

①⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

①⑳ Numéro de dépôt: 83201820.4

①⑤① Int. Cl.³: **C 21 D 9/573**
C 21 D 1/667

①㉔ Date de dépôt: 20.12.83

①㉓ Priorité: 21.12.82 BE 6047760

①㉔③ Date de publication de la demande:
27.06.84 Bulletin 84/26

①㉔④ Etats contractants désignés:
AT DE FR GB IT LU

①㉔① Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES**
METALLURGIQUES CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE
• **METALLURGIE** Association sans but lucratif
Vereniging zonder winstoogmerk Rue Montoyer, 47
B-1040 Bruxelles(BE)

①㉔② Inventeur: **Wilmotte, Stéphan**
54, rue de la Loignerie
B-4930 Chaudfontaine(BE)

①㉔④ Mandataire: **Pirmolin, Guy Jean**
CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES Abbaye
du Val Benoît 11, rue Ernest Solvay
B-4000 Liege(BE)

①㉔⑤ **Procédé de refroidissement de bandes métalliques minces.**

①㉔⑤⑦ On refroidit une bande métallique mince A, en mouvement selon la flèche B, par projection d'eau sur la surface de la bande. Le refroidissement comporte une première phase, dite à basse intensité et une seconde phase, dite à haute intensité, au cours desquelles le coefficient d'échange de chaleur, défini à 600°C, est respectivement inférieur et supérieur à 3 kW/m² °C. La phase à basse intensité est interrompue à une température comprise entre 350°C et 600°C. Les jets d'eau sont de préférence disposés en quinconce, par exemple aux points C,D,E.

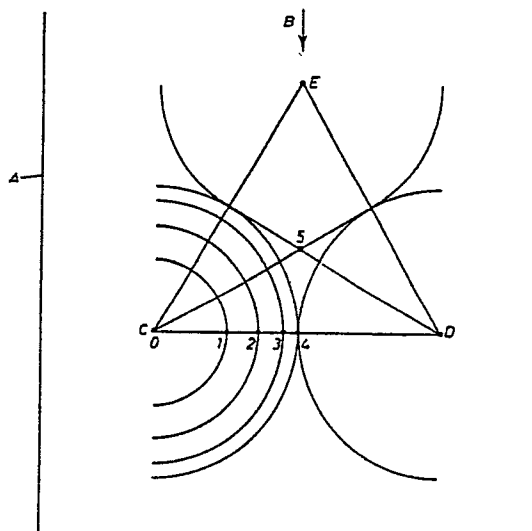


Fig 1.

CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES -
CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE,
Association sans but lucratif -
Vereniging zonder winstoogmerk
à BRUXELLES, (Belgique).

Procédé de refroidissement de bandes métalliques minces.

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.

5

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

10 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

15 de traction du matériau présente un palier à cette température.

2

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.

- 5 Une première méthode connue consiste à appliquer un refroidissement par soufflage d'air, pour lequel le coefficient d'échange de chaleur vaut environ $0,15 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Il s'agit d'un refroidissement assez lent, qui nécessite une longue durée d'application et par conséquent l'utilisation d'installation de
10 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
15 chaleur vaut environ $0,28 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 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
20 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.

25

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 intense de la bande, tout en permettant d'obtenir un produit de qualité, présentant une excellente planéité et exempt
30 de vermiculures.

Le procédé qui fait l'objet de la présente invention, dans lequel on soumet une bande métallique mince à un refroidis-

25

sement par projection d'un agent réfrigérant, est essentiellement caractérisé en ce que le dit refroidissement comporte une phase, dite à basse intensité, au cours de laquelle le coefficient d'échange de chaleur défini à 600°C est inférieur à 3 kW/m² °C, et une phase, dite à haute intensité, au cours de laquelle le coefficient d'échange de chaleur défini à 600°C est supérieur à 3 kW/m² °C.

Selon une mise en oeuvre intéressante du procédé de l'invention, on exécute en premier lieu la phase de refroidissement à basse intensité, jusqu'à ce que la bande ait atteint une température prédéterminée, et ensuite la phase de refroidissement à haute intensité.

Egalement selon l'invention, il a été trouvé avantageux d'interrompre la première phase de refroidissement lorsque la surface de la bande a atteint une valeur comprise entre 350°C et 600°C.

Toujours selon l'invention, il peut être intéressant de prévoir une phase de refroidissement supplémentaire, dite à intensité intermédiaire, qui se situe de préférence entre la phase à basse intensité et la phase à haute intensité.

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.

30

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.

5 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.

10 Dans cet exemple, une bande en acier doux de 0,7 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
15 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 dis-
20 tance 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).

25

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

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

28

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.

15

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 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 $1,9 \text{ kW/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

25

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 5 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 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 $\Delta\sigma_{\max}$ entre les contraintes de traction et de compression dans la bande, en fonction de la température d'interruption de la phase I.

20 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 25 750°C; le refroidissement se déroule tout entier en phase II et conduit à : $\Delta\sigma_{\max} = 172 \text{ N/mm}^2$. 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 deça de cette température de 300°C, la valeur de $\Delta\sigma_{\max}$ 30 reste constante et égale à 78 N/mm^2 . Une température intermédiaire d'interruption de 450°C conduit à un $\Delta\sigma_{\max}$ de 87 N/mm^2 .

S

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 $\Delta\sigma_{\max}$ est inférieure à la plus basse valeur réalisable dans le premier cas (courbe 1). Pour une température d'interruption de 450°C, $\Delta\sigma_{\max}$ vaut 56 N/mm².

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 m et 0,30 m, soit une longueur totale de 1,18 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 $\Delta\sigma_{\max}$ égal à 78 N/mm², mais ne nécessite qu'une longueur de 0,53 m (phase I) + 0,47 m (phase II) = 1 m, pour atteindre une température finale inférieure à 170°C. Cette valeur de 78 N/mm² 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 m, soit une réduction de 38 %.

REVENDEICATIONS.

1. Procédé de refroidissement d'une bande métallique mince en mouvement, par projection d'un agent réfrigérant sur la surface de la bande, caractérisé en ce que le dit refroidissement comporte une phase, dite à basse intensité, au cours de laquelle le coefficient d'échange de chaleur défini à 600°C est inférieur ou égal à $3 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, et une phase, dite à haute intensité, au cours de laquelle le coefficient d'échange de chaleur est supérieur à $3 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on exécute en premier lieu la dite phase à basse intensité, jusqu'à ce que la bande ait atteint une température prédéterminée, dite température d'interruption, et ensuite la dite phase à haute intensité à partir de cette température d'interruption.
3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on choisit la dite température d'interruption entre environ 350°C et environ 600°C.
4. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on exécute une phase de refroidissement, dite à intensité intermédiaire, entre la dite phase à basse intensité et la dite phase à haute intensité.
5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on utilise, comme agent réfrigérant, de l'eau, éventuellement chaude, de préférence sous la forme de jets coniques pleins.

6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on utilise comme agent réfrigérant, un brouillard d'eau et d'air.

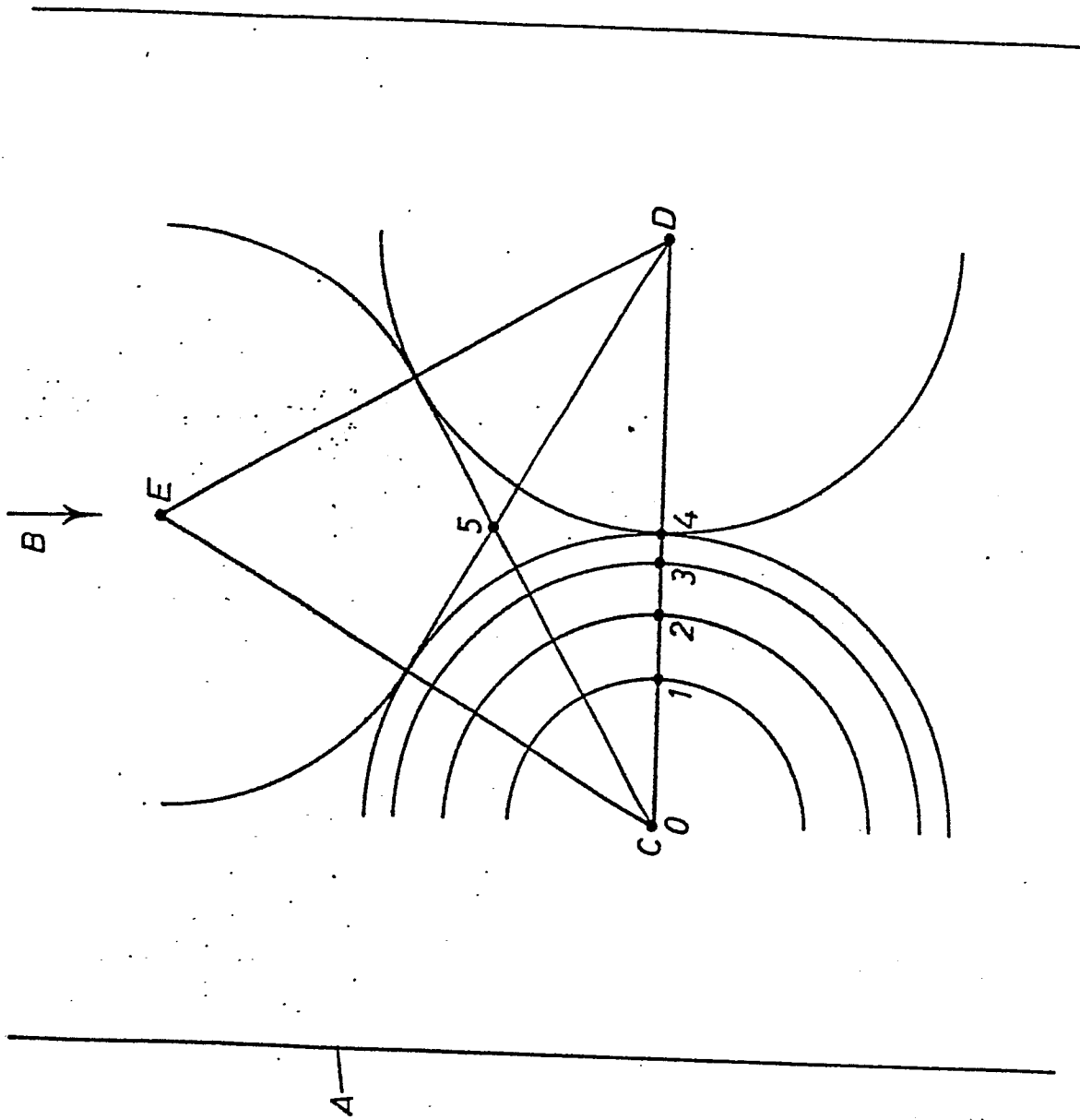


Fig. 1 -

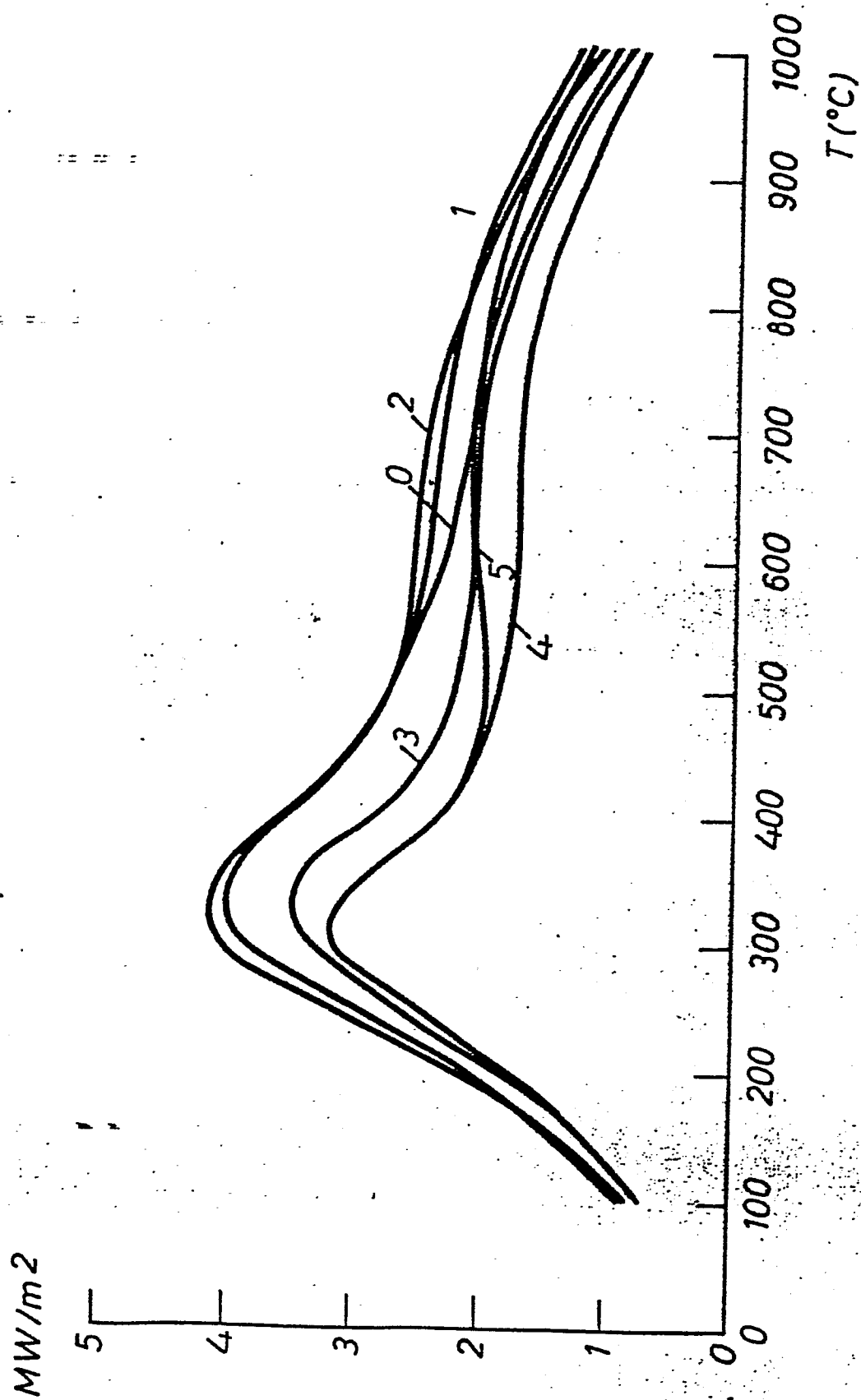


Fig. 2 -

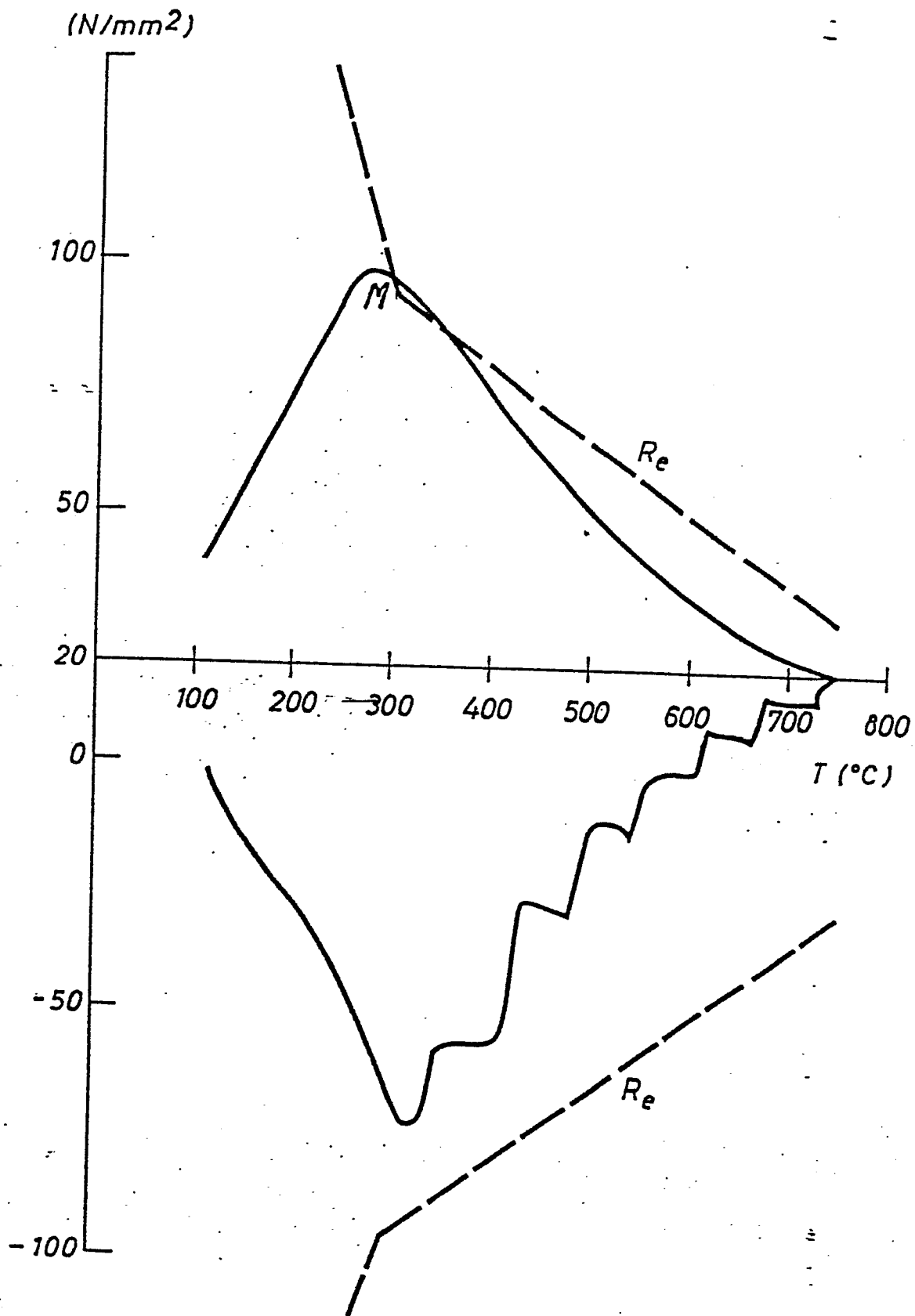


Fig. 3-

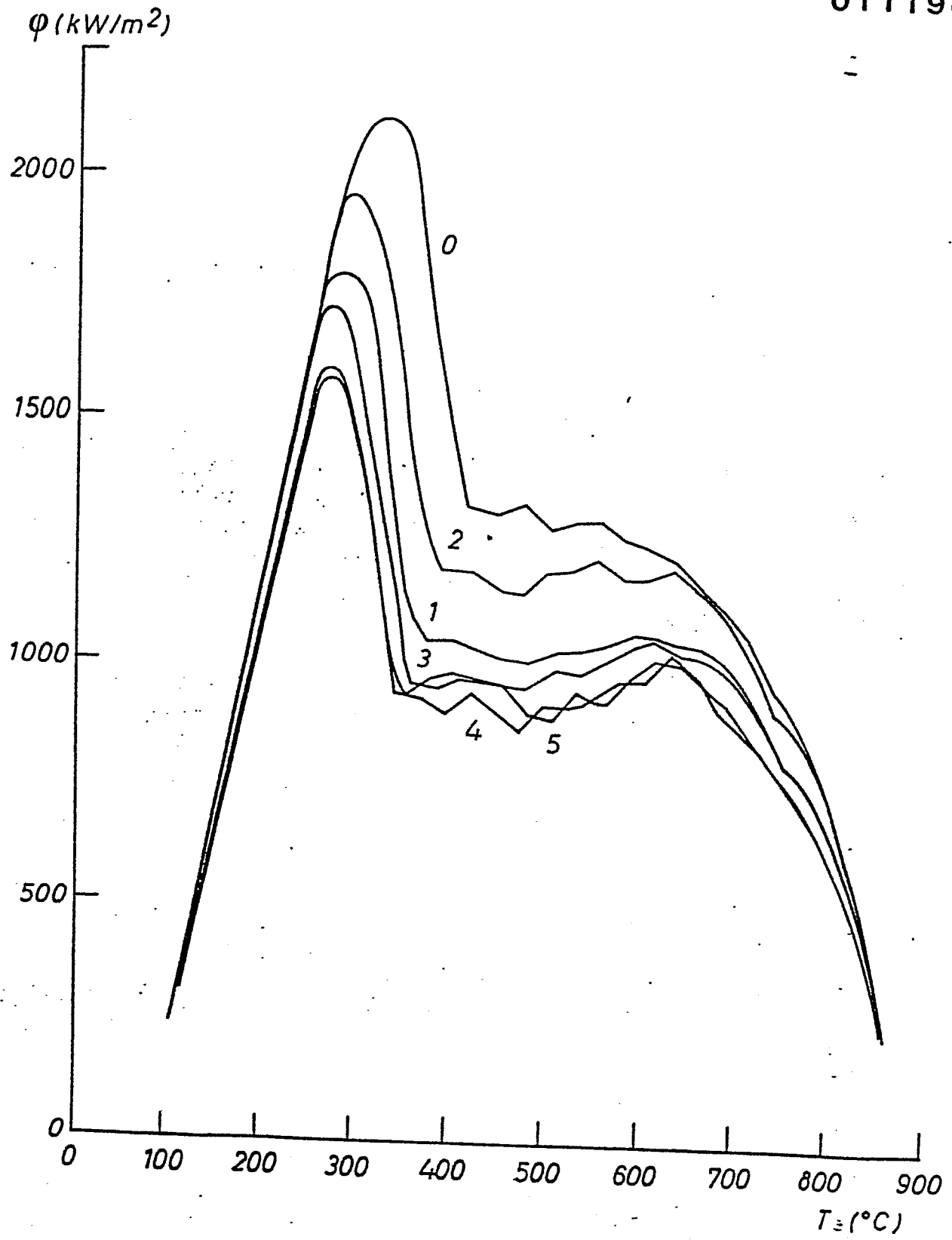


Fig. 4 -

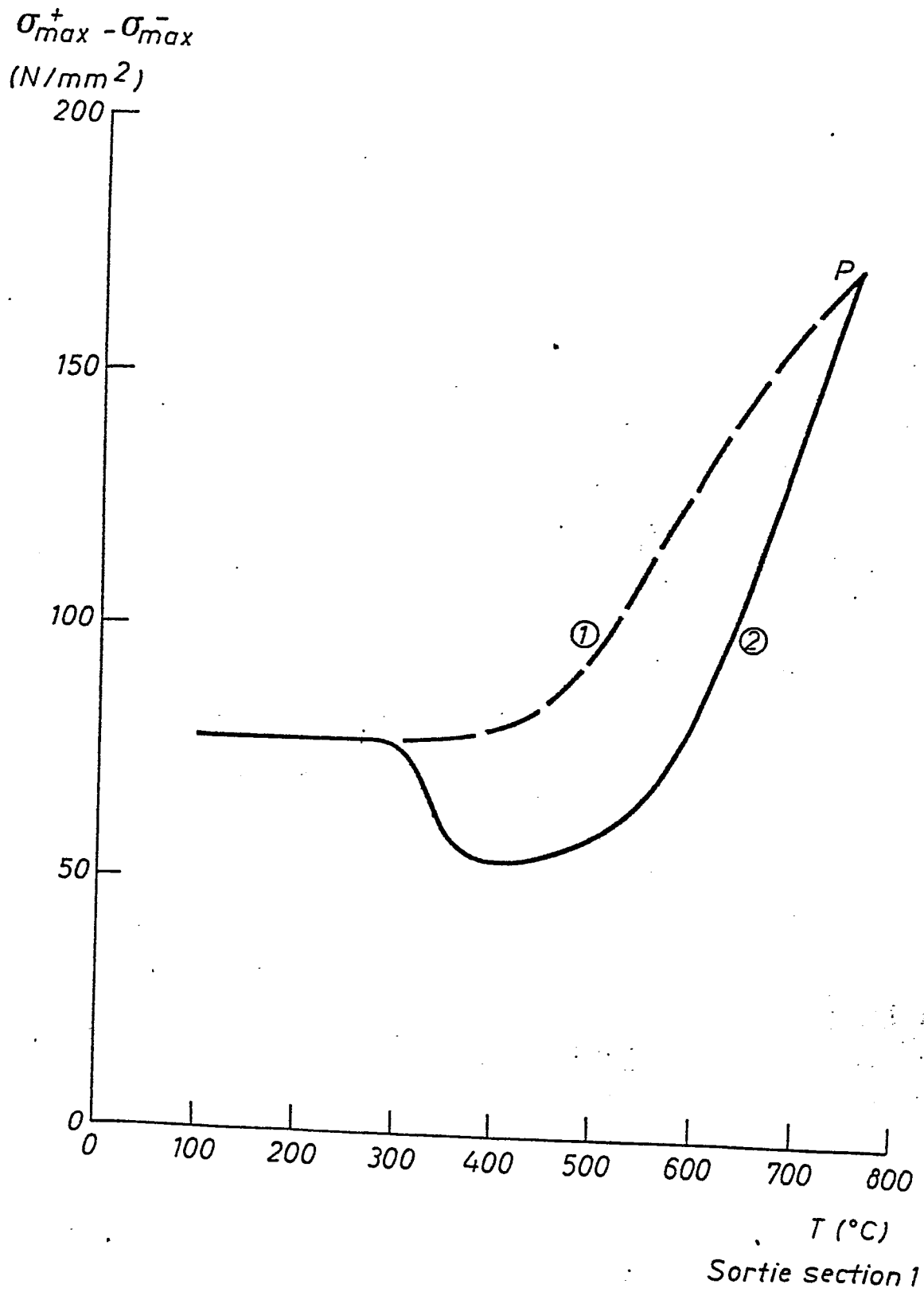


Fig. 6-

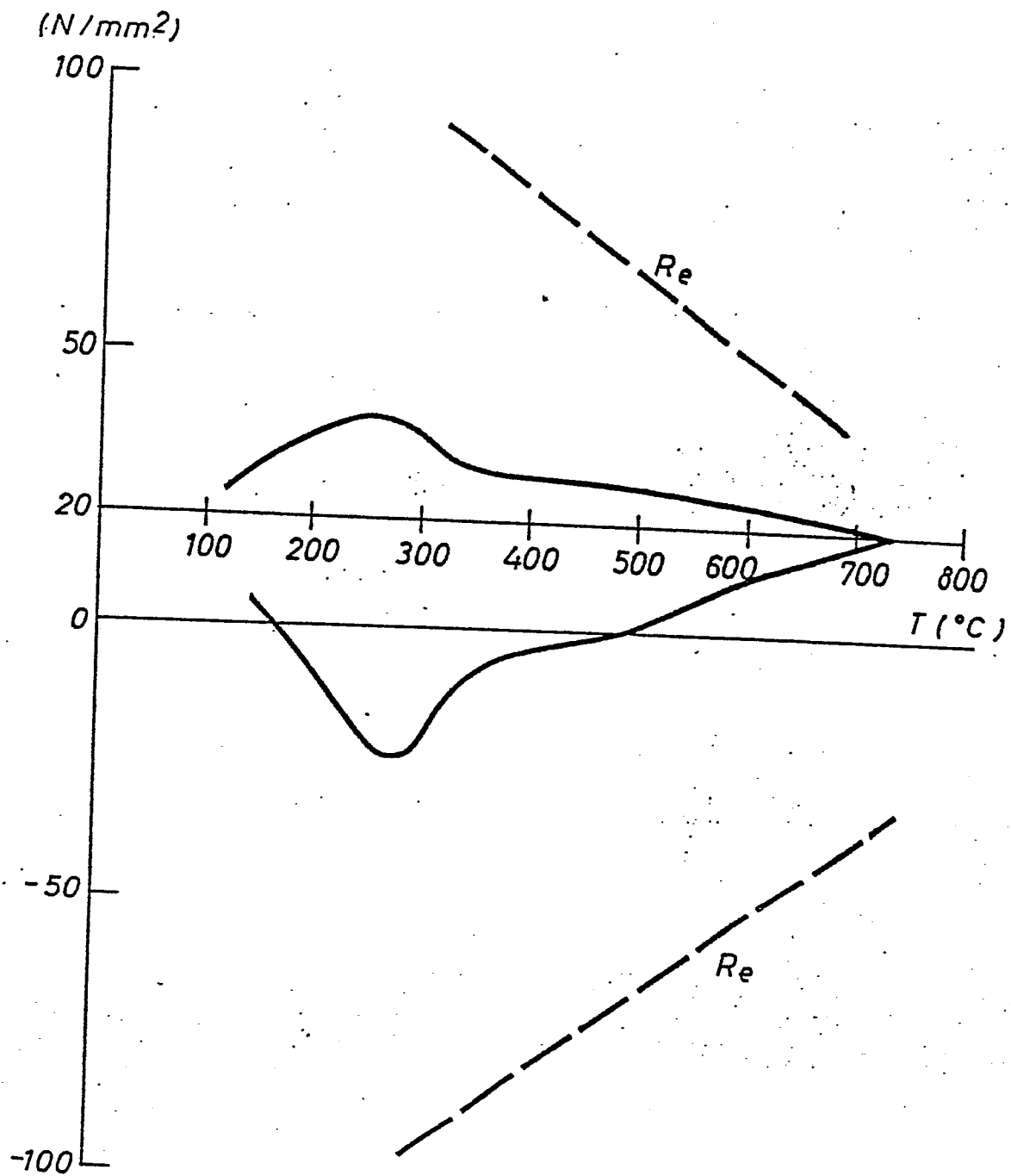


Fig. 5-