

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 488 423**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 17345**

(54) Procédé et dispositif pour la régulation de la température d'une feuille de verre dans un four à plusieurs cellules.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 05 D 23/19.

(22) Date de dépôt..... 6 août 1980.  
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 12-2-1982.

(71) Déposant : SAINT-GOBAIN VITRAGE, résidant en France.

(72) Invention de : Karl-Rudolf Bartusel, Mario Roth, Walter Schamberg et Josef Willems.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Saint-Gobain Recherche,  
39, quai Lucien-Lefranc, 93304 Aubervilliers Cedex.

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA REGULATION  
DE LA TEMPERATURE D'UNE FEUILLE DE VERRE  
DANS UN FOUR A PLUSIEURS CELLULES

5

L'invention concerne un procédé de régulation de la température d'une feuille de verre dans un four constitué de plusieurs cellules successives, à l'intérieur duquel cette feuille, placée verticalement, 10 est acheminée d'une cellule à la suivante à une cadence déterminée, la puissance de chauffage des organes chauffants de chaque cellule étant réglée à un niveau fixé selon un programme préétabli par un régulateur de puissance commandé par des organes sensibles à la température de la paroi de chaque cellule.

15 Pour tremper des volumes de verre, on les suspend généralement, par des pinces auto-serrantes et de façon connue, à un chariot mobile sur un rail placé au-dessus d'un four dit "traversant" où, acheminées par avances successives, elles sont chauffées à la température nécessaire. Un bombage peut être effectué avant la trempe. Ce procédé 20 est d'usage courant pour la fabrication de vitrages de véhicules automobiles.

Aussi bien pour la trempe que pour le bombage, la température de la feuille de verre doit être réglée avec précision si l'on veut obtenir des produits de caractéristiques constantes.

25 Pour ce faire, on a développé différents systèmes de régulation, dans le but d'obtenir la meilleure constance possible de la température de la feuille de verre à la sortie du four.

Il est, par exemple, connu de munir les organes de chauffage électrique de thermo-couples qui agissent sur un régulateur de puissance 30 pour maintenir constante la température de ces organes, donc celle du four (brevets FR 794 398, DE AS 1 106 039) ou même de chauffer chaque cellule, voire chaque zone d'une même cellule suivant des programmes différents (DE OS 2 837 985).

On a aussi proposé pour la régulation de fours à plusieurs cellules 35 avec avance discontinue de feuilles de verre suspendues à des chariots porteurs, de régler la température des éléments chauffants à une valeur déterminée et d'utiliser la mesure de la température de la feuille de verre à la sortie du four pour corriger ce réglage (USP 3 744 985).

Suivant un autre procédé, on alimente chaque cellule à puissance

électrique constante et, si la température du four s'écarte d'une valeur de référence, on corrige en conséquence la cadence d'acheminement des feuilles de verre dans le four (DE AS 1 596 382).

Il est également connu, quoique dans un four où les feuilles de verre sont acheminées de manière continue en position horizontale, de mesurer leur température à la sortie du four au moyen d'un pyromètre optique et de régler leur vitesse d'avance dans le four en fonction des écarts constatés à la sortie par rapport à la valeur désirée (DE OS 2 746 301). Dans ce procédé, la commande la régulation est assurée par un micro-processeur.

D'autre part, l'utilisation d'unités de thyristors pour le réglage de la puissance est également classique et décrite par exemple dans le brevet DD PS 78 780.

Beaucoup de ces systèmes connus travaillent de manière satisfaisante dans une fabrication de série où des feuilles de verre de même dimension, même masse, sont acheminées dans le four à un rythme constant. Il s'établit alors un équilibre approximatif du bilan énergétique du four.

La structure massive des fours de type courant leur confère en effet une bonne isolation et une forte inertie thermique, qui a pour conséquence une bonne stabilité du chauffage, peu sensible aux perturbations extérieures ; en revanche, ces fours ne sont pas à même de rééquilibrer de manière satisfaisante des perturbations rapides des conditions de fonctionnement.

Sous l'influence du système de régulation, leur température moyenne oscille légèrement mais à une fréquence notablement inférieure à la cadence d'avance des feuilles de verre. Il en résulte que même effectuées à l'intérieur du four, les mesures de température ne permettent pas d'agir sur les feuilles en cours de traitement, mais sensiblement plus tard.

Des difficultés particulières de régulation se présentent donc en cas de perturbation de l'équilibre énergétique, liées par exemple à des incidents dans le rythme d'avance des chariots, c'est-à-dire la régularité d'avance des feuilles de verre. Il peut arriver également qu'un ou plusieurs volumes se décrochent et tombent, si bien que le chariot transporteur, dans son cycle, traverse le four à vide ou avec un nombre de feuilles de verre plus faible que prévu.

Si une telle lacune apparaît dans le système de transport, il n'est donc pas possible de régler la puissance du chauffage dans les cellules du four de manière que la feuille de verre qui suit immédiatement soit

chauffée à la température convenable. En général, il sort plusieurs feuilles de verre défectueuses avant que le four n'ait retrouvé son équilibre.

5 A l'inverse, les fours à faible inertie thermique permettent une réponse plus rapide mais sont sensibles aux perturbations extérieures.

L'invention a pour objet de perfectionner le fonctionnement des fours traversants à réponse thermique rapide destinés au traitement de feuilles de verre afin de limiter le plus possible les rebuts de fabrication en cas de variation de la cadence du système de transport 10 et/ou de lacunes imprévues dans le nombre de feuilles acheminées par les chariots transporteurs. En particulier, en cas d'absence d'un volume dans le système de transport, le réglage de puissance réagira de telle manière que la feuille de verre qui suit immédiatement cette lacune présente à la sortie du four la température souhaitée.

15 Selon une première caractéristique de l'invention, on contrôle la présence de la feuille de verre en synchronisme avec l'avance pas à pas, en amont d'une cellule au moins du four, et l'on corrige la régulation de la puissance électrique des cellules suivantes en fonction du signal ainsi obtenu.

20 Il en résulte un réglage par anticipation dans lequel la puissance apportée à une cellule est déterminée avant que cette feuille ne s'y trouve. Ceci a notamment pour conséquence que, en l'absence accidentelle d'une feuille de verre, la puissance électrique fournie à la cellule est abaissée avant que le chariot transporteur vide n'y arrive 25 en y créant un déséquilibre de température.

Le procédé suivant l'invention peut être mis en oeuvre en contrôlant avec un palpeur ou une barrière optique à réflexion si, au moment prévu par le programme de marche, une feuille de verre est sur le point de pénétrer dans la cellule.

30 Selon une seconde caractéristique, non seulement entre deux cellules on s'assure de la présence de la feuille de verre, mais on mesure sa température au moyen d'un pyromètre à rayonnement et, en régime normal, on règle la puissance de chauffage dans les cellules suivantes en fonction de la température mesurée.

35 De manière avantageuse, et pour éliminer l'influence des parois du four sur la mesure effectuée par le pyromètre, on utilise pour cette mesure de la température de la feuille de verre un pyromètre optique à plage de mesure relativement étroite dirigé vers une ouverture dans la paroi opposée du four.

On peut également affiner le procédé en employant simultanément plusieurs pyromètres optiques placés en regard de zones superposées de chaque cellule pour y régler la puissance de chauffage par secteurs correspondant à la position des pyromètres.

- 5      Un perfectionnement du procédé suivant l'invention consiste à mesurer la température de la feuille de verre après sa sortie du four au moyen d'un pyromètre optique et à incorporer également cette mesure dans la régulation de la puissance de chauffage dans les cellules du four.
- 10     Il est particulièrement avantageux d'introduire tous les signaux ou valeurs de mesures provenant des différents organes de mesure dans un microprocesseur qui régule les différents secteurs ou cellules du four en fonction d'un programme préétabli et compte-tenu des données introduites.
- 15     Le procédé selon l'invention conduit à de très bons résultats si l'on utilise pour construire le four des éléments chauffants à réponse rapide ainsi que des matériaux isolants à faible inertie thermique. On peut, en particulier, employer avec fruit des modules de chauffage vendus dans le commerce sous la dénomination FIBROTHAL (marque déposée), qui
- 20     sont constitués essentiellement de fibres céramiques, possèdant une surface active dans laquelle sont incorporés totalement ou partiellement des éléments chauffants et dont la partie isolante ne pèse qu'une fraction du poids des isolants habituels. Il en résulte une très faible inertie thermique qui entraîne des temps de chauffage et de refroidissement très réduits. De tels éléments chauffants avec une isolation de faible masse spécifique et de fort pouvoir isolant sont donc particulièrement adaptés à la construction de fours de trempe régulés par le procédé suivant l'invention. Les organes chauffants n'ont pas besoin d'être incorporés dans la masse isolante et peuvent être au contraire suspendus
- 25     à un support approprié en avant du corps isolant.
- 30     Le procédé de régulation selon l'invention sera décrit ci-après dans un exemple préféré de mise en oeuvre.

La figure 1 montre une coupe longitudinale schématique, par le plan médian, d'un four à trois cellules, avec grossissement d'un détail ;

- 35     La figure 2 donne un schéma des points de contrôle et de mesure ainsi que le traitement des valeurs de mesure selon le procédé de régulation objet de l'invention ;

La figure 3 fournit une représentation schématique du circuit complet de réglage dans le procédé suivant l'invention.

Bien que l'exemple décrit soit relatif à un four à trois cellules, il va de soi que le procédé peut s'appliquer également à des fours ayant plus ou moins de trois cellules. Dans les grosses installations de production, les fours utilisés présentent en règle générale cinq, six cellules ou même plus. Le procédé est naturellement applicable sur ces fours où il présente les mêmes avantages.

La figure 1 représente les parties essentielles d'un four à trois cellules, en coupe longitudinale suivant le plan médian vertical. Le four comprend une sole 1 constituée de matériau isolant, des éléments de paroi 2 à l'entrée du four et 3 à sa sortie qui ménagent entre eux des fentes verticales, des éléments de voûte 4 qui laissent également libre une fente, ceci pour permettre le transport et le passage des feuilles et des parois latérales 5. Les feuilles de verre 8 sont suspendues à des pinces d'accrochage 9 qui sont elle-mêmes fixées à des cadres verticaux 10 disposés à la partie inférieure des chariots 11 montés sur des roulettes 12. Ces chariots, mobiles sur un rail de transport 13 placé au-dessus du four dans le sens longitudinal, sont acheminés par un mécanisme non représenté, en une suite ininterrompue suivant une cadence prédéterminée, et, avec eux, les feuilles de verre 8.

Le four représenté comporte trois cellules I, II, III. Chaque cellule est, en fonctionnement normal, occupée par une feuille de verre.

Les parois latérales des cellules sont constituées d'un ensemble d'éléments de paroi 16 formés de plaques d'un matériau isolant en fibres céramiques agglomérées.

Des organes chauffants, constitués de résistances 17, sont incorporés dans la masse isolante, sur la face interne de celle-ci, vers l'intérieur du four ; ils cèdent leur énergie par rayonnement. La paroi de chaque cellule est divisée en trois zones superposées A, B et C qui s'étendent sur toute la longueur de la cellule, ce qui permet un réglage par zone dans une même cellule.

Avant l'entrée du four est disposée une barrière optique 20 et après la sortie du four, est placé un pyromètre optique à rayonnement 21. Entre les cellules I et II se trouve une zone intermédiaire 22 non chauffée dans laquelle une ouverture 23 a été ménagée à travers la paroi du four. En face de cette ouverture 23, et de l'autre côté du four, se trouve un pyromètre à rayonnement 24 (figure 3) dont la plage de mesure est placée en regard de l'ouverture 23 si bien que la mesure de température n'est pas influencée par le rayonnement de la paroi du

four.

De la même manière, dans la zone intermédiaire 25 non chauffée entre les cellules II et III, une ouverture 26 a été prévue à travers la paroi du four. En face de cette ouverture, de l'autre côté du four, 5 se trouve un pyromètre 27 dont la plage de mesure est en face de l'ouverture 26.

Le pyromètre à rayonnement 24 constate si, lors de l'avance pas à pas du dispositif transporteur, une feuille de verre a bien été transportée de la cellule I à la cellule II et mesure en même temps sa 10 température au moment du passage dans la cellule II. De la même manière, le pyromètre à rayonnement 27 constate si un chariot passant de la cellule II à la cellule III porte bien une feuille de verre dont il mesure la température au moment où elle est introduite dans la cellule III.

15 Chaque zone A, B et C de chaque cellule I, II et III, ainsi qu'il est représenté schématiquement figure 3, est munie de thermocouples 30 à 38 placés de telle manière que la soudure de chaque thermocouple est placée devant la surface rayonnante des éléments chauffants et près de celle-ci. Les thermo-couples 30 à 38 donnent une mesure instantanée 20 de la température des résistances chauffantes dans chaque zone des cellules du four.

Toutes les valeurs mesurées par les instruments de mesure, à 25 savoir le signal provenant de la barrière optique 20, les valeurs des températures fournies par les pyromètres 24, 27, 21 et les valeurs de températures fournies par les thermocouples 30 à 38 sont introduits dans un micro-processeur qui, à partir de ces données, assure la régulation des différentes zones de chauffage des cellules en fonction 30 d'un programme préétabli ; la puissance électrique est fournie à chaque zone à travers une commande à thyristors 40 (figure 3). Le microprocesseur utilisé pour la régulation peut être d'un type courant par exemple le type CP 80 de la société AEG, les types S5 et 150 de la société SIEMENS ou le type TSX 80 de la société TELEMECANIQUE de sorte qu'une description détaillée des composants de ce microprocesseur n'est pas nécessaire ; il suffit de donner le fonctionnement du dispositif 35 de régulation sous forme d'une description des diverses fonctions conformément aux figures 2 et 3.

Tout d'abord, selon la figure 2, sera défini le principe de l'interaction des diverses grandeurs de mesure et de régulation. La connexion 41 transmet au registre à mémoire 42 la cadence qui a été fixée

pour l'avance des chariots transporteurs. S'y inscrivent parallèlement les signaux de vérification émis par la barrière optique à réflexion 20 lorsqu'une feuille vient dans la zone de détection de la barrière lors de l'avance pas à pas des chariots transporteurs.

5 Le registre à mémoire 42 vérifie si, à l'instant prévu par le programme, une feuille de verre se trouve bien à l'entrée du four. Progressant dans le registre, le signal correspondant est transmis par les connexions 43, 44, 45 aux régulateurs proportionnels - intégraux 46, 47, 48 où il est mis en action de la manière suivante :

10 Si à l'instant programmé, la barrière optique n'a pas détecté la présence d'une feuille de verre, le niveau de la puissance électrique apportée aux cellules I, II et III à travers les régulateurs 46, 47 et 48 est abaissé à une valeur fixée par le programme. La diminution de puissance dans chaque cellule n'a cependant pas lieu immédiatement 15 mais avec un retard qui correspond au temps mis par le chariot pour atteindre cette cellule à partir du franchissement de la barrière optique.

Si au contraire la barrière optique 20 détecte une feuille de verre devant l'entrée du four, les régulateurs 46, 47 et 48 sont mis en action par l'intermédiaire des connexions 43, 44 et 45 de manière à fournir normalement, au moment voulu, l'énergie nécessaire dans chaque cellule pour réaliser un programme de chauffage normal.

Les thermo-couples 30, 31 et 32 dans la cellule I pilotent directement par l'intermédiaire de la connexion 50 le régulateur 46 qui 25 agit sur les éléments chauffants de la cellule I. De la même manière les thermocouples 33, 34, 35 agissent directement, par la connexion 51, sur le régulateur 47 qui règle la puissance fournie aux éléments chauffants de la cellule II et les thermocouples 36, 37, 38, par la connexion 52, sur le régulateur 48 qui fournit la puissance aux éléments chauffants de la cellule III.

Pour simplifier la description, un seul régulateur 46, 47 et 48 a été montré pour chaque cellule ; il va de soi que, si l'on y règle séparément les zones A, B et C, il faudra dans chaque cellule et dans chaque zone un régulateur séparé.

35 Le signal en provenance du pyromètre 24 est amené d'une part, par la connexion 55, au compteur 54 et d'autre part, par la connexion 57, au régulateur proportionnel 58. Dans le compteur 54 sont dénombrés les signaux de présence des volumes. Les valeurs affichées sur chacun des régulateurs 46, 47 et 48 sont déterminées en fonction de l'état du

compteur, l'interposition du registre 42 permettant de détecter l'absence de feuille de verre et de faire progresser et de transmettre les signaux en concordance avec la cadence du four. La mesure du pyromètre 24 transmise à travers le régulateur proportionnel 58 provoque une intervention proportionnelle dans les cellules II et III par l'intermédiaire des régulateurs 47 et 48.

Le pyromètre à rayonnement 21 placé immédiatement devant la station de trempe, c'est-à-dire le cas échéant après la station de bombage, est un élément de réglage global. Il mesure encore une fois la température à cet endroit critique et agit à travers le régulateur proportionnel 62 sur chacun des régulateurs 46, 47 et 48 des trois cellules.

L'imbrication des divers éléments de mesure et de réglage est également montrée schématiquement sur la figure 3. On voit que le compteur 54, le registre 42, les régulateurs proportionnels 58, 60, 62 et les régulateurs proportionnels intégraux 46, 47, 48 sont des éléments du microprocesseur qui en tant que tel peut être commandé manuellement par la connexion 64 ou automatiquement par la barrière optique 20, les thermocouples 30 à 38 et les pyromètres à rayonnement 24, 27 et 21.

Comme les valeurs de mesure sont des mesures analogiques et que le microprocesseur au contraire ne peut traiter que des valeurs numériques, on lui a adjoint des convertisseurs analogiques numériques 66, 68. Comme toutes les valeurs ne peuvent être exploitées en même temps, on a ajouté au convertisseur 66 un connecteur cyclique 70 qui recueille tour à tour et dans l'ordre voulu les mesures des pyromètres à rayonnement. Parallèlement, au convertisseur 68, est adjoint un connecteur cyclique 72 qui recueille périodiquement et dans l'ordre voulu les mesures de chaque thermocouple.

Par les régulateurs proportionnels intégraux 46, 47, 48 à travers le convertisseur numérique analogique 74 et le connecteur cyclique 76 sont commandés les régulateurs à thyristors groupés sous la référence 40 qui alimentent chacune des zones de chauffage A, B, C des trois cellules I, II, III en y réglant individuellement la puissance de chauffage.

gREVENDEICATIONS

1. Procédé de régulation de la température d'une feuille de verre dans un four à réponse thermique rapide comportant plusieurs cellules successives, à l'intérieur duquel cette feuille, placée verticalement, est acheminée à une cadence déterminée, de cellule en cellule, pour être réchauffée à la température de bombage et/ou de trempe, tandis que la puissance de chauffage dans chaque cellule est réglée à un niveau fixé, selon un programme préétabli, en fonction de la température de paroi de cette cellule, caractérisé en ce que l'on contrôle la présence de la feuille de verre en synchronisme avec l'avance pas à pas en amont de l'une au moins des cellules du four le signal ainsi obtenu servant à corriger la régulation de la puissance fournie aux cellules suivantes.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la présence de la feuille de verre est contrôlée avant l'entrée dans la première cellule du four.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la présence de la feuille de verre est contrôlée dans une zone séparant deux cellules du four.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'on effectue le contrôle à partir de la mesure de la température de la feuille de verre, effectuée au moyen d'un pyromètre à rayonnement et utilisée d'autre part pour régler la puissance de chauffage des cellules suivantes.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par l'emploi d'un pyromètre à rayonnement à plage de mesure relativement étroite, placé en regard d'une ouverture dans la paroi opposée du four.

30 6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que la présence de la feuille de verre est contrôlée au moins dans la partie intermédiaire entre la première et la deuxième cellule avec mesure éventuelle de sa température.

35 7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la température de la feuille de verre est mesurée en plusieurs zones verticalement superposées par plusieurs pyromètres à rayonnement disposés les uns au-dessus des autres et que la puissance de chauffage dans les cellules suivantes est réglée séparément, par zones correspondant à la position des pyromètres, en fonction des températures mesurées.

8. Procédé selon ou plusieurs revendications de 1 à 7, caractérisé en ce que la régulation de puissance dans les cellules situées en aval de celle suivant l'instrument de mesure est assurée par l'intermédiaire d'un registre à mémoire provoquant dans la régulation un retard correspondant au temps mis par la feuille de verre pour atteindre cette cellule.

5 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les impulsions données par les instruments de mesure sont comparées avec les signaux théoriques de cadence du four, le programme de 10 chauffage de toutes les cellules étant modifié en cas de décalage de la cadence réelle, par exemple en cas de défaillance du dispositif de transport.

15 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'à la sortie du four, la température de la feuille de verre est à nouveau mesurée par un pyromètre à rayonnement, cette mesure 15 servant de paramètre pour la régulation globale de la puissance de chauffage du four.

20 11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que, la feuille de verre étant trempée après bombage à la sortie du four, sa température est mesurée avant l'entrée dans le poste de trempe c'est-à-dire après le bombage.

25 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les signaux fournis par les divers instruments de mesure sont introduits dans un microprocesseur programmé pour le chauffage du four.

13. Procédé selon la revendication 12 caractérisé en ce que le programme de réglage de la température tient compte du passage cumulé des feuilles de verre, la puissance inscrite au moment du démarrage du four étant plus élevée qu'en marche normale pour compenser les pertes de chaleur au contact des pièces froides.

30 14. Procédé selon l'une des revendications de 1 à 13, caractérisé par l'emploi d'un four doté d'éléments électriques de chauffage à réponse rapide et de matériaux isolants à pouvoir isolant élevé et à faible inertie thermique.

35 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé par l'emploi d'éléments de chauffage incorporés totalement ou partiellement dans la surface d'une plaque isolante constituée essentiellement de fibres céramiques d'un poids spécifique d'environ 200 kg/m<sup>3</sup>.

16. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une de nos revendications précédentes sur un four traversant vertical à

faible inertie thermique à plusieurs cellules (I, II, III, etc...) muni d'un régulateur de chauffage asservi aux signaux de mesure de température émis par des thermo-couples (30... 38) placés dans des diverses cellules en face des éléments chauffants (16) essentiellement caractérisés en ce que un pyromètre optique (24) au moins est placé dans un intervalle séparant deux cellules, ce pyromètre étant connecté au régulateur pour en corriger le réglage.

10

15

20

25

30

35