

A2

**DEMANDE
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

(21)

N° 80 25823

Se référant : au brevet d'invention n° 80 24511 du 19 novembre 1980.

(54)

Procédé de régulation de l'épaisseur de la feuille dans une installation d'extrusion de feuilles soufflées.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.³). B 29 D 7/02; G 05 D 5/02.

(22)

Date de dépôt..... 5 décembre 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : RFA, 28 janvier 1980, n° P 30 02 903.9.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 31-7-1981.

(71)

Déposant : FIRMA WINDMOLLER & HOLSCHER, résidant en RFA.

(72)

Invention de : Harmut Upmeyer, Gerd Klinge et Gerhard Winkler.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Bonnet-Thirion et G. Foldés,
95, bd Beaumarchais, 75003 Paris.

Certificat(s) d'addition antérieur(s) : 1^{er}, n° 80 25046.

L'invention concerne un procédé de régulation de l'épaisseur de la feuille dans une installation d'extrusion-soufflage comportant une bague de filière divisée en secteurs de refroidissement munis d'organes de réglage final, un
5 dispositif de calibrage des feuilles et un dispositif de réception et d'enroulement des feuilles, dans lequel on mesure l'épaisseur des feuilles sur la circonférence des feuilles de gaine extrudée et on forme des secteurs de feuille dont le nombre correspond à celui des secteurs de correction formés
10 des secteurs de refroidissement, on considère comme extrudé dans une position correcte le secteur de feuille qui présente un maximum ou un minimum d'épaisseur pour la détermination du secteur de refroidissement de la bague de filière qui lui est adjoint, on adjoint dans l'ordre les secteurs de feuille
15 le suivants aux secteurs de refroidissement qui suivent celui-ci et on modifie la température du secteur de refroidissement respectif de la bague de filière jusqu'à ce que la distribution uniforme d'épaisseur désirée soit réalisée sur la circonférence de la feuille, selon le brevet principal.

20 Dans le procédé selon le brevet principal, on détermine sur la circonférence de la feuille extrudée les secteurs de feuille à adjoindre aux secteurs de correction respectifs de la bague de filière, donc les secteurs de feuille qui ont été extrudés par les secteurs de correction correspondants de
25 la bague de filière et par l'intermédiaire des organes de réglage final, on influence les secteurs de correction, selon que des endroits épais ou minces de la feuille ont été extrudés par ceux-ci, de manière à obtenir des secteurs de feuille dont les longueurs circonférentielles et les épais-
30 seurs soient égales. Par le procédé selon le brevet principal, on peut éliminer rapidement par régulation les écarts relativement à la tolérance d'épaisseur des feuilles parce qu'il s'effectue une corrélation directe entre tous les endroits épais et minces de la feuille extrudée et les secteurs de
35 correction correspondants de la bague de filière de sorte que l'on peut agir sur ceux-ci avec effet immédiat pour régler à l'épaisseur moyenne de la feuille les secteurs de feuille présentant des endroits épais ou minces.

Bien que le procédé de régulation selon le brevet prin-

cipal puisse être défini par un algorithme qui permet l'utilisation de microprocesseurs et de microordinateurs, il nécessite des moyens relativement important.

Etant donné que le procédé de régulation selon le brevet principal occupe une part notable de la capacité du micro-
processeur avantageusement utilisé pour sa mise en oeuvre, on a proposé, selon la première addition, tout en conservant l'idée fondamentale qui est de considérer comme extrudés en position correcte les endroits épais et/ou minces correspondant
10 à la tolérance absolue, on propose un procédé de régulation simplifié en ce sens que l'on applique seulement le principe du refroidissement par secteurs ou du chauffage par secteur, que l'on définit des seuils en pourcentage et que les écarts de tolérance de pointe qui dépassent ce seuil aboutissent
15 seuls à une commande ou ordre de réglage. Du fait que l'on améliore progressivement le profil d'épaisseur en diminuant les valeurs extrêmes des écarts de tolérance, le seuil diminue aussi en pourcentage de sorte que graduellement, les endroits minces (ou endroits épais) voisins moins importants
20 sont détectés aussi et que donc, graduellement, les endroits épais (ou endroits minces) de la feuille sont éliminés aussi. L'objet de la première addition fournit donc une possibilité simplifiée d'embrasser toute la marge de tolérance de la feuille avec le principe du refroidissement par secteurs (ou,
25 inversement, du chauffage par secteurs).

Alors que dans l'objet du brevet principal la grande capacité de calcul nécessaire est un inconvénient, dans le procédé selon la première addition, la mise en oeuvre d'un seuil entraîne de son côté l'inconvénient d'une action ponctuelle
30 limitée à des secteurs de correction individuels auxquels sont adjoints des secteurs de feuille dont les valeurs mesurées dépassent le seuil fixé. Il peut en résulter des déformations ponctuelles de la bague de filière qui peuvent influencer défavorablement le déroulement de l'algorithme de régulation.
35

C'est pourquoi la présente invention a pour but de simplifier le procédé de régulation selon le brevet principal et d'éviter qu'il ne se produise des refroidissements ou chauffages unilatéraux prononcés de la bague de filière.

Selon l'invention, dans un procédé selon le brevet principal, ce problème est résolu par le fait que l'on forme des secteurs de feuille d'égale longueur circonférentielle, que d'après les mesures on détermine les distributions moyennes d'épaisseur sur les différents secteurs de feuille et que les valeurs des distributions moyennes d'épaisseur constituent une mesure pour l'ordre de correction destiné aux organes de réglage final des secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs respectifs de feuille. Ainsi, par le procédé selon la présente invention, on influence simultanément plusieurs secteurs de correction ou de refroidissement conformément aux écarts de tolérance mesurés des différents secteurs de feuille de sorte que la régulation s'effectue plus rapidement et que l'on évite davantage des chauffages ou refroidissements unilatéraux de la bague de filière.

Selon un mode d'exécution préférentiel de l'invention, on rapporte la grandeur des ordres de correction au secteur de feuille présentant le maximum ou le minimum d'épaisseur, de façon que le secteur de refroidissement qui lui est adjoint ne reçoive pas d'ordre de correction, on forme les ordres de correction des autres secteurs de refroidissement au moyen des écarts respectifs des distributions moyennes d'épaisseur des secteurs de feuille qui leur correspondent, relativement à la valeur extrême de référence de la distribution moyenne d'épaisseur et en vertu des ordres de correction, conformément à l'écart, il s'effectue un refroidissement des secteurs de refroidissement lorsque la valeur extrême de référence est un maximum d'épaisseur ou un chauffage des secteurs de refroidissement lorsque la valeur extrême de référence est un minimum d'épaisseur. De préférence, dans la région, on part du secteur de feuille présentant le minimum d'épaisseur car c'est de celui-ci que l'on peut le plus facilement penser qu'il a été extrudé par le secteur de refroidissement correspondant de la bague de filière avec une position correcte, donc sans refoulement latéral par les différentes distributions d'épaisseur sur la circonférence de la feuille. Même si les secteurs de feuille adjacents n'ont pas été adjoints avec une position entièrement correcte aux secteurs de refroidissement adjacents, les secteurs de feuille

refoulés tendent de plus en plus vers leurs positions correctes adjointes aux secteurs de refroidissement correspondants, dans la mesure où les endroits minces sont éliminés par la régulation. Toutefois, avec l'élimination des endroits minces, 5 les endroits épais se dégradent aussi de plus en plus de sorte que le résultat de la régulation est un profil d'épaisseur correspondant dans une large mesure à l'épaisseur moyenne.

On obtient aussi à peu près le même résultat si l'on se base sur le traitement du maximum d'épaisseur par chauffage 10 supplémentaire.

Selon un mode d'exécution particulièrement avantageux de l'invention, la grandeur des ordres de correction relativement aux écarts augmente de façon plus que proportionnelle par exemple pour tous les secteurs de refroidissement aux- 15 quels sont adjoints des secteurs de feuille dont les distributions moyennes d'épaisseurs sont inférieures à l'épaisseur moyenne de feuille, jusqu'au secteur de refroidissement qui correspond au secteur de feuille dont la distribution d'épaisseur correspond à l'épaisseur moyenne de feuille et, par 20 exemple à partir de ce secteur de refroidissement, elle augmente de façon moins que proportionnelle pour les secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs de feuille dont les distributions d'épaisseur sont supérieures à l'épaisseur moyenne de feuille. Grâce à ce mode d'exécution de l'invention, il 25 est assuré que les valeurs extrêmes des écarts de tolérance soient diminués particulièrement fortement au début de la régulation de sorte qu'il s'établit rapidement un profil d'épaisseur correspondant à l'épaisseur moyenne. A mesure que les valeurs extrêmes se dégradent, les ordres de réglage de 30 grandeur plus que proportionnelle diminuent aussi jusqu'à ce que, après établissement d'un profil d'épaisseur correspondant à l'épaisseur moyenne, il s'établisse des conditions de température à peu près uniformes.

De préférence, la grandeur des ordres de correction relativement aux écarts augmente à peu près à la façon d'une 35 fonction exponentielle. Cette fonction "e" coupe alors la ligne de proportionnalité à peu près dans la région de l'épaisseur moyenne de feuille.

Etant donné qu'au bout de plusieurs cycles de mesure et

de régulation du genre décrit plus haut on a déjà obtenu un profil d'épaisseur largement uniforme, on peut poursuivre ensuite la régulation selon un procédé perfectionné. C'est pourquoi, selon un mode d'exécution de l'invention, au bout 5 de quelques cycles de mesure et de régulation résultant chacun d'une rotation du dispositif de mesure à la circonférence de la feuille on soustrait des distributions moyennes d'épaisseur déterminées précédemment, ou bien on ajoute à ces distributions, la différence, déterminée par des mesures suivantes, entre les distributions moyennes d'épaisseur des différents secteurs de feuille et l'épaisseur moyenne de feuille 10 et les valeurs ainsi formées constituent une nouvelle mesure des ordres de correction.

Selon un autre mode d'exécution du procédé de régulation 15 de l'invention, on soustrait des valeurs des distributions moyennes d'épaisseur des différents secteurs de feuille la valeur de la distribution d'épaisseur correspondant à l'épaisseur moyenne de feuille et cette différence constitue une mesure de l'ordre de correction. Selon ce mode d'exécution, 20 la régulation est rapportée non seulement à une valeur extrême mais à l'épaisseur moyenne de la feuille.

Dans ce procédé de régulation, on peut, simultanément, refroidir les secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs de feuille présentant des endroits minces et chauffer 25 les secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs de feuille présentant des endroits épais.

On expliquera plus précisément ci-après un exemple d'exécution de l'invention à propos des dessins sur lesquels :

la figure 1 est une élévation latérale d'une installation d'extrusion-soufflage comportant des dispositifs de 30 détection des tolérances d'épaisseur ;

la figure 2 une vue schématique de la coopération entre le dispositif de mesure d'épaisseur et les organes de réglage final des secteurs de refroidissement de la bague de 35 filière et

la figure 3 une représentation quantitative de la corrélation entre les différents secteurs de feuille et les secteurs de refroidissement de la bague de filière.

Dans l'installation représentée schématiquement par la

figure 1, l'extrudeuse 1 amène la matière thermoplastique fondue à transformer, par le raccordement 2, à la tête de soufflage 3 munie de l'anneau de refroidissement 4, où la matière fondue est transformée en gaine 5. A la hauteur de la ligne 5 de solidification 6 de la feuille est prévu un dispositif de calibrage de feuille 7, indiqué schématiquement, qui détermine le diamètre de la gaine et donc la largeur de la bande de feuille mise à plat. Au moyen des plaques de mise à plat 8, on met à plat la gaine, elle est tirée par les rouleaux de réception 9 et les rouleaux à renversement qui suivent, amenée sous forme de bande mise à plat 10 par les rouleaux directeurs 11 à l'enrouleur fixe 12 et enroulée.

De préférence, au dessus du dispositif de calibrage 7 est disposée, sur une traverse annulaire 15, la tête de mesure 14, 15 la flèche 16 indiquant le mouvement de mesure de $\pm 360^\circ$.

Pour éviter des répercussions de la torsion de la feuille due à la réception à renversement sur le résultat de mesure, on arrête le mouvement de renversement un peu avant et pendant la mesure. On peut accepter cette interruption de la rotation 20 à renversement car la vitesse de renversement 16 de la tourelle de mesure 14, 15 est plusieurs fois supérieure à la vitesse de renversement 13 du dispositif de réception à renversement 8, 9. Pour mesurer un profil de tolérance d'épaisseur, on arrête brièvement le mouvement de renversement de la réception 25 8,9 et au bout d'un court temps d'attente qui peut être plus ou moins long selon la vitesse de réception de la feuille et qui sert à dégrader l'angle de torsion de la gaine, on met en rotation la tourelle de mesure 14, 15. Ensuite, on remet en action le dispositif de réception à renversement 8,9. Cette 30 interruption de la réception à renversement n'entraîne pas une qualité d'entraînement notablement moins bonne, d'autant que lorsque les tolérances d'épaisseur de la feuille tendent vers zéro, on pourrait se passer de toute réception à renversement pour distribuer les endroits épais et minces de la 35 feuille.

Un dispositif de mesure 14 qui détermine l'épaisseur simple de la feuille peut aussi par exemple être prévu dans une position 14' adjointe aux plaques de mise à plat 8 ou à la suite du dispositif de réception à renversement 9, sur une

région marginale de la bande de feuille mise à plat, en tant que système de mesure 14" ; dans ce dernier cas, on mesure l'épaisseur double de la feuille que l'on peut utiliser avec une exactitude suffisante comme valeur mesurée d'épaisseur de la bande de feuille simple. Le signal de mesure de la tête de mesure tournante 14 est amené, par la ligne de mesure 17 munie de la boucle de câble 17' permettant le mouvement de renversement, au coffret indicateur de profil d'épaisseur 18 et représentée sur le diagramme de tolérance d'épaisseur 19.

10 Le signal de mesure d'épaisseur peut être amené en tant que grandeur électrique, par la ligne de liaison 20, à un microprocesseur 21 qui transforme les signaux de mesure de façon correspondante et transmet les commandements de réglage, par les lignes de liaison 22', 22" ... 22ⁿ, aux organes de

15 réglage final 23' ... 23ⁿ.

Après un tour de la tourelle de mesure 14, 15, on sépare, conformément au nombre des secteurs de refroidissement x_K , des secteurs de feuille x_F et on forme les moyennes partielles \bar{s}'_x . Les valeurs \bar{s}'_x sont mémorisées dans la mémoire de valeur mesurée 21' du microprocesseur 21. L'unité centrale de traitement du microprocesseur 21 rapporte ces moyennes partielles \bar{s}'_x à la ligne dont la distance à la ligne 0% ou ligne s_m , donc à la ligne correspondant au diamètre moyen de la feuille, est formée par la valeur $\bar{s}'_{x_{\max}}$. Sur la figure

25 3, c'est le cas pour le secteur de correction 5 que l'on a entouré pour le souligner. Ensuite, le microprocesseur 21 forme la différence $\Delta \bar{s}'_x = \bar{s}'_{x_{\max}} - \bar{s}'_x$ et elle est mémorisée dans la mémoire de travail du microprocesseur. Ces valeurs représentent également, dans la mémoire de travail du micro-

30 processeur, l'allure de la courbe de tolérance 19 du profil d'épaisseur en gradin selon les moyennes partielles, sous forme inversée. On obtient ainsi un profil rapporté à une ligne 0, qui forme le point de départ de la détermination des ordres de correction destinés aux organes de réglage final.

35 Le microprocesseur 21 augmente les différences $\Delta \bar{s}'_s$ de façon plus que proportionnelle aux endroits $\bar{s}'_x < s_m$ et les transforme de façon moins que proportionnelle aux endroits épais où l'on a $\bar{s}'_x > s_m$. Ces valeurs sont mémorisées dans la mémoire de travail du microprocesseur 21 en tant que

moyennes converties \bar{s}''_x et transmises directement comme commandements de réglage, après le premier cycle de mesure, aux secteurs de correction ou de refroidissement adjoints aux secteurs de feuille correspondants. Chaque cycle de mesure est déterminé par la rotation de la tourelle de mesure 14, 15.

Le secteur de refroidissement 5 adjoint au secteur de feuille présentant l'endroit épais absolu ne reçoit donc pas d'ordre de refroidissement tandis que le secteur de refroidissement 10 adjoint au secteur de feuille présentant l'endroit mince de tolérance absolue reçoit le plus grand ordre de refroidissement.

En vertu du temps de rotation de la tourelle de mesure 14, 15, on obtient une certaine constante de temps de sorte qu'il est avantageux, après plusieurs cycles de mesure et de régulation, donc après plusieurs tours de la tourelle de mesure, d'adapter le procédé de régulation au profil de tolérance d'épaisseur déjà amélioré. A cet effet, on ne rapporte plus les écarts de tolérance d'épaisseur aux valeurs extrêmes mais à la ligne de moyenne (0% ou s_m) et on ajoute à la mémoire de travail, ou on soustrait de celle-ci, les écarts de tolérance encore constatés cette fois, en tant que petites étapes de correction. Par suite, sans algorithme de régulation compliqué, on obtient un comportement de régulation quasi-constant qui tire sa constante de temps du temps de rotation de la tourelle de mesure.

Ainsi, du fait que la ligne de référence est définie par le secteur de mesure présentant le maximum de tolérance, on embrasse directement toute la marge de tolérance en appliquant le principe du refroidissement par secteurs et on la fait tendre vers 0 en peu d'étapes. On peut aussi inverser le procédé décrit ci-dessus, en utilisant seulement le chauffage par secteurs et en définissant la ligne de référence sur le secteur par le minimum de tolérance. On peut aussi combiner les deux procédés en rapportant les valeurs mesurées \bar{s}''_x à la moyenne s_m en tant que ligne de référence, même au premier tour de la tourelle de mesure et ici encore, en convertissant de façon plus que proportionnelle les moyennes partielles aux endroits minces de tolérance, en les convertis-

sant de façon moins que proportionnelle aux endroits épais et en reprenant \bar{s}''_x dans la mémoire de travail. En particulier dans ce dernier procédé, on applique ou bien le principe des secteurs de chauffage/refroidissement ou bien des dispositifs de réglage final actionnés par moteur à réducteur.

Le procédé de régulation ne tient pas compte du décalage latéral des secteurs de mesure intermédiaire relativement aux endroits minces ou épais ; toutefois, grâce à l'inversion du profil de tolérance dans la mémoire de travail \bar{s}''_x , on obtient tout de même avec une bonne précision, dès la première étape du procédé, la position finale des secteurs de réglage de température ou de correction x_K , d'autant plus que les tours suivants de la tourelle de mesure, avec les petites étapes de correction qui en résultent, font rapidement tendre vers 0, par étape, l'écart de valeur mesurée qui s'est produit. Il faut tenir compte du fait que lorsque les tolérances d'épaisseur sont proches de 0 %, les secteurs de mesure x_F sont en position correcte relativement aux secteurs de corrections x_K .

REVENDICATIONS

1. Procédé de régulation de l'épaisseur de la feuille dans une installation d'extrusion-soufflage comportant une bague de filière divisée en secteurs de refroidissement munis d'organes de réglage final, un dispositif de calibrage des feuilles et un dispositif de réception et d'enroulement des feuilles, dans lequel on mesure les épaisseurs sur la circonférence de la feuille de gaine extrudée et on forme des secteurs de feuille dont le nombre correspond à celui des secteurs de refroidissement, on considère comme extrudé dans une position correcte le secteur de feuille qui présente le maximum ou le minimum d'épaisseur pour la détermination du secteur de refroidissement de la bague de filière qui lui est adjoint, on adjoint dans l'ordre les secteurs de feuille suivants aux secteurs de refroidissement qui suivent celui-ci et on modifie la température du secteur de refroidissement respectif de la bague de filière jusqu'à ce que la distribution uniforme d'épaisseur désirée soit réalisée sur la circonférence de la feuille, selon le brevet principal, procédé caractérisé par le fait que l'on forme des secteurs de feuille (x_F) d'égale longueur circonférentielle, que d'après les mesures on détermine les distributions moyennes d'épaisseur (\bar{s}'_x) sur les différents secteurs de feuille (x_F) et que les valeurs des distributions moyennes d'épaisseur (\bar{s}'_x) constituent une mesure de l'ordre de correction destiné aux organes de réglage final des secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs respectifs de feuille (x_F).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on rapporte la grandeur des ordres de correction au secteur de feuille (x_F) présentant le maximum ou le minimum d'épaisseur, de façon que le secteur de refroidissement qui lui est adjoint ne reçoive pas de commandement de correction, que l'on forme les commandements de correction des autres secteurs de refroidissement au moyen de l'écart respectif ($\Delta \bar{s}_s$) des distributions moyennes d'épaisseur des secteurs de feuille qui leur correspondent, relativement à la valeur extrême de référence de la distribution moyenne d'épaisseur ($\Delta \bar{s}_x = \bar{s}'_{x_{\max}} - \bar{s}'_x$) et qu'en vertu des ordres de correction, il

s'effectue un refroidissement des secteurs de refroidissement lorsque la valeur extrême de référence est un maximum d'épaisseur ou un chauffage des secteurs de refroidissement lorsque la valeur extrême de référence est un minimum d'épaisseur.

5 3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la grandeur des ordres de correction relativement aux écarts augmente de façon plus que proportionnelle par exemple pour tous les secteurs de refroidissement auxquels sont adjoints des secteurs de feuille dont les
10 distributions moyennes d'épaisseur sont inférieures à l'épaisseur moyenne de la feuille, jusqu'au secteur de refroidissement qui correspond au secteur de feuille dont la distribution d'épaisseur correspond à l'épaisseur moyenne de
feuille (s_m) et que par exemple à partir de ce secteur de re-
15 froidissement, elle augmente de façon moins que proportionnelle pour les secteurs de refroidissement adjoints à des secteurs de feuille dont les distributions d'épaisseur sont supérieures à l'épaisseur moyenne de feuille.

20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que la grandeur des commandements de corrections relativement aux écarts augmente à peu près à la façon d'une fonction exponentielle.

25 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'après quelques cycles de mesure et de régulation, on soustrait des écarts ($\Delta \bar{s}_x$) déterminés précédemment, ou bien on ajoute à ceux-ci, la différence, déterminée par des mesures suivantes, entre les distributions moyennes d'épaisseur des différents secteurs de feuille et l'
épaisseur moyenne de feuille et que les valeurs ainsi formées
30 constituent une nouvelle mesure du commandement de correction.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 et 3, caractérisé par le fait que l'on soustrait des valeurs des distributions moyennes d'épaisseur des différents secteurs de feuille la valeur de la distribution d'épaisseur correspondant à
35 l'épaisseur moyenne de feuille et que cette différence constitue une mesure de l'ordre de correction.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé par le fait que simultanément, on refroidit les secteurs de refroidissement

dissément adjoints aux secteurs de feuille présentant des endroits minces et on chauffe les secteurs de refroidissement adjoints aux secteurs de feuille présentant des endroits épais.



