



US009512025B2

(12) **United States Patent**
Chung et al.

(10) **Patent No.:** **US 9,512,025 B2**
(45) **Date of Patent:** **Dec. 6, 2016**

(54) **METHODS AND APPARATUSES FOR
REDUCING HEAT LOSS FROM EDGE
DIRECTORS**

USPC 65/193, 195, 199, 258
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,451,798 A	6/1969	Simon	
3,506,429 A *	4/1970	Overman	C03B 17/064 65/128
3,537,834 A	11/1970	Simon	
7,409,839 B2	8/2008	Boratav et al.	
8,141,388 B2	3/2012	Burdette	
8,176,753 B2	5/2012	Kahlout et al.	65/90
8,474,286 B2	7/2013	Pitbladdo	
2003/0121287 A1	7/2003	Chalk et al.	
2008/0282736 A1 *	11/2008	Filippov	C03B 17/064 65/90
2011/0100057 A1	5/2011	Gaylo	
2011/0209502 A1 *	9/2011	El Kahlout	C03B 17/064 65/90
2012/0111060 A1	5/2012	Tsuda et al.	
2013/0133370 A1	5/2013	Boratav et al.	
2013/0319049 A1	12/2013	Grzesik et al.	

(71) Applicant: **Corning Incorporated**, Corning, NY (US)

(72) Inventors: **Ren Hua Chung**, Horseheads, NY (US); **Ahdi El-Kahlout**, Lexington, KY (US); **David Scott Franzen**, Painted Post, NY (US); **Brendan William Glover**, Corning, NY (US); **Paul Richard Grzesik**, Canandaigua, NY (US); **Bulent Kocatulum**, Horseheads, NY (US); **Gaozhu Peng**, Horseheads, NY (US); **Michael John Stephenson**, Bath, NY (US)

(73) Assignee: **CORNING INCORPORATED**, Corning, NY (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 49 days.

(21) Appl. No.: **14/278,582**

(22) Filed: **May 15, 2014**

(65) **Prior Publication Data**

US 2015/0329401 A1 Nov. 19, 2015

(51) **Int. Cl.**
C03B 17/06 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC **C03B 17/064** (2013.01); **C03B 17/067** (2013.01); **C03B 17/068** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**
CPC .. C03B 17/064; C03B 17/067; C03B 17/068

* cited by examiner

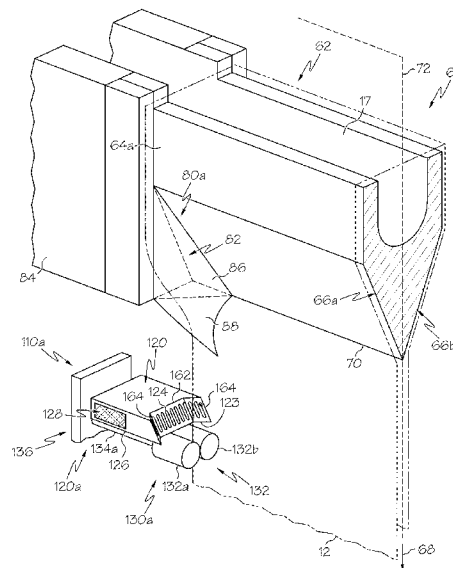
Primary Examiner — Mohamed K Ahmed Ali

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Kevin M. Able

(57) **ABSTRACT**

An apparatus and methods for making a glass ribbon includes a forming wedge with a pair of inclined forming surface portions converging along a downstream direction to form a root. The apparatus further includes an edge director intersecting with at least one of the pair of downwardly inclined forming surface portions, and a replaceable heating cartridge configured to direct heat to the edge director and thermally shield the edge director from heat loss. A replaceable heating cartridge is also provided for directing heat to the edge director and thermally shielding the edge director from heat loss.

20 Claims, 7 Drawing Sheets



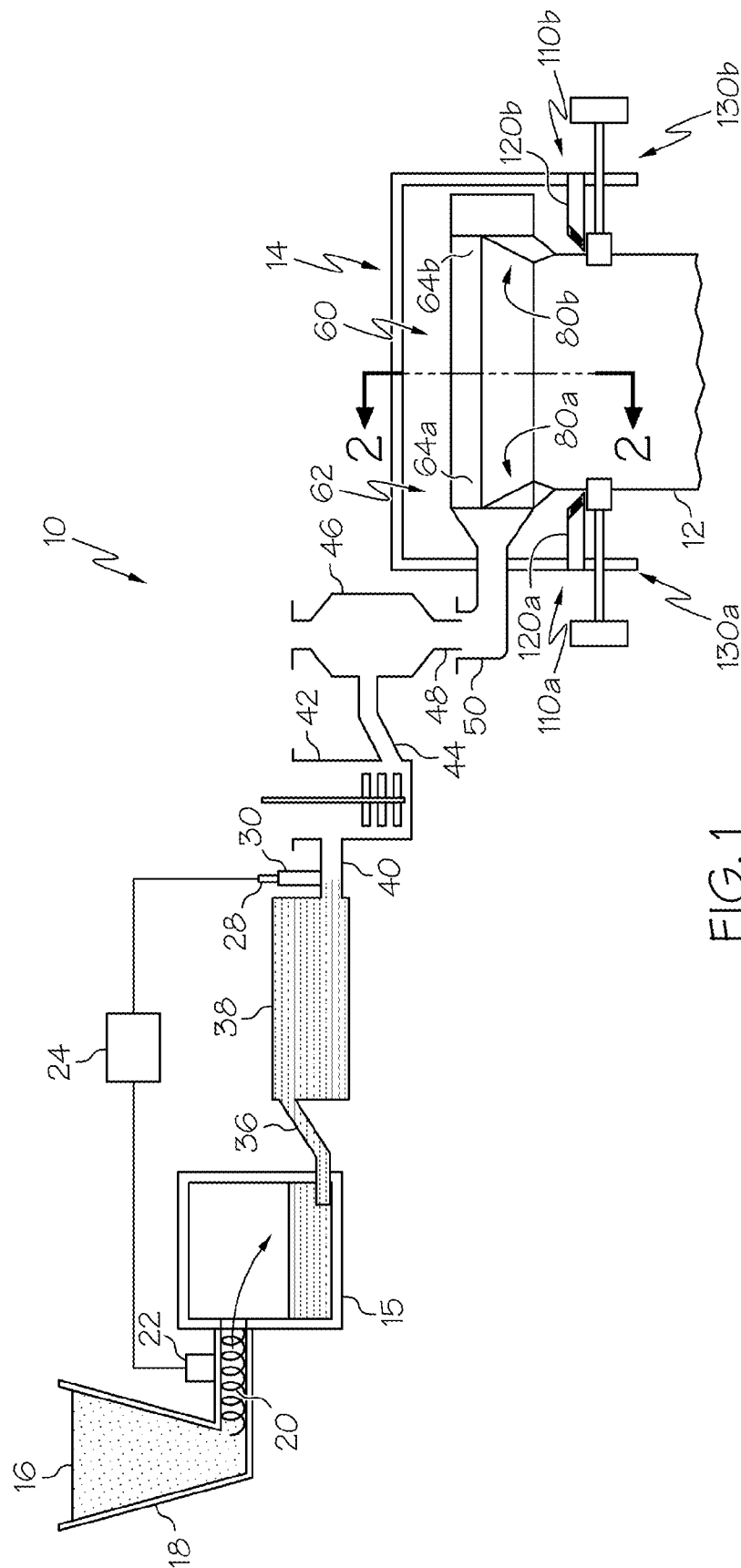


FIG. 1

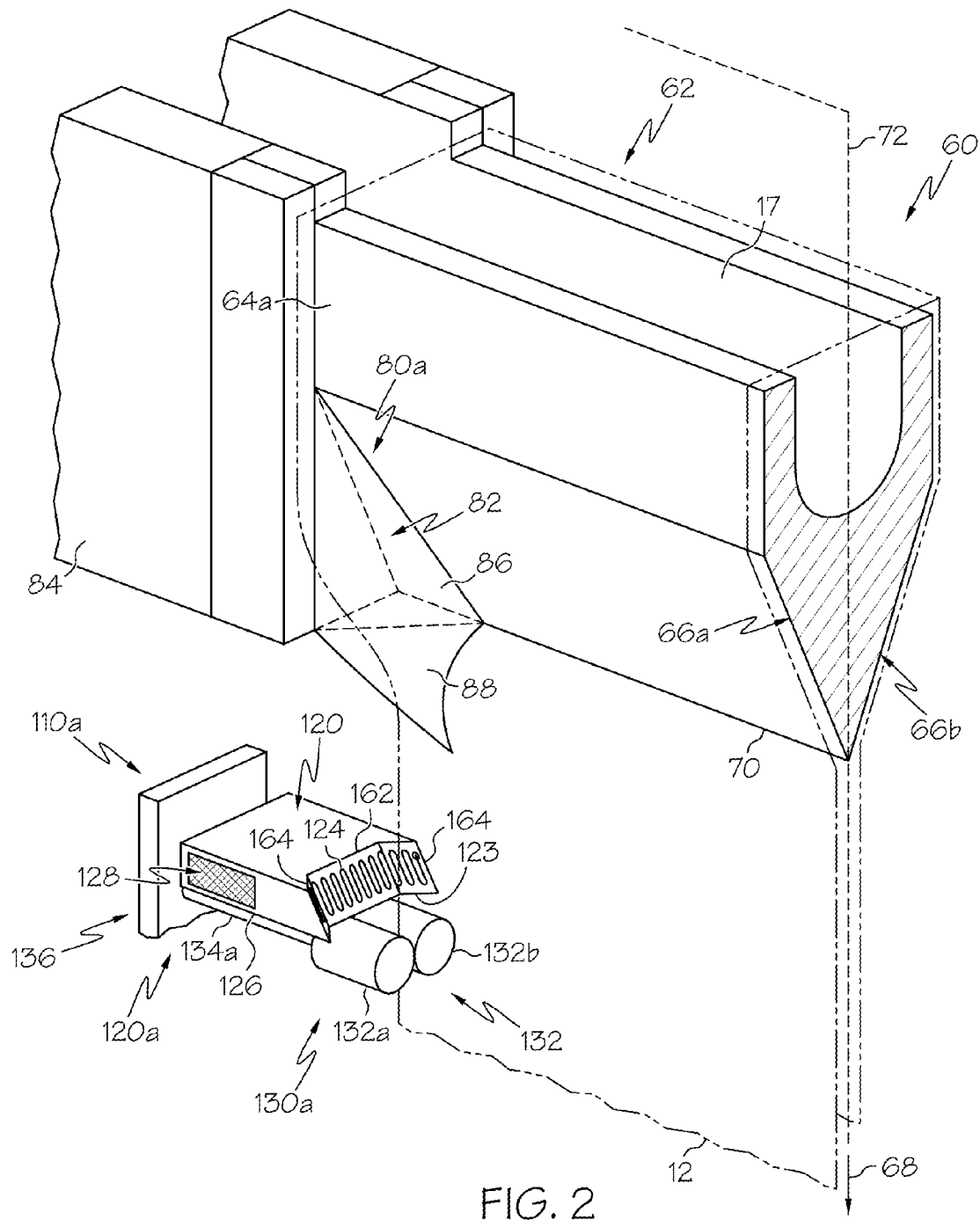


FIG. 2

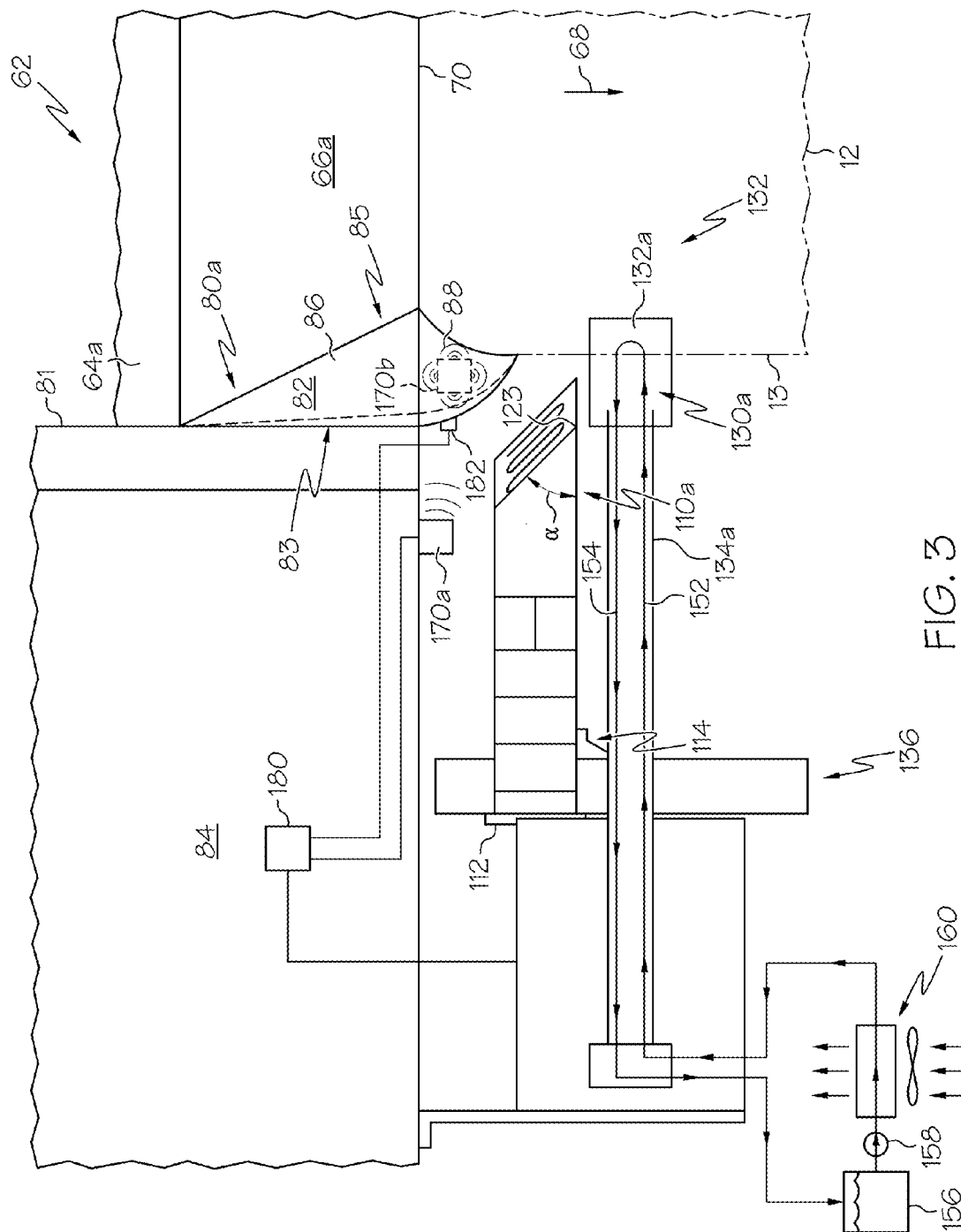


FIG. 3

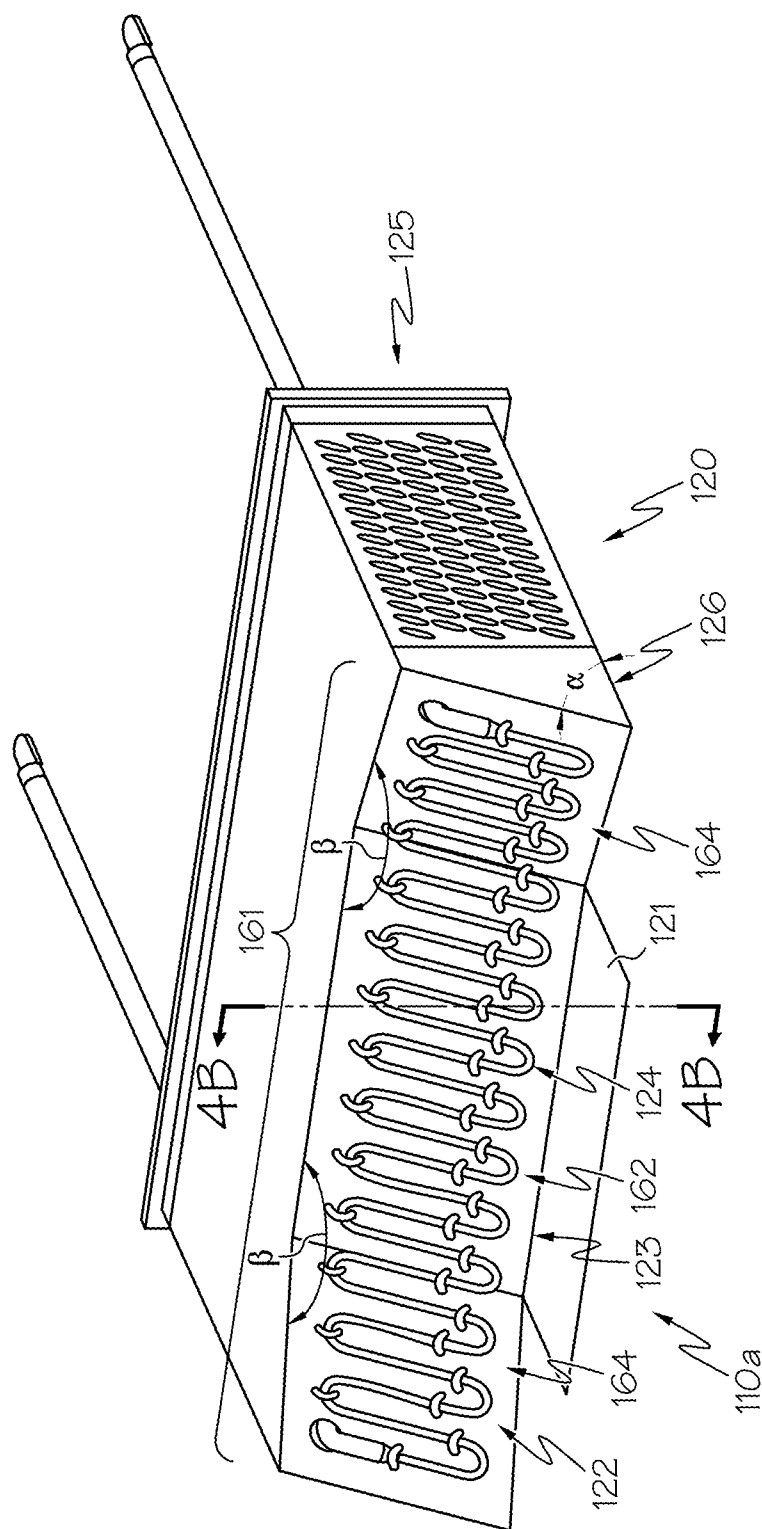


FIG. 4A

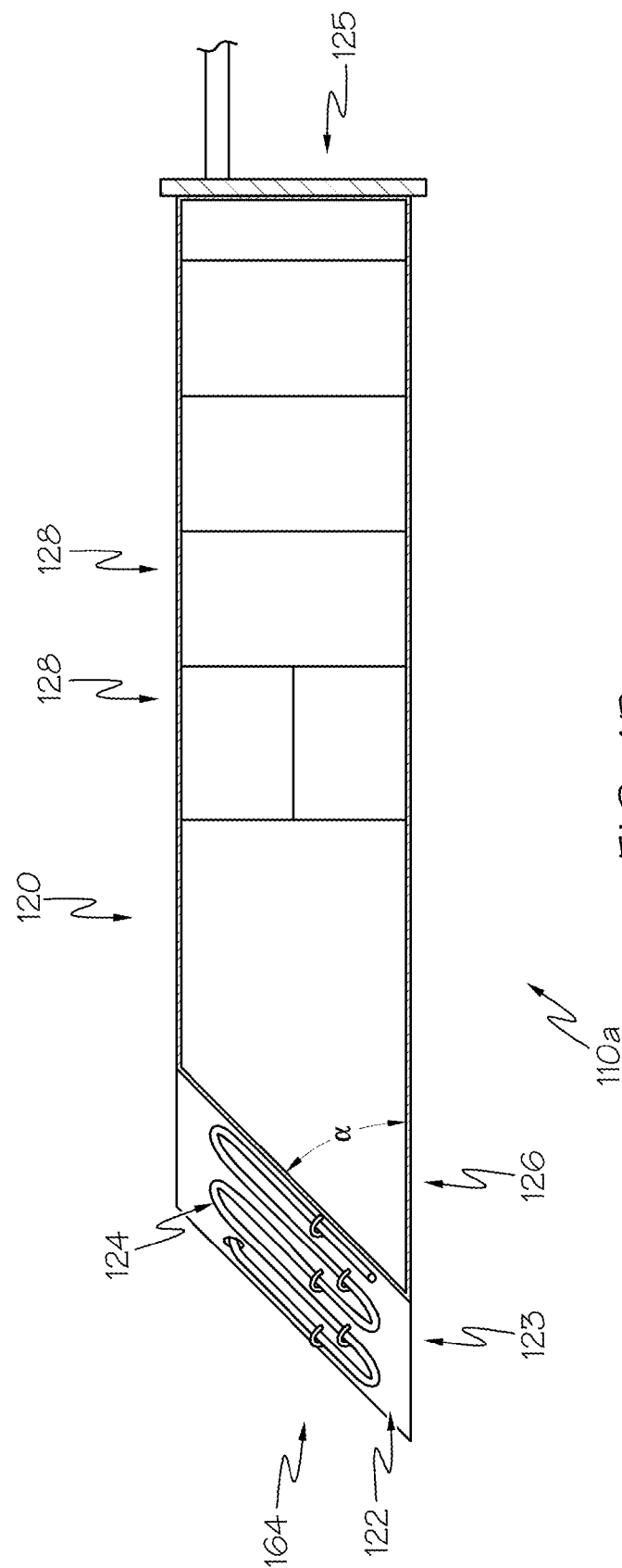


FIG. 4B

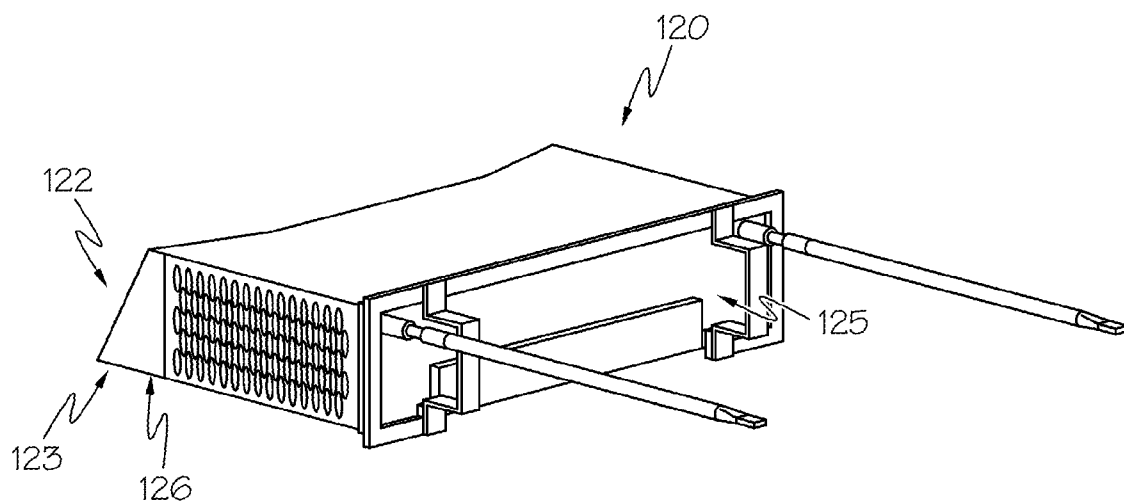


FIG. 5

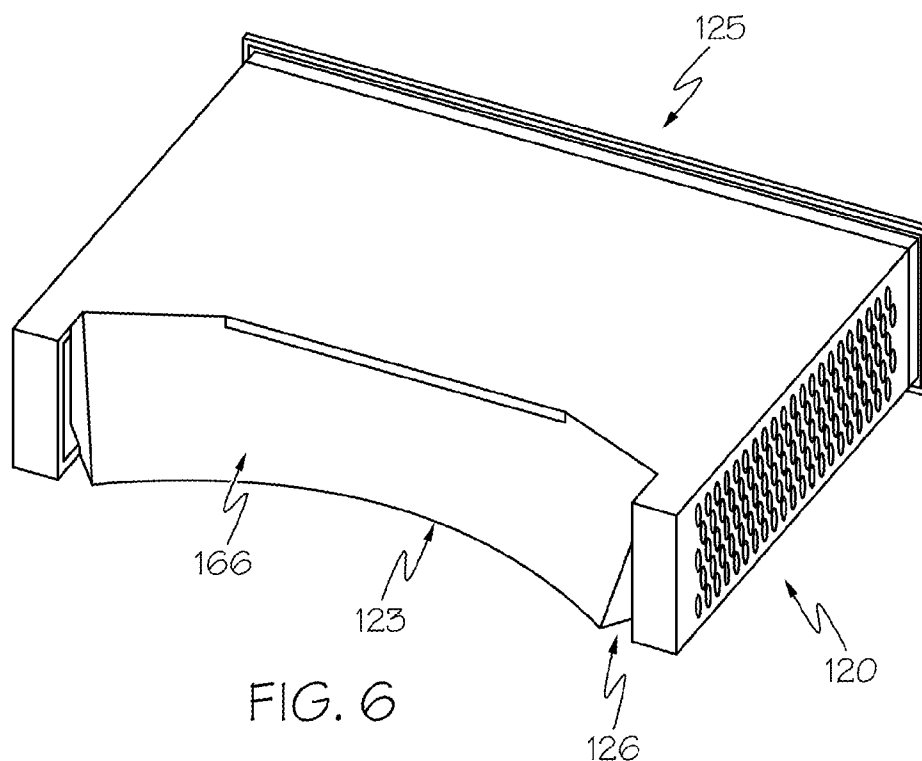


FIG. 6

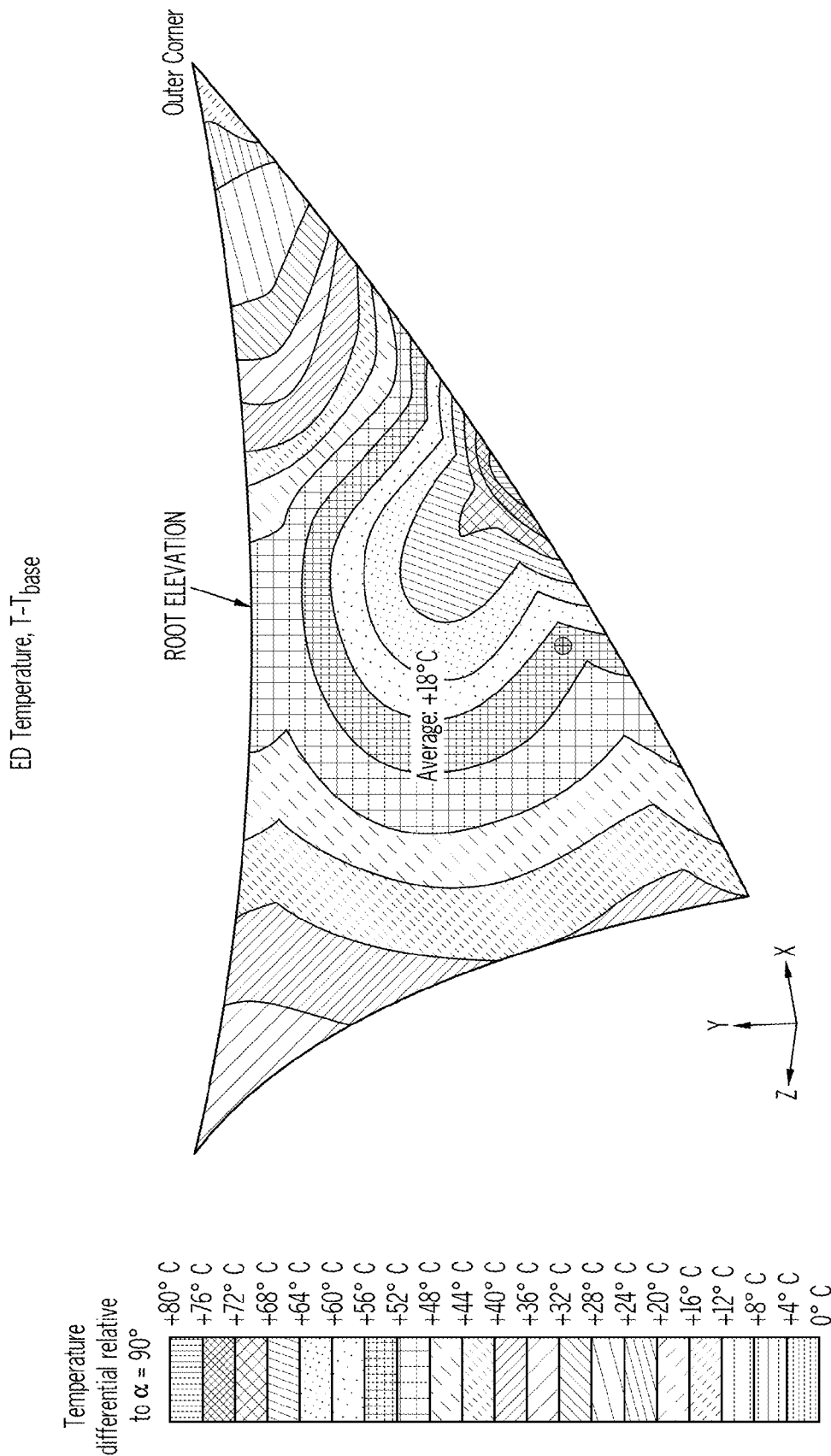


FIG. 7

1

METHODS AND APPARATUSES FOR REDUCING HEAT LOSS FROM EDGE DIRECTORS

BACKGROUND

1. Field

The present specification generally relates to apparatuses and methods for making glass ribbons, and more specifically, to apparatuses and methods for making glass ribbons with edge directors and replaceable heating cartridges that direct heat to the edge directors and thermally shield the edge directors from a plurality of edge rollers.

2. Technical Background

Glass forming apparatuses are commonly used to form various glass products such as glass sheets used for LCD displays and the like. These glass sheets may be manufactured by downwardly flowing molten glass over a forming wedge to form a continuous glass ribbon. Edge directors are frequently provided at opposed ends of the forming wedge to help achieve a desired glass ribbon width and edge characteristics. However, these edge directors may also act as heat sinks leading to the devitrification of molten glass in proximity to the edge directors. Such devitrification may cause defects in the glass ribbon which, in turn, may lead to manufacturing losses and increased production costs.

Accordingly, a need exists for alternative methods and systems for forming glass ribbons which mitigate devitrification of the glass proximate to the edge directors.

SUMMARY

According to one embodiment, an apparatus for making a glass ribbon with reduced devitrification is provided. The apparatus may include a forming wedge with a pair of inclined forming surface portions converging along a downstream direction to form a root. The apparatus further includes an edge director intersecting with at least one of the pair of downwardly inclined forming surface portions, and a plurality of edge rollers positioned downstream from the root and edge director. The plurality of edge rollers may be positioned to engage an edge portion of the glass ribbon. A housing may enclose the forming wedge, edge director, and the plurality of rollers. The apparatus may further include a removable heating cartridge that is positioned in a port of the housing below the edge director. The heating cartridge may include an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure. The heat directing surface may include at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof. The heating cartridge may be oriented such that the heat directing surface faces the edge director, a view factor from the heat directing surface is greater at the edge director than at the edge rollers, and the lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the heating cartridge are at least partially positioned between the edge director and the plurality of edge rollers to thermally shield the edge director from the plurality of edge rollers.

In another embodiment, a replaceable heating cartridge for use in an apparatus for making a glass ribbon with reduced devitrification is provided. The replaceable heating cartridge may include an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure. The heat directing surface may include at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof. The cartridge may

2

further include refractory material disposed within the enclosure behind the heat directing surface. A view factor from the heat directing surface may be greater above the bottom surface of the enclosure than below the bottom surface of the enclosure, and the lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the heating cartridge may thermally shield the area above the heat directing surface from the area below the heat directing surface.

In yet another embodiment, a fusion draw method of making a glass ribbon with reduced devitrification may include flowing molten glass over a pair of downwardly inclined forming surface portions of a forming wedge, the downwardly inclined forming surface portions converging along a downstream direction to form a root. The method may further include flowing the molten glass over an edge director intersecting with at least one of the pair of downwardly inclined forming surface portions, drawing the molten glass from the root of the forming wedge to form the glass ribbon, and engaging an edge portion of the glass ribbon with a plurality of edge rollers positioned downstream from the root and edge director. The method may further include heating the edge director with a replaceable heating cartridge located in a port in the housing. The replaceable heating cartridge may be positioned between the plurality of edge rollers and the edge director. The replaceable heating cartridge may include an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure. The heat directing surface may include at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof. The replaceable heating cartridge may be oriented such that the heat directing surface faces the edge director, a view factor from the heat directing surface is greater at the edge director than at the edge rollers, and the lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the replaceable heating cartridge are at least partially disposed between the edge director and the plurality of edge rollers to thermally shield the edge director from the plurality of edge rollers.

Additional features and advantages of the apparatus and methods for making a glass ribbon and replaceable heating cartridge for use in such apparatus and methods will be set forth in the detailed description which follows, and in part will be readily apparent to those skilled in the art from that description or recognized by practicing the embodiments described herein, including the detailed description which follows the claims, as well as the appended drawings.

It is to be understood that both the foregoing general description and the following detailed description describe various embodiments and are intended to provide an overview or framework for understanding the nature and character of the claimed subject matter. The accompanying drawings are included to provide a further understanding of the various embodiments, and are incorporated into and constitute a part of this specification. The drawings illustrate the various embodiments described herein, ad together with the description serve to explain the principles and operations of the claimed subject matter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 schematically depicts an apparatus for making glass according to one or more embodiments shown and described herein;

FIG. 2 schematically depicts an apparatus for making glass according to one or more embodiments shown and

3

described herein which comprises a cross sectional perspective view of the embodiment along line 2-2 of FIG. 1;

FIG. 3 schematically depicts a side view of the apparatus for making glass of FIG. 2 according to one or more embodiments shown and described herein;

FIG. 4A schematically depicts a replaceable heating cartridge for use in an apparatus for making glass according to one or more embodiments shown and described herein and FIG. 4B schematically depicts a cross section of the replaceable heating cartridge along line 4-4 of FIG. 4A;

FIG. 5 schematically depicts a perspective back view of the replaceable heating cartridge for use in the apparatus for making glass of FIG. 4 according to one or more embodiments shown and described herein;

FIG. 6 schematically depicts a replaceable heating cartridge for use in an apparatus for making glass according to one or more embodiments shown and described herein. The heating element is not shown in this design; and

FIG. 7 schematically depicts the increased edge director temperature with the use of the replaceable heating cartridge with an inclined angle α of the heat directing surface of about 60° relative to the bottom surface compared to a heating cartridge with an inclined angle α of the heat directing surface of 90° relative to the bottom surface.

DETAILED DESCRIPTION

Reference will now be made in detail to embodiments of the apparatuses and methods for making glass ribbon and replaceable heating cartridges for use in such apparatuses and methods, examples of which are illustrated in the accompanying drawings. Whenever possible, the same reference numerals are used throughout the drawings to refer to the same or like parts. One embodiment of an apparatus for making glass is shown in FIG. 1, and is designated generally throughout by the reference number 10. The apparatus generally includes a heating cartridge that is removably positioned in a part of a housing surrounding a forming vessel below an edge director affixed to the forming vessel. The heating cartridge may comprise an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure. The heat directing surface includes at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof. The heating cartridge is oriented such that the heat directing surface faces the edge director and a view factor from the heat directing surface is greater at the edge director than at edge rollers located below the edge director. The lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the heating cartridge are at least partially positioned between the edge director and the edge rollers to thermally shield the edge director from the plurality of edge rollers. Apparatuses for making glass and replaceable heating cartridges for use in such apparatuses will be described in further detail herein with specific reference to the appended drawings.

Referring now to FIG. 1, one embodiment of a glass forming apparatus 10 for making glass, such as a glass ribbon 12, is schematically depicted. The glass forming apparatus 10 generally includes a melting vessel 15 configured to receive batch material 16 from a storage bin 18. The batch material 16 can be introduced to the melting vessel 15 by a batch delivery device 20 powered by a motor 22. An optional controller 24 may be provided to activate the motor 22 and a molten glass level probe 28 can be used to measure the glass melt level within a standpipe 30 and communicate the measured information to the controller 24.

4

The glass forming apparatus 10 can also include a fining vessel 38, such as a fining tube, located downstream from the melting vessel 15 and coupled to the melting vessel 15 by way of a first connecting tube 36. A mixing vessel 42, such as a stir chamber, can also be located downstream from the fining vessel 38. A delivery vessel 46, such as a bowl, may be located downstream from the mixing vessel 42. As depicted, a second connecting tube 40 couples the fining vessel 38 to the mixing vessel 42 and a third connecting tube 44 couples the mixing vessel 42 to the delivery vessel 46. As further illustrated, a downcomer 48 is positioned to deliver glass melt from the delivery vessel 46 to an inlet 50 of a forming vessel 60. In the embodiment schematically depicted in FIG. 1, the melting vessel 15, fining vessel 38, mixing vessel 42, delivery vessel 46, and forming vessel 60 are examples of various glass melt stations that may be located in series along the glass forming apparatus 10.

The melting vessel 15 is typically made from a refractory material, such as refractory (e.g., ceramic) brick. The glass forming apparatus 10 may further include components that are typically made from platinum or platinum-containing metals such as platinum-rhodium, platinum-iridium and combinations thereof, but which may also comprise such refractory metals such as molybdenum, palladium, rhenium, tantalum, titanium, tungsten, ruthenium, osmium, zirconium, and alloys thereof and/or zirconium dioxide. The platinum-containing components can include one or more of the first connecting tube 36, the fining vessel 38, the second connecting tube 40, the standpipe 30, the mixing vessel 42, the third connecting tube 44, the delivery vessel 46, the downcomer 48 and the inlet 50. The forming vessel 60 can also be made from a refractory material and is designed to form the glass melt into a glass ribbon 12.

FIG. 2 is a cross sectional perspective view of the glass forming apparatus 10 along line 2-2 of FIG. 1. As shown, the forming vessel 60 includes a forming wedge 62 comprising a pair of downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b that extend between opposed ends 64a, 64b of the forming wedge 62. The downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b converge along a downstream direction 68 to form a root 70. A draw plane 72 extends through the root 70. The glass ribbon 12 may be drawn in the downstream direction 68 along the draw plane 72. The draw plane 72 bisects the root 70 in a generally horizontal, lengthwise direction of the forming vessel. However, it should be understood that the draw plane 72 may extend at other orientations with respect to the root 70. While FIGS. 1 and 2 generally depict one embodiment of a glass forming apparatus and a forming vessel, it should also be understood that aspects of the present disclosure may be used with various other forming vessel configurations.

Referring to FIGS. 1 and 2, in certain embodiments, the forming vessel 60 may comprise an edge director 80a, 80b intersecting with the pair of downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b. The edge directors help achieve a desired glass ribbon width and edge bead characteristics by directing the molten glass proximate to the root 70 of the forming vessel 60. In further embodiments, the edge director can intersect with both downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b. In addition or alternatively, in certain embodiments an edge director can be positioned at each of the opposed ends 64a, 64b of the forming wedge 62. For instance, as shown in FIG. 1, an edge director 80a, 80b can be positioned at each of the opposed ends 64a, 64b of the forming wedge 62 with each edge director 80a, 80b configured to intersect with both of the downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b. As further illustrated,

each edge director **80a**, **80b** is substantially identical to one another. However, it should be understood that, in alternative embodiments, the edge directors may have different configurations and/or geometries depending on the specific characteristics of the glass forming apparatus. Further, it should be understood that various forming wedge and edge director configurations may be used in accordance with aspects of the present disclosure. For example, aspects of the present disclosure may be used with forming wedges and edge director configurations as disclosed in U.S. Pat. Nos. 3,451,798, 3,537,834, 7,409,839 and/or U.S. Provisional Pat. Application No. 61/155,669, filed Feb. 26, 2009, each of which are herein incorporated by reference.

Referring now to FIGS. 2 and 3, an embodiment of an edge director that may be used with aspects of the present disclosure is schematically depicted. The first edge director **80a** will be described in more detail. However, it should be understood that the second edge director **80b**, may be identical to or of a similar construct as the first edge director **80a**. Use of identical edge directors can be beneficial for providing a uniform glass ribbon. However, it should be understood that the individual edge directors may also have different configurations and/or geometries to accommodate various glass forming apparatus and/or forming vessel configurations.

FIGS. 2 and 3 illustrate a first side of one embodiment of a first edge director **80a** positioned with respect to the first downwardly inclined forming surface portion **66a** of the forming wedge **62**. Although not depicted, the first edge director **80a** further includes a second side positioned with respect to the second downwardly inclined forming surface portion **66b** of the forming wedge **62**. The second side of the first edge director **80a** is a mirror image of the first side about the draw plane **72** bisecting the root **70**. As depicted, the first side of the first edge director **80a** includes a first surface **82** that intersects the first downwardly inclined forming surface portion **66a** of the forming wedge **62**.

In some embodiments, each opposed end **64a**, **64b** of the forming wedge **62** is provided with a retaining block **84** designed to laterally position the corresponding first and second edge directors **80a**, **80b**. Optionally, as depicted, the first edge director **80a** can include an upper portion **86** and a lower portion **88**. The lower portion **88** can, in some embodiments, join the first edge director **80a** on the first opposed end **64a** with the second edge director **80b** on the second opposed end **64b**. Joining the edge directors **80a**, **80b** together is beneficial to simplify assembly of the edge directors **80a**, **80b** to the forming wedge **62**. In further embodiments, the upper portions **86** of the edge directors **80a**, **80b** may be provided separately. For example, as depicted, the first edge director **80a** is separate from the second edge director **80b** and the separate edge directors are assembled independently to each of the pair of downwardly inclined forming surface portions **66a**, **66b** of the forming wedge **62**. With certain embodiments, providing upper portions **86** that are not joined may simplify manufacture of the edge directors **80a**, **80b**.

The glass forming apparatus **10** also includes at least one edge roller assembly for drawing glass ribbon from the root **70** of the forming vessel **60**. For example, the apparatus may include a pair of edge roller assemblies **130a**, **130b**, as depicted in FIG. 1. Referring to FIGS. 1 and 2, the edge roller assemblies **130a**, **130b** (edge roller assembly **130a** depicted in FIG. 2) generally include a first pair of edge rollers **132** configured to engage a corresponding edge of the glass ribbon as the ribbon is drawn from the root **70** of the forming wedge **62**. The edge roller assemblies **130a**, **130b**

aid in drawing the glass ribbon **12** from the root **70** of the forming wedge **62** and also facilitate proper finishing of the edges of the glass ribbon. For example, the edge roller assemblies **130a**, **130b** may provide the desired edge characteristics and proper fusion of the edge portions of the molten glass being drawn off opposed surfaces of the edge director **80a**, **80b** associated with the pair of downwardly inclined forming surface portions **66a**, **66b**. In certain embodiments, the edge roller assembly **130a**, **130b** can be located at various positions within the viscous region of the glass being drawn from the root **70**. For instance, in some embodiments the edge roller assemblies **130a**, **130b** can be located anywhere from immediately below the root **70** to a position about 38.1 centimeters below the root **70**. However, it should be understood that other positions are contemplated. For example, the edge roller assemblies **130a**, **130b** can be located at a position within a range of from about 20 centimeters to about 25.5 centimeters below the root **70**.

As depicted in FIG. 1, in one embodiment, a first edge roller assembly **130a** is associated with the first edge director **80a** and a second edge roller assembly **130b** is associated with the second edge director **80b**. In the embodiments described herein, each edge roller assembly **130a**, **130b** is substantially identical to the other.

FIGS. 2 and 3 depict one embodiment of an edge roller assembly **130a**. As depicted in FIG. 2, the first edge roller assembly **130a** includes a first pair of edge rollers **132** including a first edge roller **132a** and a second edge roller **132b**. The edge rollers **132a**, **132b** are configured to simultaneously engage the first side and the second side of a glass ribbon **12** drawn from the root **70** of the forming wedge **62**. The first edge roller assembly **130a** includes a first shaft **134a** attached to the first edge roller **132a** and a second shaft **134b** attached to the second edge roller **132b**. The first and second shafts **134a**, **134b** extend through a housing seal plate **136** and are rotatably driven by a motor **138**. The housing seal plate **136** provides a closure to an opening (not shown) leading to an area in which the motor **138** is located. The housing seal plate **136** forms part of housing **14** (FIG. 1) which encloses the forming vessel **60**, edge directors **80a**, **80b** and the edge roller assemblies **130a**, **130b**. The housing **14** may comprise a refractory material, steel, and/or other thermal insulation to protect sensitive components of the motor and/or other mechanisms located within the housing as well as to thermally insulate the forming vessel **60**, and the molten glass flowing in and around the forming vessel **60**, from the surrounding environment.

Referring now to FIG. 3, in certain embodiments the first and second rollers **132a**, **132b** may be actively cooled (e.g., with gas or liquid) to help reduce the likelihood of molten glass being deposited on the edge rollers **132a**, **132b** and adhering thereto. For example, as shown in FIG. 3, an inlet line **152** is configured to extend through each shaft **134a**, **134b** to provide a cooling liquid to the first and second rollers **132a**, **132b**. An outlet line **154** also extends through each shaft **134a**, **134b** to return heated liquid to a fluid source **156**. A hydraulic pump **158** can draw liquid from the fluid source and pass the liquid through a heat exchanger **160** to remove heat transferred from the first and second rollers **132a**, **132b** before cycling the liquid back through the inlet line **152** to continue cooling the first and second rollers **132a**, **132b**.

For glass forming apparatuses as depicted in FIGS. 1-3, it has been found that thermal gradients within the housing **14**, such as thermal gradients caused by the localized cooling of the edge roller assemblies **130a**, **130b** may cause devitrification of the molten glass flowing over the edge directors

80a, 80b. Specifically, the cooler edge rollers act as a heat sink, drawing heat from the edge directors **80a, 80b**, thereby reducing the temperature of the edge directors **80a, 80b**. As the molten glass drawn over the forming vessel **60** contacts the cooler edge directors **80a, 80b**, the molten glass can devitrify, disrupting the flow of molten glass and potentially introducing defects in the glass ribbon drawn from the root **70** of the forming vessel **60**.

Referring again to FIG. 1, to prevent the devitrification of the molten glass in contact with the edge directors **80a, 80b**, the glass forming apparatus **10** further includes a replaceable heating cartridge **110a, 110b** positioned in the housing **14**. The replaceable heating cartridge may be configured to direct heat onto the edge directors **80a, 80b**, thereby maintaining the edge directors **80a, 80b** at a temperature above the devitrification temperature of the molten glass, thereby mitigating the devitrification of the glass. The replaceable heating cartridge **110a, 110b** may also serve as a barrier to thermally isolate and shield the edge directors **80a, 80b** from the cooler edge rollers **132a, 132b**, thereby preventing heat transfer from the edge directors to the edge rollers **132a, 132b**. For example, the glass forming apparatus **10** may include one or more replaceable heating cartridges **110a, 110b** (one depicted) that are removably mounted in the housing **14** of the glass forming apparatus **10**. The replaceable heating cartridges can be replaced or upgraded during a draw campaign rather than waiting until the end of the campaign, thereby reducing production losses and equipment downtime. FIGS. 1-5 schematically depict embodiments of replaceable heating cartridges **110a, 110b** inserted in the housing **14** of the glass forming apparatus **10**.

Referring now to FIGS. 3-5, in one embodiment, the first replaceable heating cartridge **110a** includes an enclosure **120** having a heat directing surface **122** with at least one heating element **124** positioned on or adjacent to the face thereof. The enclosure **120** may be fabricated from a variety of materials that absorb or, reflect heat energy, or that provide a thermal shield while maintaining structural integrity under typical temperature conditions associated with the glass forming apparatus **10**. For instance, the enclosure **120**, and other portions of the replaceable heating cartridge **110a**, can be formed from a refractory material, high temperature, nickel-based alloys, steel (e.g., stainless steel), or other alloys or other materials or combinations of materials, to meet the structural and/or thermal requirements of the glass forming apparatus **10**. For example, in one embodiment, the enclosure **120** may be made of nickel-based alloys, such as Hanes **214**. In one particular embodiment, the heat directing surface **122** of the first replaceable heating cartridge **110a** is formed from a ceramic refractory backer material with low emissivity. Suitable ceramic refractory materials include, without limitation, SALI board available from Zircar ceramics. Portions of the enclosure which are not directly exposed to the high temperatures of the glass forming apparatus **10** may be made from materials suitable for lower temperature applications. For example, the back face **125** of the enclosure **120** may be made from stainless steel, such as, for example, 420 stainless steel.

According to certain embodiments, the heat directing surface **122** of the replaceable heating cartridge **110a** is typically inclined at an angle α of less than about 90° with respect to a bottom surface **126** of the enclosure **120**. In certain embodiments, the inclined angle α of the heat directing surface **122** is from about 45° to about 75° relative to the bottom surface **126** of the enclosure. In specific embodiments, the inclined angle α of the heat directing surface **122** is about 60° relative to the bottom surface **126**.

The inclined angle of the heat directing surface **122** facilitates positioning the first replaceable heating cartridge **110a** in the housing **14** of the glass forming apparatus such that the heat directing surface **122** faces the first edge director **80a**. The angle of the heat directing surface **122** and the orientation of the first replaceable heating cartridge **110a** enables the heat directing surface **122** to radiate and direct heat toward and onto the first edge director **80a** with only minimal loss of heat to the surrounding environment. In addition, the angle of the heat directing surface **122** and the position of the replaceable heating cartridge **110a** is such that the view factor from the heat directing surface is greater at the first edge director **80a** than at the first pair of edge rollers **132a**. The term "view factor," as used herein, refers to the relative proportion of thermal radiation from the heat directing surface **122** which is incident on the specified surface (i.e., either the edge director **80a** or the edge rollers **132a, 132b**).

In some embodiments, the replaceable heating cartridge **110a** may optionally include a shield member **121** extending from the center facet **162** of the heat directing surface **122** proximate the bottom surface **126** of the replaceable heating cartridge **110a**, as schematically depicted in FIG. 4A. The shield member **121** may provide additional thermal shielding and reduce heat loss from the first edge director **80a** to the environment below the replaceable heating cartridge **110a**.

Still referring to FIGS. 3-5, the replaceable heating cartridge **110a** also includes a heating element **124** positioned on or adjacent to the heat directing surface **122** of the enclosure **120**. In certain embodiments, the heating element **124** positioned on or adjacent to the heat directing surface **122** is a resistance heating element. The material of the resistance heating element can be molybdenum disilicide, platinum, platinum-rhodium, iron-chromium-aluminum alloys such as Kanthal Al, Kanthal APM (a ferritic iron-chromium-aluminum alloy), or another appropriate winding material.

In some embodiments, the heating element **124** may be constructed from wire formed from one of the above referenced materials which is wound into a coil. For example and without limitation, in one embodiment, the heating element **124** may be constructed from platinum wire having a circular cross section which is wound around a mandrel having a circular cross section in order to form a coil with a circular cross section. However, it should be understood that other cross sectional shapes of the coil are possible and contemplated. For example, in one embodiment, wire of the heating element may be wound around a mandrel having an elongated cross section, such as an oval, ellipse, or the like, in order to produce a coil having the same elongated cross section as the mandrel. It has been determined that forming the heating element **124** from a coil with an elongated cross section may improve the heating efficiency of the coil by increasing the power-carrying capacity of the coil. For example, it has been determined that platinum wire having a circular cross section which is wound into an oval coil with a $\frac{3}{8}$ " (9.53 mm) internal major diameter and a $\frac{3}{16}$ " (4.78 mm) internal minor diameter has a 25% increase in power carrying capacity compared to a round coil having a $\frac{3}{8}$ " (9.53 mm) diameter formed from the same platinum wire. The increased power carrying capacity translates to improved heating efficiency and efficacy for the coil.

Still referring to FIGS. 3-5, located behind the face of the heat directing surface **122** and within the enclosure **120** are one or more blocks of refractory material **128** which insulate the heat directing surface **122** from the balance of the

replaceable heating cartridge 110a. In certain embodiments, the refractory blocks 128 are oriented in alternating vertical stacks and horizontal stacks, as depicted in FIG. 4B, to minimize heat transfer from the heat directing surface 122. Specifically, it is believed that alternating vertical stacks and horizontal stacks of refractory blocks 128 may assist in reducing heat at seams between the blocks. In embodiments, the refractory material 128 can be oriented at an angle approximately equal to the angle of the heat directing surface 122. In still other embodiments, such as where the heat directing surface 122 is formed from a refractory material such as SALI board or the like, the refractory material of the heat directing surface 122 may extend into the enclosure. In the embodiments described herein, the refractory blocks 128 may be formed from commercially available refractory materials including, without limitation, DuraBoard® 3000 and/or DuraBoard® 2600.

In certain embodiments, as shown in FIGS. 4 and 5, the heat directing surface 122 comprises a plurality of facets 161 orientated to at least partially surround the edge director(s). For example, in the embodiment of the replaceable heating cartridge 110a schematically depicted in FIGS. 4 and 5, the heat directing surface 122 has a center facet 162 and two side facets 164 on opposite ends of the center facet 162. Typically, the largest angle β between each of the two side facets 164 relative to the center facet 162 is from about 145° to about 175°. For example, the largest angle β between each of the two side facets 164 relative to the center facet 162 may be about 160°, although it should be understood that other angles are possible and contemplated.

While the embodiment of the replaceable heating cartridge 110a depicted in FIGS. 4A, 4B and 5 comprises a heat directing surface 122 with multiple facets, it should be understood that other embodiments are contemplated. For example, the heat directing surface 122 may comprise a curved surface. In the embodiment of the replaceable heating cartridge 110a depicted in FIG. 6, for example, the heat directing surface 122 comprises a frusto-conical 166 design. The faceted 161 or frusto-conical 166 design of the heat directing surface 122 increases the amount of heat directed toward the first edge director 80a, thereby minimizing heat loss to the surrounding environment and generally improving the heating efficiency of the replaceable heating cartridge with respect to the edge director. In addition, the frusto-conical and/or faceted designs of the heat directing surface 122 also improve the view factor between the heat directing surface 122 and the first edge director 80a.

Referring again to FIGS. 1 and 3, in the embodiments described herein, the replaceable heating cartridges 110a, 110b are positioned in the housing 14 of the glass forming apparatus 10 such that the lower edge 123 of the heat directing surface 122 and the bottom surface 126 of the enclosure 120 are at least partially positioned between the edge directors 80a, 80b and the plurality of edge rollers 132 to thermally shield the edge directors 80a, 80b from the plurality of edge rollers 132. As shown in FIG. 1, a first replaceable heating cartridge 110a is associated with the first edge director 80a. Likewise, a second replaceable heating cartridge 110b is associated with the second edge director 80b. In the embodiments described herein, it should be understood that the replaceable heating cartridge can function as both a heater for heating the corresponding edge director as well as a thermal shield for thermally isolating the edge director and the plurality of edge rollers from one another. This dual-functionality is enabled by the angled heat directing surface 122 of the replaceable heating cartridge which permits the replaceable heating cartridge to be

at least partially positioned between the edge director and the plurality of edge rollers without contacting or otherwise interfering with the operation of either component. As such, the replaceable heating cartridges are configured to reduce heat loss from the corresponding edge directors 80a, 80b to non-target areas, and in particular, heat loss to the cooled edge roller assemblies 130a, 130b. Such non-target areas can include nearby areas of the glass making apparatus and/or other locations capable of drawing or sinking heat from the edge directors 80a, 80b.

Referring now to FIG. 3, a variety of attachment structures may be used to mount the replaceable heating cartridge 110a with respect to the edge director 80a. For example, in the embodiment shown in FIG. 3, the replaceable heating cartridge 110a is mounted in a port of the housing seal plate 136 such that the replaceable heating cartridge 110a is positioned below the forming vessel 60 between the edge director 80a and the first pair of edge rollers 132, as described above. In this embodiment, the replaceable heating cartridge 110a may be mounted on a bracket 114 engaged with the housing 14 and/or the housing seal plate 136. Additionally or alternatively, the replaceable heating cartridge 110a can rest on T-wall support brackets 112 that are attached to the housing seal plate 136. In some embodiments, the replaceable heating cartridge may be adjustably mounted relative to the edge director by being mounted to the movable housing seal plate 136.

In certain embodiments, the first replaceable heating cartridge 110a can be positioned below a portion of the first edge director 80a, and extends generally in a length-wise direction relative to the length dimension of the forming wedge 62 and in close proximity to the shafts 134a, 134b. As shown in FIGS. 2 and 3, the first replaceable heating cartridge 110a may be positioned below only a portion of the first edge director 80a. Indeed, as shown in FIG. 3, the first replaceable heating cartridge 110a is positioned such that the lower edge 123 of the heat directing surface 122 and the bottom surface 126 terminates outside of the corresponding edge 13 of the glass ribbon 12. As such, the lower edge 123 of the heat directing surface 122 and the bottom surface 126 of the first replaceable heating cartridge 110a only extend under an outside portion 83 of the first edge director 80a without extending under an inner portion 85 of the first edge director. In certain embodiments the lower edge 123 of the heat directing surface 122 and the bottom surface 126 of the first replaceable heating cartridge 110a do not extend inward in a direction toward the flow of molten glass beyond the width-wise extent of the root. That is, the lower edge 123 of the heat directing surface 122 and the bottom surface 126 of the first replaceable heating cartridge 110a are not directly beneath the root. Referring to FIG. 3 and FIG. 4A, in other embodiments, the replaceable heating cartridge 110 is positioned below the edge director such that the lower edge 123 of the center facet 162 of the heat directing surface 122 does not extend beyond the position of the dam 81 of the forming wedge 62 (e.g., the intersection of the forming wedge 62 with the retaining block 84) at the level of the root 70. That is, the lower edge 123 of the center facet 162 does not extend under the edge director 80a past a vertical line drawn from the forming wedge 62 at the intersection of the root 70 of the forming wedge 62 with the dam 81 of the forming wedge 62. Positioning the replaceable heating cartridge 110a in this manner maximizes the heat directed onto the edge director while ensuring that the lower edge 123 of the center facet 162 of the heat directing surface 122 does not interfere with the glass ribbon 12 drawn from the forming wedge 62. Accordingly, it should be understood that the angled heat

11

directing surface **122** of the replaceable heating cartridge **110a** is oriented to effectively direct heat onto the inner portion **85** of the first edge director **80a**, thereby increasing the temperature of the inner portion **85** of the first edge director **80a** and mitigating the devitrification of molten glass with this portion of the edge director **80a**. Providing the first replaceable heating cartridge **110a** at a location underneath only a portion of the first edge director **80a** in this manner, or in certain other embodiments not extending beneath the root, can provide sufficient reduction of heat loss to non-target areas while avoiding possible interference with the molten glass being drawn from the root **70** of the forming wedge **62**.

In addition or alternatively, the first replaceable heating cartridge **110a** can be positioned partially or entirely downstream from the first edge director. For instance, as shown in FIGS. 2 and 3, the first replaceable heating cartridge **110a** is depicted as being positioned entirely downstream along downstream direction **68** from the first edge director **80a**. Positioning the first replaceable heating cartridge **110a** entirely downstream of the first edge director **80a** helps minimize heat loss from the first edge director **80a** to non-target areas located downstream from the first edge director **80a**.

In alternative embodiments (not shown), the first replaceable heating cartridge **110a** can be positioned partially downstream from the first edge director **80a**. For example, the first replaceable heating cartridge **110a** can be positioned downstream from an upper portion of the first edge director **80a** while a lower portion of the first edge director **80a** is positioned downstream from the first replaceable heating cartridge **110a**. In additional embodiments, the first replaceable heating cartridge **110a** may be positioned adjacent to a first side of the first edge director **80a** with an upper portion of the first edge director **80a** extending above the first replaceable heating cartridge **110a** and a lower portion of the first edge director **80a** extending below the first replaceable heating cartridge **110a**. Positioning the first replaceable heating cartridge **110a** only partially downstream from the first edge director **80a** may provide sufficient reduction of heat loss to non-target areas while providing a compact design or otherwise accommodating different forming vessel designs.

As shown in FIGS. 2 and 3, in certain embodiments the first replaceable heating cartridge **110a** may be positioned partially between the first pair of edge rollers **132** and the first edge director **80a**. For example, as shown in FIG. 3, the lower edge **123** of the heat directing surface **122** and a bottom surface **126** of the first replaceable heat cartridge **110a** only extend between the outside portion **83** of the first edge director **80a** and the first shaft **134a** and the second shaft **134b** of the first pair of edge rollers **132**. The lower edge **123** of the heat directing surface **122** and a bottom surface **126** of the first replaceable heat cartridge **110a** terminates outside of the corresponding edge **13** of the glass ribbon **12**. As such, the lower edge **123** of the heat directing surface **122** and a bottom surface **126** of the first replaceable heat cartridge **110a** do not extend between the inner portion **85** of the first edge director **80a** and the edge rollers **132a**, **132b** of the first pair of edge rollers **132**. However, the angled heat directing surface **122** of the replaceable heating cartridge **110a** is oriented to effectively direct heat onto the inner portion **85** of the first edge director **80a**, thereby increasing the temperature of the inner portion **85** of the first edge director **80a** and mitigating the devitrification of molten glass with this portion of the edge director **80a**.

12

In certain embodiments, the glass forming apparatus **10** can also include one or more optional additional heaters associated with one or both of the edge directors **80a**, **80b**. If provided, the one or more heaters can be constructed with various configurations that are capable of heating an interface between the molten glass and the edge directors **80a**, **80b**. For example, refractory or metallic resistance heaters, induction heaters or other heating devices may be used. In certain embodiments, resistive heaters (e.g., platinum winding, molybdenum disilicide winding, etc.) may be used. These heaters can be positioned at various locations within the housing **14** with respect to the corresponding edge director. As shown in FIG. 3, in one embodiment a heating device **170a** may be positioned adjacent to the first edge director **80a**, above the replaceable heating cartridge **110a**. In this embodiment, the heating device **170a** is oriented to radiate heat laterally toward the first edge director **80a**. In addition or alternatively, a second heating device **170b** may be positioned inside the first edge director **80a** and configured to internally heat the first edge director **80a**. Additional heating devices may be used at different locations to further heat the edge director. In embodiments, these devices may be formed from coils having elongated cross sections in order to improve the heating efficacy of the coils with respect to the edge directors. In the illustrated embodiments, the additional heating devices **170a**, **170b** are positioned upstream from the replaceable heating cartridge **110a**. However, it should be understood that, in other embodiments the heaters may be located in other positions, including downstream of the replaceable heating cartridge **110a**.

As further illustrated in FIG. 3, in certain embodiments the apparatus may further include a controller **180** configured to control heating associated with the first replaceable heat cartridge **110a**. In certain embodiments the controller **180** may be operably connected to the first replaceable heating cartridges **110a** and also to one or more optional heaters (e.g., heating devices **170a**, **170b**) associated with the edge director **80a**. The controller **180** may include a processor and memory storing computer readable and executable instructions which, when executed by the processor, regulates the power to the replaceable heating cartridge and/or the heating devices, thereby increasing or decreasing the heat provided by the replaceable heating cartridge and/or the heating devices based on feedback or other process parameters.

In certain embodiments, the controller can be configured to operate the first replaceable heating cartridge **110a** and the one or more optional heating devices **170a**, **170b** based on thermal feedback from the glass forming apparatus. For example, in one embodiment the controller **180** is configured to obtain thermal feedback from a thermal sensor **182**. The feedback obtained by the thermal sensor **182** can be used by the controller **180** to adjust the replaceable heating cartridge and/or the heating devices in order to provide managed control of a thermal characteristic of the apparatus as the manufacture of glass ribbon proceeds. The thermal characteristic can include, for example, the temperature and/or heat loss associated with: a portion of the glass forming apparatus, such as the heat directing surface **122** of the replaceable heating cartridges **110a**, **110b**; a portion of the edge directors **80a**, **80b**; a portion of the end of the forming vessel **60**; portions of the molten glass; and/or other features of the glass forming apparatus **10**.

In one embodiment, the thermal sensor **182** may detect a temperature above a target level and the controller **180** may reduce power to the first replaceable heating cartridge **110a** such that less heat is transferred to the target area, thereby

13

reducing the temperature until the target level temperature is obtained. Alternatively, in certain embodiments the thermal sensor 182 may detect a temperature below a target level, wherein the controller 180 may increase power to the replaceable heating cartridge, such that more heat is transferred to the target area, thereby increasing the temperature until the target level temperature is obtained.

Various methods of making glass can incorporate various features of the glass forming apparatus 10 described above. In one embodiment, batch material can be converted to molten glass received by the forming vessel 60 by way of the exemplary series of glass melt stations described above. As shown in FIG. 2, the method includes the step of flowing molten glass 17 over the pair of downwardly inclined forming surface portions 66a, 66b of the forming wedge 62. As shown in FIGS. 2 and 3, the method further includes the steps of flowing molten glass over the edge director and drawing the molten glass from the root 70 of the forming wedge 62 to form the glass ribbon 12. The method also includes the step of providing a pair of edge rollers that are configured to engage the edge of the glass ribbon. The edge rollers are rotated by the motor 138 to draw the glass ribbon 12 from the root 70 of the forming wedge 62. As further illustrated, the method also includes the step of heating the edge directors with replaceable heating cartridges 110a, 110b to reduce heat loss from the corresponding edge directors 80a, 80b to non-target areas, and in particular, heat loss to the cooled edge rollers, as described above. It will be appreciated that aspects of the disclosure may positively impact glass edge quality and prevent degradation of edge conditions due to devitrification and crystal growth that may otherwise occur on the edge director surfaces.

EXAMPLES

The embodiments described herein will be further clarified by the following examples.

Example 1

A computational model was developed to compare the surface temperature of an edge director heated with a heater having a conventional design to the surface temperature of an edge director heated with a replaceable heating cartridge as described herein. The conventional heater was modeled with a heat directing surface with an inclined angle α of 90° relative to the base of the heater. The conventional heater was modeled with platinum alloy heating elements disposed on the heat directing face. The replaceable heating cartridge was modeled with a heat directing surface having an inclined angle α of 60° relative to the base of the replaceable heating cartridge. The replaceable heating cartridge was modeled with molybdenum disilicide heating elements positioned on the heat directing face. Both the conventional heater and the replaceable heating cartridge were modeled at an operating power of 6900 W.

FIG. 7 graphically depicts the normalized temperature differential on the surface of the edge director due to heating with the replaceable heating cartridge having an inclined angle α of 60° relative to the conventional heater with an inclined angle α of 90°. That is, the isotherms of FIG. 7 show the increase in the surface temperature of the edge director as a result of heating with a heating cartridge having an inclined angle α of 60° relative to heating with a conventional heater with an inclined angle α of 90°. As depicted in FIG. 7, the replaceable heating cartridge with an inclined angle α of 60° increased the average temperature of

14

the edge director by about 18° C. (averaged over the entire surface of the edge director) relative to the conventional design with an inclined angle α of 90°. Regardless of the heater used, the lowest temperature of the edge director generally occurs at the outer corner of the edge director at the root elevation, both of which are labeled in FIG. 7. However, the modeled data demonstrates that the replaceable heating cartridge with an inclined angle α of 60° increased the temperature of this outer corner by about 19° C. relative to the conventional design with an inclined angle α of 90°.

The data of FIG. 7 indicates that the replaceable heating cartridges described herein which have heat directing surfaces having an inclined angle α of less than 90°, such as from about 45° to about 75°, are more effective at maintaining the surface of the edge director at an elevated temperature relative to conventional heaters (i.e., heaters with an inclined angle α of 90°) and, as such, are more effective at reducing the devitrification of glass drawn over the edge director. In particular, the inclined angle of the heat directing surface allows heat to be more efficiently radiated towards the edge director. In addition, the inclined angle of the heating surface allows for the removable heating cartridge to be inserted between the pulling rolls and the edge director thereby thermally shielding the edge director from the pulling rolls which act as a heat sink.

It will be apparent to those skilled in the art that various modifications and variations can be made to the embodiments described herein without departing from the spirit and scope of the claimed subject matter. Thus it is intended that the specification cover the modifications and variations of the various embodiments described herein provided such modification and variations come within the scope of the appended claims and their equivalents.

What is claimed is:

1. An apparatus for making a glass ribbon comprising:
 - a forming wedge including a pair of downwardly inclined forming surface portions converging along a downstream direction to form a root;
 - an edge director intersecting with the pair of downwardly inclined forming surface portions;
 - a plurality of edge rollers positioned downstream from the root and edge director, wherein the plurality of edge rollers are positioned to engage an edge portion of the glass ribbon;
 - a housing enclosing the forming wedge, edge director and the plurality of edge rollers; and
 - a heating cartridge removably positioned in a port of the housing below the edge director, the heating cartridge comprising an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure, the heat directing surface comprising at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof, wherein the heating cartridge is oriented such that the heat directing surface faces the edge director, a view factor from the heat directing surface is greater at the edge director than at the plurality of edge rollers, and a lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the heating cartridge are at least partially positioned between the edge director and the plurality of edge rollers to thermally shield the edge director from the plurality of edge rollers.
2. The apparatus of claim 1, wherein the angle of the heat directing surface is from about 45° to about 75° relative to the bottom surface of the enclosure.

15

3. The apparatus of claim 1, wherein the heat directing surface comprises a plurality of facets oriented to at least partially surround the edge director.

4. The apparatus of claim 3, wherein the plurality of facets comprise a center facet and two side facets on opposite ends of the center facet, wherein a largest angle between each of the two side facets relative to the center facet is from about 145° to about 175°.

5. The apparatus of claim 1, wherein the heat directing surface is a curved surface such that the heat directing surface at least partially surrounds the edge director.

6. The apparatus of claim 1, wherein the at least one heating element comprises a coil having an elongated cross section.

7. The apparatus of claim 6, wherein the at least one heating element is formed from a material selected from the group consisting of molybdenum disilicide, platinum, platinum-rhodium, and iron-chromium-aluminum alloys.

8. A replaceable heating cartridge for use in an apparatus for forming a glass ribbon, the replaceable heating cartridge comprising:

an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure, the heat directing surface comprising at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof; and

refractory material positioned within the enclosure behind the heat directing surface, wherein a view factor from the heat directing surface is greater above the bottom surface of the enclosure than below the bottom surface of the enclosure, and a lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the replaceable heating cartridge thermally shields an area above the heat directing surface from an area below the heat directing surface.

9. The replaceable heating cartridge of claim 8, wherein the angle of the heat directing surface is from about 45° to about 75° relative to the bottom surface.

10. The replaceable heating cartridge of claim 8, wherein the heat directing surface comprises a plurality of facets.

11. The replaceable heating cartridge of claim 10, wherein the plurality of facets comprise a center facet and two side facets on opposite ends of the center facet, wherein a largest angle between each of the two side facets relative to the center facet is from about 145° to about 175°.

12. The replaceable heating cartridge of claim 11, further comprising a shield member extending from the center facet of the heat directing surface proximate the bottom surface of the enclosure.

13. The replaceable heating cartridge of claim 8, wherein the heat directing surface comprises a curved surface.

14. The replaceable heating cartridge of claim 8, wherein the at least one heating element is formed from a material

16

selected from the group consisting of molybdenum disilicide, platinum, platinum-rhodium, and iron-chromium-aluminum alloys.

15. A method of making a glass ribbon comprising:

flowing molten glass over a pair of downwardly inclined forming surface portions of a forming wedge, the pair of downwardly inclined forming surface portions converging along a downstream direction to form a root; flowing the molten glass over an edge director intersecting with at least one of the pair of downwardly inclined forming surface portions;

drawing the molten glass from the root of the forming wedge to form the glass ribbon;

engaging an edge portion of the glass ribbon with a plurality of edge rollers positioned downstream from the root and edge director, the plurality of edge rollers extending through a housing; and

heating the edge director with a replaceable heating cartridge located in a port in the housing, wherein the replaceable heating cartridge is positioned between the plurality of edge rollers and the edge director, the replaceable heating cartridge comprising an enclosure having a heat directing surface that is inclined at an angle of less than about 90° with respect to a bottom surface of the enclosure, the heat directing surface comprising at least one heating element positioned on or adjacent to a face thereof, wherein the replaceable heating cartridge is oriented such that the heat directing surface faces the edge director, a view factor from the heat directing surface is greater at the edge director than at the plurality of edge rollers, and a lower edge of the heat directing surface and the bottom surface of the replaceable heating cartridge are at least partially positioned between the edge director and the plurality of edge rollers to thermally shield the edge director from the plurality of edge rollers.

16. The method of claim 15, wherein the angle of the heat directing surface is from about 45° to about 75° relative to bottom surface.

17. The method of claim 15, wherein the heat directing surface comprises a plurality of facets orientated to at least partially surround the edge director.

18. The method of claim 17, wherein the plurality of facets comprises a center facet and two side facets on opposite ends of the center facet, wherein a largest angle between each of the two side facets relative to the center facet is from about 145° to about 175°.

19. The method of claim 15, wherein the heat directing surface comprises a curved surface such that the heat directing surface at least partially surrounds the edge director.

20. The method of claim 15, wherein the replaceable heating cartridge is replaceable as the glass ribbon is being formed.

* * * * *



TRANSLATION CERTIFICATION

Date: 5/5/2025

To whom it may concern:

This is to certify that the attached translation is an accurate representation of the documents received by this office. The translation was completed from:

- English

To:

- Japanese

The documents are designated as:

- US9512025

Prince Williams, Project Coordinator in this company, attests to the following:

"To the best of my knowledge, the aforementioned documents are a true, full and accurate translation of the specified documents."

Signature of Prince Williams



US009512025B2

(13) 米国特許
チュンら

(10) 特許番号：US9,512,025B2
(45) 特許付与日：2016年12月6日

(54) エッジ誘導部材からの熱損失を軽減する方法および装置

(71) 出願人：コーニング インコーポレイテッド、コーニング、NY（米国）

(72) 発明者：レン ホア チュン、ホースヘッズ、NY（米国）；アディ エルカー
ラウト、レキシントン、KY（米国）；デイヴィッド スコット フランチェン、ペ
インテッドポスト、NY（米国）；ブレンダン ウィリアム グローヴァー、コーニ
ング、NY（米国）；ポール リチャード グレージック、キャナンデール、NY
（米国）；ブレント コカトゥラム、ホースヘッズ、NY（米国）；ガオヂューベン
、ホースヘッズ、NY（米国）；マイケル ジョン スティーヴンソン、パス、NY
（米国）

(73) 譲受者：コーニング インコーポレイテッド、コーニング、NY（米国）

(*) 通知：いかなる免責事項にも従うことなく、この特許の存続期間は米国特許法
第35編第154条(b)に基づき49日間延長または調整される。

(21) 出願番号：14/278,582

(22) 出願日：2014年5月14日

(65) 以前の公開データ

US 2015/0329401 A1 2015年11月19日

(51) 国際分類

C03B 7/06

(52) 米国分類

CPC C03B 17/064 (2013.01); C03B 17/067 (2013.01); C03B 17/068 (2013.01)

(58) 分類検索分野

CPC. C03E3 17/064; C03B 17/067; C03B 17/068

USPC 65/193, 195, 199, 258

完全な検索履歴については、出願ファイルを参照のこと。

(56) 引用文献

合衆国特許書類

3,451,798 A	6, 1969	サイモン
3,506,429 A *	4, 1970	オーバーマン CO3B 17,064
		65/128

3,537,834 A	11/1970	サイモン
7,409,839 B2	8, 2008	ボラタヴら
8,141,388 B2	3/2012	バーデッド
8,176,753 B2	5/2012	カーラウトら 65.90
8,474,286 B2	7, 2013	ビットブラド
2003/O121287 A1	7/2003	チョークら
2008/0282736 A1*	11/2008	フィリポフ CO3B 17,064
		65.90

2011/O100057 A1	5/2011	ゲイロ
2011/0209502 A1*	9, 2011	エルカーラウト CO3B 17,064
		65.90

2012/0111060 A1	5, 2012	津田ら
2013, O133370 A1	5, 2013	ボラタヴら
2013/0319049 A1	12/2013	グレージックら

* 審査官による引用

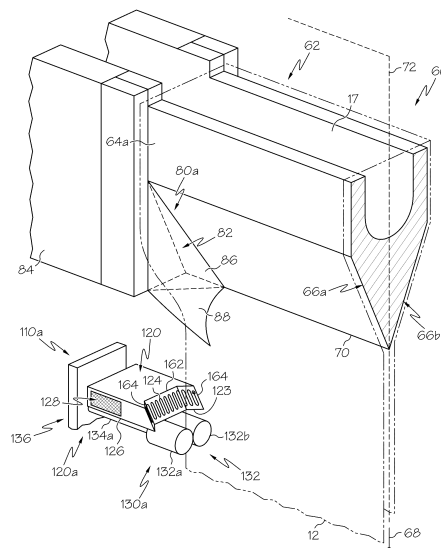
審査長 — モハメッド K. アフムド アリ

(74) 弁護士、弁理士あるいは特許事務所 — ケビン M. エーブル

(57) 要約

ガラスリボンを作製する装置および方法は、下流方向に沿って集束して底部を形成する、一対の傾斜成形面部を備えた成形ウェッジを含む。この装置は、一対の下向き傾斜成形面部の少なくとも一方に交差しているエッジ誘導部材と、熱をエッジ誘導部材へと導き、かつ熱損失からエッジ誘導部材を熱的に遮断するように構成された交換可能な加熱カートリッジとをさらに備えている。エッジ誘導部材に熱を導き、エッジ誘導部材を熱損失から熱的に遮断するためにも交換可能な加熱カートリッジが提供される。

20請求項、7図



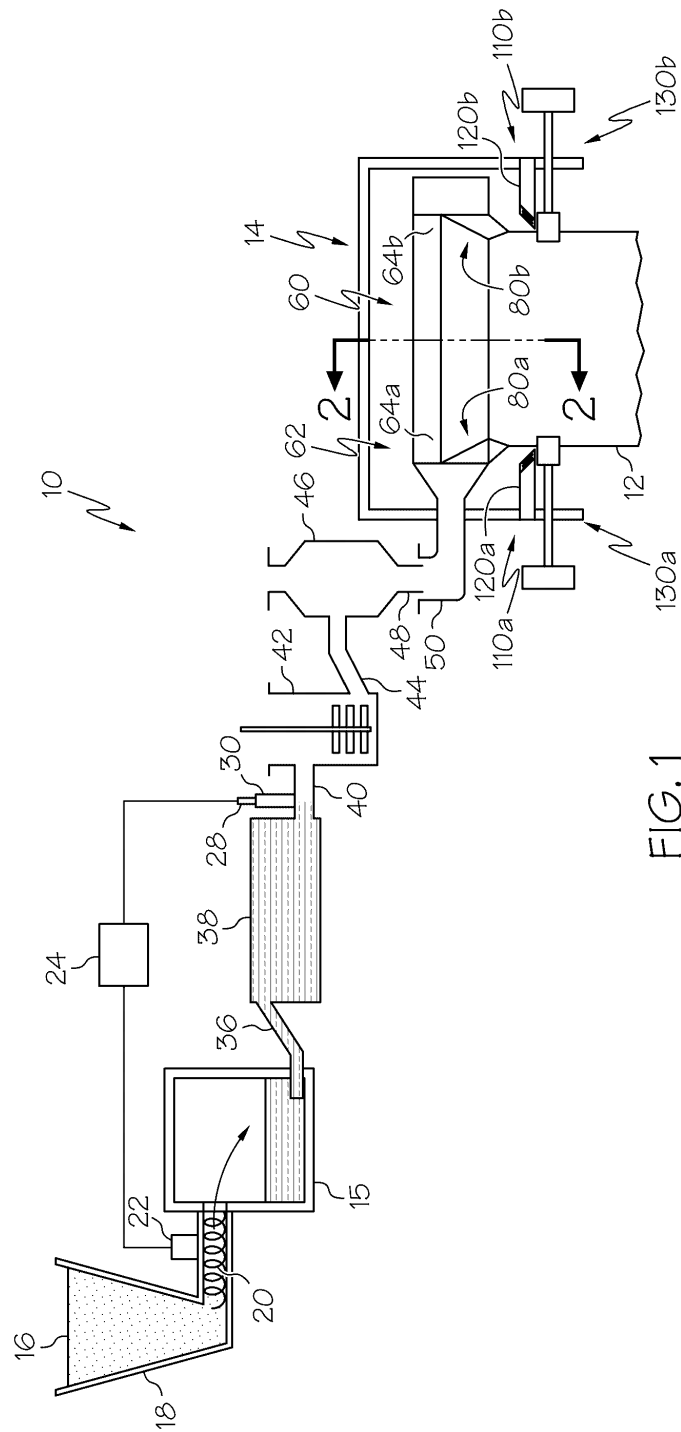


FIG. 1

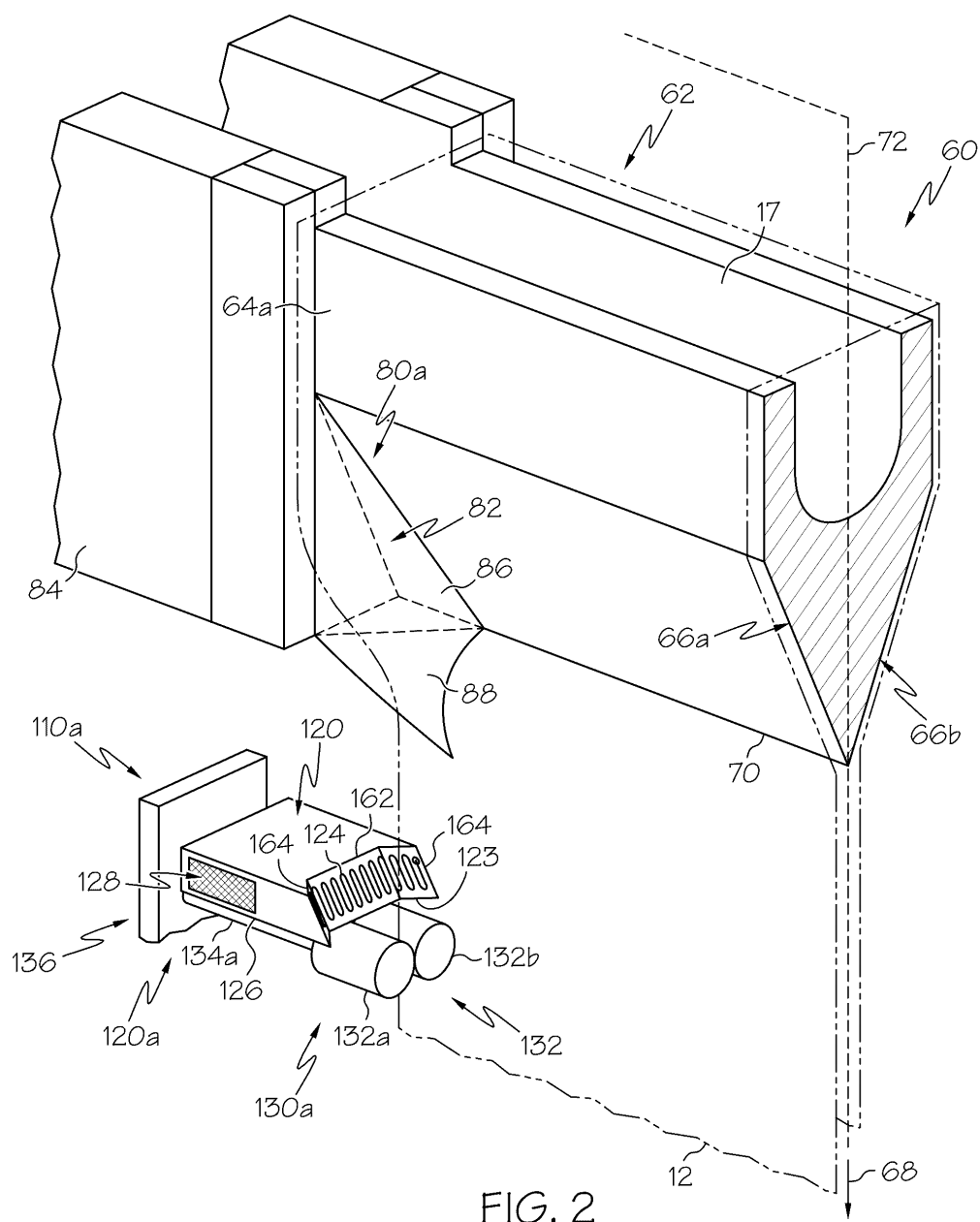
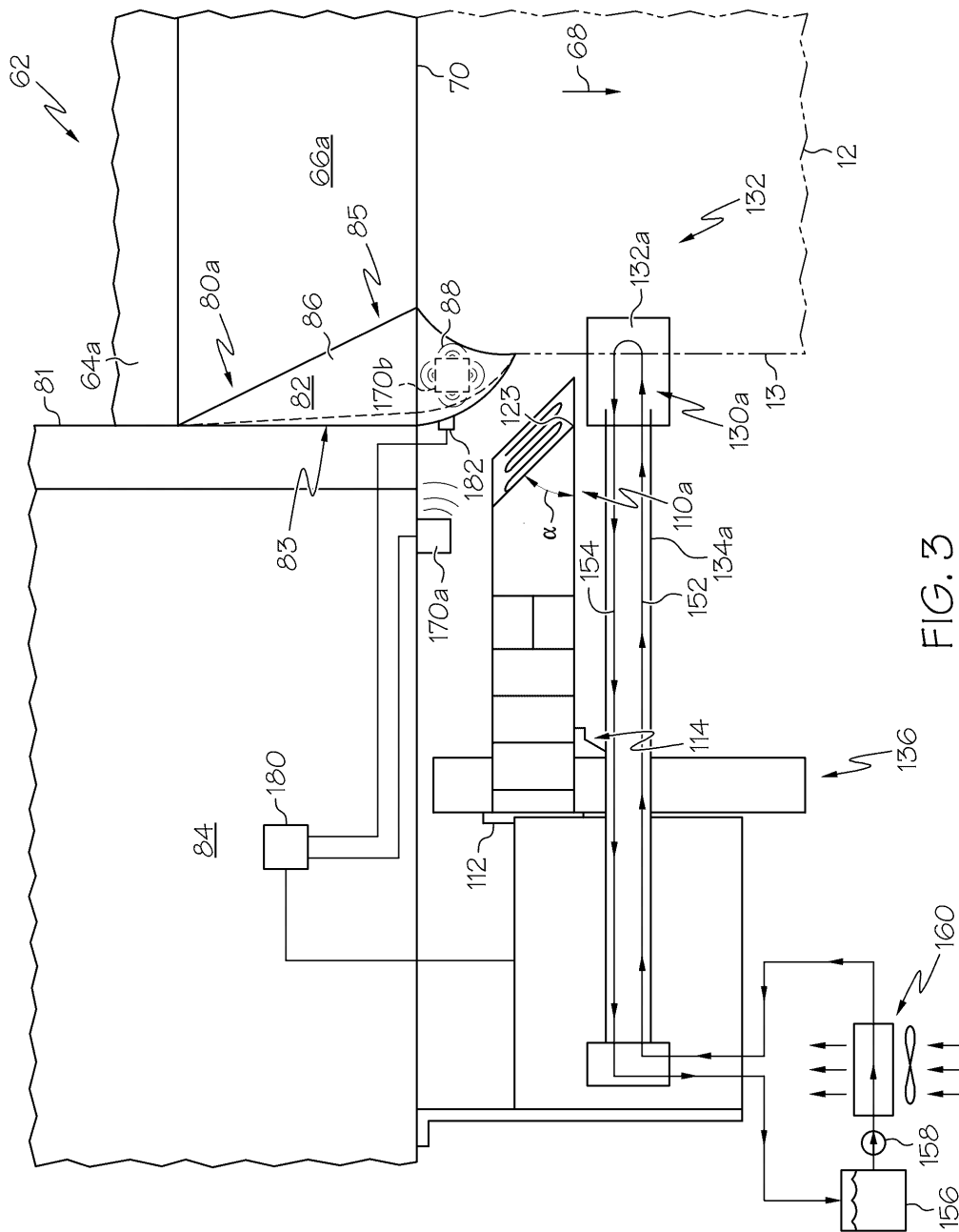


FIG. 2



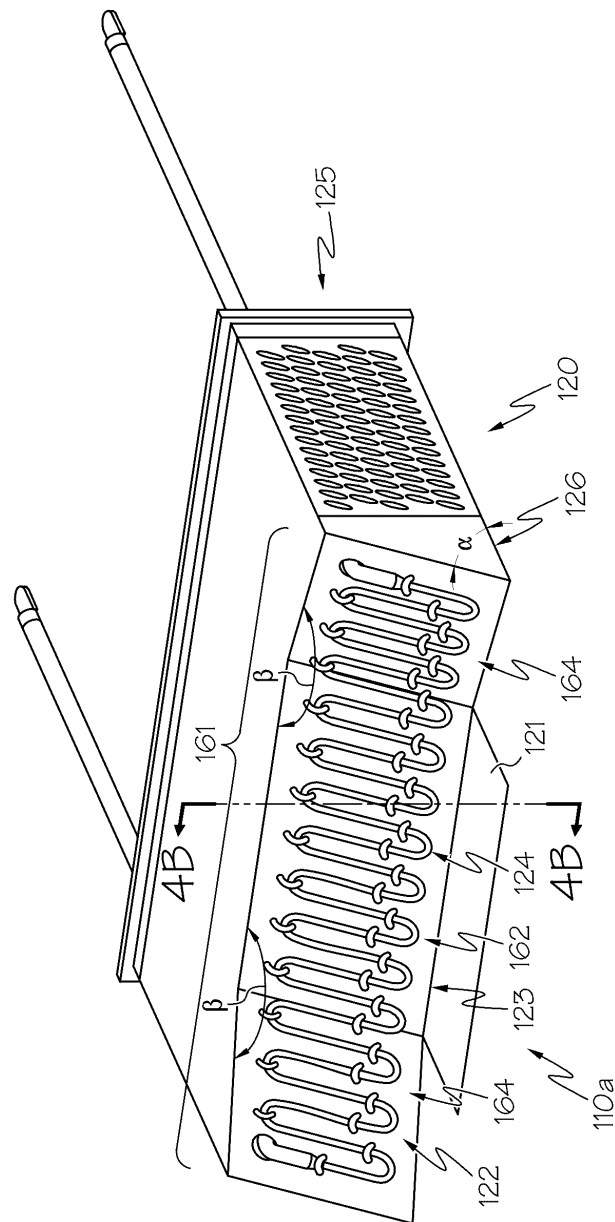


FIG. 4A

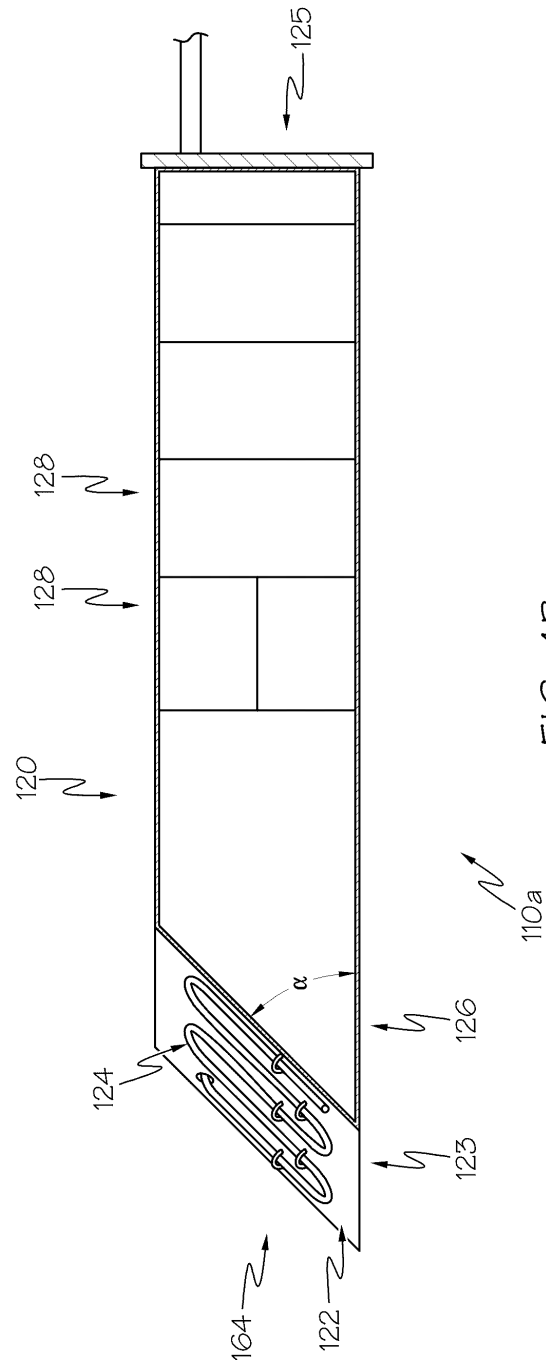


FIG. 4B

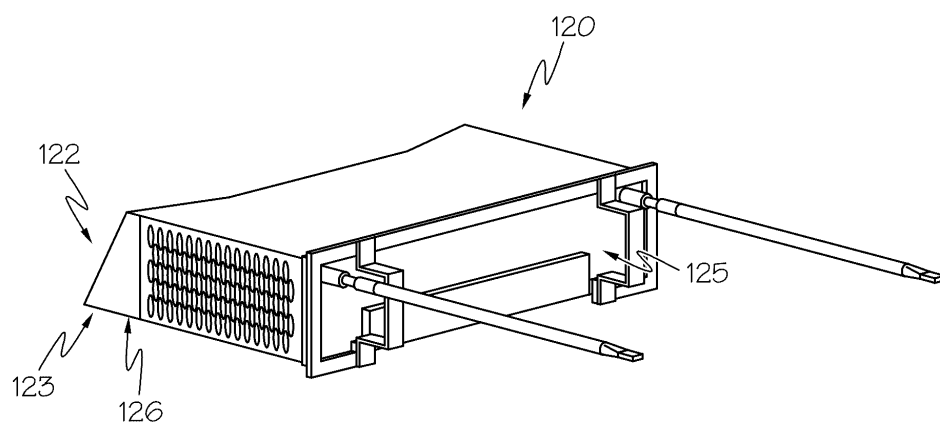


FIG. 5

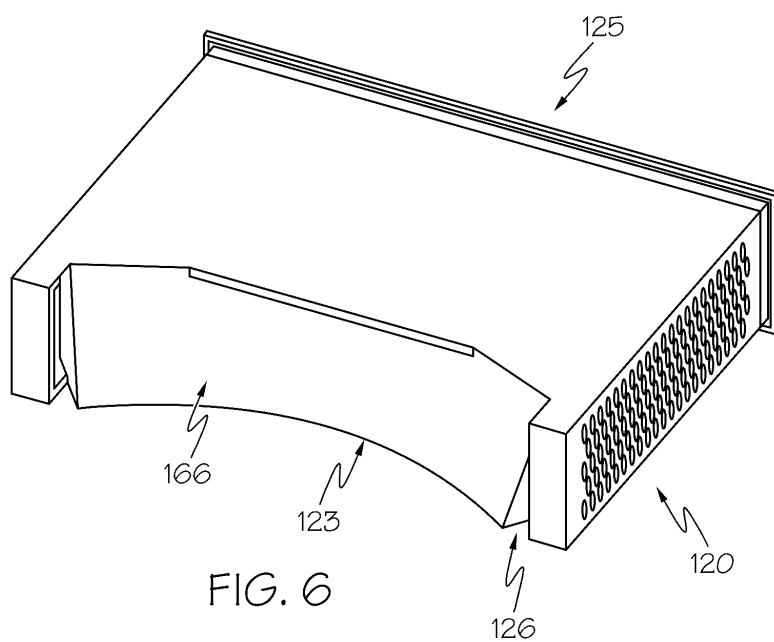


FIG. 6

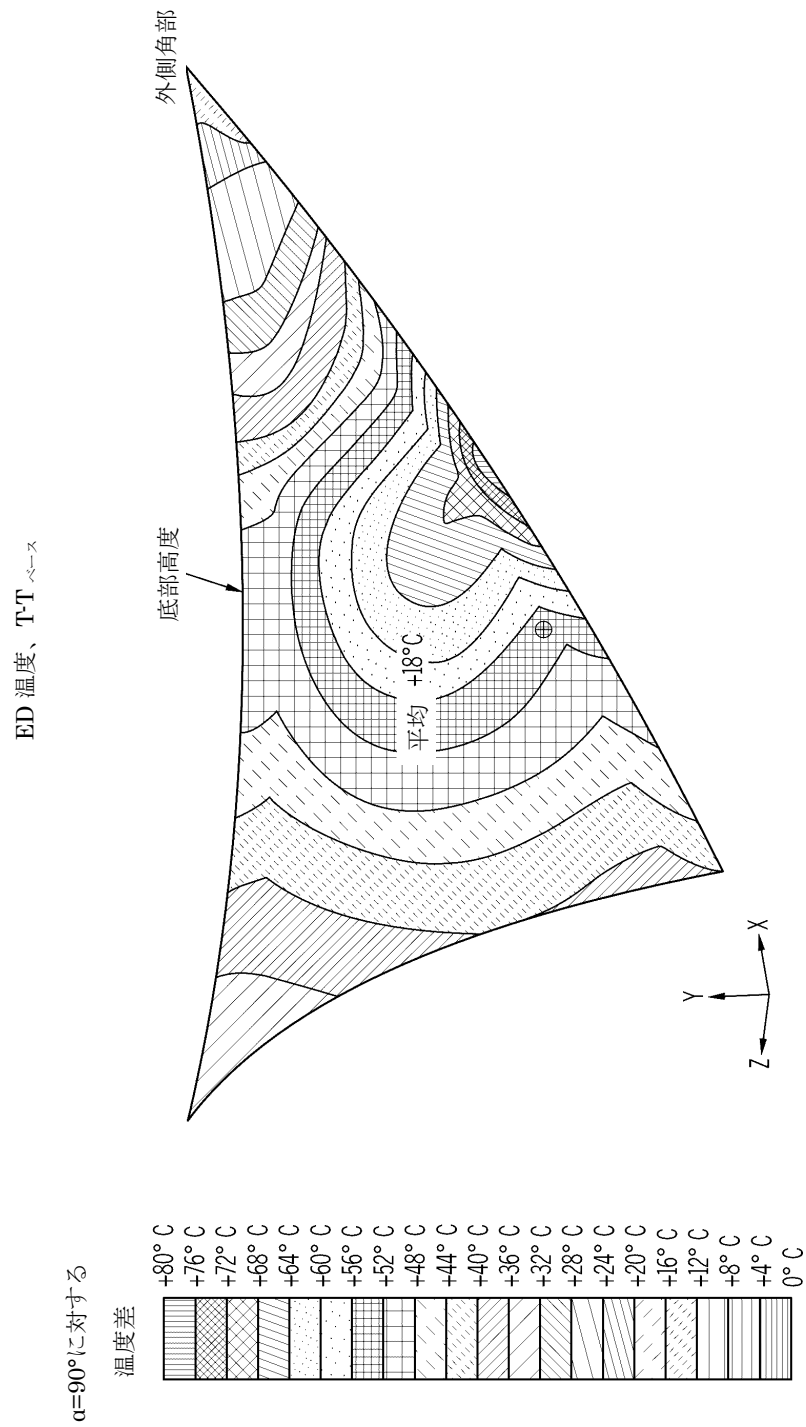


FIG. 7

エッジ誘導部材からの熱損失を低減する方法および装置

背景

1. 技術分野

本明細書は、一般にガラスリボンを作製する装置および方法に関し、より具体的には、エッジ誘導部材と、熱をエッジ誘導部材に導きかつエッジ誘導部材を複数のエッジローラから熱的に遮蔽する、交換可能な加熱カートリッジとを用いて、ガラスリボンを作製する装置および方法に関する。

2. 背景技術

液晶ディスプレイなどに用いられるガラスシートなどの種々のガラス製品の成形に、ガラス成形装置が広く用いられている。これらのガラスシートは、熔融ガラスを成形ウェッジ上に流して連続したガラスリボンを成形することによって製造することができる。所望のガラスリボン幅とエッジ特性を実現できるように、成形ウェッジの対向する両端部にエッジ誘導部材が設置されることが多い。しかしながら、このようなエッジ誘導部材がさらにヒートシンクとしても作用して、エッジ誘導部材に近接している熔融ガラスの失透を生じさせることがある。この失透はガラスリボンの欠陥となり得、これが製造損失や製造コストの増加につながり得る。

従って、エッジ誘導部材に近接したガラスの失透を軽減する、代替りのガラスリボン成形方法およびシステムが必要である。

発明の概要

一実施形態によれば、失透が軽減したガラスリボンを作製する装置が提供される。この装置は、下流方向に沿って集束して底部を形成する、一对の傾斜成形面部分を備えた、成形ウェッジを含み得る。この装置は、一对の下向き傾斜成形面部分の少なくとも一方に交差しているエッジ誘導部材と、底部およびエッジ誘導部材の下流に位置付けられた、複数のエッジローラとをさらに備えている。複数のエッジローラは、ガラスリボンのエッジ部分に係合するように位置付けられ得る。ハウジングが、成形ウェッジと、エッジ誘導部材と、複数のローラとを包围していてもよい。この装置はさらに、エッジ誘導部材よりも下でハウジングのポート内に位置付けられた、取外し可能な加熱カートリッジを含み得る。加熱カートリッジは、エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜している熱誘導面を有するエンクロージャを備えてもよい。熱誘導面は、その面上またはその面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備え得る。加熱カートリッジは、熱誘導面がエッジ誘導部材に面し、かつ熱誘導面からの形態係数がエッジローラよりもエッジ誘導部材で大きく、さらに熱誘導面の下方エッジと加熱カートリッジの底面とがエッジ誘導部材と複数のエッジローラとの間に少なくとも部分的に位置付けられてエッジ誘導部材を複数のエッジローラから熱的に遮蔽するように、配向され得る。

別の実施形態では、失透が低減したガラスリボンを作製する装置において使用される、交換可能な加熱カートリッジが提供される。交換可能な加熱カートリッジは、エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜している熱誘導面を有するエンクロージャを備えてもよい。熱誘導面は、その面上またはその面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備え得る。このカートリッジは、エンクロージャ内部の、熱誘導面の背後に配置された、耐火材料をさらに含み得る。熱誘導面からの形態係数は、エンクロージャ底面の下よりもエン

クロージャ底面の上方で大きくなり得、また熱誘導面の下方エッジと加熱カートリッジの底面とが、熱誘導面よりも上の領域を熱誘導面より下の領域から熱的に遮蔽し得る。

さらに別の実施形態において、失透が低減したガラスリボンを作製するフュージョンドロウ法は、成形ウェッジの、下流方向に沿って集束して底部を形成する、一对の下向き傾斜成形面部分の上に、熔融ガラスを流す工程を含み得る。この方法は、一对の下向き傾斜成形面部分の少なくとも一方に交差しているエッジ誘導部材上に熔融ガラスを流す工程と、この熔融ガラスを成形ウェッジの底部から延伸してガラスリボンを成形する工程と、底部およびエッジ誘導部材の下流に位置付けられた複数のエッジローラを、ガラスリボンのエッジ部分を係合させる工程とをさらに含み得る。この方法は、ハウジングのポート内に位置している交換可能な加熱カートリッジで、エッジ誘導部材を加熱する工程をさらに含み得る。この交換可能な加熱カートリッジは、複数のエッジローラとエッジ誘導部材との間に位置付けられ得る。交換可能な加熱カートリッジは、エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜している熱誘導面を有するエンクロージャを備えてもよい。熱誘導面は、その面上またはその面に近接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備え得る。交換可能な加熱カートリッジは、熱誘導面がエッジ誘導部材に面し、かつ熱誘導面からの形態係数がエッジローラよりもエッジ誘導部材で大きく、さらに熱誘導面の下方エッジと交換可能な加熱カートリッジの底面とがエッジ誘導部材と複数のエッジローラとの間に少なくとも部分的に配置されて、エッジ誘導部材を複数のエッジローラから熱的に遮蔽するように配向され得る。

ガラスリボンを作製する装置および方法と、このような装置および方法において使用される交換可能な加熱カートリッジのさらなる特徴および利点は、以下の詳細な説明に明記され、ある程度は、その説明から当業者には容易に明らかになるであろうし、あるいは、以下の詳細な説明、請求項、並びに添付の図面を含め、本明細書に記載の実施形態を実施することにより認識されるであろう。

前述の一般的な説明および以下の詳細な説明は、種々の実施形態を説明したものであること、また請求される主題の本質および特徴を理解するための概要や構成を提供するよう意図されたものであることを理解されたい。添付の図面は、種々の実施形態のさらなる理解を提供するために含まれ、本明細書に組み込まれかつその一部を構成する。図面は、本明細書に記載の種々の実施形態を示し、そしてその説明とともに、請求される主題の原理および作用の説明に役立つ。

図面の簡単な説明

図1は本明細書で図示および説明する1以上の実施形態による、ガラス作製装置の概略図。
図2は本明細書で図示および説明する1以上の実施形態によるガラス作製装置の概略図であって、図1の線2-2に沿った実施形態の断面斜視図を含んだ図。
図3は本明細書で図示および説明する1以上の実施形態による、図2のガラス作製装置の概略側面図。
図4Aは本明細書で図示および説明する1以上の実施形態によるガラス作製装置において使用される交換可能な加熱カートリッジの概略図。
図4Bは図4Aの線4-4に沿った交換可能な加熱カートリッジの概略断面図。
図5は本明細書で図示および説明する1以上の実施形態による図4のガラス作製装置にお

3

いて使用される交換可能な加熱カートリッジの背面の概略斜視図。

図6は本明細書で図示および説明する1以上の実施形態によるガラス作製装置において使用される交換可能な加熱カートリッジの概略的図。この設計図では加熱素子は示されていない。

図7は底面に対する熱誘導面の傾斜角度 α が90°の加熱カートリッジと比較した、底面に対する熱誘導面の傾斜角度 α が約60°の交換可能な加熱カートリッジを使用した場合の、エッジ誘導部材の増加温度を示した概略図。

発明の詳細な説明

ここで、ガラスリボンを作製する装置および方法と、この装置および方法において使用される交換可能な加熱カートリッジの実施形態を詳細に参照し、その例を添付の図面に示す。可能な限り、図面を通じて、同じまたは同様の部分の参照番号を使用する。ガラスを作製する装置の一実施形態が図1に示されており、概して全体を通じて参照番号10で示されている。この装置は、概して、成形槽に固設されたエッジ誘導部材よりも下で、成形槽を包囲しているハウジングのポート内に取外し可能に位置付けられた加熱カートリッジを備えている。加熱カートリッジは、エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜している熱誘導面を有するエンクロージャを備えてもよい。熱誘導面は、その面上またはその面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備えている。熱誘導面がエッジ誘導部材に面し、かつ熱誘導面からの形態係数が、エッジ誘導部材の下に位置しているエッジローラよりもエッジ誘導部材で大きくなるように、加熱カートリッジは配向されている。熱誘導面の下方エッジと加熱カートリッジの底面は、エッジ誘導部材とエッジローラとの間に少なくとも部分的に位置付けられて、エッジ誘導部材を複数のエッジローラから熱的に遮蔽する。ガラス作製装置と、この装置において使用される交換可能な加熱カートリッジとを、添付図面を参照して本明細書でさらに詳細に説明する。

ここで図1を参照すると、ガラスリボン12などのガラスを作製する、ガラス成形装置10の一実施形態が概略的に示されている。ガラス成形装置10は概して、貯蔵容器18からパッチ材料16を受け入れるように構成された、溶解槽15を備えている。パッチ材料16は、モータ22で動くパッチ送出装置20によって溶解槽15を取り込むことができる。任意のコントローラ24を設けてモータ22を作動させてもよく、また溶融ガラスレベルプローブ28を使用して直立管30内のガラス溶融物の高さを測定し、この測定された情報をコントローラ24に伝えることができる。

ガラス成形装置10は、溶解槽15の下流に位置しかつ第1の接続管36を用いて溶解槽15に結合された、清澄管などの清澄槽38をさらに備え得る。攪拌チャンバなどの混合槽42を、清澄槽38の下流にさらに設置してもよい。ボウルなどの送出槽46を、混合槽42の下流に設置してもよい。図示のように、第2の接続管40が清澄槽38を混合槽42に結合させ、第3の接続管44が混合槽42を送出槽46に結合させる。さらに図示されているように、送出槽46から成形槽60の注入口50へとガラス溶融物を送出するための、下降管48が位置付けられている。図1に概略的に示す実施形態において、溶解槽15、清澄槽38、混合槽42、送出槽46、および成形槽60は、ガラス成形装置10に沿って直列に設置され得る種々のガラス溶融ステーションの例である。

4

溶解槽15は典型的には、耐火性（例えば、セラミック）レンガなどの耐火材料から作製される。ガラス成形装置10がさらに備え得る構成要素は、典型的には、白金、または白金ロジウム、白金イリジウム、およびこれらの組み合わせなどの白金含有金属から作製されているが、モリブデン、パラジウム、レニウム、タンタル、チタン、タングステン、ルテニウム、オスミウム、ジルコニウム、およびこれらの合金などといった、耐火性金属、および／または二酸化ジルコニウムも含み得る。白金を含有する構成要素としては、第1の接続管36、清澄槽38、第2の接続管40、直立管30、混合槽42、第3の接続管44、送出槽46、下降管48、および注入口50のうちの1以上を挙げることができる。成形槽60を耐火材料から作製してもよく、成形槽60はガラス溶融物をガラスリボン12に成形するように設計される。

図2は、図1の線2-2に沿ったガラス成形装置10の断面斜視図である。図示のように、成形槽60は成形ウェッジ62の対向する両端部64a、64bの間に延在する、一対の下向き傾斜成形面部分66a、66bから成る成形ウェッジ62を備えている。下向き傾斜成形面部分66a、66bは下流方向68に沿って集束して底部70を形成する。延伸平面72は底部70を通して延在し、ガラスリボン12は、延伸平面72に沿って下流方向68に延伸され得る。延伸平面72は底部70を、成形槽の縦方向に、概して水平方向に二等分する。ただし延伸平面72は、底部70に対して他の向きに延伸し得ることを理解されたい。図1および図2はガラス成形装置および成形槽の一実施形態を概略的に示したものであるが、本開示の態様は種々の他の成形槽の構成で使用され得ることも理解されたい。

図1および図2を参照すると、特定の実施形態において成形槽60は、一対の下向き傾斜成形面部分66a、66bに交差している、エッジ誘導部材80a、80bを備え得る。エッジ誘導部材は、成形槽60の底部70近の溶融ガラスを誘導することによって、所望のガラスリボン幅およびエッジビード特性を得る助けとなる。さらなる実施形態において、エッジ誘導部材は下向き傾斜成形面部分66a、66bの両方と交差していてもよい。さらにまたは代わりに、特定の実施形態においてエッジ誘導部材は、成形ウェッジ62の対向する両端部64a、64bの夫々に位置付けられ得る。例えば、エッジ誘導部材80a、80bを下向き傾斜成形面部分66a、66bの両方と交差するように構成して、図1に示されているようにエッジ誘導部材80a、80bを成形ウェッジ62の対向する両端部64a、64bの夫々に位置付けてもよい。さらに図示されているように、各エッジ誘導部材80a、80bは互いに実質的に同一のものである。ただし代わりの実施形態では、ガラス成形装置の具体的な特性次第で、エッジ誘導部材が異なる構成および／または幾何学的形状を有し得ることを理解されたい。さらに本開示の態様に従って、種々の成形ウェッジ構成およびエッジ誘導部材構成を使用し得ることを理解されたい。例えば本開示の態様は、米国特許第3,451,798号明細書、同第3,537,834号明細書、同第7,409,839号明細書、および／または2009年2月26日に出願された米国仮特許出願第61/155,669号において開示されているような、成形ウェッジ構成およびエッジ誘導部材構成で使用することができ、これらの各々は参照することにより本明細書に組み込まれる。

ここで図2および図3を参照すると、本開示の態様で使用可能なエッジ誘導部材の実施形態が概略的に示されている。第1のエッジ誘導部材80aをより詳細に説明するが、第2のエッジ誘導部材80bを、第1のエッジ誘導部材80aと同一または類似の構成物とすることがで

きることを理解されたい。同一のエッジ誘導部材を使用すると、均一なガラスリボンを提供するのに有益となり得る。しかしながら個々のエッジ誘導部材は、種々のガラス成形装置および／または成形槽の構成に適應するために、異なる構成および／または幾何学的形状も有し得ることを理解されたい。

図2および図3は、成形ウェッジ62の第1の下向き傾斜成形面部分66aに対して位置付けられた、第1のエッジ誘導部材80aの一実施形態の第1の側面を示している。図示していないが、第1のエッジ誘導部材80aは、成形ウェッジ62の第2の下向き傾斜成形面部分66bに対して位置付けられた、第2の側面をさらに含んでいる。第1のエッジ誘導部材80aの第2の側は、底部70を二等分する延伸平面72に関して、第1の側の鏡像である。図示のように、第1のエッジ誘導部材80aの第1の側は、成形ウェッジ62の第1の下向き傾斜成形面部分66aに交差した第1の表面82を有している。

いくつかの実施形態において、成形ウェッジ62の各対向端部64a、64bは、対応する第1のエッジ誘導部材80aおよび第2のエッジ誘導部材80bを横方向に位置決めするように設計された保持ブロック84を備えている。任意で図示のように、第1のエッジ誘導部材80aは上方部分86と下方部分88とを含み得る。いくつかの実施形態において下方部分88は、第1の対向端部64aの第1のエッジ誘導部材80aを第2の対向端64bの第2のエッジ誘導部材80bと結合させることができる。エッジ誘導部材80a、80bを一緒に結合させると、成形ウェッジ62に対するエッジ誘導部材80a、80bの組立てを簡素化するのに有益である。さらなる実施形態において、エッジ誘導部材80a、80bの上方部分86は別々に設けられてもよい。例えば図示のように、第1のエッジ誘導部材80aは第2のエッジ誘導部材80bから分離しており、これらの分離しているエッジ誘導部材を、成形ウェッジ62の一对の下向き傾斜成形面部分66a、66bの夫々に対して独立して組み立てる。特定の実施形態では、結合されていない上方部分86を設けると、エッジ誘導部材80a、80bの製造を簡素化することができる。

ガラス成形装置10は、ガラスリボンを成形槽60の底部70から延伸するための、少なくとも1つのエッジローラアセンブリをさらに含んでいる。例えば図1に示すように、この装置は一对のエッジローラアセンブリ130a、130bを含み得る。図1および図2を参照すると、エッジローラアセンブリ130a、130b（図2に示すエッジローラアセンブリ130a）は概して、リボンが成形ウェッジ62の底部70から延伸されるときにガラスリボンの対応するエッジに係合するように構成された、第1の一对のエッジローラ132を備えている。エッジローラアセンブリ130a、130bは、ガラスリボン12を成形ウェッジ62の底部70から延伸するのに役立ち、さらにガラスリボンのエッジの適切な仕上げを促す。例えばエッジローラアセンブリ130a、130bは、一对の下向き傾斜成形面部分66a、66bに関連する、エッジ誘導部材80a、80bの対向する両表面から延伸されている熔融ガラスのエッジ部分の、所望のエッジ特性および適切な融合を実現することができる。特定の実施形態において、エッジローラアセンブリ130a、130bは、底部70から延伸されているガラスの粘性領域内の、様々な位置に設置することができる。例えばいくつかの実施形態では、エッジローラアセンブリ130a、130bを、底部70のすぐ下から底部70の約38.1cm下の位置までの任意の位置に設置してもよい。ただし、他の位置が考えられることを理解

されたい。例えばエッジローラアセンブリ130a、130bを、底部70の約20cm下から約25.5cm下までの範囲内の位置に設置してもよい。

図1に示されているように、一実施形態において、第1のエッジローラアセンブリ130aは第1のエッジ誘導部材80aに関連し、また第2のエッジローラアセンブリ130bは第2のエッジ誘導部材80bに関連する。本明細書に記載の実施形態において、各エッジローラアセンブリ130a、130bは、他方と実質的に同一のものである。

図2および図3は、エッジローラアセンブリ130aの一実施形態を示したものである。図2に示すように、第1のエッジローラアセンブリ130aは、第1のエッジローラ132aと第2のエッジローラ132bとを含む、第1の一对のエッジローラ132を備えている。エッジローラ132a、132bは、成形ウェッジ62の底部70から延伸されているガラスリボン12の、第1の側と第2の側とに同時に係合するように構成されている。第1のエッジローラアセンブリ130aは、第1のエッジローラ132aに取り付けられた第1のシャフト134aと、第2のエッジローラ132bに取り付けられた第2のシャフト134bとを含む。第1および第2のシャフト134a、134bはハウジング密封板136を貫いて延在しており、モータ138によって回転可能に駆動される。ハウジング密封板136は、モータ138が位置している領域につながる開口（図示せず）を閉じることができる。ハウジング密封板136は、成形槽60、エッジ誘導部材80a、80b、およびエッジローラアセンブリ130a、130bを包囲しているハウジング14（図1）の一部を形成している。ハウジング14は、ハウジング内に位置しているモータおよび／または他の機構の、損傷を受けやすい構成要素を保護するために、並びに成形槽60と成形槽60の中および周りに流れている熔融ガラスを周囲環境から熱的に絶縁するために、耐火材料、鋼、および／または他の断熱材を含み得る。

ここで図3を参照すると、特定の実施形態では、第1および第2のローラローラ132a、132bを能動的に（例えば、ガスまたは液体で）冷却して、熔融ガラスがエッジローラ132a、132b上に堆積されてこれに付着する可能性を低減するのを助けることができる。例えば図3に示されているように、注入ライン152が、各シャフト134a、134bを通して延在して、第1および第2のローラ132a、132bに冷却液体を供給するように構成され得る。排出ライン154が、さらに各シャフト134a、134bを通して延在して、加熱された液体を流体源156へと戻す。油圧式ポンプ158が流体源から液体を引き出して液体を熱交換器160に通過させ、第1および第2のローラ132a、132bから伝達された熱を取り除き、その後液体を注入ライン152に戻して循環させて、第1および第2のローラ132a、132bを冷却し続ける。

図1〜3に示すようなガラス成形装置では、エッジローラアセンブリ130a、130bの局所的な冷却によって引き起こされる温度勾配などのハウジング14内の温度勾配が、エッジ誘導部材80a、80bの上を流れている熔融ガラスの失透を引き起こし得ることがわかった。特に、より低温のエッジローラがヒートシンクとして作用してエッジ誘導部材80a、80bから熱を引き出し、それによりエッジ誘導部材80a、80bの温度を低下させる。成形槽60で延伸された熔融ガラスが、より低温のエッジ誘導部材80a、80bに接触すると、熔融ガラスが失透し、熔融ガラスの流れを乱して、成形槽60の底部70から延伸されたガラスリボンに潜在的に欠陥を生じさせることがある。

再び図1を参照すると、エッジ誘導部材80a、80bに接触して溶融ガラスが失透するのを防ぐために、ガラス成形装置10は、ハウジング14内に位置付けられた交換可能な加熱カートリッジ110a、110bをさらに備えている。この交換可能な加熱カートリッジは熱をエッジ誘導部材80a、80bに熱を向けるように構成されてもよく、それによってエッジ誘導部材80a、80bを溶融ガラスの失透温度を上回る温度に維持することで、ガラスの失透を抑制することができる。交換可能な加熱カートリッジ110a、110bはさらに、エッジ誘導部材80a、80bを、より低温のエッジローラ132a、132bから熱的に絶縁紙遮蔽するバリアとしての役割を果たすことができ、それによりエッジ誘導部材からエッジローラ132a、132bへの熱伝達を防ぐことができる。例えばガラス成形装置10は、ガラス成形装置10のハウジング14内に取外し可能に据え付けられた、1以上の交換可能な加熱カートリッジ110a、110b（図示の1つ）を含んでよい。交換可能な加熱カートリッジは、ある延伸作業期間中に、その作業期間の最後まで待機しないで交換またはアップグレードすることができ、それにより生産ロスおよび設備のダウンタイムを減少させることができる。図1〜5は、ガラス成形装置10のハウジング14内に挿入された交換可能な加熱カートリッジ110a、110bの実施形態を概略的に示したものである。

ここで図3〜5を参照すると、一実施形態において、第1の交換可能な加熱カートリッジ110aは、その面上またはその面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子124を備えている熱誘導面122を有するエンクロージャ120を含む。エンクロージャ120は、ガラス成形装置10に関連する典型的な温度条件下で構造的完全性を維持しながら、熱エネルギーを吸収または反射する、あるいは熱遮蔽を実現する、様々な材料から加工することができる。例えば、エンクロージャ120および交換可能な加熱カートリッジ110aの他の部分を、ガラス成形装置10の構造的および/または熱的要件を満たすような、耐火材料、高温用のニッケル基合金、鋼（例えば、ステンレス鋼）、または他の合金あるいは他の材料または材料の組合せから形成してもよい。例えば一実施形態において、エンクロージャ120は、Hanes 214などのニッケル基合金から作製してもよい。ある特定の二実施形態において、第1の交換可能な加熱カートリッジ110aの熱誘導面122は、低放射率のセラミック耐火性裏当て材で形成される。適切なセラミック耐火材料としては、限定されるわけではないが、Zircar Ceramicsから入手可能なSALI板材が挙げられる。ガラス成形装置10の高温に直接露出されないエンクロージャの部分は、より低温の用途に適した材料で作製してもよい。例えばエンクロージャ120の背面125は、例えば420ステンレス鋼などのステンレス鋼から作製することができる。

特定の実施形態によれば、交換可能な加熱カートリッジ110aの熱誘導面122は、典型的には、エンクロージャ120の底面126に対して約90°未満の角度 α で傾斜している。特定の二実施形態において、熱誘導面122の傾斜角度 α は、エンクロージャの底面126に対して約45°から約75°である。特定の二実施形態において熱誘導面122の傾斜角度 α は、底面126に対して約60°である。熱誘導面122の傾斜角度は、第1の交換可能な加熱カートリッジ110aをガラス成形装置のハウジング14内に、熱誘導面122が第1のエッジ誘導部材80aに面するように位置付ける助けとなる。熱誘導面122の角度および第1の交換可能な加熱カートリッジ110aの向きにより、熱誘導面122は、周囲環境への熱損失を

最小限のみとして、熱を第1のエッジ誘導部材80aに向けて放射しかつこの第1のエッジ誘導部材80aへと導くことができる。さらに、熱誘導面122の角度および交換可能な加熱カートリッジ110aの位置は、熱誘導面からの形態係数が第1の対のエッジローラペア132aよりも第1のエッジ誘導部材80aで大きくなるなものとされる。本明細書で使用される「形態係数」という用語は、特定の表面（すなわち、エッジ誘導部材80aまたはエッジローラ132a、132b）に入射する熱誘導面122からの熱放射の相対的割合を指す。

いくつかの実施形態において交換可能な加熱カートリッジ110aは、図4Aに概略的に示されているように、熱誘導面122の中心ファセット162の、交換可能な加熱カートリッジ110aの底面126のすぐ近くから延在している、遮蔽部材121に任意に含み得る。遮蔽部材121はさらなる熱遮蔽を提供することができ、かつ第1のエッジ誘導部材80aから交換可能な加熱カートリッジ110aよりも下の環境へ熱損失を低減することができる。

図3〜図5をさらに参照すると、交換可能な加熱カートリッジ110aは、エンクロージャ120の熱誘導面122上または熱誘導面122に隣接して位置付けられた、加熱素子124をさらに備えている。特定の二実施形態において、熱誘導面122上または熱誘導面122に隣接して位置付けられた加熱素子124は抵抗加熱素子である。抵抗加熱素子の材料は、二珪化モリブデン、白金、白金ロジウム、Kantha1*Alなどの鉄-クロム-アルミニウム合金、Kantha1*APM（フェライト系鉄-クロム-アルミニウム合金）、または別の適切な巻線材料でもよい。

いくつかの実施形態において加熱素子124は、上記参照材料のうち1つから形成されたワイヤをコイルに巻くことにより構成されたものでもよい。例えば限定するものではないが、一実施形態において加熱素子124は、円形断面を有するコイルを形成するために、円形断面を有する心棒の周りに巻回された円形断面の白金ワイヤから構成され得る。しかしながら、他の断面形状のコイルが可能でありかつ考えられることを理解されたい。例えば一実施形態では、加熱素子のワイヤを、長円形、楕円形などの細長い断面を有する心棒の周りに、この心棒と同じ細長い断面を有するコイルを生成するために巻き付けてもよい。細長い断面を有するコイルから加熱素子124を形成すると、コイルの通電能力の増加によりコイルの加熱効率が増加することが確認された。例えば、円形断面を有する白金ワイヤを巻き付けて長内径3/8インチ（9.53mm）および短内径3/16インチ（4.78mm）の長円形コイルとしたものは、同じ白金ワイヤから形成された直径3/8インチ（9.53mm）の円形コイルと比較して通電能力が25%増加することが確認された。通電能力の増加は、コイルの加熱効率および有効性の向上につながる。

さらに図3〜図5を参照すると、エンクロージャ120内部の、熱誘導面122の面の背後には、熱誘導面122を交換可能な加熱カートリッジ110aの残部から絶縁させる、1以上の耐火材料128のブロックが位置している。特定の二実施形態において耐火ブロック128は、熱誘導面122からの熱伝達を最小限に抑えるよう、図4Bに示すように垂直積層と水平積層を交互にした状態で配向されている。特に、耐火ブロック128を交互に垂直積層と水平積層とすると、ブロック間の継ぎ目の熱を低減させるのに有用であると考えられる。二実施形態では耐火材料128を、熱誘導面122の角度にほぼ等しい角度で配向してもよい。熱誘導面122がSALI板材などの耐火材料から形成されている場合など、さらに他の二実施形態では、熱

誘導面 1 2 2 の耐火材料がエンクロージャ内へと延在していてもよい。本明細書に記載の実施形態において耐火ブロック 1 2 8 は限定するものではないが、D u r a B o a r d * 3 0 0 0 および／または D u r a B o a r d * 2 6 0 0 などの、市販されている耐火材料から形成してもよい。

図 4 および図 5 に示すような特定の実施形態において、熱誘導面 1 2 2 は、エッジ誘導部材を少なくとも部分的に囲むように配向された複数のファセット 1 6 1 を備えている。例えば図 4 および図 5 に概略的に示されている交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の実施形態において、熱誘導面 1 2 2 は、中央ファセット 1 6 2 と、中央ファセット 1 6 2 の両端部に位置する 2 つの側部ファセット 1 6 4 とを有している。典型的には、2 つの側部ファセット 1 6 4 夫々の、中央ファセット 1 6 2 に対するその間の最大角度 β は、約 145° から約 175° である。例えば 2 つの側部ファセット 1 6 4 夫々の、中央ファセット 1 6 2 に対するその間の最大角度 β は、約 160° でもよいが、他の角度が可能でありかつ考えられることを理解されたい。

図 4 A、4 B、および 5 に示す交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の実施形態は複数のファセットを有する熱誘導面 1 2 2 を備えているが、他の実施形態が考えられることを理解されたい。例えば熱誘導面 1 2 2 は、曲面を有するものでもよい。図 6 に示されている交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の実施形態では、例えば、熱誘導面 1 2 2 は円錐台形状 1 6 6 の設計を有している。熱誘導面 1 2 2 の、ファセット 1 6 1 設計または円錐台 1 6 6 設計は、第 1 のエッジ誘導部材 8 0 a に向けて導かれる熱の量を増加させ、それによって周囲環境への熱損失を最小限に抑え、さらにエッジ誘導部材に対する交換可能な加熱カートリッジの加熱効率を全体的に向上させる。さらに、熱誘導面 1 2 2 の円錐台形設計および／またはファセット設計は、熱誘導面 1 2 2 と第 1 のエッジ誘導部材 8 0 a との間の形態係数も向上させる。

再び図 1 および図 3 を参照すると、本明細書に記載の実施形態では、熱誘導面 1 2 2 の下方エッジ 1 2 3 とエンクロージャ 1 2 0 の底面 1 2 6 とがエッジ誘導部材 8 0 a、8 0 b と複数のエッジローラ 1 3 2 との間に少なくとも部分的に位置付けられて、エッジ誘導部材 8 0 a、8 0 b を複数のエッジローラ 1 3 2 から熱的に遮蔽するように、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a、1 1 0 b はガラス成形装置 1 0 のハウジング 1 4 内に位置付けられる。図 1 に示されているように、第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a は第 1 のエッジ誘導部材 8 0 a に関連する。同様に第 2 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 b は、第 2 のエッジ誘導部材 8 0 b に関連する。本明細書に記載の実施形態では、交換可能な加熱カートリッジが、対応するエッジ誘導部材を加熱するための加熱器としてだけでなく、エッジ誘導部材および複数のエッジローラを互いから熱的に隔離するための熱遮蔽体として機能し得ることを理解されたい。この二重の機能性は、交換可能な加熱カートリッジを、構成要素のいずれかに接触したり、あるいは接触以外でその動作を干渉したりすることなく、エッジ誘導部材と複数のエッジローラとの間に少なくとも部分的に配置することができる、交換可能な加熱カートリッジの傾斜した熱誘導面 1 2 2 によって可能になる。従って交換可能な加熱カートリッジは、対応するエッジ誘導部材 8 0 a、8 0 b から非標的領域への熱損失、特に冷却されたエッジローラアセンブリ 1 3 0 a、1 3 0 b への熱損失を低減するように構成される。この非標的領域は、ガラス作製装置の近傍領域、および／またはエッジ誘導部材 8 0 a、8 0 b から熱を引き込むまたは放熱

させる能力がある他の位置を含み得る。

ここで図 3 を参照すると、様々な取り付け構造が使用して、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a をエッジ誘導部材 8 0 a に対して据え付けることができる。例えば図 3 に示されている実施形態では、上述のように、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a が成形槽 6 0 よりも下でエッジ誘導部材 8 0 a と第 1 の一对のエッジローラ 1 3 2 との間に位置付けられるように、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a をハウジング密封板 1 3 6 のポート内に据え付ける。この実施形態において交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a は、ハウジング 1 4 および／またはハウジング密封板 1 3 6 に係合している、ブラケット 1 1 4 に据え付けられ得る。さらに、または代わりに、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a を、ハウジング密封板 1 3 6 に取り付けられた T 字型壁支持ブラケット 1 1 2 上に載せてもよい。いくつかの実施形態では、交換可能な加熱カートリッジを可動のハウジング密封板 1 3 6 に据え付けることによって、エッジ誘導部材に対して調整可能に据え付けてもよい。

特定の実施形態では、第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a を第 1 のエッジ誘導部材 8 0 a の一部の下に位置付けてもよく、また第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a は、成形ウェッジ 6 2 の長さ寸法に対して概ね縦方向、シャフト 1 3 4 a、1 3 4 b に極近接して延在している。図 2 および図 3 に示されているように、第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a を、第 1 エッジ誘導部材 8 0 a の一部の下に位置付けてもよい。実際には図 3 に示されているように、熱誘導面 1 2 2 の下方エッジ 1 2 3 および底面 1 2 6 がガラスリボン 1 2 の対応するエッジ 1 3 の外側で終端するように、第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a は位置付けられる。従って、熱誘導面 1 2 2 の下方エッジ 1 2 3 および第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の底面 1 2 6 は、第 1 エッジ誘導部材の内側部分 8 5 の下には延在せず、第 1 エッジ誘導部材 8 0 a の外側部分 8 3 の下のみに延在する。特定の実施形態において、熱誘導面 1 2 2 の下方エッジ 1 2 3 および第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の底面 1 2 6 は、熔融ガラスの流れに向かう方向に、底部の幅方向の範囲を超えて内側へは延在しない。つまり、熱誘導面 1 2 2 の下方エッジ 1 2 3 および第 1 の交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の底面 1 2 6 は、底部の真下にはならない。図 3 および図 4 A を参照すると、他の実施形態において交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 は、熱誘導面 1 2 2 の中央ファセット 1 6 2 の下方エッジ 1 2 3 が、底部 7 0 の高さで成形ウェッジ 6 2 のダム 8 1 の位置（例えば、成形ウェッジ 6 2 と保持ブロック 8 4 の交差位置）を越えて延在しないように、エッジ誘導部材の下に位置付けられる。すなわち、中央ファセット 1 6 2 の下方エッジ 1 2 3 は、成形ウェッジ 6 2 の底部 7 0 が成形ウェッジ 6 2 のダム 8 1 と交差する位置で成形ウェッジ 6 2 から引いた垂直線を超えて、エッジ誘導部材 8 0 a の下に延在することはない。交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a をこのように位置付けると、熱誘導面 1 2 2 の中央ファセット 1 6 2 の下方エッジ 1 2 3 が成形ウェッジ 6 2 から延伸されているガラスリボン 1 2 を確実に干渉しないようにさせると同時に、エッジ誘導部材へと導かれる熱が最大になる。従って、交換可能な加熱カートリッジ 1 1 0 a の傾斜した熱誘導面 1 2 2 が、第 1 エッジ誘導部材 8 0 a の内側部分 8 5 に熱を効果的に導くように配向され、それによって第 1 エッジ誘導部材 8 0 a の内側部分 8 5 の温度が上昇して、エッジ誘導部材 8 0 a のこの部分での熔融ガラスの失透が抑制されることを理解されたい。

第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを、このように第１のエッジ誘導部材８０ａの一部のみの真下の位置、あるいは特定の他の実施形態では底部の真下に延在しない位置に備える
と、成形ウェッジ６２の底部７０から延伸されている熔融ガラスとの予想される干渉を回避しながら、非標的領域への熱損失の十分な低減を実現することができる。

さらにまたは代わりに、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａは、第１のエッジ誘導部材の部分的に下流または完全に下流に位置付けられ得る。例えば図２および図３に示されているように、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａは、下流方向６８に沿って第１のエッジ誘導部材８０ａの完全に下流に位置付けられるように示されている。第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを第１のエッジ誘導部材８０ａの完全に下流に位置付けると、第１のエッジ誘導部材８０ａの下流に位置している非標的領域への第１のエッジ誘導部材８０ａからの熱損失を最小限に抑える助けになる。

代替の実施形態（図示せず）では、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを、第１のエッジ誘導部材８０ａの部分的に下流に位置付けてもよい。例えば第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを第１のエッジ誘導部材８０ａの上方部分から下流に位置付けると、同時に第１のエッジ誘導部材８０ａの下方部分は、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの下流に位置付けられる。さらなる実施形態では、第１のエッジ誘導部材８０ａの上方部分が第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａよりも上で延在し、かつ第１のエッジ誘導部材８０ａの下方部分が第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａよりも下で延在した状態で、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを第１のエッジ誘導部材８０ａの第１の側に隣接して位置付けると、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａを第１のエッジ誘導部材８０ａの、部分的にのみ下流に位置付けると、コンパクトな設計を実現しながら、あるいはそれ以外の様々な成形槽の設計に適応しながら、非標的領域への熱損失を十分に低減することができる。

図２および図３に示されているように、特定の実施形態において第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａは、第１の一对のエッジローラ１３２と第１のエッジ誘導部材８０ａとの間に部分的に位置付け得る。例えば図３に示されているように、熱誘導面１２２の下方エッジ１２３および第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの底面１２６は、第１のエッジ誘導部材８０ａの外側部分８３と第１の一对のエッジローラ１３２の第１のシャフト１３４ａおよび第２のシャフト１３４ｂとの間のみに延在している。熱誘導面１２２の下方エッジ１２３および第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの底面１２６は、ガラスリボン１２の対応するエッジ１３の外側で終端する。従って、熱誘導面１２２の下方エッジ１２３および第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの底面１２６は、第１のエッジ誘導部材８０ａの内側部分８５と第１の一对のエッジローラ対１３２のエッジローラ１３２ａ、１３２ｂとの間には延在しない。しかしながら、交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの傾斜した熱誘導面１２２を、第１のエッジ誘導部材８０ａの内側部分８５に熱を効果的に導くように配向して、それによって第１のエッジ誘導部材８０ａの内側部分８５の温度を上昇させ、エッジ誘導部材８０ａのこの部分での熔融ガラスの失透が抑制する。

特定の実施形態において、ガラス成形装置１０は、エッジ誘導部材８０ａ、８０ｂの一方または両方に関連する１以上の任意の追加加熱器も含み得る。この１以上の加熱器は、設けられ

る場合、熔融ガラスとエッジ誘導部材８０ａ、８０ｂとの間の境界面を加熱することができる種々の構造で構成され得る。例えば、耐火性または金属製の抵抗加熱器、誘導加熱器、または他の加熱機器を使用することができる。特定の実施形態では、抵抗加熱器（例えば、白金巻線、二珪化モリブデン巻線など）を使用することができる。これらの加熱器は、対応するエッジ誘導部材に対して、ハウジング１４内の種々の位置に位置付けられ得る。図３に示されているように、一実施形態では加熱機器１７０ａが、第１のエッジ誘導部材８０ａに隣接して、交換可能な加熱カートリッジ１１０ａよりも上に位置付けられ得る。この実施形態において加熱機器１７０ａは、熱を第１のエッジ誘導部材８０ａに向かって横方向に放射するように配向されている。さらにまたは代わりに、第２加熱機器１７０ｂを第１のエッジ誘導部材８０ａの内側に位置付けてもよく、この第２加熱機器１７０ｂは第１のエッジ誘導部材８０ａを内部で加熱するように構成してもよい。加えてまたは代わりに、第２加熱機器１７０ｂを第１のエッジ誘導部材８０ａの内側に位置付けてもよく、この第２加熱機器１７０ｂは第１のエッジ誘導部材８０ａを内部で加熱するように構成してもよい。さらなる加熱機器を様々な位置で使用して、エッジ誘導部材をさらに加熱してもよい。実施形態においてこれらの機器は、エッジ誘導部材に対するコイルの加熱効率を向上させるべく細長い断面を有するコイルから形成してもよい。図示の実施形態においてさらなる加熱機器１７０ａ、１７０ｂは、交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの上流に位置付けられている。しかしながら他の実施形態では、加熱器を交換可能な加熱カートリッジ１１０ａの下流など、他の位置に設置してもよいことを理解されたい。

図３にさらに示されているように、特定の実施形態において装置は、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａに関連する加熱を制御するように構成されたコントローラ１８０をさらに含んでもよい。特定の実施形態においてコントローラ１８０は、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａと、さらにエッジ誘導部材８０ａに関連する１以上の任意な加熱器（例えば、加熱機器１７０ａ、１７０ｂ）とに動作可能に接続してもよい。コントローラ１８０は、プロセッサと、コンピュータで読込み可能かつ実行可能な命令を格納するメモリとを含んでもよく、この命令は、プロセッサによって実行されると、交換可能な加熱カートリッジおよび／または加熱機器への出力を調整して、それにより交換可能な加熱カートリッジおよび／または加熱機器によって供給される熱を、フィードバックまたは他のプロセスパラメータに基づいて増加または減少させる。

特定の実施形態においてコントローラは、ガラス成形装置からの熱的フィードバックに基づいて、第１の交換可能な加熱カートリッジ１１０ａおよび１以上の任意の加熱機器１７０ａ、１７０ｂを操作するように構成してもよい。例えば一実施形態において、コントローラ１８０は熱センサ１８２から熱的フィードバックを得るように構成されている。ガラスリボンの製造が進むにつれて装置の熱的特性の管理された制御を実現するために、熱センサー１８２によって得られた熱的フィードバックをコントローラ１８０によって使用して、交換可能な加熱カートリッジおよび／または加熱機器を調節するすることができる。この熱的特性は、例えば交換可能な加熱カートリッジ１１０ａ、１１０ｂの熱誘導面１２２、エッジ誘導部材８０ａ、８０ｂの一部、成形槽６０の端部の一部、熔融ガラスの一部、および／またはガラス成形装置１０の他の特徴など、ガラス成形装置の一部に関連する、例えば温度損失および／または熱損失を含めてもよい。

13

一実施形態において、熱センサ182は目標レベルを上回る温度を検出するものでもよく、さらにコントローラ180は、より少ない熱が標的領域へと伝達され、それにより目標レベルの温度が得られるまで温度を下げるように、第1の交換可能な加熱カートリッジ110aへの出力を減少させることができる。あるいは、特定の実施形態において熱センサ182は目標レベルを下回る温度を検出するものでもよく、このときコントローラ180は、より多くの熱が対象領域へと伝達され、それにより目標レベルの温度が得られるまで温度を上げるように、交換可能な加熱カートリッジへの出力を増加させることができる。

ガラスを作製する種々の方法は、上記のガラス成形装置10の種々の特徴を組み込むことができる。一実施形態では、上記の例示的な連続のガラス熔融ステーションにより、バッチ材料を成形槽60に受け入れられる熔融ガラスへと変換させてもよい。図2に示されているように、この方法は、成形ウェッジ62の一对の下向き傾斜成形面部分66a、66bの上に、熔融ガラス17を流す工程を含む。図2および図3に示されているように、この方法は、熔融ガラスをエッジ誘導部材上に流す工程と、熔融ガラスを成形ウェッジ62の底部70から延伸してガラスリボン12を形成する工程とをさらに含む。この方法は、ガラスリボンのエッジに係合するように構成された、一对のエッジローラを設ける工程をさらに含む。エッジローラをモータ138によって回転させて、ガラスリボン12を成形ウェッジ62の底部70から延伸する。さらに図示されているように、この方法は、エッジ誘導部材を交換可能な加熱カートリッジ110a、110bを用いて加熱して、上述のように、対応するエッジ誘導部材80a、80bから非標的領域への熱損失、特に冷却されたエッジローラへの熱損失を低減する工程をさらに含む。本開示の態様は、ガラスのエッジ品質に良い影響を与え、さらに別のやり方の際にエッジ誘導部材の表面で生じ得る失透および結晶成長に起因するによるエッジ状態の劣化を防ぐことが理解されよう。

実施例

本明細書に記載の実施形態を、以下の実施例によってさらに明確にする。

実施例1

従来設計の加熱器を用いて加熱したエッジ誘導部材の表面温度と、本明細書に記載の交換可能な加熱カートリッジを用いて加熱したエッジ誘導部材の表面温度を比較するための計算モデルが開発された。従来型の加熱器は、加熱器のベースに対して90°の傾斜角度 α を有する熱誘導面でモデル化した。従来型の加熱器は、白金合金の加熱素子を熱誘導面上に配置してモデル化した。交換可能な加熱カートリッジは、交換可能な加熱カートリッジのベースに対して60°の傾斜角度 α を有する熱誘導面でモデル化した。交換可能な加熱カートリッジは、二珪化モリブデンの加熱素子を熱伝導面上に位置付けてモデル化した。従来型の加熱器と交換可能な加熱カートリッジの両方を、動作出力6900Wでモデル化した。

図7は、傾斜角度 α が90°の従来型加熱器に対し、傾斜角度 α が60°の交換可能な加熱カートリッジを用いて加熱したことによるエッジ誘導部材の表面上の正規化した温度差を、グラフで示したものである。すなわち図7の等温線は、傾斜角度 α が90°の従来型加熱器を用いた加熱に対する、傾斜角度 α が60°の加熱カートリッジを用いた加熱の結果としての、エッジ誘導部材の表面温度の上昇を示している。図7に示されているように、傾斜角度 α が60°の交換可能な加熱カートリッジは、傾斜角度 α が90°の従来の設計に比べて、エッジ誘

14

導部材の平均温度を約18℃（エッジ誘導部材の表面全体に亘る平均）上昇させた。使用される加熱器に拘わらず、エッジ誘導部材の最低温度は通常、エッジ誘導部材の図7に表示されている底部高度での外側角部で発生する。ただしこのモデル化データは、傾斜角度 α が60°の交換可能な加熱カートリッジが、傾斜角度 α が90°の従来設計と比較して、この外側角部の温度を約19℃上昇させたことを示している。

図7のデータは、例えば約45°から約75°などの90°未満の傾斜角度 α を有する熱誘導面を有する、本明細書に記載の交換可能な加熱カートリッジが、従来型加熱器（すなわち、傾斜角度 α が90°の加熱器）に比べてエッジ誘導部材の表面を高い温度で維持するのにより効果的であり、従ってエッジ誘導部材上に延伸されるガラスの失透を低減するのにより効果的であることを示している。特に熱誘導面の傾斜角度により、熱をより効率的にエッジ誘導部材に向けて放射することができる。さらに、加熱面の傾斜角度により、着脱可能な加熱カートリッジを牽引ロールとエッジ誘導部材の間に挿入することができ、それによりエッジ誘導部材を、ヒートシンクとして作用する牽引ロールから熱的に遮蔽することができる。

請求される主題の精神および範囲から逸脱することなく、本明細書に記載された実施形態の種々の改変および変更が作製可能であることは当業者には明らかであろう。従って、本明細書に記載された種々の実施形態の改変および変更が、添付の請求項およびこれに準ずるものの範囲内であるならば、本明細書はこのような改変および変更を包含すると意図されている。

特許請求の範囲

【請求項1】ガラスリボンを作製する装置において、

下流方向に沿って集束して底部を形成する、一对の下向き傾斜成形面部分を備えた、成形ウェッジと、

前記一对の下向き傾斜成形面部分に交差している、エッジ誘導部材と、

前記底部および前記エッジ誘導部材の下流に位置付けられ、前記ガラスリボンのエッジ部分に係合するように位置付けられた、複数のエッジローラと、

前記成形ウェッジと、前記エッジ誘導部材と、前記複数のエッジローラとを包囲している、ハウジング、および、

前記エッジ誘導部材よりも下で前記ハウジングのポート内に着脱可能に位置付けられ、エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜した熱誘導面を有する前記エンクロージャを備えている、加熱カートリッジであって、前記熱誘導面が、前記熱誘導面の面上または前記熱誘導面の面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備えている、加熱カートリッジ、

を備え、前記加熱カートリッジが、前記熱誘導面が前記エッジ誘導部材に面し、かつ前記熱誘導面からの形態係数が複数の前記エッジローラよりも前記エッジ誘導部材で大きく、さらに前記熱誘導面の下方エッジと前記加熱カートリッジの前記底面とが前記エッジ誘導部材と前記複数のエッジローラとの間に少なくとも部分的に位置づけられて前記エッジ誘導部材を前記複数のエッジローラから熱的に遮蔽するように、配向されていることを特徴とする装置。

【請求項2】前記熱誘導面の角度が、前記エンクロージャの前記底面に対して約45°〜約75°であることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項3】前記熱誘導面が、前記エッジ誘導部材を少なくとも部分的に取り囲むように配向

された複数のファセットを備えることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項4】前記複数のファセットが、中央ファセットと該中央ファセットの両端部に位置する2つの側部ファセットとを含み、前記2つの側部ファセット夫々の、前記中央ファセットに対するその間の最大角度が、約14.5°から約17.5°であることを特徴とする、請求項3に記載の装置。

【請求項5】前記熱誘導面が、前記エッジ誘導部材を少なくとも部分的に取り囲むような曲面であることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項6】前記少なくとも1つの加熱素子が細長い断面を有するコイルを含むことを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項7】前記少なくとも1つの加熱素子が、二珪化モリブデン、白金、白金-ロジウム、および鉄-クロム-アルミニウム合金とから成る群から選択される材料から形成されていることを特徴とする、請求項6に記載の装置。

【請求項8】ガラスリボンを作製する装置において使用される交換可能な加熱カートリッジにおいて、

熱誘導面を有するエンクロージャであって、前記熱誘導面が、該エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜しており、前記熱誘導面が、前記熱誘導面の面上または該熱誘導面の面に隣接して位置付けられた、少なくとも1つの加熱素子を備えている、エンクロージャ、および、

前記エンクロージャ内部の、前記熱誘導面の背後に位置付けられた、耐火材料、を備え、前記熱誘導面からの形態係数が、前記エンクロージャの前記底面の下よりも前記エンクロージャの前記底面の上方で大きく、さらに前記熱誘導面の下方エッジと前記交換可能な加熱カートリッジの前記底面とが、前記熱誘導面よりも上の領域を前記熱誘導面より下の領域から熱的に遮蔽することを特徴とする、交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項9】前記熱誘導面の前記角度が、前記底面に対して約4.5°から約7.5°であることを特徴とする、請求項8に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項10】前記熱誘導面が複数のファセットを備えていることを特徴とする、請求項8に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項11】前記複数のファセットが、中央ファセットと該中央ファセットの両端部に位置する2つの側部ファセットとを含み、前記2つの側部ファセット夫々の、前記中央ファセットに対するその間の最大角度が約14.5°から約17.5°であることを特徴とする、請求項10に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項12】前記熱誘導面の前記中心ファセットの、前記エンクロージャの前記底面近傍から延在している遮蔽部材をさらに備えることを特徴とする、請求項11に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項13】前記熱誘導面が曲面を備えていることを特徴とする、請求項8に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項14】前記少なくとも1つの加熱素子が、二珪化モリブデンと、白金と、白金ロジウムと、鉄-クロム-アルミニウム合金とからなる群から選択される材料から形成されることを特徴とする、請求項8に記載の交換可能な加熱カートリッジ。

【請求項15】ガラスリボンの作製方法において、

成形ウェッジの、下流方向に沿って集束して底部を形成する、一対の下向き傾斜成形面部的に熔融ガラスを流す工程と、

前記一対の下向き傾斜成形面部的の少なくとも一方に交差している、エッジ誘導部材上に前記熔融ガラスを流す工程と、

前記熔融ガラスを前記成形ウェッジの前記底部から延伸して、前記ガラスリボンを成形する工程と、

ハウジングを貫いて延在している、前記底部および前記エッジ誘導部材の下流に位置付けられた複数のエッジローラを、前記ガラスリボンのエッジ部分に係合させる工程、および、

前記ハウジングのポート内に位置している交換可能な加熱カートリッジで、前記エッジ誘導部材を加熱する工程、

とを含み、前記交換可能な加熱カートリッジが、熱誘導面を有するエンクロージャを備え、前記熱誘導面が、前記エンクロージャの底面に対して約90°未満の角度で傾斜しており、前記熱誘導面が、該熱誘導面の面上または該熱誘導面に隣接して位置付けされた、少なくとも1つの加熱素子を備え、

さらに、前記交換可能な加熱カートリッジが、前記熱誘導面が前記エッジ誘導部材に面し、かつ前記熱誘導面からの形態係数が前記複数のエッジローラよりも前記エッジ誘導部材で大きく、さらに前記熱誘導面の下方エッジと前記交換可能な加熱カートリッジの前記底面とが前記エッジ誘導部材と前記複数のエッジローラとの間に少なくとも部分的に位置付けられて前記エッジ誘導部材を前記複数のエッジローラから熱的に遮蔽するように配向されていること特徴とする方法。

【請求項16】前記熱誘導面の前記角度が、前記底面に対して約4.5°から約7.5°であることを特徴とする、請求項15に記載の方法。

【請求項17】前記熱誘導面が、前記エッジ誘導部を少なくとも部分的に取り囲むように配向された、複数のファセットを備えていることを特徴とする、請求項15に記載の方法。

【請求項18】前記複数のファセットが、中心ファセットと該中心ファセットの両端部に位置する2つの側部ファセットとを含み、前記2つの側部ファセット夫々の、前記中心ファセットに対するその間の最大角度が、約14.5°から約17.5°であることを特徴とする、請求項17に記載の方法。

【請求項19】前記熱誘導面が、該熱誘導面が前記エッジ誘導部材を少なくとも部分的に取り囲むような曲面を備えていることを特徴とする、請求項15に記載の方法。

【請求項20】前記交換可能な加熱カートリッジが、ガラスリボンの成形されているときにに交換可能なものであることを特徴とする、請求項15に記載の方法。