

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

0 111 985
B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN

(45)

Date de publication du fascicule du brevet:
29.03.89

(51)

Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/573, C 21 D 1/667**

(21)

Numéro de dépôt: **83201820.4**

(22)

Date de dépôt: **20.12.83**

(54)

Procédé de refroidissement de bandes métalliques minces.

(30)

Priorité: **21.12.82 BE 6047760**

(43)

Date de publication de la demande:
27.06.84 Bulletin 84/26

(45)

Mention de la délivrance du brevet:
29.03.89 Bulletin 89/13

(84)

Etats contractants désignés:
AT DE FR GB IT LU

(56)

Documents cités:
EP-A-0 086 331
BE-A-873 060
BE-A-880 587
BE-A-895 434
GB-A-1 151 265

(73)

Titulaire: **CENTRE DE RECHERCHES**
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE Association
sans but lucratif, Vereniging zonder
winstoogmerk Rue Montoyer, 47, B-1040
Bruxelles (BE)

(72)

Inventeur: **Wilmotte, Stéphan, 54, rue de la**
Loignerie, B-4930 Chaudfontaine (BE)

(74)

Mandataire: **Pirmolin, Guy Jean, CENTRE DE**
RECHERCHES METALLURGIQUES Abbaye du
Val Benoît 11, rue Ernest Solvay, B-4000 Liège
(BE)

EP 0 111 985 B1

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).

Description

La présente invention concerne le refroidissement forcé de bandes métalliques minces, en particulier en acier. Elle vise notamment l'opération de refroidissement pratiquée dans les lignes continues de traitement thermique des bandes minces.

On sait que si le refroidissement appliqué n'est pas homogène, les bandes peuvent, à l'état final, présenter de graves défauts. A cet égard, on peut citer le manque de planéité, qui se manifeste lorsque les tensions ont dépassé localement la limite d'élasticité du matériau pendant le refroidissement. Les bandes peuvent également présenter des vermiculures, c'est-à-dire des marques de déformation plastique, qui apparaissent lorsque la limite d'élasticité du matériau est atteinte pour une certaine température du produit et que la caractéristique de traction du matériau présente un palier à cette température.

Pour tenter de prévenir l'apparition de ces deux types de défauts, on a déjà proposé divers procédés mettant en oeuvre des méthodes pour un refroidissement relativement doux.

Une première méthode connue consiste à appliquer un refroidissement par soufflage d'air, pour lequel le coefficient d'échange de chaleur vaut environ $0,15 \text{ kW/m}^2\text{C}$. Il s'agit d'un refroidissement assez lent, qui nécessite une longue durée d'application et par conséquent l'utilisation d'installation de refroidissement de grande longueur. La consommation d'air comprimé et le coût de l'opération sont en conséquence élevés.

On connaît une autre méthode de refroidissement qui consiste à immerger la bande mince dans de l'eau maintenue à sa température d'ébullition. Dans ce cas, le coefficient d'échange de chaleur vaut environ $0,28 \text{ kW/m}^2\text{C}$ dans le domaine de l'ébullition en film, c'est-à-dire lorsque la température de surface du produit est supérieure à 300°C . En dessous de cette température, le coefficient d'échange de chaleur croît très rapidement et le refroidissement par immersion dans l'eau bouillante ne permet pas toujours d'obtenir une bande plane et exempte de vermiculures. En outre, ce refroidissement est également assez lent et présente à cet égard les mêmes inconvénients que le refroidissement par soufflage d'air.

Le document BE-A-873 060 décrit un procédé de refroidissement en une phase, dans lequel la bande d'acier est refroidie de 800°C à 80°C en 9 secondes. Il s'agit d'un procédé de refroidissement relativement doux du type rappelé plus haut, qui ne permet pas de remédier aux inconvénients précités.

On connaît encore par le document EP-A-0 086 331 un procédé de refroidissement d'une bande d'acier en deux étapes. La première étape consiste en un refroidissement lent. De ce fait, ce procédé ne permet pas non plus de remédier aux inconvénients de durée et de coût de traitement

qui affectent la technique antérieure.

La présente invention a pour objet un procédé permettant de remédier aux inconvénients qui viennent d'être mentionnés. A cet effet, le procédé de l'invention assure un refroidissement de la bande, en deux phases d'intensité différente et de courte durée, tout en permettant d'obtenir un produit de qualité, présentant une excellente planéité et exempt de vermiculures.

Conformément à la présente invention, un procédé pour le refroidissement d'une bande d'acier mince en mouvement, par projection d'un agent réfrigérant sur la surface de la bande, dans lequel on soumet ladite bande d'acier à une phase de refroidissement à basse intensité suivie d'une phase de refroidissement à haute intensité, est caractérisé en ce que l'on effectue ladite phase à basse intensité avec un coefficient d'échange de chaleur inférieur ou égal à $3 \text{ kW/m}^2\text{C}$ et ladite phase à haute intensité avec un coefficient d'échange de chaleur supérieur à $3 \text{ kW/m}^2\text{C}$, et en ce que l'on interrompt ladite phase à basse intensité lorsque la bande a atteint une température comprise entre 600°C et 350°C .

Dans le cadre de l'invention, il s'est avéré particulièrement intéressant de refroidir la bande au moyen de jets, par exemple d'eau, disposés de façon à couvrir la totalité de la surface de la bande. L'eau peut éventuellement être chaude et/ou projetée sous forme d'un brouillard.

Dans ce cas, il est intéressant d'utiliser le même agent réfrigérant dans les diverses phases de refroidissement, la différence d'intensité étant obtenue en ajustant le débit total d'agent réfrigérant de chaque phase. Cet ajustement peut être effectué en modifiant soit le nombre de jets d'agent réfrigérant, soit le débit des divers jets par tout moyen connu en soi.

A titre d'exemple, on va décrire à présent une application du procédé de l'invention au refroidissement en deux phases d'une bande mince au moyen de jets d'eau, en faisant référence aux figures annexées.

Dans cet exemple, une bande en acier doux de $0,7 \text{ mm}$ d'épaisseur et se déplaçant à une vitesse de 109 m/min. , est refroidie depuis 750°C jusqu'à une température inférieure à 170°C .

Sur la figure 1, la bande A se déplaçant dans la direction de la flèche B, est soumise à l'action de jets d'eau disposés en quinconce, dont seuls les trois jets d'axe perpendiculaire à la bande aux points C, D et E sont représentés. On a également indiqué 5 points, numérotés 0, 1, 2, 3, et 4 situés à distance croissante du point C, ainsi qu'un point 5 situé à égale distance des points C, D et E.

Les figures 2 à 5 traduisent les résultats obtenus par une opération de refroidissement, soit uniquement à haute intensité (fig. 2 et 3), soit uniquement à basse intensité (fig. 4 et 5).

La figure 2 montre les courbes 0 à 5 donnant l'évolution de la densité de flux calorifique en fonction de la température superficielle de la bande, correspondant respectivement aux points 0 à 5 indiqués à la figure 1. Ces courbes traduisent un refroidissement à haute intensité

pour lequel le coefficient d'échange de chaleur moyen vaut $3,8 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ à 600°C .

Ces courbes sont séparées les unes des autres, ce qui révèle une hétérogénéité sensible du refroidissement appliqué.

On a représenté à la figure 3, l'évolution des contraintes d'origine thermique, superposées à la traction dans la bande (20 N/mm^2), en fonction de la température superficielle de la bande, toujours dans le cas du refroidissement à haute intensité de la figure 2. Ces courbes montrent qu'il se développe dans la bande, des contraintes de compression (ligne passant par le point 0) et des contraintes de traction (ligne passant par le point 4). Il apparaît également que la différence maximale entre les contraintes de traction et de compression se manifeste pour une température de la bande de l'ordre de 300°C . Sur cette figure 3, on a également représenté l'évolution de la limite d'élasticité R_e de la bande, en fonction de sa température, ainsi que le point M d'apparition du palier dans la courbe de traction.

L'examen de ces courbes montre qu'au voisinage du point d'apparition du palier, la contrainte de traction est supérieure à la limite d'élasticité. Il en résulte que la bande traitée de cette façon présente un défaut de planéité ainsi que des vermiculures. On calcule que dans ces conditions, la longueur de refroidissement nécessaire pour ramener la bande à une température inférieure à 170°C est égale à $0,73 \text{ m}$.

Une bande identique, se déplaçant également à une vitesse de 109 m/min. , a été soumise à un refroidissement à basse intensité, avec un coefficient d'échange de chaleur moyen de $1,9 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ à 600°C .

La figure 4 montre les courbes traduisant l'évolution de la densité de flux calorifique en fonction de la température superficielle de la bande, respectivement aux points 0 à 5 de la figure 1. L'écart entre les courbes révèle également une hétérogénéité de refroidissement assez sensible, mais plus faible cependant que dans le cas de la figure 2.

La figure 5 montre que la différence maximale entre les contraintes de traction et de compression est nettement moins importante qu'à la figure 3. En outre, ces contraintes ne dépassent en aucun point la limite d'élasticité du matériau. Les bandes refroidies à basse intensité ne présentent donc pas de défaut de planéité ni de vermiculures. En revanche, la longueur de refroidissement nécessaire pour atteindre une température inférieure à 170°C est égale à $1,61 \text{ m}$. Elle est donc $2,2$ fois plus élevée que dans le cas du refroidissement à haute intensité, ce qui entraîne une consommation totale accrue d'agent de refroidissement.

La même bande a enfin été soumise au procédé de refroidissement conforme à l'invention, comportant une phase I à basse intensité suivie d'une phase II à haute intensité. La figure 6 montre l'évolution de la différence maximale $\Delta\sigma_{\text{max}}$ entre les contraintes de traction et de compression dans la bande, en fonction de

la température d'interruption de la phase I.

Dans un premier cas, les points de percée des axes des jets de la phase II sont alignés avec ceux de la phase I selon des droites parallèles à l'axe longitudinal de la bande. Ce cas est illustré par la courbe 1 de la figure 6. Le point P de cette courbe correspond à une interruption de la phase I à 750°C ; le refroidissement se déroule tout entier en phase II et conduit à: $\Delta\sigma_{\text{max}} = 172 \text{ N/mm}^2$. Si, par contre la température d'interruption est inférieure à 300°C , on est ramené au cas où le refroidissement est entièrement effectué en phase I; en deçà de cette température de 300°C , la valeur de $\Delta\sigma_{\text{max}}$ reste constante et égale à 78 N/mm^2 . Une température intermédiaire d'interruption de 450°C conduit à un $\Delta\sigma_{\text{max}}$ de 87 N/mm^2 .

Dans une seconde disposition, les jets de la phase II sont décalés transversalement d'un demi-pas par rapport à ceux de la phase I. Ce cas correspond à la courbe 2 de la figure 6. Les points correspondant aux températures de 750°C d'une part et de moins de 300°C d'autre part, sont identiques à ceux de la courbe 1. On constate cependant que lorsque la température d'interruption est comprise entre 580°C et 300°C , la valeur de $\Delta\sigma_{\text{max}}$ est inférieure à la plus basse valeur réalisable dans le premier cas (courbe 1). Pour une température d'interruption de 450°C , $\Delta\sigma_{\text{max}}$ vaut 56 N/mm^2 .

Pour réaliser une température d'interruption de 450°C dans le cas de cette seconde disposition des jets, les phases I et II doivent avoir des longueurs respectives de $0,88 \text{ m}$ et $0,30 \text{ m}$, soit une longueur totale de $1,18 \text{ m}$.

Le procédé de l'invention permet donc de réduire la durée du refroidissement, dans ce cas de 27% , et par conséquent la consommation d'agent réfrigérant, par rapport au refroidissement à basse intensité, tout en évitant l'apparition de défauts de planéité et de vermiculures dans les bandes.

Il est possible, par le procédé de l'invention, de réduire encore la longueur, donc la durée du refroidissement sans altérer la qualité de la bande. La courbe 2 donne, pour une température d'interruption de 580°C , un $\Delta\sigma_{\text{max}}$ égal à 78 N/mm^2 , mais ne nécessite qu'une longueur de $0,53 \text{ m}$ (phase I) + $0,47 \text{ m}$ (phase II) = 1 m , pour atteindre une température finale inférieure à 170°C . Cette valeur de 78 N/mm^2 correspond à la valeur la plus basse réalisable par un refroidissement à basse intensité (courbe 1), mais avec une longueur de 1 m au lieu de $1,61 \text{ m}$, soit une réduction de 38% .

Revendications

1. Procédé pour le refroidissement d'une bande d'acier mince en mouvement, par projection d'un agent réfrigérant sur la surface de la bande, dans lequel on soumet ladite bande d'acier à une phase de refroidissement à basse intensité suivie

- d'une phase de refroidissement à haute intensité, caractérisé en ce que l'on effectue ladite phase à passe intensité avec un coefficient d'échange de chaleur inférieur ou égal à $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ et ladite phase à haute intensité avec un coefficient d'échange de chaleur supérieur à $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$, et en ce que l'on interrompt ladite phase à basse intensité lorsque la bande a atteint une température comprise entre 600°C et 350°C . 5
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise l'eau comme agent réfrigérant. 10
3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise comme agent réfrigérant un brouillard d'eau et d'air. 15

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abkühlung eines in Bewegung befindlichen Stahlbands durch Aufsprühen eines Kühlmittels auf die Bandoberfläche, wobei man dieses Stahlband einer Kühlphase niedriger Intensität und danach einer Kühlphase hoher Intensität unterwirft, dadurch gekennzeichnet, dass man besagte Phase niedriger Intensität bei einer Wärmeübergangszahl von weniger als oder gleich $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ und besagte Phase hoher Intensität bei einer Wärmeübergangszahl grösser als $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ durchführt und dass man besagte Phase niedriger Intensität unterbricht, wenn das Band eine Temperatur zwischen 600°C und 350°C erreicht hat. 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man als Kühlmittel Wasser verwendet. 25
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man als Kühlmittel einen Wasser/Luftnebel verwendet. 30
- 35
- 40

Claims

1. Process for cooling a moving thin steel strip by spraying a refrigerant onto the surface of the strip, in which the said steel strip is subjected to a low intensity cooling phase followed by a high intensity cooling phase, characterized in that the said low intensity phase is carried out with a heat exchange coefficient less than or equal to $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$ and the said high intensity phase is carried out with a heat exchange coefficient greater than $3 \text{ kW/m}^2\text{°C}$, and in that the said low intensity phase is interrupted when the strip has reached a temperature of between 600°C and 350°C . 45
2. Process according to Claim 1, characterized in that water is used as the refrigerant. 50
3. Process according to Claim 1, characterized in that a mist of water and air is used as a refrigerant. 55
- 60
- 65

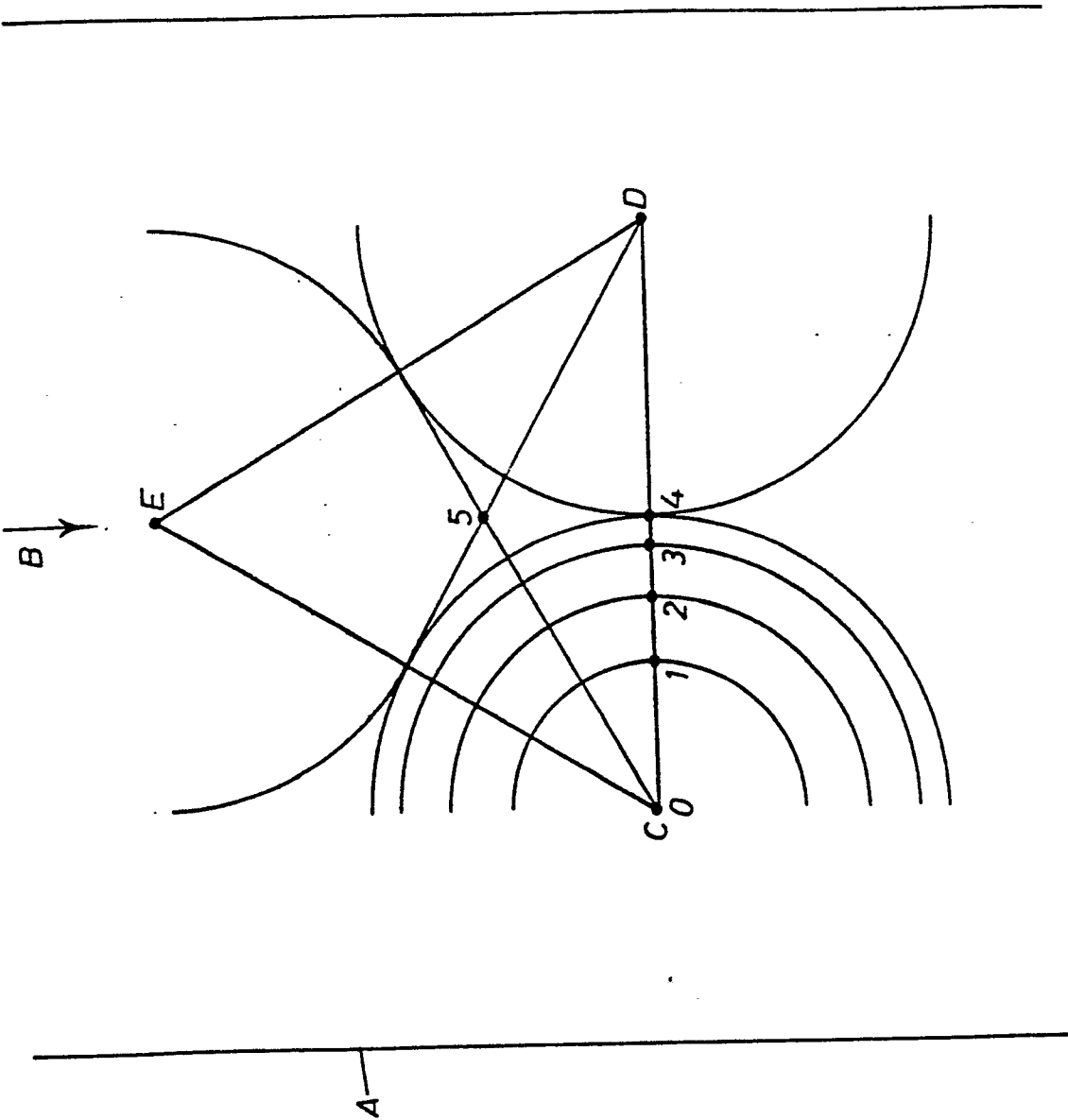


Fig. 1 -

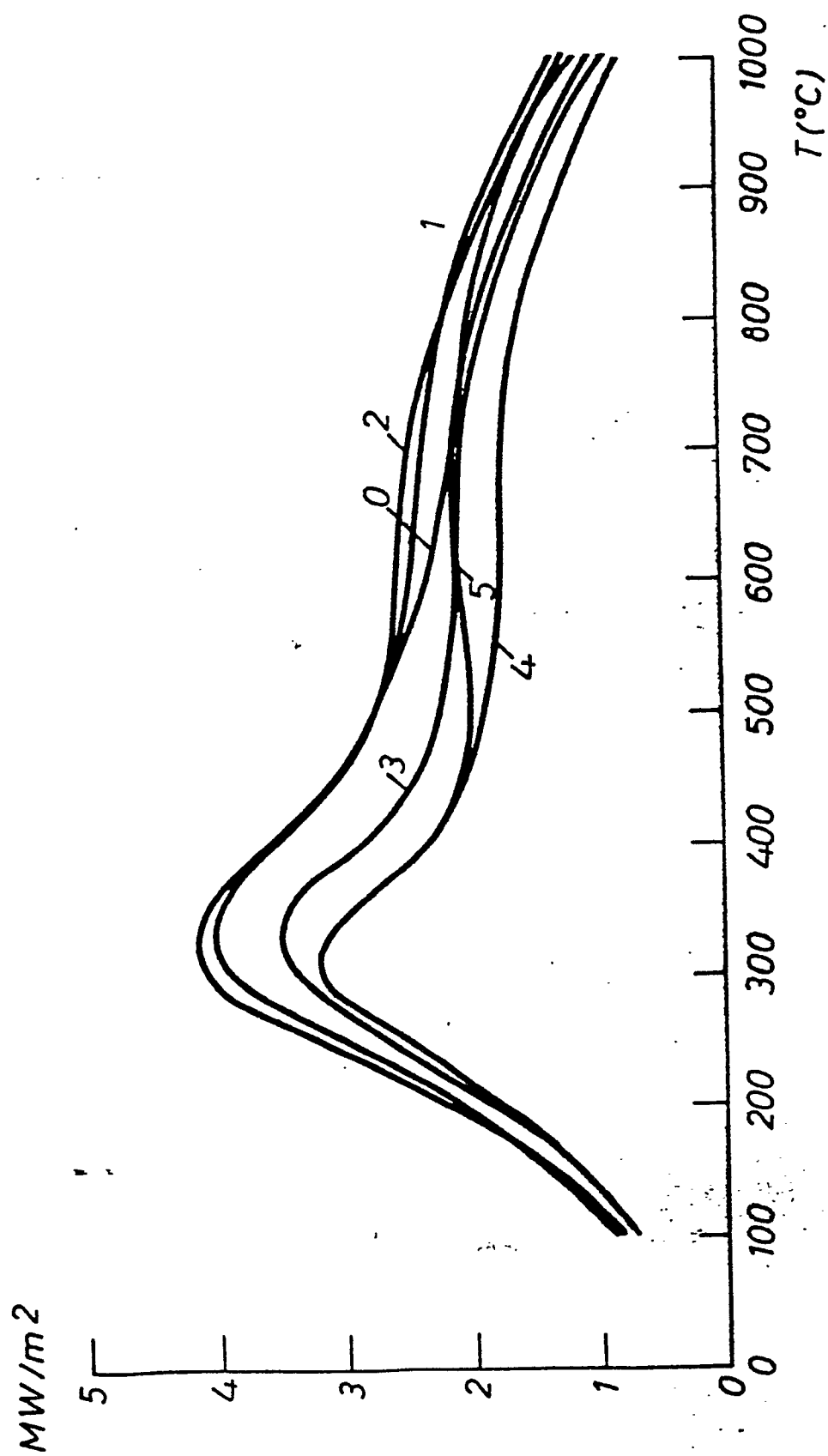


Fig. 2 -

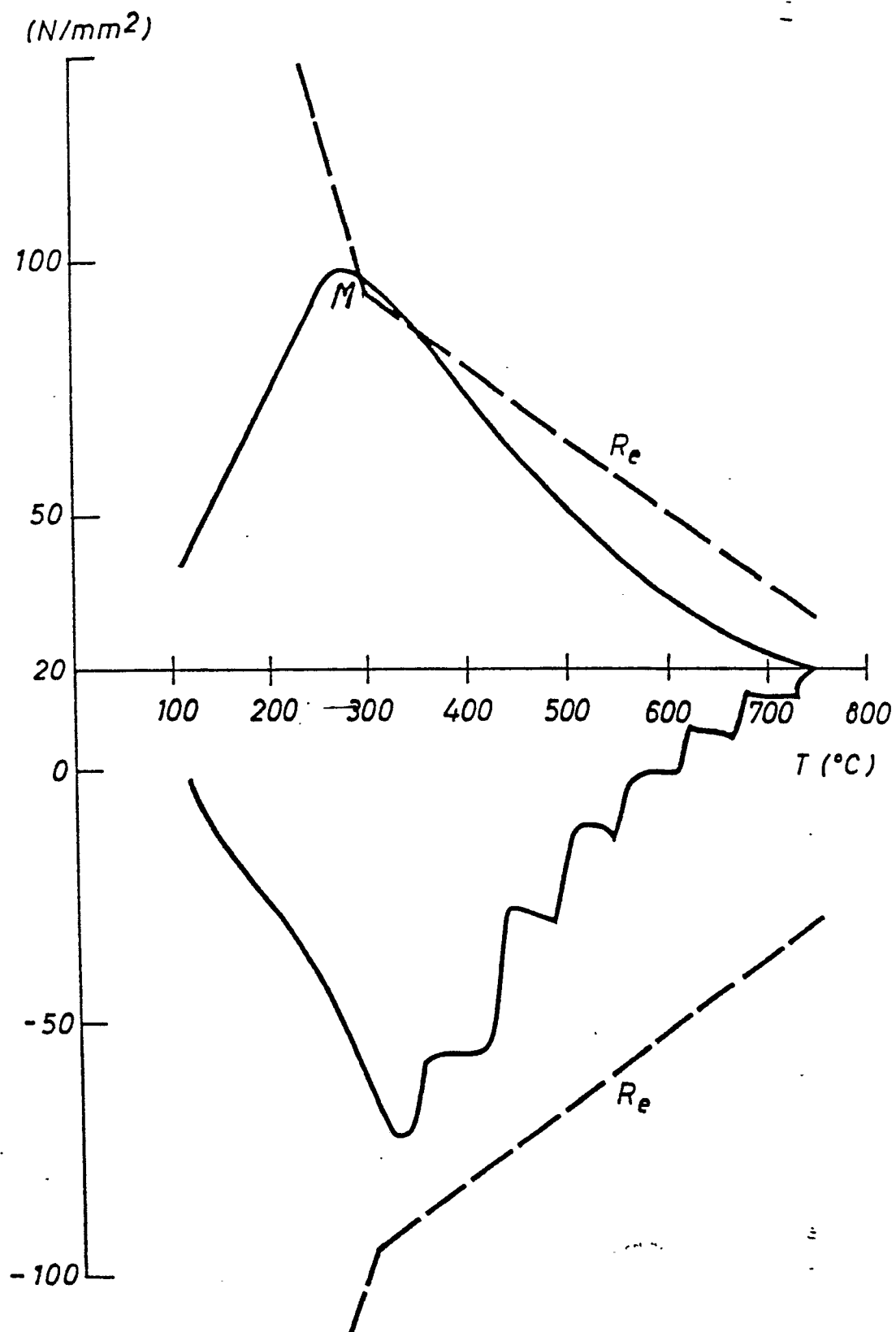


Fig. 3.

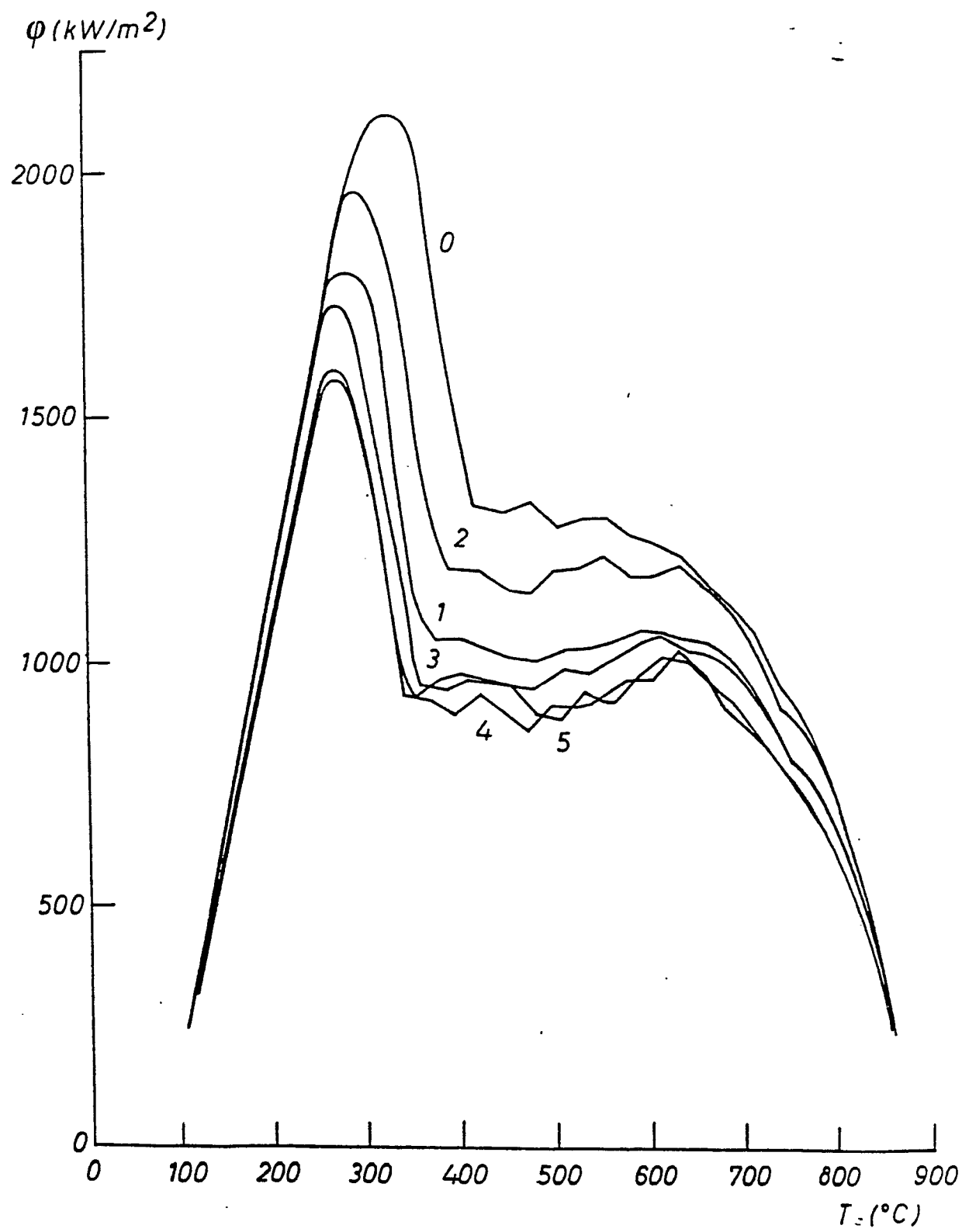


Fig. 4 -

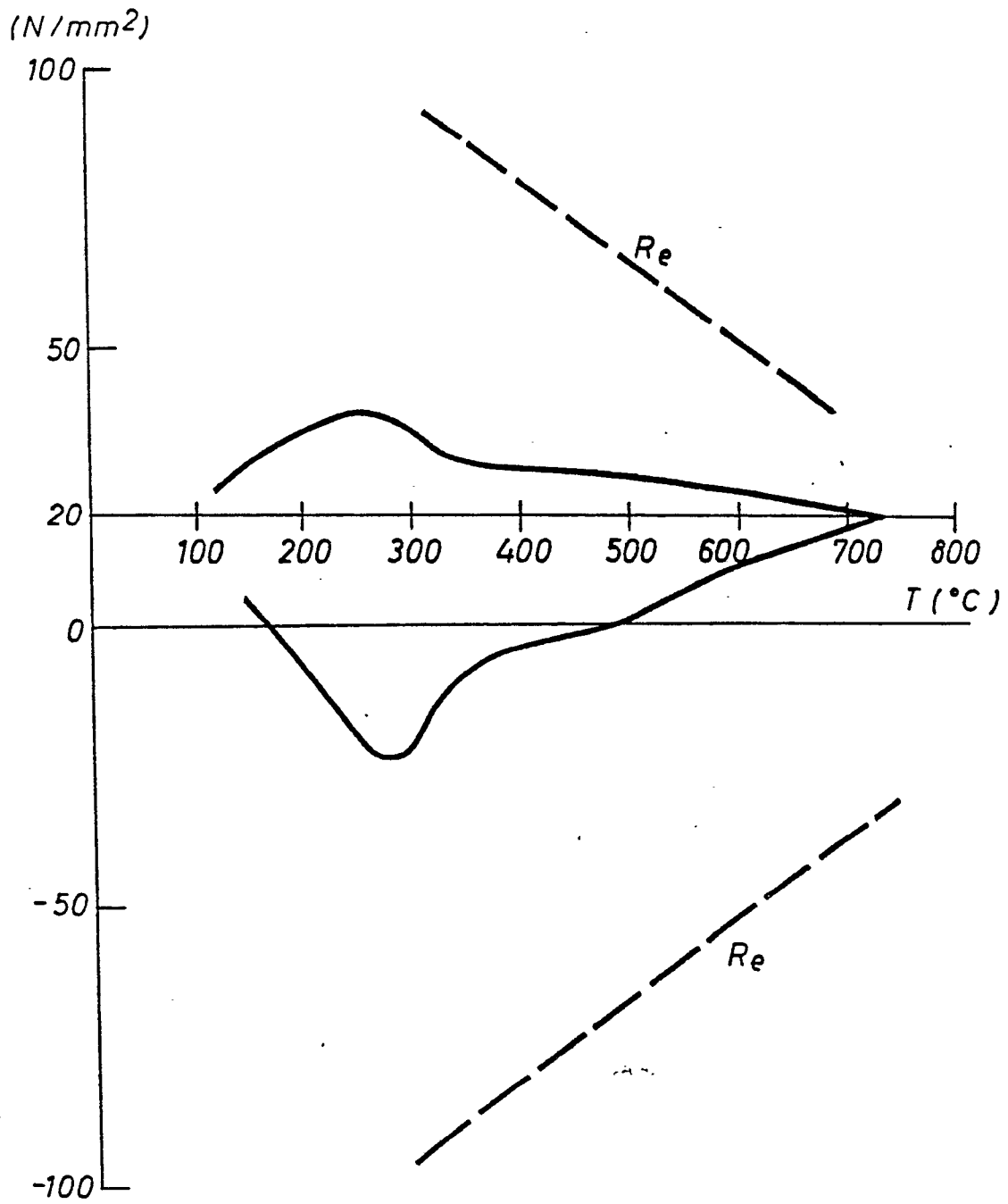


Fig. 5_

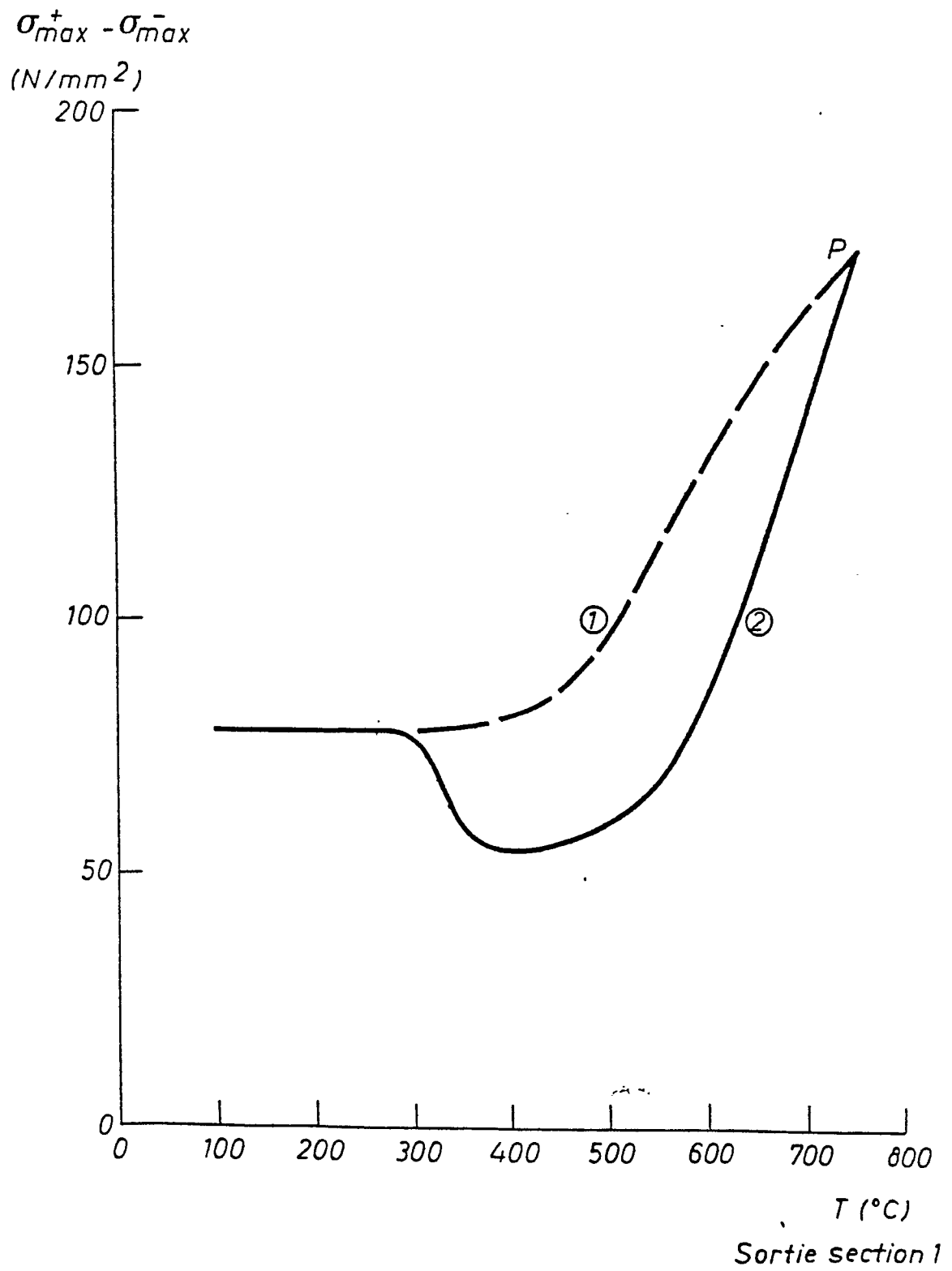


Fig. 6_