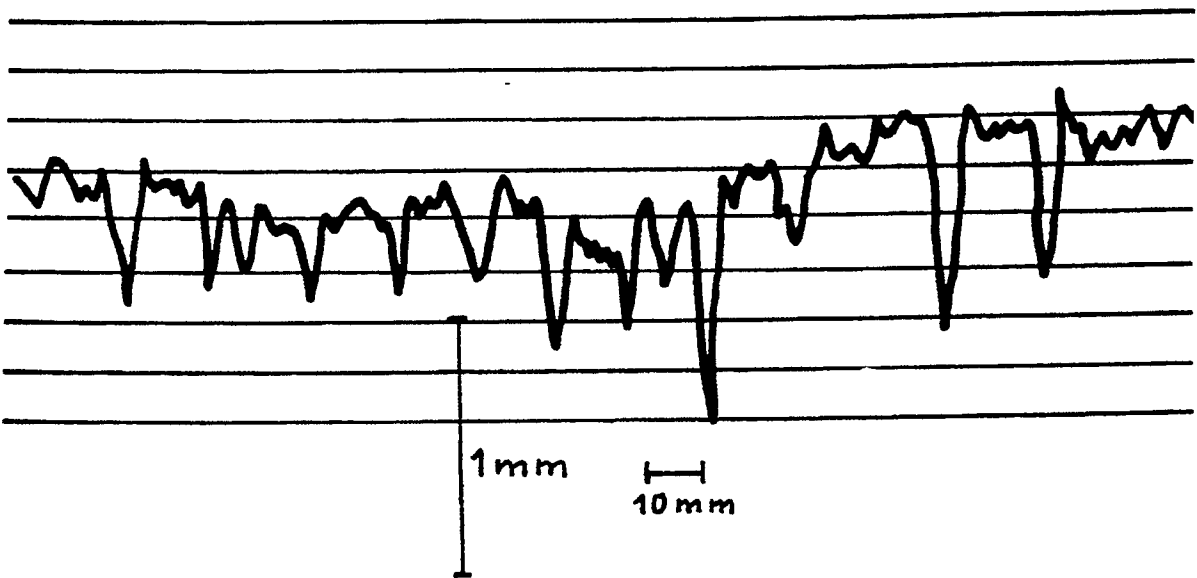


Fig. 5