



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 653 657 A5

⑤① Int. Cl.4: C 03 B 15/06

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑳ Numéro de la demande: 4147/83

㉔ Date de dépôt: 28.07.1983

㉓ Priorité(s): 30.07.1982 GB 8222083

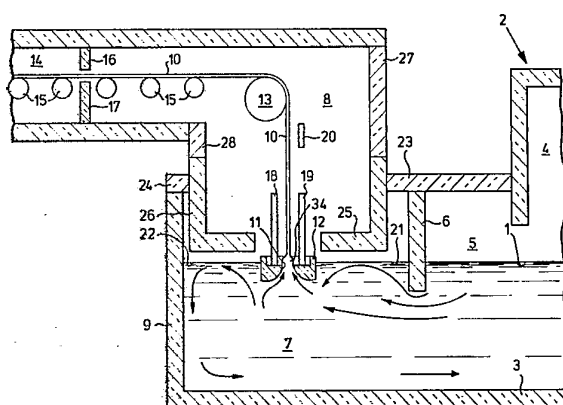
㉒ Brevet délivré le: 15.01.1986

㉑ Fascicule du brevet
publié le: 15.01.1986㉒ Titulaire(s):
Glaverbel, Bruxelles (BE)㉒ Inventeur(s):
Geppaard, Adrianus, Mol (BE)㉒ Mandataire:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel⑤④ **Procédé et installation pour la fabrication de verre étiré en feuille.**

⑤⑦ Du verre fondu (1) formé dans un four de fusion à bassin (2) s'écoule en continu vers un puits d'étirage (7) où le verre est étiré sous forme d'un ruban continu (10) à partir d'une fente (11) d'une pièce réfractaire (12) partiellement immergée dans le verre fondu.

La ligne centrale de la fente (11) est espacée de chacune des parois amont (6) et aval (9) du puits d'étirage (7) d'une distance d'au moins 550 mm.

Le procédé est particulièrement intéressant pour la fabrication de verre mince.



REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de verre en feuille, dans lequel du verre fondu formé dans un four de fusion à bassin s'écoule en continu vers un puits d'étrépage d'où le verre est étiré verticalement sous la forme d'un ruban continu à partir d'une fente d'une pièce réfractaire partiellement immergée dans le verre fondu contenu dans le puits d'étrépage et à l'intérieur d'une chambre d'étrépage au-dessus du puits, caractérisé en ce que le verre est étiré verticalement à partir de la fente tandis que la ligne centrale s'étendant le long de la fente est espacée de chacune des parois amont et aval du puits d'étrépage d'une distance d'au moins 550 mm.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le verre est étiré verticalement à partir d'une fente dont la ligne centrale est espacée de chacune des parois terminales d'une distance d'au moins 700 mm.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le verre fondu est amené au puits d'étrépage depuis une partie du four dont la profondeur est la même que celle du puits, et en ce que la profondeur du verre dans le puits d'étrépage est égale à la profondeur du verre dans le bassin de fusion.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la profondeur du verre dans le puits d'étrépage est maintenue à au moins 1 m et, de préférence, entre 1,2 et 1,5 m.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le ruban continu est plié sur un rouleau plieur et mené ensuite à une galerie horizontale de recuisson.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le niveau de la pièce réfractaire est ajusté pendant l'étrépage du verre, de préférence de manière à maintenir un bulbe convexe de verre au sommet de la fente d'où le verre est étiré.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le verre est étiré verticalement à partir de la fente tout en laissant, dans le puits d'étrépage, une surface libre de verre entre la pièce réfractaire et chacune des parois amont et aval du puits, dont la longueur mesurée normalement au plan d'étrépage du ruban est d'au moins 350 mm et, de préférence, d'au moins 500 mm.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'épaisseur du ruban de verre étiré est égale ou inférieure à 3 mm.

9. Installation pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant un four de fusion à bassin (2) pour alimenter continuellement en verre fondu (1) un puits d'étrépage (7), des moyens pour étirer verticalement du verre, dans une chambre d'étrépage (8) disposée au-dessus du puits, sous la forme d'un ruban continu (10) à partir d'une fente (11) d'une pièce réfractaire (12) partiellement immergée dans le verre fondu du puits d'étrépage, caractérisée en ce que la ligne centrale s'étendant le long de la fente (11) est espacée de chacune des parois amont (6) et aval (9) du puits (7) d'une distance d'au moins 550 mm.

10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que la ligne centrale s'étendant le long de ladite fente est espacée de chacune des parois terminales d'une distance d'au moins 700 mm.

11. Installation selon l'une des revendications 9 et 10, caractérisée en ce que la distance entre la paroi amont (6) et la ligne centrale de la fente est plus grande que la distance entre la paroi aval (9) et cette ligne.

12. Installation selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisée en ce que la sole (3) d'une partie (5) du four destinée à mener le verre fondu du bassin de fusion au puits d'étrépage est au même niveau que la sole (3) du puits d'étrépage.

13. Installation selon la revendication 12, caractérisée en ce que la sole du puits d'étrépage est au même niveau que la sole (3) du bassin de fusion.

14. Installation selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce que la profondeur du puits d'étrépage est d'au moins 1 m et, de préférence, comprise entre 1,2 et 1,5 m.

15. Installation selon l'une des revendications 9 à 14, caracté-

sée en ce qu'un rouleau plieur (13), sur lequel le ruban peut être plié, est disposé dans la chambre (8) d'étrépage au-dessus du puits d'étrépage, et en ce qu'une galerie horizontale de recuisson (14) est prévue pour recevoir le ruban de verre étiré après son pliage sur le rouleau plieur.

16. Installation selon l'une des revendications 9 à 15, caractérisée en ce que la pièce réfractaire est montée de telle manière que son niveau à l'intérieur du puits d'étrépage soit ajustable.

17. Installation selon l'une des revendications 9 à 16, caractérisée en ce que la pièce réfractaire est espacée de chacune des parois amont et aval d'une distance d'au moins 350 mm et, de préférence, d'au moins 500 mm.

18. Installation selon l'une des revendications 9 à 17, caractérisée en ce que la pièce réfractaire a la forme d'une débiteurse (12) en une pièce.

19. Installation selon l'une des revendications 9 à 18, caractérisée en ce qu'elle est pourvue de moyens (25, 26), dans la zone inférieure de la chambre d'étrépage, destinés à réfléchir vers le bas le rayonnement calorifique provenant de la surface (21, 22) du verre fondu contenu dans le puits d'étrépage.

20. Verre en feuille fabriqué par un procédé selon l'une des revendications 1 à 8.

La présente invention concerne un procédé et une installation pour la fabrication de verre étiré en feuille.

Il existe trois procédés classiques pour produire un ruban continu de verre étiré, à savoir les procédés Fourcault, Colburn (ou Libbey-Owens) et Pittsburgh. Ces procédés datent des deux premières décennies de ce siècle.

Ces procédés peuvent être divisés en deux catégories suivant la manière dont le verre fondu s'achemine vers le pied du ruban de verre. Dans les procédés Colburn et Pittsburgh, le ruban est alimenté par des courants de surface de verre fondu contenu dans un puits d'étrépage. Dans le procédé Fourcault, le verre est étiré depuis une fente ménagée dans une débiteurse en une pièce en matière réfractaire, qui est partiellement immergée dans le verre fondu contenu dans le puits d'étrépage. De cette façon, du verre provenant des profondeurs du puits d'étrépage pénètre dans la fente pour former le ruban. Dans une variante plus récente de ce procédé, la débiteurse est remplacée par une paire de rouleaux à rotation lente qui définissent la fente d'étrépage.

La présente invention concerne un procédé de fabrication de verre en feuille dans lequel du verre fondu formé dans un four de fusion à bassin s'écoule en continu vers un puits d'étrépage d'où le verre est étiré verticalement sous la forme d'un ruban continu à partir d'une fente d'une pièce réfractaire partiellement immergée dans le verre fondu contenu dans le puits d'étrépage et à l'intérieur d'une chambre d'étrépage au-dessus du puits.

On reconnaît que de tels procédés d'étrépage de verre en dessous de la surface ont certains avantages sur des procédés d'étrépage en surface, tels que les procédés Colburn et Pittsburgh. Par exemple, lorsqu'on étire un ruban de verre ayant une épaisseur telle que celle utilisée habituellement pour du verre à vitres, il est généralement admis que le procédé Fourcault d'étrépage en dessous de la surface est plus facile à conduire pour produire du verre de qualité satisfaisante en ce qui concerne ses propriétés d'épaisseur. Avec un contrôle soigné, le procédé Fourcault peut être utilisé pour produire du verre plus mince qu'il n'est possible avec le procédé Pittsburgh, et du verre mince peut être fabriqué plus facilement que par le procédé Colburn. Il est également connu que l'utilisation du procédé Fourcault classique facilite le contrôle de l'épaisseur du verre produit. Cela est particulièrement important lorsqu'on fabrique du verre mince.

Certains désavantages sont également associés au procédé Fourcault classique. Par exemple, certains défauts optiques peuvent apparaître dans la feuille de verre étiré.

Un autre désavantage réside dans le rendement et le coût du verre utilisable. Le coût du verre étiré en feuille peut être ventilé comme suit: le capital investi pour l'installation, les coûts de maintenance (réparation) de l'installation, les coûts de la main-d'œuvre, les coûts de l'énergie et les coûts des matières premières. Les coûts de l'énergie peuvent en outre être divisés en coûts imputables au maintien de l'installation à sa température de travail et en coûts imputables à la fusion de matières premières pour former le verre fondu. Lorsqu'une installation donnée de production de verre en feuille est en fonctionnement, les seuls frais qui varient sensiblement avec le taux de production de verre sont ceux de la matière première consommée et de l'énergie nécessaire à la fusion de la matière première. Il s'ensuit que si le rendement en verre utilisable est réduit, le coût spécifique de production de ce verre sera accru.

Le taux de verre utilisable dépend en partie de la vitesse d'étrépage du ruban. Il est connu que dans le procédé Fourcault, les vitesses d'étrépage utilisées sont généralement inférieures à celles des procédés Pittsburgh et Colburn.

Le taux de verre utilisable dépend aussi de la largeur utile du ruban étiré, c'est-à-dire de la partie de la largeur du ruban qui répond aux critères de qualité désirés. En général, les portions marginales du ruban ne répondront pas à ces critères et en pratique, les bords du ruban sont coupés et renvoyés au four de fusion en tant que groisil. Lorsqu'on étire par le procédé Fourcault du verre au travers d'une débiteur donnée, il est connu que la largeur utile du ruban décroît, tandis que la largeur des bords du ruban de moindre qualité augmente si le verre est étiré à des épaisseurs nominales plus faibles. Ce phénomène devient particulièrement important lorsqu'on fabrique du verre mince, ce qui entraîne que de larges portions marginales du ruban sont de qualité inacceptable et sont uniquement utilisables en tant que groisil. Il serait possible d'éviter une proportion importante de ce rebut en étirant le ruban plus mince à partir d'une débiteur ayant une fente d'étrépage appropriée plus courte. Mais cela aurait uniquement pour résultat des économies sur la matière première consommée et sur le coût de sa fusion. Le coût spécifique du verre utilisable produit serait encore élevé. Il faut également noter que le changement d'une débiteur est un processus difficile et lent qui en lui-même a pour résultat une perte de production potentielle de verre étiré.

Le but de la présente invention est de fournir un procédé de fabrication de verre en feuille dans lequel les désavantages du procédé Fourcault sont amoindris.

La présente invention fournit un procédé de fabrication de verre en feuille dans lequel du verre fondu formé dans un four de fusion à bassin s'écoule en continu vers un puits d'étrépage d'où le verre est étiré verticalement sous la forme d'un ruban continu à partir d'une fente d'une pièce réfractaire, partiellement immergée dans le verre fondu contenu dans le puits d'étrépage et à l'intérieur d'une chambre d'étrépage au-dessus du puits, caractérisé en ce que le verre est étiré verticalement à partir de la fente, tandis que la ligne centrale s'étendant le long de la fente est espacée de chacune des parois amont et aval du puits d'étrépage d'une distance d'au moins 550 mm.

On a trouvé que l'adoption de la présente invention apporte un certain nombre d'avantages importants sur un procédé Fourcault classique.

L'obtention de ces avantages est surprenante par le fait qu'un procédé selon la présente invention s'écarte radicalement d'un critère de conception établi depuis longtemps pour des procédés dans lesquels le ruban est alimenté par des courants non superficiels dans le puits d'étrépage.

Il est évident qu'il faut un courant continu de verre fondu à l'intérieur de la fente d'étrépage. Afin de le favoriser et de fournir un courant direct de verre provenant du four de fusion en direction de la base de la fente d'étrépage, on a jusqu'ici pensé qu'il était nécessaire de concevoir le puits d'étrépage de manière à réduire le courant de verre dans le puits en dehors de la fente au niveau supérieur à la base de la pièce réfractaire définissant la fente. En pratique, dans tous les procédés Fourcault classiques, la longueur totale du puits

d'étrépage, mesurée normalement à la ligne centrale courant le long de la fente, c'est-à-dire la distance entre les parois amont et aval du puits, a été réduite à moins de la moitié de la distance minimale exigée par la présente invention.

Un avantage important obtenu par la présente invention est que l'on peut étirer du verre sous une épaisseur comprise dans une limite de tolérance plus étroite.

Un second avantage important est que le taux de production de verre utilisable peut être augmenté de manière significative. L'adoption de la présente invention permet l'étrépage d'un ruban de verre avec une plus grande largeur utile sur une étireuse donnée, particulièrement lorsque le verre étiré est mince. Cela réduit la proportion de la largeur du ruban qui est de qualité inacceptable et permet une plus grande utilisation de la largeur de l'étireuse pour donner un taux plus élevé de verre utilisable, même lorsqu'on étire du verre très mince.

Un autre avantage de l'invention est que, en raison de la plus grande longueur du puits d'étrépage, la température moyenne du verre fondu pénétrant dans la fente d'étrépage peut être maintenue à une valeur plus élevée. A cause de cela, toute tendance du verre à se dévitrifier sur les lèvres de la fente d'étrépage est réduite. Cela réduit l'apparition d'un défaut caractéristique du procédé Fourcault classique connu sous le nom de lignes d'étrépage, dont la présence dans le produit n'est pas souhaitable et peut être inacceptable.

Les avantages cités obtenus par la présente invention sont favorisés lorsqu'on adopte l'une des caractéristiques facultatives suivantes, ou les deux:

1. le verre est étiré verticalement à partir d'une dite fente dont la ligne centrale est espacée de chacune desdites parois terminales d'une distance d'au moins 700 mm, et

2. le verre est étiré verticalement plus près de la paroi aval du puits d'étrépage que de la paroi amont.

L'espace entre la fente d'étrépage et les parois du puits d'étrépage implique qu'une certaine longueur minimale du puits d'étrépage doit être respectée dans un procédé selon l'invention. Cela favorise une configuration bénéfique des courants de verre fondu à l'intérieur du puits d'étrépage, ce qui tend à assurer que la viscosité du verre pénétrant dans la fente d'étrépage est plus uniforme sur la longueur de cette fente. En étirant verticalement du verre plus près de la paroi aval du puits d'étrépage que de la paroi amont, le parcours le long duquel du verre fondu s'écoule vers la fente d'étrépage est allongé pour une longueur donnée du puits d'étrépage. Le verre s'écoulant le long d'un tel parcours allongé peut être mieux conditionné du point de vue thermique. De plus, comme la fente d'étrépage est bien espacée des parois amont et aval du puits d'étrépage, le refroidissement naturel du verre fondu par les parois de ce puits n'aura pas un effet aussi néfaste sur l'uniformité de la température du verre pénétrant dans la fente que cela se produit dans les procédés Fourcault classiques.

Des configurations bénéfiques de courants peuvent être davantage favorisées en adoptant une ou plusieurs des caractéristiques préférées suivantes:

1. le verre fondu est amené au puits d'étrépage depuis une partie du four (par exemple un chenal d'alimentation ou un bassin de distribution) dont la profondeur est substantiellement la même que celle du puits,

2. la profondeur du verre dans le puits d'étrépage est substantiellement égale à la profondeur du verre dans le bassin de fusion, et

3. la profondeur du verre dans le puits d'étrépage est maintenue à au moins 1 m et, de préférence, cette profondeur est comprise entre 1,2 et 1,5 m.

Il est spécialement préféré d'adopter chacune de ces caractéristiques. Lorsqu'une telle condition est réalisée, on a trouvé que la configuration des courants dans le verre fondu est favorable à la production d'un taux élevé de verre ayant une bonne uniformité d'épaisseur et à l'obtention d'une largeur utile élevée. L'adoption de ces caractéristiques a aussi un effet favorable sur la réduction des défauts dans le verre produit. Lorsque le verre fondu s'écoule en contact avec les parois réfractaires du puits, il peut dissoudre ou arracher de la ma-

tière de ces parois. L'entraînement de cette matière dans le ruban étiré donne naissance à des défauts. Cependant, si le puits d'étirage est suffisamment profond et si la sole du puits est au même niveau que celui d'une portion du four immédiatement en amont, et de préférence également au même niveau que celui du bassin de fusion, un courant de retour de verre plus froid s'établira le long de la sole du four. Ce courant de retour peut être formé par du verre fondu qui a été refroidi par contact avec les parois latérales et terminales du puits d'étirage. Il en résulte que toute matière entraînée par le verre qui est entré en contact avec ces parois retournera vers d'autres parties du four situées en amont. Dès lors, le risque que de la matière réfractaire en provenance des parois du puits d'étirage ne pénètre dans le ruban est réduit.

Une telle configuration de courant offre un autre avantage. Comme du verre plus froid remonte vers les parties amont du four de fusion, un plus grand volume de verre fondu chaud vient en contact avec les parois du puits d'étirage. Il en résulte que, pour une perte de chaleur donnée à travers les parois, la chute de température du verre fondu en est réduite. Cela favorise en outre l'uniformité de la température et de la viscosité du verre pénétrant dans la fente d'étirage, ce qui, à son tour, favorise une augmentation de la largeur utile du verre étiré et a un effet favorable sur une nouvelle réduction de la tendance du verre à se dévitrifier à la fente d'étirage.

On préfère également que l'entrée du verre fondu dans le puits d'étirage s'étende substantiellement sur la totalité de la longueur de ce puits.

Dans le procédé Fourcault classique, le ruban continu de verre est étiré vers le haut dans un caisson vertical de recuisson. L'utilisation d'un caisson vertical de recuisson peut donner naissance à des difficultés qui sont bien connues dans la technique. Par exemple, les courants d'air de convection à l'intérieur du caisson de recuisson rendent difficile le contrôle des températures de recuisson. Les forces d'accrochage tirant le ruban vers le haut peuvent le briser et du verre brisé risque de tomber dans le puits d'étirage. Le verre brisé qui tombe dans le puits d'étirage est particulièrement néfaste dans un procédé Fourcault classique, car il y a de ce fait un grand risque d'endommager les lèvres de la débiteur qui définissent la fente d'étirage. Si la débiteur est endommagée de cette façon, un défaut permanent peut se présenter sur le ruban qui est étiré.

Selon des formes préférées de réalisation de l'invention, ledit ruban continu est plié sur un rouleau plieur et mené ensuite à une galerie horizontale de recuisson. Ainsi qu'on le connaît bien par l'expérience avec le procédé Colburn, le contrôle de la température est plus facile dans une galerie horizontale de recuisson. Il y a de plus un risque nettement moins grand que le verre retombe dans le puits d'étirage si le ruban vient à se briser. Il est également connu que l'emploi d'une galerie horizontale réduit la tendance du ruban à s'incurver transversalement pendant la recuisson et à perdre ainsi sa planéité. Cependant, la combinaison de cette caractéristique préférée avec la présente invention offre même plus d'avantages qu'on pourrait en attendre.

Une comparaison du verre produit par les deux procédés montre que cette nouvelle combinaison de caractéristiques présente les avantages suivants sur le procédé Colburn connu :

- la planéité du ruban est favorisée, et
- du verre plus mince de bonne qualité peut être obtenu beaucoup plus facilement.

Au moyen du procédé Colburn, on a produit du verre de 0,4 mm d'épaisseur, mais uniquement avec difficulté et avec un faible rendement. En utilisant cette nouvelle combinaison de caractéristiques, on a produit sans difficulté du verre ayant la même épaisseur avec un rendement élevé lors du premier essai. Du verre plus mince a même été étiré. En fait, on croit que l'adoption de cette combinaison de caractéristiques permet l'étirage, avec un rendement élevé, de verre de qualité acceptable qui est plus mince que celui que l'on peut obtenir par tout autre procédé continu d'étirage et permet de le faire facilement et sûrement.

Une difficulté qui peut survenir lorsqu'on plie un ruban de verre sur un rouleau plieur est qu'une fracture transversale peut se développer dans le verre étiré entre le rouleau plieur et les premiers rouleaux de convoyeur dans l'axe menant à la galerie horizontale de recuisson. Une telle fracture s'est produite dans le procédé Colburn connu et dans le nouveau procédé avec fente d'étirage. Dans les deux cas, le rouleau plieur a été entraîné à une vitesse minimale, *via* un embrayage arrangé de manière qu'il puisse tourner plus rapidement, par friction entre la circonférence du rouleau et le ruban étiré, pendant la production normale. Dans l'ancien procédé, les effets de tension superficielle au pied du ruban étiré et le poids de la portion verticale du ruban étaient suffisants pour contrer la traction entre le rouleau plieur et le ruban lorsque le rouleau était entraîné à sa vitesse minimale, de sorte que le ruban se sépare à l'endroit de la fracture et que le ruban récemment formé retombe dans le puits d'étirage, avec comme résultat une perte considérable de production. Lorsqu'une telle fracture s'est produite dans le nouveau procédé, la séparation du ruban n'a pas eu lieu. Le ruban de verre étiré continu sa progression et la perte de production fut nettement moindre. Ce résultat surprenant est attribué à la manière dont le verre est conformé en ruban à la fente d'étirage et sera décrit plus loin.

Une autre difficulté qui peut survenir lorsqu'on utilise une galerie horizontale de recuisson est particulièrement importante lorsqu'on étire du verre très mince. Il s'agit d'une perte de traction par glissement entre le ruban et les rouleaux de convoyeur en raison de la légèreté du ruban. On a noté que si la chute de vitesse du ruban est trop importante, les refroidisseurs entre lesquels le ruban est étiré peuvent avoir un effet trop grand sur le ruban, de sorte que ce dernier devient trop dur pour être plié sur le rouleau plieur. Un glissement entre les rouleaux et le ruban peut être substantiellement évité en adoptant la présente invention, de sorte que la vitesse voulue du ruban peut être maintenue. De nouveau, on croit que cela est dû à la manière dont le verre est conformé en ruban.

L'emploi de cette combinaison de caractéristiques procure également des avantages considérables sur les procédés d'étirage vertical utilisant une fente d'étirage. En particulier, l'uniformité de l'épaisseur du ruban est encore améliorée, aussi bien du point de vue de l'étroitesse de la marge de tolérance que du point de vue du rendement de verre produit, c'est-à-dire du point de vue de la largeur sur laquelle une marge de tolérance donnée peut être obtenue. Pour étirer un ruban de 2 mm d'épaisseur par le procédé Fourcault classique, la marge de tolérance usuelle commercialement acceptable est 0,2 mm. L'adoption de la présente combinaison de caractéristiques permet la réduction à $\pm 0,05$ mm de la marge de tolérance pour un ruban de verre de 2 mm, et cela a pu être uniformément obtenu sur des largeurs continues de ruban de 30% supérieures à celles obtenues par les procédés connus antérieurement. De plus, un ruban de verre ayant une épaisseur nominale de 0,4 mm a été uniformément produit avec la même régularité d'épaisseur sur une largeur continue de ruban de 50% supérieure à celle obtenue par le procédé connu.

Un autre avantage de la présente combinaison de caractéristiques sur le procédé Fourcault classique réside dans l'élimination substantielle de distorsion du ruban, due à l'ondulation de ses bords.

Un autre avantage par rapport au procédé Colburn classique réside dans le fait que le verre formant le ruban provient de la profondeur du puits d'étirage plutôt que de la surface de la masse fondue. Il en résulte que des défauts sur la surface de la masse fondue ne sont pas entraînés dans le ruban. Une cause de tels défauts est la poussière ou d'autres particules qui peuvent revenir de la galerie de recuisson dans le puits d'étirage. L'entraînement de telles particules dans un procédé d'étirage horizontal est particulièrement néfaste, puisqu'une particule unique peut adhérer au rouleau plieur et provoquer des défauts périodiques dans le ruban étiré. La surface du verre fondu peut être affectée d'autres façons. Si la surface de la masse fondue est exposée à des courants d'air relativement froid provenant de la galerie de recuisson, un manque d'uniformité de la surface peut en découler et, dans un procédé d'étirage en surface, cela peut introduire des défauts dans le ruban étiré. De même, il est de pratique

courante d'introduire du dioxyde de soufre dans la galerie de recuisson. Le dioxyde de soufre réagit avec du verre très chaud. Cela occasionne également des défauts dans un ruban étiré en surface. De tels défauts sont substantiellement évités lorsque le verre est étiré depuis la profondeur du puits d'étrage.

Dans le procédé Fourcault classique, ainsi qu'on le pratique habituellement, la fente d'étrage est définie par une débiteur qui est espacée de quelque 50 mm des parois amont et aval du puits d'étrage. A cause de cela, le verre situé entre la débiteur et ces parois stagne. Sa viscosité devient tellement élevée que très tôt, après la première immersion de la débiteur dans le verre au démarrage d'un cycle de production, le niveau de la débiteur ne peut pas être ajusté sans prendre des mesures spéciales. En raison de la plus grande distance entre le dispositif réfractaire définissant la fente et les parois du puits, rendue possible par la présente invention, le niveau du dispositif réfractaire définissant la fente peut facilement être, et de préférence est, ajusté pendant l'étrage du verre, ce qui présente un certain nombre d'avantages.

De préférence, le niveau dudit dispositif réfractaire est ajusté de manière à maintenir un bulbe convexe de verre au sommet de la fente d'où le verre est étiré. Le verre est de cette façon poussé dans la fente par la pression hydrostatique pour former le bulbe au pied du ruban. Le niveau du sommet de la fente peut de plus être ajusté pendant un cycle de production afin de maintenir un tel bulbe lorsqu'on désire produire un verre d'une épaisseur différente. C'est la présence de ce bulbe, qui réduit les tensions sur le ruban, que l'on croit responsable de l'absence substantielle de glissement entre le ruban étiré et le rouleau plieur et les rouleaux de convoyeur horizontal lorsqu'ils sont présents. La possibilité d'ajuster le niveau du dispositif réfractaire définissant la fente permet d'obtenir cet avantage pour différentes épaisseurs de ruban.

Un autre problème qui est rencontré dans le procédé Fourcault classique avec débiteur non ajustable est le suivant: au début du cycle, le niveau de la fente peut être fixé pour donner naissance à un bulbe au pied du ruban lors de l'étrage d'une épaisseur particulière de ruban. Pendant le cycle de production, on peut également être amené à produire du verre plus mince. Mais, dans un tel cas, le pied du ruban descendra dans la fente en laissant les niveaux supérieurs de la fente recouverts de verre qui se dévitrifiera rapidement. Si on désire alors revenir à la production du ruban de verre plus épais, le pied du ruban s'élèvera et ce verre dévitrifié sera entraîné dans le ruban et donnera naissance à des défauts importants qui rendront le ruban inacceptable pour de nombreuses raisons.

La possibilité d'ajuster le niveau de la fente présente d'autres avantages sur les procédés classiques d'étrage de verre.

Afin de produire du verre en feuille de qualité permanente élevée, il est nécessaire de contrôler soigneusement la façon dont les matières constituant le verre sont fondues dans la zone de fusion du four à bassin. Cela est fortement facilité si le taux de production de verre en feuille (t/d) est maintenu constant.

Lorsqu'un ruban est étiré à partir de la surface du puits d'étrage, par exemple dans les procédés Pittsburgh et Colburn classiques, le taux de production de verre en feuille (pour une largeur de ruban donnée) est influencé par la vitesse d'étrage (la vitesse du ruban) et par la viscosité du verre formant le ruban qui, avec la vitesse du ruban, a une influence sur l'épaisseur du ruban produit.

Il n'a pas toujours été possible de réaliser une compensation pour les différentes épaisseurs souhaitées de ruban, lorsqu'on met en œuvre ces procédés.

Cependant, en utilisant une fente d'étrage, le taux de production de verre en feuille est régi non seulement par la viscosité du verre, mais aussi par la pression hydrostatique due à une différence entre le niveau du sommet de la fente et le niveau du verre fondu dans le puits d'étrage. La variation du degré d'immersion du dispositif réfractaire définissant la fente influencera évidemment cette pression hydrostatique. Cela permet le maintien d'un taux constant de production de verre (t/d) sur une gamme plus étendue d'épaisseurs de ruban que cela n'a été possible jusqu'à maintenant. On notera que,

dans le procédé Fourcault classique, il n'était en pratique pas possible de modifier le niveau de la débiteur pendant la production, en raison de la viscosité très élevée du verre à la surface du puits d'étrage lorsqu'on utilise ce procédé.

La possibilité d'ajuster le niveau du dispositif réfractaire définissant la fente est favorisée si le verre est étiré verticalement à partir de ladite fente, tout en laissant une surface libre de verre dans le puits d'étrage entre le dispositif réfractaire qui définit la fente et chacune des parois amont et aval du puits, dont la longueur mesurée normalement au plan d'étrage du ruban est d'au moins 350 mm.

Avantageusement, le verre est étiré verticalement à partir de ladite fente, tout en laissant une surface libre de verre dans le puits d'étrage entre le dispositif réfractaire qui définit la fente et chacune des parois amont et aval du puits, dont la longueur mesurée normalement au plan du ruban étiré verticalement est d'au moins 500 mm.

De préférence, le rayonnement thermique provenant de la surface du verre contenu dans le puits d'étrage est réfléchi vers le bas dans une zone inférieure de la chambre d'étrage.

L'invention s'applique spécialement à la production d'un ruban de verre étiré dont l'épaisseur est 3 mm ou moins, par exemple dont l'épaisseur est comprise entre 0,4 et 2,2 mm.

La présente invention s'étend à une installation pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Une installation selon l'invention comprend un four de fusion à bassin pour alimenter continuellement en verre fondu un puits d'étrage, des moyens pour étirer verticalement du verre, dans une chambre d'étrage disposée au-dessus du puits, sous la forme d'un ruban continu à partir d'une fente d'une pièce réfractaire partiellement immergée dans le verre fondu du puits d'étrage, caractérisée en ce que la ligne centrale s'étendant le long de la fente est espacée de chacune des parois amont et aval du puits d'une distance d'au moins 550 mm.

Une telle installation comprend de préférence une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

1. la ligne centrale s'étendant le long de ladite fente est espacée de chacune desdites parois terminales d'une distance d'au moins 700 mm,
2. la distance entre la paroi amont et la ligne au centre de la fente est plus grande que la distance entre la paroi aval et cette ligne,
3. la sole d'une partie du four destinée à mener le verre fondu du bassin de fusion au puits d'étrage est substantiellement au même niveau que la sole du puits d'étrage,
4. la sole du puits d'étrage est substantiellement au même niveau que la sole du bassin de fusion,
5. la profondeur du puits d'étrage est d'au moins 1 m et, de préférence, comprise entre 1,2 et 1,5 m,
6. un rouleau plieur, sur lequel le ruban peut être plié, est disposé dans la chambre d'étrage au-dessus du puits d'étrage et une galerie horizontale de recuisson est prévue pour recevoir le ruban de verre étiré après son pliage sur le rouleau plieur,
7. le dispositif réfractaire définissant la fente est monté de telle manière que son niveau à l'intérieur du puits d'étrage soit ajustable,
8. le dispositif réfractaire définissant la fente est espacé de chacune desdites parois amont et aval d'une distance d'au moins 350 mm, de préférence d'au moins 500 mm,
9. le dispositif réfractaire définissant la fente a la forme d'une débiteur en une pièce, et
10. l'installation est pourvue de moyens dans la zone inférieure de la chambre d'étrage destinés à réfléchir vers le bas le rayonnement calorifique provenant de la surface du verre fondu contenu dans le puits d'étrage.

Le dispositif réfractaire définissant la fente peut être constitué de céramique, ainsi qu'il est de tradition, ou il peut être constitué de métal ou de céramique revêtue de métal, ainsi qu'on l'a proposé dans la littérature.

L'invention sera maintenant décrite, à titre d'exemple seulement, en se référant aux dessins schématiques annexés dans lesquels: la fig. 1 est une vue latérale schématique en coupe d'une première

forme de réalisation d'une installation de fabrication de verre selon l'invention;

la fig. 2 est une vue en coupe frontale correspondante;

la fig. 3 est une vue en coupe latérale schématique d'une installation selon une variante de forme de réalisation de l'invention.

Dans la fig. 1, du verre fondu 1 est contenu dans un four de fusion à bassin 2 ayant une sole 3. Il s'écoule à partir d'une zone de conditionnement 4 du four au travers d'un chenal 5 en dessous d'un pont 6 en direction d'un puits d'étréage 7 à la base d'une chambre d'étréage 8 dont l'extrémité aval est fermée par une paroi d'extrémité 9. Du verre est étiré vers le haut sous la forme d'un ruban continu 10 à partir d'une fente 11 définie par une pièce réfractaire, ici représentée sous la forme d'une débiteurse en une pièce 12. Cette dernière est partiellement immergée dans le verre 1 contenu dans le puits d'étréage 7. Le ruban est alors plié sur un rouleau plieur 13 d'où il pénètre dans une galerie horizontale de recuisson 14.

Des rouleaux convoyeurs 15 acheminent le ruban 10 au travers de la galerie 14.

La chambre d'étréage 8 est isolée de la galerie par des écrans supérieur et inférieur 16, 17 qui définissent une fente au travers de laquelle le ruban 10 est acheminé. Si on le désire, l'écran supérieur 16 peut être constitué d'un rideau flexible, par exemple d'asbeste ou de toute autre matière réfractaire appropriée, et on peut le laisser frotter contre le ruban pour fournir au puits d'étréage une protection contre l'entrée de poussière provenant de la galerie de recuisson 14. En variante, on peut utiliser un rideau d'air chaud.

Au-dessus de la débiteurse 12 est disposée une paire de refroidisseurs 18, 19 pour refroidir le ruban 10 défilant entre eux en direction du rouleau plieur 13. Un réchauffeur (non représenté) peut être disposé, si on le désire, pour s'assurer que le ruban 10 est suffisamment mou pour passer sur le rouleau plieur 13 sans risque de rupture. Un refroidisseur facultatif 20 pour la face avant du ruban montant vers le rouleau plieur 13 est représenté à la fig. 1.

La débiteurse 12, qui définit la fente d'étréage 11, est espacée du pont 6 — définissant la paroi amont du puits d'étréage 7 — et du mur arrière 9 — définissant la paroi aval de ce puits — pour laisser exposées des surfaces, respectivement 21, 22, du verre contenu dans le puits d'étréage. Le schéma d'écoulement des courants de verre dans le puits d'étréage est représenté par des flèches. Le verre s'écoule dans le puits d'étréage 7 immédiatement en dessous du pont 6 et une partie de ce verre est étirée dans le ruban 10. Une partie du verre s'écoule à proximité de la paroi arrière 9 où elle se refroidit et forme ainsi un courant descendant qui s'écoule ensuite lentement vers la zone de conditionnement 4 du four de fusion à bassin 2 le long de la sole 3. Le puits d'étréage 7, le chenal d'alimentation 5 et la zone de conditionnement 4 du four à bassin 2 ont une sole commune horizontale 3.

Dans la fig. 1, l'écartement de la débiteurse 12 par rapport au pont 6 et au mur arrière 9 est beaucoup plus grand qu'il ne l'est dans le procédé Fourcault classique. Il est suffisant pour permettre que des courants naturels qui s'établissent dans le bassin de verre déplacent continuellement le verre en dessous des régions superficielles 21, 22. A titre d'exemple, dans une installation de production d'un ruban de 2,8 m de large, au moyen d'une débiteurse de 3,60 m de long et de 420 mm de large, pourvue d'une fente centrale de 3 m de long, l'espace entre la débiteurse 12 et le pont 6 peut être de 1,100 mm, tan-

dis que celui entre la débiteurse 12 et le mur arrière 9 peut être de 700 mm. Dans le procédé Fourcault classique, chacun de ces espaces pourrait être d'environ 50 mm.

Le pont 6 et la paroi arrière 9 sont surmontés de plaques de recouvrement 23, 24 pour les extrémités amont et aval de la chambre d'étréage 8. Ces plaques rejoignent les blocs L amont et aval 25, 26 qui portent les pièces 27, 28 d'extrémité de la chambre reliées à des prolongements respectivement du toit et du plancher de la galerie de recuisson 14. Les lèvres horizontales des blocs L 25, 26 masquent les portions supérieures de la chambre d'étréage vis-à-vis du rayonnement provenant de la masse de verre fondu 1 continue dans le puits d'étréage 7, en réfléchissant ce rayonnement vers le bas. De cette façon, le verre dans le puits 7 est plus chaud et la chambre 8 plus froide que ce ne serait le cas sans cette disposition.

La débiteurse 12 est maintenue à une profondeur voulue dans le verre fondu contenu dans le puits d'étréage de la manière représentée à la fig. 2.

Ainsi que le montre la fig. 2, des canalisations d'alimentation 29 sont prévues pour la circulation d'un fluide de refroidissement dans les refroidisseurs 18, 19. Les refroidisseurs sont supportés par ces canalisations d'alimentation 29 qui traversent les parois latérales 31 de la chambre d'étréage 8 par des ouvertures 30. Les canalisations 29 sont reliées par des entretoises filetées 33 à des cornières 32 fixées le long des parois latérales 31 de la chambre d'étréage. La débiteurse 12 flotte dans le verre fondu 1 et est pressée vers le bas par les refroidisseurs 18, 19 de manière que le sommet de la fente 11 soit situé en dessous du niveau de la surface du verre. De cette façon, la pression hydrostatique provoque la résurgence du verre au travers de la fente 11 pour former un bulbe convexe 34 (voir fig. 1) d'où l'on étire le ruban de verre. En fonctionnement, le niveau de la débiteurse 12 est ajusté pendant l'étréage de manière à maintenir ce bulbe 34.

Ainsi que le représente la fig. 2, deux barres obliques 35, dont les extrémités 36 sont en forme de pince, reposent au sommet de la débiteurse aux extrémités de la fente 11. Le pied du ruban 10 passe entre les mâchoires des pinces 36. Ces pinces participent à la détermination des bords du ruban étiré.

Au moyen d'une étireuse substantiellement telle qu'illustrée dans les fig. 1 et 2 avec une débiteurse pourvue d'une fente de 3 m de long, on a étiré en continu du verre en feuille ayant une épaisseur de $0,8 \pm 0,05$ mm sur une largeur utile continue de ruban de 2,5 m. Au moyen de la même installation, on a étiré en continu du verre de $0,4 \pm 0,05$ mm d'épaisseur sur une largeur utile continue supérieure à 2 m. Dans chaque cas le verre étiré était de très bonne planéité.

La fig. 3 représente une variante de l'installation illustrée dans les fig. 1 et 2. Dans cette figure, le ruban de verre 10 est étiré à partir de la fente 11 d'une débiteurse 12, entre des refroidisseurs 18, 19 qui servent également à maintenir la débiteurse à un niveau convenable dans le verre fondu contenu dans le puits d'étréage 7, dans une chambre d'étréage 8. De là, le ruban de verre 10 est entraîné vers le haut dans un caisson vertical de recuisson 37 par des rouleaux 38 entre lesquels il passe. Le puits d'étréage 7 est de longueur telle que le pied du ruban 10 de verre étiré soit espacé de 550 mm de chacune des parois 6, 9 du puits d'étréage.

La profondeur du verre fondu dans le puits d'étréage 7 est comprise entre 1,2 et 1,5 m dans chacune des formes de réalisation illustrées.

FIG. 1

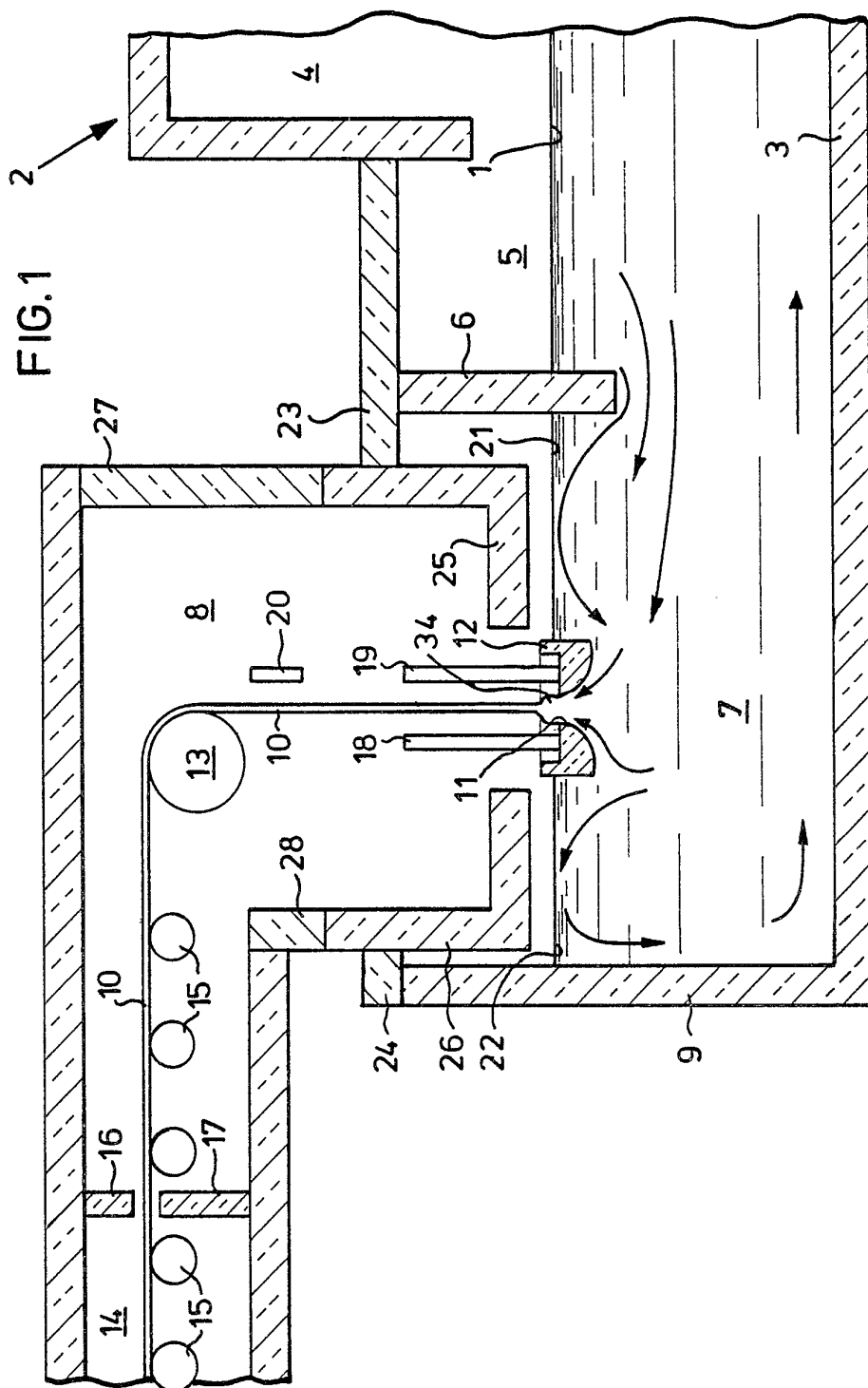


FIG.3

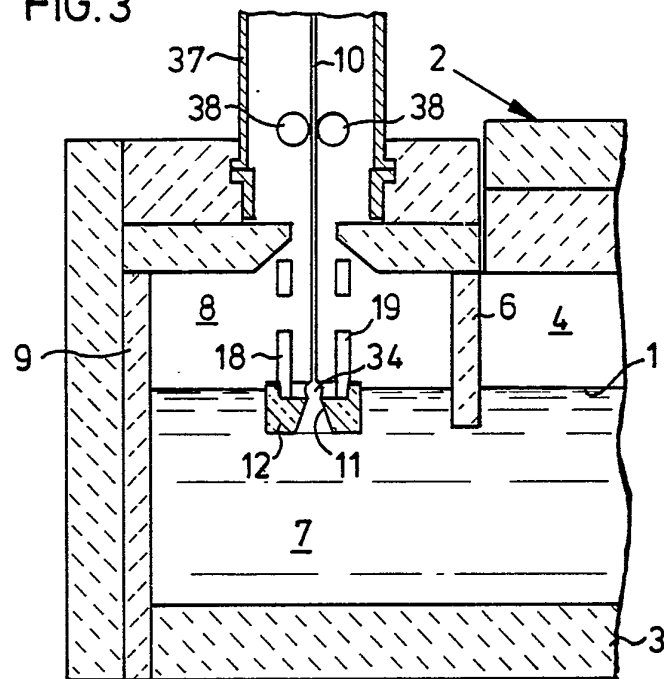


FIG.2

