[19] المملكة العربية السعودية SA
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

[11] رقم البراءة: ٢٦٦٦
[45] تاريخ المنح: ١٤٣٢/٠٧/١٠ هـ
الموافق: ٢٠١١/٠٦/١٤ م

[12] براءة اختراع

[72] اسم المخترع: آي- بينج تشونج، جيسي ستيفن تشامبرز، كارول آن سكنبر، روجر ال. بو، جايوانت دي. جاياكاران، ريتشارد تي. وايبل، مايكل جي. كلاكستون، ماريان زيمولا، دارين روبرت فوت

[73] مالك البراءة: جون زنك كمبني، ال ال سي
عنوانه: ١١٩٢٠ ايست باتشي، تولسا، اوكلاهوما، ٧٤١١٦، امريكا
جنسيته: امريكية

[74] الوكيل: سعود محمد الشواف

[21] رقم الطلب: ٠٧٢٨٠٠٤٨

[22] تاريخ الإيداع: ١٤٢٤/٠٨/١٩ هـ
الموافق: ٢٠٠٣/١٠/١٥ م

[62] طلب مجزأ من الطلب رقم ٠٣٢٤٠٣٤٦

[30] بيانات الأسبقية:
SA ٣٢٤٠٣٤٦ ١٤٢٤/٠٨/١٩ هـ

[51] التصنيف الدولي (IPC[8]): F23L 01/00

[56] المراجع:
US ٦٠٠٧٣٢٥ ١٩٩٩/١٢/٢٨م
US ٥٠٧٣١٠٥ ١٩٩١/١٢/١٧م

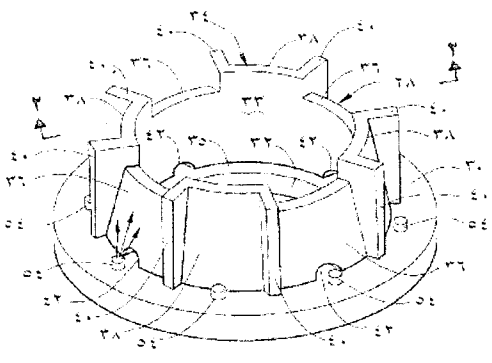
اسم الفاحص: عزيز بن محمد المنصور

[54] اسم الاختراع: أجهزة حرق غازية مدمجة تنتج NOx بمقادير منخفضة وطرق لذلك

Compact low NOx gas burner apparatus and methods

[57] الملخص: يزود الاختراع الراهن أجهزة حرق غازية مدمجة تنتج NO_x بمقادير منخفضة compact low NO_x gas burner apparatus وطرق لتصريف مخاليط من غاز وقود fuel gas وهواء في حيزات أفران furnace spaces حيث يُحرق الخليط بأنماط لهبية مطوية folded flame pattern وتُشكَّل منه غازات مداخن flue gases بها محتويات منخفضة من NO_x. ويشتمل جهاز حرق وفقاً للاختراع بشكل رئيسي على مبيت housing متصلة به بلاطة حارقة burner tile ووسيلة لإدخال الهواء فيه. وتحتوي بلاطة الحارقة على فتحة opening مشكلة فيها وجدار wall محيط بالفتحة يمتد داخل حيز فرن. وتكون الجوانب الخارجية للجدار مجزأة إلى أقسام بواسطة عوارض مرتبة بشكل نصف قطري radially positioned baffles حيث يكون للأقسام المتعاقبة alternating sections نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة. ويصرف غاز الوقود الأولي primary fuel gas المختلط مع غازات المداخن والهواء خلال بلاطة الحارقة. بينما يُصرف غاز الوقود الثانوي secondary fuel gas بجوار أقسام الجدار المائلة الخارجية وبذلك يختلط غاز الوقود الثانوي مع غازات المداخن في حيز الفرن. وتختلط التيارات الناتجة من غاز الوقود وغازات المداخن مع خليط غاز الوقود وغازات المداخن والهواء المصرف خلال بلاطة الحارقة ويُحرق الخليط الناتج في حيز الفرن.

عدد عناصر الحماية (٢٣)، عدد الأشكال (٥)



الشكل (١)

أجهزة حرق غازية مدمجة تنتج NO_x بمقادير منخفضة وطرق لذلك

Compact low NOx gas burner apparatus and methods

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

إن هذا الطلب عبارة عن طلب جزئي من الطلب رقم ٠٣٢٤٠٣٤٦ والذي تم إيداعه في المملكة العربية السعودية بتاريخ ١٤٢٤/٨/١٩هـ الموافق ٢٠٠٣/١٠/١٥ م.

يتعلق الاختراع الراهن بأجهزة حرق غازية gas burner apparatus وطرق لحرق مخاليط من غاز وقود fuel gas وهواء يتم بواسطتها إنتاج غازات مداخن flue gases بها محتويات منخفضة من NO_x.

تفرض السلطات الحكومية باستمرار معايير متعلقة بالابتعاث تحدّد كميات الملوثات الغازية مثل أكاسيد النتروجين oxides of nitrogen (NO_x) التي يمكن أن تبتعث إلى الجو. ولقد أدت مثل هذه المعايير إلى تطوير تصاميم مختلفة ومحسنة لحارقات غازية gas burners تخفض إنتاج NO_x والغازات الملوثة الأخرى. فعلى سبيل المثال، تم تطوير طرق وأجهزة حيث يُحرق كل الهواء وبعض الوقود في منطقة أولى بينما يُحرق الوقود المتبقي في منطقة ثانية. وفي وسيلة حرق الوقود المرحلية هذه، تعمل كمية زائدة من الهواء في المنطقة الأولى كمادة مخففة diluent تخفّض درجة حرارة غازات الاحتراق burning gases وبذلك تقلل تشكل NO_x. ولقد تم تطوير طرق وأجهزة أخرى حيث تخلط غازات المداخن مع غاز الوقود fuel gas و/أو مخاليط من غاز الوقود والهواء وذلك لتخفيف المخاليط وخفض درجات حرارة احتراقها وتشكل NO_x.

وعلى الرغم من أن الطرق وأجهزة الحرق وفقاً للتقنية السابقة الموصوفة أعلاه المستخدمة لإنتاج غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x قد حققت درجات متفاوتة من النجاح، إلا أنه لا تزال هنالك حاجة لتحسين أجهزة الحرق الغازية والطرق المستخدمة لحرق غاز الوقود حيث يستخدم جهاز حرق بسيط مجدٍ اقتصادياً ويتم إنتاج غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x. كما أن أجهزة الحرق المستخدمة حتى الآن لإجراء الطرق الموصوفة أعلاه كبيرة عموماً، وهي تنتج ألهبة طويلة ولها نسب طي turn down منخفضة.

ولذلك هنالك حاجة لأجهزة وطرق حرق محسّنة تنتج غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x وتكون أجهزة الحرق مدمجة، وتنتج ألهبة قصيرة ولها نسب طي عالية.

الوصف العام للاختراع

يزود الاختراع الراهن أجهزة حرق غازية مدمجة تنتج NO_x بمقادير منخفضة وطرق لذلك تفي بالاحتياجات الموصوفة أعلاه وتتغلب على نواقص التقنية السابقة. أي، يزود الاختراع الراهن أجهزة حرق غازية محسّنة وطرق محسّنة لتصريف مخاليط من غاز وقود وهواء داخل حيزات الأفران furnace spaces حيث تحرق المخاليط وتشكّل منها غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x. كما أن أجهزة الحرق المدمجة وفقاً لهذا الاختراع أصغر حجماً من معظم أجهزة الحرق وفقاً للتقنية السابقة، ولها نسب طي عالية وتنتج ألهبة قصيرة.

ويشتمل جهاز حرق غازي مدمج وفقاً لهذا الاختراع بشكل رئيسي على مبيت housing له طرف مفتوح متصل بحيز فرن ووسيلة لإدخال دفق هوائي بمعدل مضبوط إلى المبيت المتصل بها. وتوصل بلاطة حارقة حرارية refractory burner tile بالطرف المفتوح للمبيت ويشكّل فيها فتحة opening لإتاحة مرور الهواء من المبيت إلى حيز الفرن. وتشتمل بلاطة الحارقة على جدار

محيط بالفتحة يمتد داخل حيز الفرن ويشكّل منطقة خلط mixing zone داخل الجدار وفوقه. وتكون الجوانب الخارجية للجدار مجزّأة إلى أقسام بواسطة عدة عوارض baffles متصلة بها مرتبة بشكل نصف قطري حيث يكون للأقسام المتعاقبة alternating sections نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة. وتحتوي بعض الأقسام أو جميعها، ويفضل كل قسم بعد الآخر، على ممرات passageways مشكّلة فيها لنقل غاز الوقود الأولي من خارج الأقسام إلى داخل الجدار. وبشكل اختياري، يمكن أن ترتب فوهة غاز وقود أولي primary fuel gas nozzle متصلة بمصدر لغاز الوقود داخل الفتحة وجدار بلاطة الحارقة وذلك لخلط كمية إضافية من غاز الوقود الأولي مع الهواء المتدفق خلال بلاطة الحارقة. وتزود فوهة غاز وقود واحدة أو أكثر، ويفضل أن تزود فوهة واحدة لكل قسم جدار مائل خارجي، متصلة بمصدر لغاز الوقود ومرتبة خارج جدار الحارقة من أجل تصريف غاز الوقود الثانوي بجوار قسم واحد أو أكثر. كما تقوم فوهة غاز وقود واحدة أو أكثر، ويفضل كل فوهة غاز وقود بعد الأخرى، بتصريف غاز الوقود الأولي وغازات المداخن داخل وخلال ممرات غاز الوقود الأولي وبذلك يختلط غاز الوقود الثانوي مع غازات المداخن في حيّز الفرن، ويختلط خليط غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن مع كل من الهواء غير المحترق، غاز الوقود الأولي وغازات المداخن المتدفقة خلال الفتحة والجدار لبلاطة الحارقة ويُحرق الخليط الناتج في حيّز الفرن بنمط لهبي مطوي folded flame pattern.

وباستخدام الطرق المحسّنة وفقاً للاختراع الراهن يتم تصريف خليط من غاز وقود وهواء داخل حيز فرن حيث يُحرق الخليط بنمط لهبي مطوي وتتشكّل منه غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x. وتتضمن طريقة وفقاً لهذا الاختراع بشكل رئيسي الخطوات التالية: تصريف الهواء إلى منطقة خلط داخل وبجوار جدار يمتد داخل حيز الفرن وله جوانب خارجية مجزّأة إلى أقسام متعاقبة بواسطة عدة عوارض متصلة بها مرتبة بشكل نصف قطري. ويكون للأقسام

المتعاقبة نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة. ويحتوي قسم واحد أو أكثر، ويفضل كل قسم بعد الآخر، على ممرات مشكّلة فيه لنقل خليط من غاز وقود أولي وغازات مداخن من خارج الأقسام إلى داخل الجدار. ويُصرَّف جزء أولي لغاز الوقود من مواقع خارج الجدار وبجوار قسم واحد أو أكثر من أقسام الجدار التي بها ممرات مشكّلة فيها بحيث يُخلط الجزء الأولي لغاز الوقود مع غازات المداخن في حيز الفرن ويتدفق الخليط الناتج من غاز الوقود الأولي وغازات المداخن نحو منطقة الخلط داخل الجدار عبر ممر واحد أو أكثر من الممرات لتشكيل خليط من غاز وقود أولي وغازات مداخن وهواء يتدفق داخل حيز الفرن. وفي نفس الوقت، يُصرّف جزء ثانوي من غاز الوقود من موقع واحد أو أكثر خارج الجدار وبجوار قسم واحد أو أكثر من أقسام الجدار بحيث يختلط الجزء الثانوي لغاز الوقود مع غازات المداخن في حيز الفرن ويصرف خليط غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن إلى خليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء في عدة تيارات منفصلة تدخل وتختلط مع غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء لتشكيل خليط من غاز وقود وغازات مداخن وهواء مختلط بدرجة عالية يحترق بنمط لهبي مطوي.

وستتضح أهداف الاختراع الراهن، سماته ومزاياه بسهولة لأولئك المتمرسين في التقنية عند قراءة وصف التجسيدات المفضلة التالية بالاقتران مع الرسوم المرفقة.

<u>شرح مختصر للرسومات</u>

الشكل ١ : يبيّن رسماً منظورياً لبلاطة الحارقة وفقاً للاختراع الراهن التي تشتمل على جدار مجزّأ إلى أقسام بواسطة عدة عوارض نصف قطرية بحيث يكون للأقسام المتعاقبة ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة بزوايا مختلفة.

الشكل ٢ : يبيّن منظراً جانبياً لمقطع عرضي لجهاز الحرق وفقاً للاختراع الراهن متصل بجدار فرن يشتمل على بلاطة الحارقة وفقاً للشكل ١ وأخذ منظر بلاطة الحارقة على امتداد الخط ٢-٢ للشكل ١.

الشكل ٣ : يبيّن منظراً علوياً للحارقة وفقاً للشكل ٢ مأخوذاً على امتداد الخط ٣-٣ للشكل ٢.

الشكل ٤ : يبيّن منظراً جانبياً لمقطع عرضي لبلاطة الحارقة مأخوذاً على امتداد الخط ٤-٤ للشكل ٣.

الشكل ٥ : يبيّن صورة للنمط اللهبي المطوي الناتج بواسطة أجهزة الحرق والطرق وفقاً لهذا الاختراع.

<u>الوصف التفصيلي</u>

بالرجوع الآن إلى الأشكال، يوضح جهاز حرق غازي مدمج ينتج NO_x بمقدار منخفض وفقاً للاختراع الراهن ويُشار إليه عموماً بالرقم ١٠. وكما هو مبيّن بشكل أفضل في الشكل ٢، يوصل جهاز الحرق ١٠ بشكل مانع للتسرب بالجدار السفلي ١٢ لحيز فرن فوق فتحة مشكّلة فيه. ومع أنه يُركّب جهاز الحرق الغازي على نحو نموذجي بشكل رأسي ويشعل نحو الأعلى كما هو مبيّن في الشكل ٢، إلا أنه ينبغي أن يفهم أنه يمكن كذلك تركيب جهاز الحرق بشكل أفقي وإشعاله بشكل أفقي أو تركيبه بشكل رأسي وإشعاله نحو الأسفل. ويتكون جهاز الحرق ١٠ من مبيت ١٤ له طرف مفتوح open end ١٦ وطرف مفتوح ١٨. ويتصل المبيت ١٤ بجدار الفرن ١٢ بواسطة شفة flange ٢٠ وعدة براغي bolts ٢٢ تمتد خلال فتحات متممة في الشفة ٢٠ والجدار ١٢.

ويوصل جهاز تحكم لتنظيم معدل تدفق الهواء air flow rate regulating register ٢٤ بالمبيت ١٤ عند طرفه المفتوح ١٦ لتنظيم معدل تدفق هواء الاحتراق الداخل إلى المبيت ١٤. ويشتمل جدار الفرن ١٢ على طبقة داخلية من مادة عازلة ٢٦ متصلة به، ويشتمل الطرف المفتوح ١٨ للمبيت ١٤ على بلاطة حارقة ٢٨ مشكّلة من مادة حرارية مقاومة للهب والحرارة flame and heat resistant refractory material متصلة به. وكما هو موضح في الشكل ٢، يحدد كل من السطح الداخلي للمادة العازلة insulating material ٢٦ المتصل بجدار الفرن ١٢ والسطح العلوي للجزء القاعدي base portion ٣٠ لبلاطة الحارقة ٢٨ حيز فرن يحترق داخله غاز الوقود والهواء اللذين تم تصريفهما بواسطة جهاز الحرق ١٠. وتحتوي بلاطة الحارقة ٢٨ على فتحة مركزية central opening ٣٢ مشكّلة في جزئها القاعدي ٣٠ يُصرف خلالها الهواء الذي يتم إدخاله في المبيت ١٤ بواسطة جهاز التحكم بدخول الهواء ٢٤. كما تشتمل بلاطة الحارقة على جزء جداري wall portion ٣٤ يشتمل على سطح داخلي مجوف recessed interior surface ٣٣ يحيط بالفتحة ٣٢ ويشكل حافة ناتئة دائرية circular ledge ويمتد داخل حيز الفرن. ويمكن أن تتخذ كل من بلاطة الحارقة ٢٨، السطح الداخلي ٣٣ للجزء الجداري ٣٤ والفتحة المركزية ٣٢ في الجزء القاعدي ٣٠ لبلاطة الحارقة ٢٨ بالإضافة إلى المبيت ١٤ أشكالاً مختلفة، مثلاً، شكلاً دائرياً circular، مستطيلاً rectangular، مربعاً square، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر. غير أنه، يفضل أن يشتمل جهاز الحرق ١٠ على بلاطة حارقة دائرية الشكل ٢٨ تحتوي على فتحة دائرية ٣٢ مشكلة فيها وجزء جداري دائري ٣٤. كما يفضل أن يشتمل المبيت ١٤ على فتحة دائرية ١٨ مشكلة فيه ويفضل أن يكون المبيت أسطواني الشكل. غير أنه، يمكن أن يشتمل المبيت كذلك على فتحة مربعة الشكل ١٨ مشكلة فيه ويمكن أن يكون له جوانب مربعة أو مستطيلة الشكل ١٥. وفي تجسيد مفضل كما هو مبين في الشكل ٢، تكون الفتحة الدائرية ٣٢ في بلاطة الحارقة

الدائرية ٢٨ أصغر حجماً من السطح الداخلي ٣٣ في جدارها ٣٤ بحيث تزود حافة ناتئة دائرية ٣٥ في البلاطة ٢٨ تعمل كسطح لتثبيت اللهب flame stabilizing surface.

وبالرجوع الآن إلى الشكل ١، يبيّن رسم منظوري لبلاطة الحارقة ٢٨ وجدارها ٣٤. وتكون الجوانب الداخلية للجدار ٣٤ رأسية كما هو مبيّن على أفضل وجه في الشكل ٢. وتكون الجوانب الخارجية للجدار ٣٤ مجزّأة إلى عدة أقسام ٣٦ و ٣٨ بواسطة عوارض مرتبة بشكل نصف قطري ٤٠ حيث يكون للأقسام المتعاقبة ٣٦ و ٣٨ نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة ٣٢ بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة. ويفضل أن يكون للأقسام المتعاقبة ارتفاعات مختلفة وأن تميل بزوايا مختلفة كما هو مبيّن في الرسوم.

وبالرجوع الآن إلى الشكل ٤، يمكن ملاحظة أنه يكون للأقسام ٣٦، في تجسيد مفضل، ارتفاعات منخفضة وتميل نحو الفتحة ٣٢ في بلاطة الحارقة ٣٤ بزوايا كبيرة مقارنة مع الأقسام ٣٨ التي لها ارتفاعات أعلى وتميل نحو الفتحة ٣٢ بزوايا أصغر. وكما سيُفهم الآن وكما هو مبيّن في الأشكال ١-٤، تتعاقب الأقسام ٣٦ و ٣٨ بين العوارض ٤٠ حول الجدار ٣٤. وفي التجسيد الموضح في الرسم، توجد أربعة أقسام ٣٦ وأربعة أقسام ٣٨. واعتماداً على حجم الحارقة، يمكن أن يوجد عدد من الأقسام المتعاقبة أكبر أو أقل من ذلك، بحيث يكون المجموع الكلي أعداداً زوجية، مثلاً، ٤، ٦، ٨، ١٠، إلخ.

ويكون للأقسام المتعاقبة ٣٦ ارتفاعات تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٤٠.٦٤ سم centimeter (١٦ بوصة inches) وتميل نحو الفتحة ٣٢ بزاوية تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٩٠°. أما الأقسام المتعاقبة ٣٨ فيمكن أن يكون لها نفس ارتفاعات الأقسام المتعاقبة ٣٦ أو ارتفاعات مختلفة عنها تتراوح من حوالي ٥.٠٨ سم (بوصتين) إلى حوالي ٤٠.٦٤ سم (١٦

بوصة) وتميل نحو الفتحة ٣٢ بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٦٠°. ويفضل أن يكون للأقسام المتعاقبة ٣٦ ارتفاعات تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٤٠.٦٤ سم (١٦ بوصة) وتميل بزاوية تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٩٠° بينما يكون للأقسام المتعاقبة ٣٨ ارتفاعات مختلفة تتراوح من حوالي ٥.٠٨ سم (بوصتيْن) إلى حوالي ٤٠.٦٤ سم (١٦ بوصة) وتميل بزوايا مختلفة تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٦٠°. وكما هو مبيّن على أفضل وجه في الأشكال ٢-٤، يشتمل كل قسم من الأقسام ٣٦ على ممر ٤٢ يمتد من خارج الجدار ٣٤ إلى داخله ويتدفق خلاله غاز الوقود المختلط مع غازات المداخن كما سيوصف بشكلٍ إضافي أدناه.

وفي ترتيبة مفضلة حالياً، يكون للقسم الأول من الأقسام المتعاقبة ارتفاع يبلغ حوالي ١٧.٧٨ سم (٧ بوصات) ويميل نحو الفتحة بزاوية تبلغ حوالي ٢٠°، بينما يكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة ارتفاع يبلغ حوالي ٢٢.٨٦ سم (٩ بوصات) ويميل نحو الفتحة بزاوية تبلغ حوالي ١٠°.

وكما هو مبين في الشكلين ١ و ٢، يمكن ترتيب فوهة غاز وقود أولي مركزية central primary fuel gas nozzle ٤٤ اختيارياً داخل الفتحة ٣٢ بالقرب من الجزء السفلي لبلاطة الحارقة ٢٨. وعند استخدامها، توصل الفوهة ٤٤ بمشعب manifold ٤٨ لغاز الوقود بواسطة قناة conduit ٤٦. وتوصل القناة ٤٦ بالمشعب ٤٨ بواسطة وصيلة union ٥٠ وتوصل قناة ٥٢ متصلة بالمشعب ٤٨ بمصدر لغاز وقود مضغوط. وكما هو مبيّن في الشكلين ٢ و ٣، يمكن ترتيب أنبوب فنتوري venturi ٣٧ اختيارياً حول الفوهة ٤٤ وفوقها بحيث يشكّل خليط من غاز وقود وهواء فقير بغاز الوقود ويُحرق في الأنبوب الفنتوري ٣٧ وفوقه. كما يمكن أن تشتمل الحارقة ١٤ اختيارياً على عدة فوهات ٤٤ وأنابيب فنتورية ٣٧ بدلاً من الفوهة المفردة ٤٤ والأنبوب

الفنتوري المفرد ٣٧.

وكما هو مبيّن على أفضل وجه في الشكليْن ٢ و ٣، توجد عدة فوهات ٥٤ لتصريف غاز الوقود الثانوي مرتبة بشكل متباعد على السطح ٣٠ لبلاطة الحارقة ٢٨ بجوار الأجزاء السفلية للأقسام ٣٦ و ٣٨ للجدار ٣٤. وترتب الفوهات ٥٤ بجوار نقاط تقاطع الأقسام ٣٦ و ٣٨ مع سطح الجزء القاعدي ٣٠ لبلاطة الحارقة ٢٨. وتوصل الفوهات ٥٤ بقنوات غاز الوقود ٥٦ (انظر الشكل ٢) المتصلة بمشعب غاز الوقود ٤٨ بواسطة الوصيلات ٥٨. وتشتمل الفوهات ٥٤ المرتبة بجوار الأقسام ٣٨ على فتحات لتصريف غاز الوقود يتم بواسطتها تصريف غاز الوقود الثانوي بأشكال مروحية fan shapes بموازاة السطوح الخارجية للأقسام ٣٨ وبجوارها بصفة جوهرية. وتشتمل الفوهات ٥٤ المرتبة بجوار الأقسام ٣٦ على فتحات لتصريف غاز الوقود مشكلة فيها يتم بواسطتها تصريف غاز الوقود الثانوي بأشكال مروحية بموازاة السطوح الخارجية للأقسام ٣٦ وبجوارها بصفة جوهرية. وعندما يتدفق غاز الوقود الثانوي المصرف بواسطة الفوهات ٥٤ على سطوح الأقسام ٣٦ و ٣٨، تخلط غازات المداخن في حيز الفرن خارج بلاطة الحارقة ٢٨ مع غاز الوقود الثانوي.

وترتب الممرات ٤٢ في الأقسام ٣٦ بجوار الفوهات ٥٤ كما هو موضح على أفضل وجه في الشكل ٣. وبالإضافة إلى فتحات تصريف غاز الوقود المستخدمة لتصريف غاز الوقود الثانوي بموازاة سطوح الأقسام ٣٦، تشتمل فوهات غاز الوقود ٥٤ المجاورة للأقسام ٣٦ والممرات ٤٢ المشكلة فيها على فتحات لتصريف غاز وقود أولي وذلك لتصريف غاز الوقود الأولي إلى الجزء الداخلي للفتحة ٣٢ والجدار ٣٤ لبلاطة الحارقة ٢٨. وبسبب تدفق تيارات غاز الوقود الأولي خلال الفتحات ٤٢، فإنه يتم سحب غازات المداخن الموجودة في حيز الفرن خارج بلاطة الحارقة ٢٨ إلى الفتحات ٤٢ وجعلها تتدفق خلالها مع غاز الوقود الأولي نحو الجزء الداخلي للفتحة ٣٢

والجدار ٣٤ لبلاطة الحارقة ٢٨.

وبينما يفضل أن تقع الممرات ٤٢ التي تتدفق خلالها تيارات غاز الوقود الأولي وغازات المداخن في كل قسم بعد الآخر كما وصف أعلاه، إلا أنه ينبغي أن يفهم أنه يمكن استخدام واحد أو أكثر من الممرات ٤٢ التي تتدفق خلالها تيارات غاز الوقود الأولي وغازات المداخن في الجدار ٣٤ لبلاطة الحارقة ٢٨.

وبالإضافة إلى تحديد الأقسام ٣٦ و ٣٨، تقوم العوارض بتجزئة غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن إلى عدة تيارات منفصلة تدخل وتختلط بشكلٍ متآلف مع مخاليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء المصرفة من داخل الجدار ٣٤ لبلاطة الحارقة ٢٨. ويتم إشعال مخاليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء المشكلة داخل الجدار ٣٤ أثناء وجودها داخل الجدار ٣٤ ومن ثم تتدفق خارجه. وينتج عن التصادمات بين تيارات غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن مع مخاليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء عدة ألهبة ٦٠ على شكل حرف "U" أو مطوية كما هو مبين في الشكل ٥. وكما هو معروف جيداً لأولئك المتمرسين في التقنية، تتمثل إحدى الآليات الرئيسية التي تنتج NO_x في عملية احتراق في آلية حرارية لإنتاج NO_x، أي أنه كلما زادت درجة حرارة اللهب، زاد مقدار NO_x المتشكّل. وفي جهاز الحرق وفقاً لهذا الاختراع، تتيح الألهبة المطوية folded flames ٦٠ المتعددة المبينة في الشكل ٥ خلط غاز الوقود بسرعة مع غازات المداخن قبل حرقه مع الهواء وأثناء ذلك وبذلك ينخفض إنتاج NO_x. كما أنه تتسبب المساحة السطحية surface area المرتفعة للألهبة المطوية والملتفة ٦٠ في اختلاط غازات المداخن مع الألهبة بفعالية أكبر، وتتيح الثغرات breaks ٦٢ في الألهبة التي توجد بين الطيات نفاذ غازات المداخن أيضاً بين الألهبة والاختلاط معها، وهذا كله يسهم في إنتاج NO_x بمقدار منخفض جداً.

وعند تشغيل جهاز الحرق ١٠، يتم إدخال غاز الوقود إلى حيز الفرن الذي تتصل به الحارقة ١٠ ويُحرق فيه بمعدل تدفق يؤدي إلى إطلاق مقدار الحرارة المرغوب. كما يتم إدخال الهواء إلى مبيت الحارقة ١٤ ويتدفق عمود من الهواء نحو حيز الفرن. ويزيد معدل تدفق الهواء الذي يتم إدخاله إلى حيز الفرن عن معدل تدفق الهواء اللازم لتشكيل خليط منضبط من هواء وغاز وقود بنسبة تتراوح من حوالي صفر٪ إلى حوالي ١٠٠٪. ويفضل أن يزيد معدل تدفق الهواء عن معدل التدفق المنضبط للهواء بحوالي ١٥٪. وبعبارة أخرى، يحتوي خليط غاز الوقود والهواء المصرف داخل حيز الفرن على كمية زائدة من الهواء بنسبة تتراوح من حوالي صفر٪ إلى حوالي ١٠٠٪. وكما هو مبيّن في الشكل ٢، يتدفق عمود الهواء خلال المبيت ١٤ وخلال الفتحة ٣٢ في بلاطة الحارقة ٢٨ نحو منطقة الخلط المشكّلة داخل الجدار ٣٤ وفوقه. وأثناء وجوده داخل منطقة الخلط، يختلط الهواء مع غاز الوقود الأولي وغازات المداخن المصرفة داخل منطقة الخلط عبر الممرات ٤٢ وفوهات غاز الوقود ٥٤ المرتبة بجوار الممرات ٤٢ وبشكل اختياري عبر فوهة غاز الوقود ٤٤. ويحرق الخليط الناتج من غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء الذي يحتوي على كمية زائدة كبيرة من الهواء داخل الجزء العلوي لبلاطة الحارقة ٢٨ وبجواره ويكون لغازات المداخن المتشكّلة منه محتويات منخفضة جداً من NO_x نتيجة لتخفيف غاز الوقود بالكمية الزائدة من الهواء وغازات المداخن.

ويُخلط غاز الوقود الثانوي المصرف باتجاهات موازية لسطوح الأقسام ٣٦ و ٣٨ بواسطة الفوهات ٥٤ مع غازات المداخن المحيطة ببلاطة الحارقة ٢٨. وتصرف المخاليط الناتجة من غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن إلى خليط غاز الوقود الأولي والهواء المتدفق من داخل الجدار ٣٤ في عدة تيارات منفصلة تشكّل نمطاً لهبياً مطوياً وتختلط مع خليط غاز الوقود الأولي والهواء لتشكيل خليط من غاز وقود وغازات مداخن وهواء مختلط بدرجة عالية. ويحترق خليط غاز وقود

وغازات مداخن وهواء على شكل ألهبة مطوية متعددة في حيز الفرن ويُنتِج غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x نتيجة لتخفيف غاز الوقود بكمية زائدة باردة نسبياً من الهواء وغازات المداخن.

ومع أنه يفضل تصريف غاز الوقود الثانوي بواسطة الفوهات ٤٤ بجوار سطوح كل من الأقسام ٣٦ و ٣٨، إلاّ أنه ينبغي أن يفهم أنه يمكن تصريف غاز الوقود الثانوي من فوهة واحدة أو أكثر من الفوهات ٤٤ بجوار واحد أو أكثر من الأقسام ٣٦ و ٣٨.

وتتضمن طريقة وفقاً لهذا الاختراع لتصريف خليط من غاز وقود وهواء داخل حيز فرن حيث يُحرق الخليط بنمط لهبي مطوي وتشكّل منه غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x الخطوات التالية: (أ) تصريف الهواء إلى منطقة خلط داخل وبجوار جدار يمتد داخل حيز الفرن وله جوانب خارجية مجزّأة إلى أقسام متعاقبة بواسطة عدة عوارض متصلة بها مرتبة بشكل نصف قطري، ويكون للأقسام المتعاقبة نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة ويحتوي واحد أو أكثر من الأقسام المتعاقبة على ممرات مشكّلة فيها لنقل خليط من غاز وقود أولي وغازات مداخن من خارج القسم إلى داخل الجدار؛ (ب) تصريف جزء أولي من غاز الوقود من مواقع خارج الجدار وبجوار قسم واحد أو أكثر من أقسام الجدار التي تحتوي على ممرات مشكّلة فيها بحيث يُخلط الجزء الأولي لغاز الوقود مع غازات المداخن في حيز الفرن ويتدفق الخليط الناتج من غاز الوقود الأولي وغازات المداخن نحو منطقة الخلط داخل الجدار عبر الممرات المذكورة لتشكيل خليط من غاز وقود أولي وغازات مداخن وهواء يتدفق نحو حيز الفرن؛ و(جـ) تصريف جزء ثانوي من غاز الوقود من موقع واحد أو أكثر من المواقع خارج الجدار وبجوار قسم واحد أو أكثر من أقسام الجدار بحيث يتخلط الجزء الثانوي لغاز الوقود مع غازات المداخن في حيز الفرن ويصرف خليط غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن إلى خليط غاز الوقود الأولي

وغازات المداخن والهواء في تيار منفصل واحد أو أكثر مشكّل بواسطة العوارض المرتبة بشكل نصف قطري، حيث يدخل ويختلط مع خليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء لتشكيل خليط من غاز وقود وغازات مداخن وهواء مختلط بدرجة عالية يحترق بالنمط اللهبي المطوي.

كما يمكن أن تتضمن الطريقة أعلاه الخطوة الاختيارية التي تتضمن إدخال جزء من غاز الوقود الأولي إلى منطقة الخلط داخل جدار بلاطة الحارقة وبذلك يختلط غاز الوقود الأولي مع الهواء الموجود فيها.

ويمكن أن يحتوي خليط غاز الوقود، غازات المداخن والهواء المصرف داخل حيز الفرن وفقاً للخطوة (ب) على كمية زائدة من الهواء بنسبة تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ١٠٠٪. ويشكّل الجزء الأولي من غاز الوقود المستخدم وفقاً للخطوة (ب) نسبة تتراوح من حوالي ٢٪ إلى حوالي ٤٠٪ من حجم غاز الوقود الكلي المصرف داخل حيز الفرن بينما يشكل الجزء الثانوي لغاز الوقود المستخدم وفقاً للخطوة (جـ) نسبة تتراوح من حوالي ٦٠٪ إلى حوالي ٩٨٪ من حجم غاز الوقود الكلي المصرف داخل حيز الفرن.

وتتضمن طريقة أخرى وفقاً لهذا الاختراع لتصريف خليط من غاز وقود وهواء داخل حيز فرن حيث يُحرق الخليط بنمط لهبي مطوي وتشكّل منه غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x الخطوات التالية: (أ) تصريف عمود من الهواء داخل حيز الفرن؛ (ب) توجيه جزء أول من غاز الوقود المختلط مع غازات المداخن من حيز الفرن نحو عمود الهواء؛ و (جـ) توجيه جزء ثانٍ من غاز الوقود المختلط مع غازات المداخن من حيز الفرن نحو عمود الهواء الذي يحتوي على الجزء الأول من غاز الوقود المختلط مع غازات المداخن في عدة تيارات منفصلة من مواقع متباعدة حول العمود، وتدخل التيارات المنفصلة إلى العمود بشكل نصف قطري وتحترق فيه مع

الجزء الأول لغاز الوقود على شكل ألهبة مطوية منفصلة محاطة بغازات المداخن والهواء ومختلطة معها.

وتتضمن طريقة أخرى أيضاً وفقاً لهذا الاختراع لتصريف خليط من غاز وقود وهواء داخل حيز فرن حيث يُحرق الخليط بنمط لهبي مطوي وتشكّل منه غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x الخطوات التالية: (أ) تصريف الهواء المذكور داخل حيز الفرن المذكور؛ و(ب) تصريف غاز الوقود المذكور المختلط مع غازات المداخن من حيز الفرن المذكور إلى الهواء المذكور في تيارين منفصلين أو أكثر يدخلان الهواء ويحترقان فيه على شكل لهب مطوي واحد أو أكثر محاط بغازات المداخن والهواء ومختلط معهما.

ولتوضيح الجهاز وفقاً لهذا الاختراع، وتشغيله وطرق الاختراع بشكل إضافي، يقدم المثالان التاليان.

المثال ١

تم إشعال جهاز حرق ١٠ مصمم لإطلاق حرارة بمعدل ٢٠١٦٠٠٠ كيلو سعر حراري kilo calorie/ساعة (٨٠٠٠٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية British thermal unit (BTU) لكل ساعة) عن طريق حرق غاز طبيعي له قيمة سعرية بلغت ٨١٢٥ كيلو سعر حراري/م^3 قياسي (٩١٣ وحدة حرارية بريطانية/قدم^3 قياسي) داخل حيز فرن. وزوّد غاز وقود مضغوط إلى المشعب ٤٨ في الحارقة ١٠ عند ضغط بلغ حوالي ٢٢٧.٥ كيلوباسكال (٣٣ رطل/بوصة^2 قياسي) وبمعدل تدفق بلغ حوالي ٢٤٨.٣ م^3/ساعة (٨٧٦٥ قدم^3 قياسي/ساعة). واستخدم جزء من غاز الوقود (بلغ معدل تدفقه ٤٩.٦٥ م^3/ساعة (١٧٥٣ قدم^3 قياسي/ساعة)) بلغ ٢٠٪ بالحجم بصفته غاز وقود أولي وصرِّف داخل الفتحة ٣٢ والجدار ٣٤ لبلاطة الحارقة ٢٨ بواسطة فوهة تصريف غاز الوقود

٤٤ وفوهات تصريف غاز الوقود ٥٤ المرتبة بجوار الفتحات ٤٢ في الجدار ٤٠ لبلاطة الحارقة ٢٨. وصُرف الجزء المتبقي من غاز الوقود، أي، الجزء الثانوي (بمعدل بلغ ١٩٨.٦ م^3/ساعة (٧٠١٢ قدم^3 قياسي/ساعة)) داخل حيز الفرن بواسطة الفوهات ٥٤ في تيارات غاز وقود منفصلة مختلطة مع غازات المداخن.

وكان معدل تدفق الهواء الداخل إلى حيز الفرن بواسطة جهاز التحكم بدخول الهواء air register ٢٤، المبيت ١٤ وبلاطة الحارقة ٢٨ يزيد عن معدل تدفق الهواء المنضبط بنسبة لا تقل عن ١٥٪ بالنسبة لمعدل تدفق غاز الوقود الكلي. وبدأ خليط غاز الوقود الأولي وغازات المداخن والهواء بالاحتراق بالقرب من الممرات ٤٢ والجزء العلوي لجدار بلاطة الحارقة ٣٤. واختلطت مخاليط غاز الوقود وغازات المداخن المصرفة بزوايا مختلفة نحو الخليط المحترق جزئياً من غاز الوقود والهواء وغازات المداخن عند الجزء العلوي لجدار بلاطة الحارقة ٣٤ بشكلٍ متآلف مع غازات المداخن من حيز الفرن والهواء المتبقي الموجود فيه واحترقت فوق بلاطة الحارقة على شكل لهب قصير له نمط لهبي مطوي. ونظراً لتخفيف غازيْ الوقود الأولي والثانوي بغازات المداخن والكمية الزائدة من الهواء والخلط المتآلف لخليط غاز الوقود والهواء وغازات المداخن، كان للحارقة نسبة طي عالية وأنتجت ابتعاثات منخفضة جداً من NO_x. وأخيراً، كان لجهاز الحرق أبعاد مدمجة (أصغر بكثير من الحارقات الأخرى التي تنتج NO_x بمقادير منخفضة) ويمكن تركيبه بسهولة في الأفران الحالية.

المثال ٢

استخدم برنامج محاكاة بواسطة كمبيوتر computer simulation program لرؤية النمط اللهبي الذي ينتجه جهاز الحرق ١٠ عند تشغيله وفقاً لما هو موصوف في المثال ١ أعلاه.

وحُصل على البرامجيات software المستخدمة من شركة فلوِنت إنك. أوف لِبانون Fluent Inc. of Lebanon، ولاية نيوهامبشر New Hampshire. وأعيد تصميم الحارقة في برنامج المحاكاة برسم تفصيلي كامل ثلاثي الأبعاد يشمل كل المعالم المهمة مثل واجهات البلاطة tile facets، ثقوب نفاذ غاز الوقود fuel gas port drillings، الحافة الناتئة في البلاطة المبقية للهب flame holder tile ledge والشكل الكامل للحيز الممتلئ بالهواء complete air plenum configuration.

ثم تم تحضير نموذج ثلاثي الأبعاد للفرن الذي اختبر فيه جهاز الحرق وركّب نموذج الحارقة في نموذج الفرن تماماً مثل الحارقة وفرن الاختبار المستخدميْن في المثال ١ باستثناء دخول الهواء إلى المبيت من الجانب بدلاً من الأسفل. وجُزِّئت حيزات التدفق في نموذج الحارقة إلى أحجام صغيرة باستخدام الطريقة الحجمية المحدودة finite volume method وطبقت الظروف الحدية، مثلاً، ضغط الوقود fuel pressure، معدلات التدفق flow rates، إلخ. عند مداخل نموذج الحارقة. ثم قامت البرامجيات بحساب والتنبؤ بأنماط التدفق إضافة إلى القيم الخاصة بتفاعلات الاحتراق والنمط اللهبي الناتج عن طريق الحساب التكراري للقيم الخاصة بكل وسائط الاحتراق والتدفق في كل حجم من الأحجام الصغيرة.

وكرِّرت الحسابات إلى أن قل الخطأ المتوقع إلى مستوى مرغوب ومن ثم غذي الخرج output (وهو عبارة عن جدول للقيم الخاصة بكل حجم) إلى حزمة برامجية للرسوم البيانية graphics software package أنتجت جانبية لدرجات الحرارة الاستاتية عند مستويات مقطوعة خلال اللهب بمساقط رأسية مقصودة. وتبيّن إحدى هذه المساقط الرأسية في الشكل٥.

وكما هو مبيّن في الشكل ٥، يشتمل النمط اللهبي على ثمانية ألهبة مطوية ٦٠ تقابل الأقسام الثمانية ٣٦ و ٣٨ لبلاطة الحارقة التي تحتوي على ثغرات ٦٢ بين الطيات. ويتم إنتاج

اللهب المركزي ٦٤ عن طريق حرق الوقود المصرّف من فوهة غاز الوقود ٤٤.

وكما ذكر مسبقاً في هذا البيان،تتيح الألهبة المطوية المنفصلة٦٠ خلط غاز الوقود بسرعة مع غازات المداخن قبل حرقه مع الهواء وبذلك تخفّض درجة حرارة اللهب وإنتاج NO_x.كما أن المساحة السطحية المرتفعة للألهبة المطوية ٦٠ والثغرات٦٢التي توجد بين الطيات تسمح بنفاذ غازات المداخن إلى الألهبة واختلاطها معها بدرجة أكبر مما هو ممكن حتى الآن.ونتيجة لذلك،تكون نسبة ابتعاثات NO_x في غازات المداخن المنطلقة إلى الجو منخفضة جداً.

وهكذا، يهيأ الاختراع الراهن جيداً لتحقيق الأهداف والغايات والمزايا المذكورة إضافة إلى تلك المتأصلة فيه. وبينما يمكن إجراء تغييرات عديدة من قِبل أولئك المتمرسين في التقنية،إلاّ أن هذه التغييرات مشمولة في مبدأ هذا الاختراع كما حُدِّد بعناصرالحماية الملحقة.

عناصر الحماية

١- جهاز حرق غازي مدمج compact gas burner apparatus ينتج لهباً قصيراً short flame وله نسبة طي turn down ratio عالية لتصريف خليط من غاز وقود fuel gas وهواء في حيز فرن furnace space حيث يُحرق الخليط وتشكل منه غازات مداخن flue gases بها محتويات منخفضة من NO_x، يشتمل على ما يلي:

مبيت housing له طرف مفتوح open end متصل بحيز الفرن المذكور؛

وسيلة لإدخال دفق من الهواء المذكور بمعدل مضبوط إلى المبيت المذكور المتصل بها؛

بلاطة حارقة burner tile متصلة بالطرف المفتوح للمبيت المذكور تحتوي على فتحة opening مشكلة فيها لإتاحة تدفق الهواء المذكور خلالها ولها جدار wall محيط بالفتحة المذكورة يمتد داخل حيز الفرن المذكور، وتكون الجوانب الخارجية للجدار المذكور مجزأة إلى أقسام بواسطة عدة عوارض baffles متصلة بها مرتبة بشكل نصف قطري بحيث يكون للأقسام المتعاقبة ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة المذكورة بزوايا مختلفة ويحتوي واحد أو أكثر من الأقسام المتعاقبة على ممر passageway لغاز وقود أولي primary fuel gas مشكل فيها لنقل غاز الوقود الأولي من خارج القسم المذكور إلى داخل الجدار المذكور؛ و

عدة فوهات غاز وقود fuel gas nozzles متصلة بالمصدر المذكور لغاز الوقود ومرتبة خارج الجدار المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة وذلك لتصريف غاز الوقود الثانوي secondary fuel gas بجوار أقسام الجدار المائلة الخارجية external slanted wall sections المذكورة حيث تقوم واحدة أو أكثر من فوهات غاز الوقود المذكورة أيضاً بتصريف غاز الوقود الأولي المختلط مع غازات المداخن داخل ممرات غاز الوقود الأولي المذكورة وخلالها وبذلك يختلط غاز الوقود الثانوي المذكور مع غازات المداخن في حيز الفرن المذكور، ويختلط خليط غاز الوقود الثانوي وغازات المداخن مع كل من الهواء غير المحترق، غاز الوقود الأولي وغازات المداخن المتدفقة خلال الفتحة المذكورة والجدار المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة، ويُحرق الخليط الناتج في حيز الفرن المذكور.

٢- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ حيث تمتد العوارض المرتبة بشكل نصف قطري radially positioned baffles المذكورة المتصلة ببلاطة الحارقة burner tile المذكورة في اتجاهات موازية لمحور جدار بلاطة الحارقة burner tile wall المذكور وبذلك

يجزأ كل من غاز الوقود الثانوي secondary fuel gas المذكور وغازات المداخن flue gases المذكورة إلى عدة تيارات منفصلة تختلط مع غاز الوقود الأولي primary fuel gas المذكور والهواء غير المحترق المذكور المتدفقيْن خلال الفتحة opening المذكورة والجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة.

٣- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ حيث يكون لقسم أول من أقسام الجدار المتعاقبة alternating wall sections المذكورة ارتفاع منخفض ويميل نحو الفتحة opening المذكورة في بلاطة الحارقة burner tile المذكورة بزاوية كبيرة، بينما يكون للقسم الثاني من أقسام الجدار المذكورة نفس الارتفاع أو ارتفاع أعلى ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية أصغر ويكون للأقسام المتعاقبة التالية ارتفاعات وزوايا مطابقة لتلك بالنسبة للقسميْن الأول والثاني المذكوريْن.

٤- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ٣ حيث يكون للقسم الأول المذكور من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ١٦ بوصة inches (٤٠.٦٤ سم centimeter) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٩٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة نفس ارتفاع القسم الأول من الأقسام المتعاقبة المذكورة أو ارتفاع مختلف عنه يتراوح من حوالي بوصتيْن (٥.٠٨ سم) إلى حوالي ١٦ بوصة (٤٠.٦٤ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية مختلفة تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٦٠°.

٥- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ٣ حيث يكون للقسم الأول المذكور من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يتراوح من حوالي ٥ بوصات inches (١٢.٧ سم centimeter) إلى حوالي ١٠ بوصات (٢٥.٤ سم) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تتراوح من حوالي ١٠° إلى حوالي ٣٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة نفس ارتفاع القسم الأول من الأقسام المتعاقبة المذكورة أو ارتفاع مختلف عنه يتراوح من حوالي ٦ بوصات (١٥.٢٤ سم) إلى حوالي ١٢ بوصة (٣٠.٤٨ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية مختلفة تتراوح من حوالي ٥° إلى حوالي ١٥°.

٦- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ٣ حيث يكون للقسم الأول المذكور من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يبلغ حوالي ٧ بوصات inches (١٧.٧٨ سم centimeter) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تبلغ حوالي ٢٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة ارتفاع يبلغ حوالي ٩ بوصات (٢٢.٨٦ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بزاوية تبلغ حوالي ١٠°.

٧- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ٣ حيث تحدد مواقع الممرات passageways المذكورة في أقسام الجدار المائلة slanted wall sections المذكورة التي لها ارتفاعات منخفضة وتميل نحو الفتحة المذكورة في بلاطة الحارقة burner tile المذكورة بزوايا كبيرة، وتكون الممرات المذكورة مرتبة بحيث يختلط غاز الوقود الأولي primary fuel gas المصرف من فوهات غاز الوقود fuel gas nozzles المذكورة مع غازات المداخن flue gases ويتدفق خلال الممرات المذكورة إلى داخل الجدار المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة حيث يختلط الخليط مع الهواء.

٨- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ حيث تتخذ كل من بلاطة الحارقة burner tile المذكورة، الفتحة opening المذكورة المشكلة فيها والجزء الداخلي من الجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة بصفة جوهرية شكلاً دائرياً circular، مستطيلاً rectangular، مربعاً square، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر.

٩- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ حيث يتخذ الطرف المفتوح open end المذكور للمبيت housing المذكور شكلاً دائرياً circular، مربعاً square، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر بينما يتخذ المبيت المذكور شكلاً أسطوانياً cylindrical، مربعاً، مستطيلاً rectangular، مثلثاً، مضلعاً أو شكلاً آخر.

١٠- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ يشتمل بشكل اختياري أيضاً على فوهة غاز وقود أولي primary fuel gas nozzle متصلة بمصدر لغاز الوقود fuel gas مرتبة داخل الفتحة opening المذكورة والجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة burner tile المذكورة من أجل خلط كمية إضافية من غاز الوقود الأولي مع الهواء المذكور المتدفق

خلال بلاطة الحارقة المذكورة وتصريف الخليط داخل حيز الفرن furnace space المذكور.

١١- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٠ يشتمل بشكل اختياري أيضاً على أنبوب فنتوري venturi مرتب حول فوهة غاز الوقود الأولي primary fuel gas nozzle الإضافية المذكورة وفوقها.

١٢- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١ يشتمل بشكل اختياري أيضاً على سطح لتثبيت اللهب flame stabilizing surface داخل الفتحة opening المذكورة لبلاطة الحارقة burner tile المذكورة.

١٣- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ٢ حيث تحرق التيارات المنفصلة المذكورة لغاز الوقود الثانوي secondary fuel gas وغازات المداخن flue gases المختلطة مع الهواء غير المحترق وغاز الوقود الأولي primary fuel gasالمذكورين في حيز الفرن furnace space المذكور بنمط لهبي مطوي folded flame pattern ينتج غازات مداخن بها محتويات منخفضة من NO_x.

١٤- جهاز حرق غازي مدمج compact gas burner apparatus له نمط لهبي مطوي folded flame pattern ينتج لهباً قصيراً short flame وله نسبة طي turn down ratio عالية لتصريف خليط من غاز وقود fuel gas وهواء في حيز فرن furnace space حيث يُحرق الخليط وتشكل منه غازات مداخن flue gases بها محتويات منخفضة من NO_x، يشتمل على ما يلي:

مبيت housing له طرف مفتوح open end متصل بحيز الفرن المذكور؛

جهاز تحكم بدخول الهواء air register لإدخال دفق من الهواء بمعدل مضبوط إلى المبيت المذكور المتصل به؛

بلاطة حارقة burner tile متصلة بالطرف المفتوح open end للمبيت المذكور تحتوي على فتحة opening مشكلة فيها لإتاحة تدفق الهواء المذكور خلالها ولها جدار wall محيط بالفتحة المذكورة يمتد داخل حيز الفرن المذكور، وتكون الجوانب الخارجية للجدار المذكور مجزأة إلى أقسام بواسطة عدة عوارض baffles متصلة بها مرتبة بشكل نصف قطري بحيث

يكون للأقسام المتعاقبة alternating sections نفس الارتفاع أو ارتفاعات مختلفة وتميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزوايا مختلفة ويكون لقسم أول من أقسام الجدار المتعاقبة المذكورة ارتفاع منخفض ويميل نحو الفتحة المذكورة بزاوية كبيرة، بينما يكون للقسم الثاني من أقسام الجدار المذكورة نفس الارتفاع أو ارتفاع أعلى ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية أصغر ويكون للأقسام المتعاقبة التالية ارتفاعات وزوايا مطابقة لتلك بالنسبة للقسمين الأول والثاني المذكورين، كما يحتوي كل قسمين من أقسام الجدار المائلة المذكورة على ممرات passageways مشكلة فيها لنقل غاز الوقود الأولي primary fuel gas وغازات المداخن flue gases إلى داخل الجدار المذكور؛ و

عدة فوهات غاز وقود fuel gas nozzles متصلة بالمصدر المذكور لغاز الوقود ومرتبة خارج الجدار المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة من أجل تصريف غاز الوقود الثانوي بجوار أقسام الجدار المائلة الخارجية external slanted wall sections المذكورة وبذلك يختلط غاز الوقود الثانوي المذكور مع غازات المداخن في حيز الفرن المذكور ويختلط الخليط الناتج مع كل من الهواء غير المحترق، غاز الوقود الأولي وغازات المداخن المتدفقة خلال الفتحة المذكورة والجدار المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة، ويُحرق الخليط الناتج في حيز الفرن المذكور، ويقوم جزء من فوهات غاز الوقود المذكورة بتصريف غاز الوقود الأولي المختلط مع غازات المداخن خلال كل ممرين من الممرات المذكورة في أقسام الجدار المائلة المذكورة إلى داخل بلاطة الحارقة المذكورة حيث يختلط غاز الوقود الأولي المذكور وغازات المداخن المذكورة مع الهواء الموجود فيها.

١٥- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث تمتد العوارض المرتبة بشكل نصف قطري radially positioned baffles المذكورة المتصلة ببلاطة الحارقةburner tile المذكورة في اتجاهات موازية لمحور جدار بلاطة الحارقة burner tile wall المذكور وبذلك يجزأ كل من غاز الوقود الثانوي secondary fuel gas المذكور وغازات المداخن flue gases المذكورة إلى عدة تيارات منفصلة تختلط مع غاز الوقود الأولي primary fuel gas والهواء غير المحترق المذكورين المتدفقين خلال الفتحة opening المذكورة والجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة burner tile المذكورة.

١٦- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث يكون للقسم الأول المذكور

من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ١٦ بوصة inches (٤٠.٦٤ سم centimeter) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٩٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة نفس ارتفاع القسم الأول من الأقسام المتعاقبة المذكورة أو ارتفاع مختلف عنه يتراوح من حوالي بوصتيْن (٥.٠٨ سم) إلى حوالي ١٦ بوصة (٤٠.٦٤ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية مختلفة تتراوح من حوالي صفر إلى حوالي ٦٠°.

١٧- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث يكون للقسم الأول المذكور من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يتراوح من حوالي ٥ بوصات inches (١٢.٧ سم centimeter) إلى حوالي ١٠ بوصات (٢٥.٤ سم) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تتراوح من حوالي ١٠° إلى حوالي ٣٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة نفس ارتفاع القسم الأول من الأقسام المتعاقبة المذكورة أو ارتفاع مختلف عنه يتراوح من حوالي ٦ بوصات (١٥.٢٤ سم) إلى حوالي ١٢ بوصة (٣٠.٤٨ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بنفس الزاوية أو بزاوية مختلفة تتراوح من حوالي ٥° إلى حوالي ١٥°.

١٨- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث يكون للقسم الأول المذكور من الأقسام المتعاقبة alternating sections المذكورة ارتفاع يبلغ حوالي ٧ بوصات inches (١٧.٧٨ سم centimeter) ويميل نحو الفتحة opening المذكورة بزاوية تبلغ حوالي ٢٠°، ويكون للقسم الثاني من الأقسام المتعاقبة المذكورة ارتفاع يبلغ حوالي ٩ بوصات (٢٢.٨٦ سم) ويميل نحو الفتحة المذكورة بزاوية تبلغ حوالي ١٠°.

١٩- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث تتخذ كل من بلاطة الحارقة burner tile المذكورة، الفتحة opening المذكورة المشكلة فيها والجزء الداخلي من الجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة المذكورة بصفة جوهرية شكلاً دائرياً circular، مستطيلاً rectangular، مربعاً square، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر.

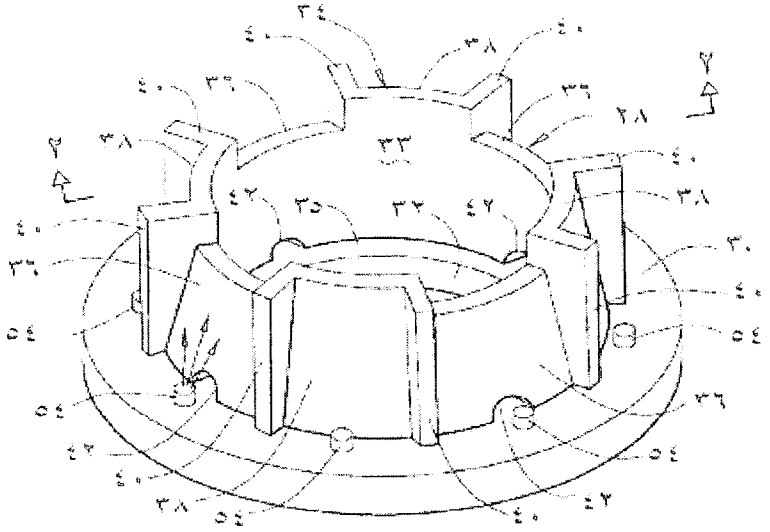
٢٠- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ حيث يتخذ الطرف المفتوح open

end المذكور للمبيت housing المذكور شكلاً دائرياً circular، مربعاً square، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر بينما يتخذ المبيت housing المذكور شكلاً أسطوانياً cylindrical، مربعاً square، مستطيلاً rectangular، مثلثاً triangular، مضلعاً polygonal أو شكلاً آخر.

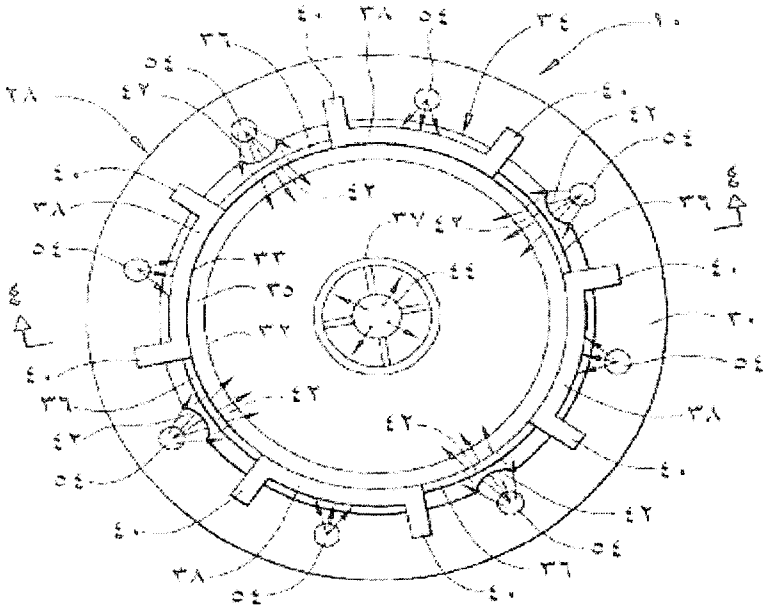
٢١- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ يشتمل بشكل اختياري أيضاً على فوهة غاز وقود أولي primary fuel gas nozzle واحدة على الأقل متصلة بمصدر لغاز الوقود fuel gas مرتبة داخل الفتحة opening المذكورة والجدار wall المذكور لبلاطة الحارقة burner tile المذكورة من أجل خلط كمية إضافية من غاز الوقود الأولي primary fuel gas مع الهواء المذكور المتدفق خلال بلاطة الحارقة المذكورة وتصريف الخليط داخل حيز الفرن furnace space المذكور.

٢٢- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ يشتمل أيضاً على أنبوب فنتوري venturi مرتب حول فوهة غاز الوقود الأولي primary fuel gas nozzle المذكورة وفوقها.

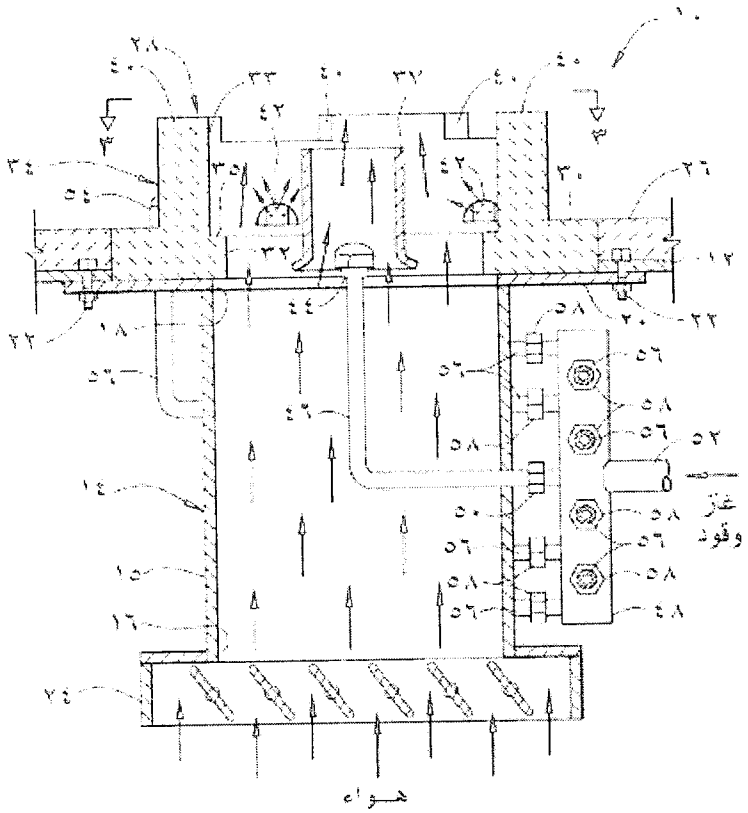
٢٣- جهاز الحرق burner apparatus وفقاً لعنصر الحماية ١٤ يشتمل أيضاً على سطح لتثبيت اللهب flame stabilizing surface داخل الفتحة opening المذكورة لبلاطة الحارقة burner tile المذكورة.



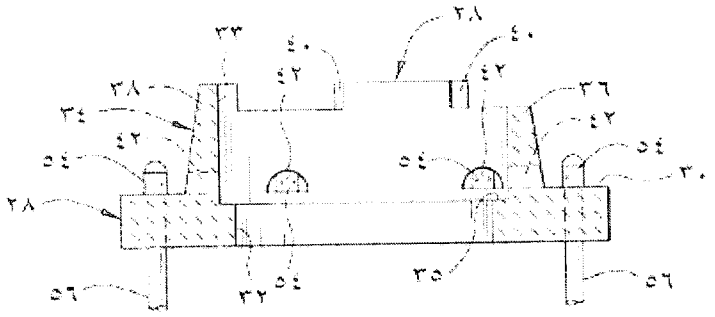
الشكل ١



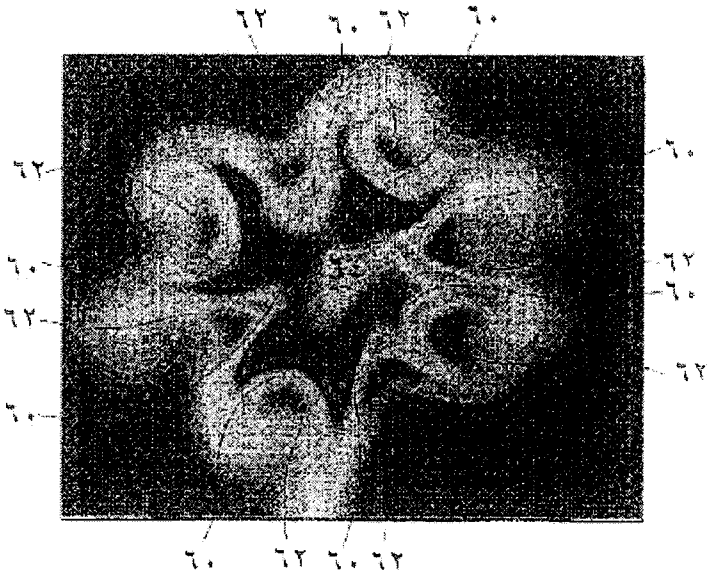
الشكل ٣



الشكل ٢



الشكل ٤



الشكل ٥