

Description

La présente invention concerne un dispositif de refroidissement d'un métal pendant la coulée, en vue de la coulée de ce métal avec une surchauffe proche de 0 °C ou en phase pâteuse dans une lingotière de coulée continue suivant le préambule de la revendication 1.

On connaît l'intérêt du procédé de coulée avec une surchauffe proche de 0 °C ou en phase pâteuse pour la coulée continue des métaux, en particulier de l'acier. Dans un tel procédé, l'acier est refroidi, entre le récipient de coulée et la lingotière de coulée continue, jusqu'à une température proche de la température du liquidus ou comprise dans l'intervalle de solidification de cet acier. On assure ainsi au moins l'élimination de la surchauffe de l'acier et éventuellement on provoque l'apparition, dans l'acier, d'une fraction solidifiée dont l'importance dépend du refroidissement appliqué. Au moins où il pénètre dans la lingotière, l'acier présente ainsi un état qui permet d'obtenir des structures fines et homogènes et de réduire les ségrégations dans les produits coulés.

Un dispositif de coulée d'un métal avec une surchauffe proche de 0 °C ou en phase pâteuse est révélé notamment par le brevet LU-A-86.688 (EP-A-269180, sur lequel le préambule de la revendication 1 est basé). Ce dispositif comprend essentiellement un conduit vertical pourvu extérieurement de moyens de refroidissement et un organe répartiteur assurant la distribution du métal coulé sur la paroi intérieure de ce conduit vertical.

L'objet de la présente invention est de proposer un dispositif particulier permettant d'effectuer dans les meilleures conditions le refroidissement du métal pendant la coulée.

Conformément à la présente invention, un dispositif de refroidissement d'un métal pendant la coulée dans un conduit vertical, avec un organe de répartition du métal sur la paroi intérieure du conduit vertical situé sensiblement à l'entrée dudit conduit vertical, est caractérisé en ce qu'il comporte une chambre d'alimentation disposée autour dudit conduit vertical et ayant une paroi frontale épousant à distance la forme dudit conduit vertical, et une chambre d'évacuation disposée autour de ladite chambre d'alimentation et séparée de celle-ci par une paroi intermédiaire, ladite chambre d'évacuation étant délimitée à l'arrière par une paroi extérieure, en ce que ladite paroi frontale est percée d'une pluralité de passages dirigés vers ledit conduit vertical, en ce qu'une partie desdits passages débouchent dans ladite chambre d'alimentation, en ce que l'autre partie desdits passages sont raccordés à des tubes qui traversent ladite chambre d'alimentation et ladite paroi intermédiaire et qui débouchent dans ladite chambre d'évacuation, en ce que ladite chambre d'alimentation comporte des moyens d'alimentation en liquide de

refroidissement et en ce que ladite chambre d'évacuation comporte des moyens d'évacuation du liquide de refroidissement.

Selon une variante particulière du dispositif de l'invention, lesdits moyens d'alimentation en liquide de refroidissement comprennent une chambre de distribution disposée autour dudit conduit vertical et communiquant avec ladite chambre d'alimentation par une série de voies réparties, de préférence uniformément, autour dudit conduit vertical.

Dans une réalisation préférée, ladite chambre d'alimentation et ladite chambre de distribution présentent au moins une portion de paroi commune, à travers laquelle sont percées lesdites voies de communication.

Selon une particularité intéressante, lesdits passages percés dans la paroi frontale de la chambre d'alimentation débouchent dans le volume compris entre ladite paroi frontale et ledit conduit vertical, suivant une direction perpendiculaire à la surface dudit conduit vertical.

D'autres particularités et d'autres avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui est donnée ci-dessous à titre d'exemple. Cette description porte sur une réalisation préférée du dispositif de l'invention, telle qu'elle est illustrée par les dessins annexés dans lesquels la

figure 1 illustre le montage d'un dispositif de refroidissement conforme à l'invention dans une installation de coulée d'acier en phase pâteuse; et la

figure 2 représente, en coupe axiale agrandie, le dispositif de refroidissement de la figure 1.

Ces deux figures sont des représentations schématiques, dans lesquelles on n'a volontairement reproduit que les éléments directement nécessaires à la compréhension de l'invention. Des éléments analogues ou identiques sont désignés par les mêmes repères numériques, et les directions de circulation du liquide de refroidissement sont indiquées par des flèches.

On a représenté schématiquement, dans la figure 1, une installation pour la coulée d'acier en phase pâteuse, équipée d'un dispositif de refroidissement de l'acier conforme à l'invention. Une telle installation est à présent connue dans la technique et elle ne sera pas décrite en détail ici. On rappellera simplement qu'elle comporte une lingotière de coulée continue 1, une busette de coulée 2 équipant par exemple une poche de coulée, un conduit vertical 3, disposé en amont de la lingotière 1 et prolongé par un élément tubulaire 7; le conduit vertical 3 est précédé par un tronçon réfractaire 8, dans lequel est en outre disposé un plateau 6 supporté par trois bras et assurant la répartition du métal. Le conduit vertical 3 est pourvu extérieurement de moyens de refroidissement comportant une entrée 4 et une sortie 5 du liquide de refroidissement.

Le dispositif de refroidissement conforme à l'invention est illustré à plus grande échelle dans la figure 2. Il comprend une chambre d'alimentation 9 disposée autour du conduit vertical 3 et ayant une paroi frontale 10 épousant, à une distance "e", la forme du conduit vertical 3. La chambre d'alimentation 9 est à son tour entourée par une chambre d'évacuation 11 délimitée d'une part par une paroi intermédiaire 12 qui la sépare de la chambre d'alimentation 9 et d'autre part par une paroi extérieure 13. La distance "e" constitue la largeur radiale d'un volume annulaire 14 formé entre le conduit vertical 3 et la paroi frontale 10.

Une chambre de distribution 15, équipée d'une entrée 4 du liquide de refroidissement, est également disposée autour du conduit vertical 3. Cette chambre de distribution 15 communique avec la chambre d'alimentation 9 par des voies 16 percées dans une portion de paroi qui est commune à ces deux chambres 9 et 15. La chambre d'évacuation 11 est pourvue d'une sortie 5 du liquide de refroidissement.

Les chambres d'alimentation 9 et d'évacuation 11 sont fermées, à leur partie inférieure, par des fonds individuels 17, 18 qui empêchent la mise en communication de ces deux chambres.

La paroi frontale 10 est percée d'une pluralité de passages qui débouchent dans le volume annulaire 14, perpendiculairement à la surface du conduit vertical 3. Une partie de ces passages, repérés 19, débouchent par leur autre extrémité à l'intérieur de la chambre d'alimentation 9, qui est ainsi mise en communication avec le volume annulaire 14. Les autres passages sont raccordés à des tubes 20 qui traversent de façon étanche la chambre d'alimentation 9 et la paroi intermédiaire 12 et qui débouchent dans la chambre d'évacuation 11. La chambre d'évacuation 11 est ainsi mise directement en communication avec le volume annulaire 14.

Le conduit vertical 3 est généralement cylindrique circulaire; dès lors, les chambres 9, 11 et 15 sont toriques, par raison de symétrie. De plus, les passages sont de préférence uniformément répartis dans la paroi frontale 10.

Le dispositif de refroidissement conforme à l'invention fonctionne de la façon suivante.

Le jet d'acier en fusion 21, provenant d'une busette de coulée 2 (non représentée dans la figure 2), tombe sur le plateau répartiteur 6, d'où il s'écoule sur le tronçon réfractaire 8 puis en une couche mince 22 le long de la surface intérieure du conduit vertical 3 en cuivre.

Pendant qu'il parcourt le conduit vertical 3, l'acier 22 doit être refroidi jusqu'à atteindre l'état pâteux par formation d'une fraction solidifiée.

A cet effet, un liquide de refroidissement, qui est généralement l'eau, est introduit sous pression, par l'entrée 4, dans la chambre de distribution 15 d'où il gagne la chambre d'alimentation en franchissant les

voies 16. Par les passages 19, le liquide de refroidissement pénètre dans le volume annulaire 14 où il circule le long du conduit vertical 3 avant d'être évacué par les tubes 20. Le liquide de refroidissement arrive ensuite dans la chambre d'évacuation 11 d'où il s'échappe par la sortie 5.

Les jets de liquide de refroidissement sortant perpendiculairement des passages 19 et la faible longueur du trajet de ce liquide entre un passage injection 19 et des tubes de reprise 20 voisins assurent un écoulement turbulent du liquide de refroidissement dans le volume annulaire 14. Il en résulte une grande efficacité de refroidissement du conduit vertical 3 et de l'acier 22, pour un débit peu élevé de liquide de refroidissement.

Il va de soi que la circulation du liquide de refroidissement peut être assurée, partiellement ou entièrement, par une pompe aspirante raccordée à la sortie 5.

Le dispositif de l'invention peut comporter des moyens pour modifier des caractéristiques géométriques telles que la largeur "e" du volume annulaire 14 ou le diamètre des passages 19, respectivement des tubes 20, en fonction des vitesses d'écoulement désirées dans chaque application particulière.

Des moyens de réglage peuvent également être prévus pour modifier le débit de liquide de refroidissement en fonction du refroidissement à appliquer dans chaque cas particulier d'application.

A titre d'exemple, on a coulé un acier à 0,8 %C avec un débit de 4,8 kg/s, au moyen d'un dispositif illustré dans la figure 1. La température de l'acier dans la busette était de 1510 degrés °C. L'acier a été coulé sur un plateau répartiteur en matériau réfractaire, puis le long de la paroi intérieure d'un conduit vertical 3 cylindrique en cuivre, d'une longueur de 350 mm et d'un diamètre de 220 mm. Le conduit 3 était refroidi par de l'eau introduite à la température ambiante et circulant avec un débit de 27 m³/h. La perte de charge dans le dispositif de refroidissement a été de 3,5 kg/cm². On a atteint une densité de flux de refroidissement de 4,2 MW/m², avec une élévation de la température de l'eau de 7 °C.

Par comparaison, un refroidissement analogue dans un dispositif usuel par écoulement de l'eau en film laminaire a nécessité un débit d'eau de 60 m³/h, a rencontré une perte de charge de 12 kg/cm² et a conduit à une densité de flux de refroidissement de 3 MW/m².

Le dispositif de l'invention permet donc d'assurer un refroidissement plus efficace avec une moindre quantité de liquide de refroidissement et sous une pression moins élevée que dans les dispositifs antérieurs.

Ce dispositif peut d'ailleurs être réalisé en une seule pièce, ou être constitué de plusieurs éléments, indépendants ou non, disposés autour du conduit vertical, sans pour autant sortir du cadre de la présente

Invention.

Dans la description qui précède, on a présenté et illustré principalement un dispositif dans lequel le conduit vertical (3) est cylindrique circulaire. L'invention n'est cependant pas limitée à ce type de conduit vertical; en fait, elle s'étend également à un conduit qui présenterait une section de sortie supérieure à sa section d'entrée, ainsi qu'à un conduit dont la section ne serait pas circulaire mais qui serait par exemple ovale.

Par ailleurs, cette description se réfère particulièrement au refroidissement d'un conduit vertical précédant une lingotière de coulée continue. Il va de soi qu'il ne sortirait pas du cadre de l'invention d'utiliser un tel dispositif pour assurer le refroidissement de la lingotière de coulée continue proprement dite, ou de tout autre moule ou lingotière nécessitant un refroidissement.

Revendications

1. Dispositif de refroidissement d'un métal pendant la coulée dans un conduit vertical (3), avec un organe (6) de répartition du métal sur la paroi intérieure du conduit vertical situé sensiblement à l'entrée dudit conduit vertical, caractérisé en ce qu'il comporte une chambre d'alimentation (9) disposée autour dudit conduit vertical (3) et ayant une paroi frontale (10) épousant à distance (e) la forme dudit conduit vertical (3), et une chambre d'évacuation (11) disposée autour de ladite chambre d'alimentation (9) et séparée de celle-ci par une paroi intermédiaire (12), ladite chambre d'évacuation étant délimitée à l'arrière par une paroi extérieure (13), en ce que ladite paroi frontale (10) est percée d'une pluralité de passages dirigés vers ledit conduit vertical (3), en ce qu'une partie (19) desdits passages débouchent dans ladite chambre d'alimentation (9), en ce que l'autre partie desdits passages sont raccordés à des tubes (20) qui traversent ladite chambre d'alimentation (9) et ladite paroi intermédiaire (12) et qui débouchent dans ladite chambre d'évacuation (11), en ce que ladite chambre d'alimentation (9) comporte des moyens (4, 15) d'alimentation en liquide de refroidissement, et en ce que ladite chambre d'évacuation (11) comporte des moyens (5) d'évacuation du liquide de refroidissement.

2. Dispositif de refroidissement suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation en liquide de refroidissement comprennent une chambre de distribution (15) disposée autour dudit conduit vertical (3) et communiquant avec ladite chambre d'alimentation (9) par des voies (16) réparties autour dudit conduit vertical (3).

3. Dispositif de refroidissement suivant la revendication 2, caractérisé en ce que ladite chambre d'alimentation (9) et ladite chambre de distribution (15)

présentent au moins une portion de paroi commune et en ce que lesdites voies (16) sont percées dans ladite portion de paroi commune.

4. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les passages percés dans la paroi frontale (10) de ladite chambre d'alimentation (9) débouchent dans le volume (14) compris entre ladite paroi frontale (10) et ledit conduit vertical (3), suivant une direction perpendiculaire à la surface dudit conduit vertical (3).

5. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est constitué de plusieurs éléments disposés autour dudit conduit vertical (3).

6. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le conduit vertical (3) présente une section de sortie égale ou supérieure à sa section d'entrée.

7. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le conduit vertical (3) présente une section transversale non circulaire, telle qu'une section ovale.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Kühlen eines Metalls beim Gießen in einer senkrechten Rinne (3), mit einem auf der Innenwand der senkrechten Rinne im wesentlichen an deren Einlaß angeordneten Metallverteilerglied (6), dadurch gekennzeichnet, daß sie eine um diese senkrechte Rinne (3) herum angeordnete Einlaßkammer (9) mit einer die Form jener senkrechten Rinne (3) im Abstand (e) annehmenden Vorderwand (10) und eine um diese Einlaßkammer (9) herum angeordnete und von dieser durch eine Zwischenwand (12) getrennte Auslaßkammer (11) umfaßt, wobei diese Auslaßkammer an der Rückseite von einer Außenwand (13) begrenzt wird, und daß diese Vorderwand (10) von mehreren auf jene senkrechte Rinne (3) gerichteten Durchgängen durchbrochen ist, daß ein Teil (19) dieser Durchgänge in jene Einlaßkammer (9) mündet, daß der andere Teil dieser Durchgänge mit Röhren (20) verbunden ist, die durch jene Einlaßkammer (9) und jene Zwischenwand (12) hindurchgehen und in jene Auslaßkammer (11) münden, daß jene Einlaßkammer (9) Mittel (4, 15) zur Zufuhr von Kühlflüssigkeit enthält und daß jene Auslaßkammer (11) Mittel (5) zum Abzug von Kühlflüssigkeit enthält.

2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß besagte Mittel zur Zufuhr von Kühlflüssigkeit aus einer um jene senkrechte Rinne (3) herum angeordneten und mit besagter Einlaßkammer (9) über um jene senkrechte Rinne (3) herum verteilte Kanäle (16) in Verbindung stehenden Verteilerkammer (15) bestehen.

3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch



invention.

Dans la description qui précède, on a présenté et illustré principalement un dispositif dans lequel le conduit vertical (3) est cylindrique circulaire. L'invention n'est cependant pas limitée à ce type de conduit vertical; en fait, elle s'étend également à un conduit qui présenterait une section de sortie supérieure à sa section d'entrée, ainsi qu'à un conduit dont la section ne serait pas circulaire mais qui serait par exemple ovale.

Par ailleurs, cette description se réfère particulièrement au refroidissement d'un conduit vertical précédant une lingotière de coulée continue. Il va de soi qu'il ne sortirait pas du cadre de l'invention d'utiliser un tel dispositif pour assurer le refroidissement de la lingotière de coulée continue proprement dite, ou de tout autre moule ou lingotière nécessitant un refroidissement.

Revendications

1. Dispositif de refroidissement d'un métal pendant la coulée dans un conduit vertical (3), avec un organe (6) de répartition du métal sur la paroi intérieure du conduit vertical situé sensiblement à l'entrée dudit conduit vertical, caractérisé en ce qu'il comporte une chambre d'alimentation (9) disposée autour dudit conduit vertical (3) et ayant une paroi frontale (10) épousant à distance (e) la forme dudit conduit vertical (3), et une chambre d'évacuation (11) disposée autour de ladite chambre d'alimentation (9) et séparée de celle-ci par une paroi intermédiaire (12), ladite chambre d'évacuation étant délimitée à l'arrière par une paroi extérieure (13), en ce que ladite paroi frontale (10) est percée d'une pluralité de passages dirigés vers ledit conduit vertical (3), en ce qu'une partie (19) desdits passages débouchent dans ladite chambre d'alimentation (9), en ce que l'autre partie desdits passages sont raccordés à des tubes (20) qui traversent ladite chambre d'alimentation (9) et ladite paroi intermédiaire (12) et qui débouchent dans ladite chambre d'évacuation (11), en ce que ladite chambre d'alimentation (9) comporte des moyens (4, 15) d'alimentation en liquide de refroidissement, et en ce que ladite chambre d'évacuation (11) comporte des moyens (5) d'évacuation du liquide de refroidissement.

2. Dispositif de refroidissement suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation en liquide de refroidissement comprennent une chambre de distribution (15) disposée autour dudit conduit vertical (3) et communiquant avec ladite chambre d'alimentation (9) par des voies (16) réparties autour dudit conduit vertical (3).

3. Dispositif de refroidissement suivant la revendication 2, caractérisé en ce que ladite chambre d'alimentation (9) et ladite chambre de distribution (15)

présentent au moins une portion de paroi commune et en ce que lesdites voies (16) sont percées dans ladite portion de paroi commune.

4. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les passages percés dans la paroi frontale (10) de ladite chambre d'alimentation (9) débouchent dans le volume (14) compris entre ladite paroi frontale (10) et ledit conduit vertical (3), suivant une direction perpendiculaire à la surface dudit conduit vertical (3).

5. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est constitué de plusieurs éléments disposés autour dudit conduit vertical (3).

6. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le conduit vertical (3) présente une section de sortie égale ou supérieure à sa section d'entrée.

7. Dispositif de refroidissement suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le conduit vertical (3) présente une section transversale non circulaire, telle qu'une section ovale.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Kühlen eines Metalls beim Gießen in einer senkrechten Rinne (3), mit einem auf der Innenwand der senkrechten Rinne im wesentlichen an deren Einlaß angeordneten Metallverteilerglied (6), dadurch gekennzeichnet, daß sie eine um diese senkrechte Rinne (3) herum angeordnete Einlaßkammer (9) mit einer die Form jener senkrechten Rinne (3) im Abstand (e) annehmenden Vorderwand (10) und eine um diese Einlaßkammer (9) herum angeordnete und von dieser durch eine Zwischenwand (12) getrennte Auslaßkammer (11) umfaßt, wobei diese Auslaßkammer an der Rückseite von einer Außenwand (13) begrenzt wird, und daß diese Vorderwand (10) von mehreren auf jene senkrechte Rinne (3) gerichteten Durchgängen durchbrochen ist, daß ein Teil (19) dieser Durchgänge in jene Einlaßkammer (9) mündet, daß der andere Teil dieser Durchgänge mit Röhren (20) verbunden ist, die durch jene Einlaßkammer (9) und jene Zwischenwand (12) hindurchgehen und in jene Auslaßkammer (11) münden, daß jene Einlaßkammer (9) Mittel (4, 15) zur Zufuhr von Kühlflüssigkeit enthält und daß jene Auslaßkammer (11) Mittel (5) zum Abzug von Kühlflüssigkeit enthält.

2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß besagte Mittel zur Zufuhr von Kühlflüssigkeit aus einer um jene senkrechte Rinne (3) herum angeordneten und mit besagter Einlaßkammer (9) über um jene senkrechte Rinne (3) herum verteilte Kanäle (16) in Verbindung stehenden Verteilerkammer (15) bestehen.

3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch



gekennzeichnet, daß besagte Einlaßkammer (9) und besagte Verteilerkammer (15) mindestens teilweise eine gemeinsame Wand aufweisen und daß jene Kanäle (16) in diesen Teil der gemeinsamen Wand eingearbeitet sind.

4. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in die Vorderwand (10) jener Einlaßkammer (9) eingebrachten Durchgänge in das zwischen jener Vorderwand (10) und jener senkrechten Rinne (3) eingeschlossene Volumen (14) münden, wobei sie einer zur Oberfläche jener senkrechten Rinne (3) normalen Richtung folgen.

5. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus mehreren um besagte senkrechte Rinne (3) herum angeordneten Teilen besteht.

6. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsquerschnitt der senkrechten Rinne (3) gleich wie oder grösser als deren Eingangsquerschnitt ist.

7. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die senkrechte Rinne (3) einen nicht kreisförmigen Querschnitt, wie einen ovalen Querschnitt, aufweist.

3. Cooling device according to Claim 2, characterised in that the said feed chamber (9) and the said distribution chamber (15) have at least one common wall portion, and in that the said ducts (16) are pierced in the said common wall portion.

4. Cooling device according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that the passages pierced in the front wall (10) of the said feed chamber (9) emerge in the volume (14) between the said front wall (10) and the said vertical channel (3), in a direction perpendicular to the surface of the said vertical channel (3).

5. Cooling device according to any one of the preceding claims, characterised in that it consists of several elements arranged around the said vertical channel (3).

6. Cooling device according to any one of Claims 1 to 5, characterised in that the vertical channel (3) has an exit cross-section which is equal to or greater than its entry cross-section.

7. Cooling device according to any one of Claims 1 to 6, characterised in that the vertical channel (3) has a non-circular transverse section, such as an oval cross-section.

Claims

1. Device for cooling a metal during casting in a vertical channel (3), with an apparatus (6) for distributing metal over the inner wall of the vertical channel located substantially at the entrance of the said vertical channel, characterised in that it comprises a feed chamber (9) arranged around the said vertical channel (3) and having a front wall (10) which matches, at a distance (e), the shape of the said vertical channel (3), and a discharge chamber (11) arranged around the said feed chamber (9) and separated therefrom by an intermediate wall (12), the said discharge chamber being delimited at the rear by an outer wall (13), in that the said front wall (10) is pierced with a plurality of passages facing the said vertical channel (3), in that a part (19) of the said passages emerge in the said feed chamber (9), in that the other part of the said passages are connected to tubes (20) which pass through the said feed chamber (9) and the said intermediate wall (12) and which emerge in the said discharge chamber (11), in that the said feed chamber (9) comprises means (4, 15) for feeding cooling liquid, and in that the said discharge chamber (11) comprises means (5) for discharging the cooling liquid.

2. Cooling device according to Claim 1, characterised in that the said means for feeding cooling liquid comprise a distribution chamber (15) arranged around the said vertical channel (3) and communicating with the said feed chamber (9) via ducts (16) distributed around the said vertical channel (3).

25

30

35

40

45

50

55

5