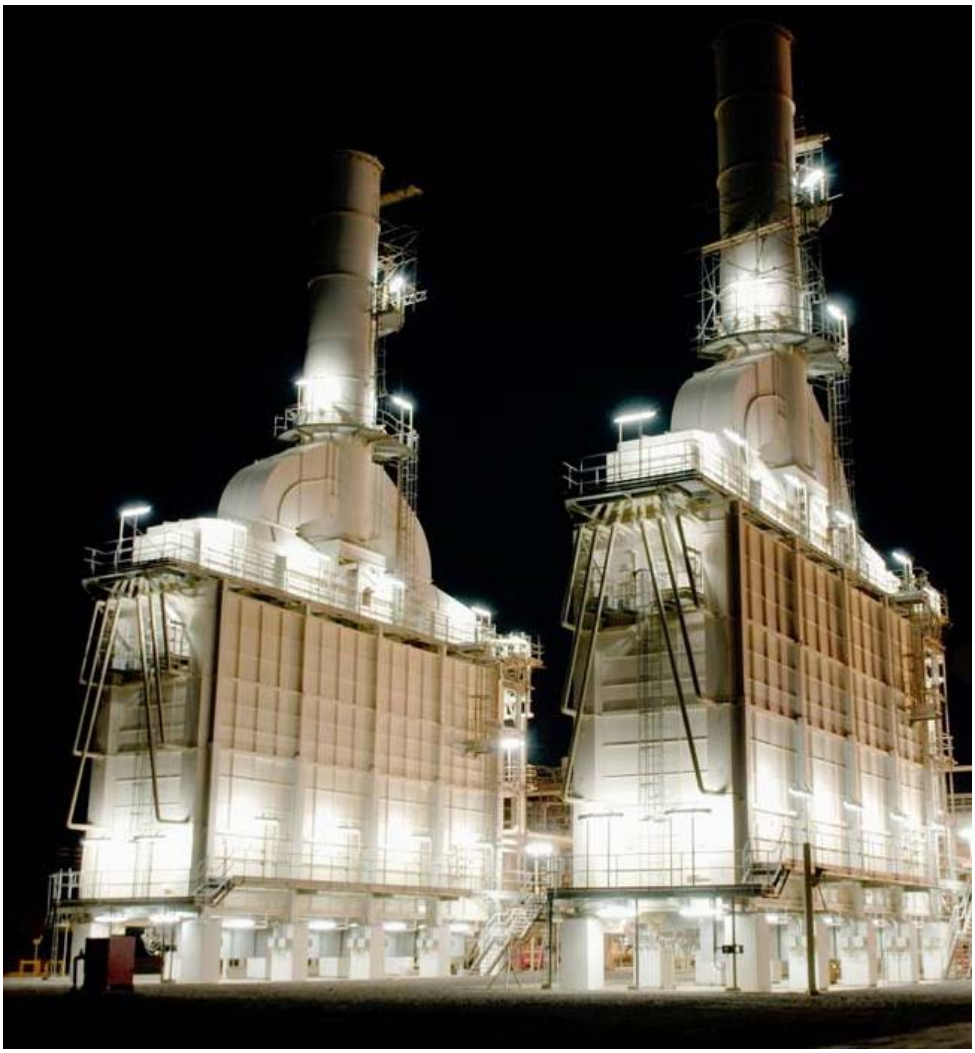
المختصر البسيط

عـــــــــــن



السخانات في صناعة البترول والتحكم بها

نسخة تحت الإضافة

إعداد وترجمة م / عبد المجيد أمين الجندي

الإصدار رقم 3.0

لمتابعة الجديد أبحث عن رقم الإصدار حيث أن هذا الملف يمكن أن يتم الإضافة إليه كلما توفرت معلومات جديدة

شكر خاص

أشكر كل من المهندس رائف سمير (كهرباء) والمهندس محمد صلاح (ميكانيكا) علي مجهودهما في مراجعة هذه المادة العلمية لإظهارها في أفضل صورة.

الفهرس

مبادئ أساسية تعتمد عليها السخانات 5
طرق انتقال الحرارة 6
التوصيل Conduction 6
الحمل Convection 7
الإشعاع Radiation 7
ما هو الأحتراق؟ 8
الكمية النظرية للأكسجين Theoretical Oxygen والهواء اللازم للإحتراق Air Required for Combustion 8
الهواء الإضافي Excess Air: 9
حساب الحرارة الناتجة من الأحتراق 9
حرارة الإحتراق Heat of Combustion 9
القيمة الحرارية الصافية Net Heating Value 9
القيمة الحرارية الكلية Gross or High heating Value 10
الحرارة الناتجة من تكثيف بخار الماء ΔH_{H2O} 10
سخان اللهب المباشر Direct Fired Heater 12
فكرة عامة 12
رمزه في مخطط الـــ P&ID 13
منطقة الإشعاع الحراري Radiant section 14
منطقة نقل الحرارة بالإشعاع 14
منطقة الحمل الحراري Convection section 15
الشعلة Burner 17
نافخ السناج Sootblower 18

المدخنة Stack 20
العزل Insulation 21
نظام التحكم في سخان اللهب المباشر Burner Management Systems 22
السخان الكهربي الصناعي Industrial Electrical Heater 24
أنواع السخانات الكهربية 24
ملفات التسخين الأنبوبية والمزعنفة Tubular and Finned Heating Elements 24
سخانات مجاري الهواء Air Duct Heaters 24
السخانات المغمورة في السائل Liquid Immersion Heaters 25
سخانات تدوير الموائع Fluid Circulation Heaters 25
الرمز الفني في مخطط الـ P&ID 25
التحكم في السخانات الكهربية 27
دوائر التحكم فى السخانات الكهربية 27
دائرة تحكم بسيط Basic Control 28
دائرة تحكم الخطوة Step Control 29
دائرة التحكم بالثايرستور Thayrestor Control 30
المصطلحات 31
المراجع References 32
الكتب التي سبق نشرها علي شبكة الإنترنت 33
الرابط 33

مبادئ أساسية تعتمد عليها السخانات

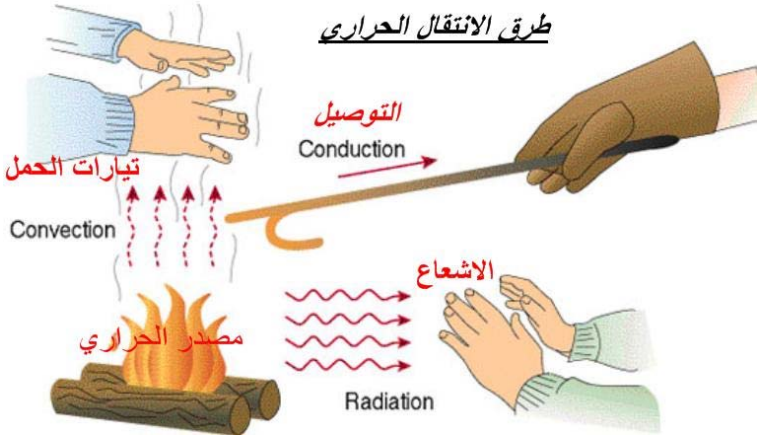
1- انتقال الحرارة من المكان الحار إلى المكان البارد (الأقل حرارة).

2- ما هو الأحتراق؟

طرق انتقال الحرارة

طرق انتقال الحرارة ثلاث وهي:

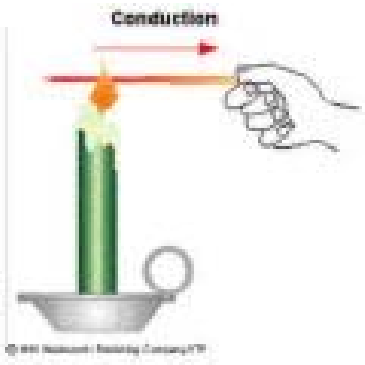
1. نقل الحرارة بالتوصيل Conduction.
2. نقل الحرارة بالحمل Convection.
3. نقل الحرارة بالإشعاع Radiation.



طرق انتقال الحرارة

التوصيل Conduction

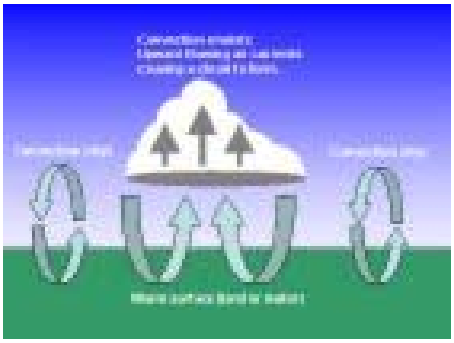
وهو انتقال الحرارة من مادة إلى أخرى عندما يكونا متماسان مباشرة. يسمح التوصيل الحراري بإنتقال الحرارة عبر المواد الصلبة، فعندما نسخن مثلا قضيب حديدي من جهة، فالحرارة تنتقل بفعل التوصيل الحراري إلى الجهة الأخرى الباردة .وعادة المواد ذات التوصيل الحراري الجيد تكون أيضا ذات توصيل كهربائي جيد.



انتقال الحرارة بالتوصيل

الحمل Convection

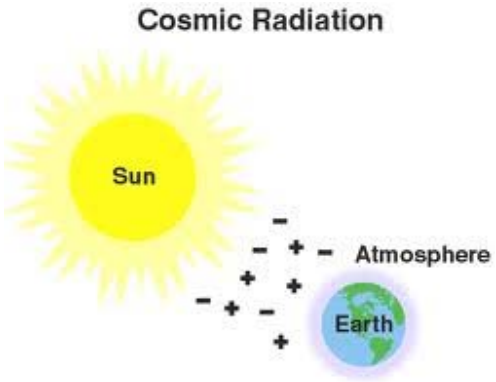
هو أساس انتقال الحرارة في الأجسام المائعة .تطفو الأجزاء الساخنة والأجزاء الباردة تحل محلها وينتج عن هذه العملية تبادل حراري يُسمى الحمل الحراري. عندما نسخن الماء على النار، تتكون داخل الإناء تيارات الحِمْل فتصعد الكمية المائية الساخنة إلى الأعلى ويحل محلها الماء البارد، ولا يصعد هذا الأخير إلا عندما تصبح درجة حرارته أعلى من الماء الساخن الذي فوقه.



انتقال الحرارة بالحمل

الإشعاع Radiation

يختلف تنقل الحرارة بفعل الإشعاع عن سابقيه بأنه لا يحتاج إلي وجود تلامس بين الجسمين الذين يتبادلان الطاقة الحرارية، حتى ولو كان بينهم فراغ تام .فالطاقة الحرارية يمكنها أن تتنقل في شكل موجات كهرومغناطيسية وبسرعة الضوء حتى تصل إلى الجسم الذي يمتص الحرارة أو يعكسها كلًها أو جزء منها. وهذه الموجات لا تُسخن المحيط الذي تمر به إلا إذا امتص هذا الأخير جزء منها .ولهذا عندما نكون أمام مصدر من النار نحس بأشعة منبعثة منه تلفح الوجه.



انتقال الحرارة بالإشعاع

ما هو الأحتراق؟

هو عبارة عن تفاعل المواد الكيمياوية (الوقود Fuel) مع مادة مؤكسدة (الأوكسجين عادةً) يصحبه تولد حرارة ولهب. كما يمكن أن يعرّف على أنه عبارة عن تفاعل بين العناصر والمركبات والمواد والأكسجين لإنتاج نواتج الإحتراق ، كتفاعل الوقود مع الأكسجين الذي يصحبه عادةً اللهب وتوليد الحرارة.

وهناك ثلاثة أنواع من الوقود هي:

(1) الوقود الصلب كالفحم.

(2) الوقود السائل كالنفط ومشتقاته.

(3) الوقود الغازي كالغاز الطبيعي والغاز الصناعي.

عندما تحترق مادة فإن عملية الأحتراق هذه تولد طاقة حرارية معينة تختلف من مادة لأخرى حسب تركيب تلك المادة وحجم جزيئاتها. إن الوقود النفطي يتكون من مواد هيدروكاربونية تختلف فيما بينها بالكثافة أو الـــ (API). لذا عند مقارنة الحرارة الناتجة من احتراق أوزان متساوية من مشتقات نفطية مختلفة الكثافة يلاحظ أنه كلما كانت الكثافة (أو الوزن النوعي) للمشتق قليل (أي إذا كان خفيفاً) كانت الحرارة الناتجة أعلى. ويُعبّر في الصناعة النفطية عن الكثافة أو الوزن النوعي بالنسبة للمشتقات النفطية بدرجة API.

معادلة التحويل بين الوزن النوعى Specific Gravity (SG) و كثافة معهد النفط الأمريكى API .

$$API = (141.5 / SG) - 131.5$$

$$SG = 141.5/ (API +131.5$$

API = Degrees API Gravity

SG = Specific Gravity at 60oF

ولأغراض المقارنة فإن الوزن النوعي للماء 10 والنفط الخام (34-36) ، وكلما كان قيمته عالية كان الوقود خفيفاً والعكس صحيح أي كلما كانت القيمة قليلة كان الوقود ثقيلاً.

الكمية النظرية للأكسجين Theoretical Oxygen والهواء اللازم للإحتراق Air Required for Combustion

هي الكمية اللازمة من الأكسجين أو من الهواء لحرق الكربون والهيدروجين والكبريت وتحويلها الى ثاني أوكسيد الكربون وماء وثاني أوكسيد الكبريت.

الهواء الإضافي Excess Air:

وهو النسبة بين الهواء الكلي المستعمل في الإحتراق إلى الهواء النظري اللازم للإشتعال ، وعادةً يحتاج الوقود عند الإحتراق إلى كمية هواء أكثر من الكمية النظرية اللازمة للإحتراق وذلك لضمان اختلاط كافة جزيئات الوقود بالأكسجين وحدوث الإشتعال التام.

إن تفاعلات الإحتراق لا تحدث كلها بصورة كاملة (وتكوين نواتج الإحتراق المذكورة) ما لم توجد زيادة من الأكسجين أو الهواء. وفي الأفران الصناعية في الوحدات التشغيلية ، يتحكم المشغل في أجهزة ووسائل زيادة الهواء المتوفرة لديه في الفرن لإعطاء زيادة مناسبة عند ظهور دخان في غازات المدخنة (أو عند ظهور أول أوكسيد الكربون فيها في حالة وجود وسائل تحليل آلية تبين ذلك) ونادراً ما يوجد غاز أول أوكسيد الكربون في غازات المدخنة بسبب إستعمال نسبة جيدة للهواء الفائض قد تصل الى 30% ، هذا على افتراض كون الشعلات Burners جيدة وسليمة ، إن كمية الهواء الفائض قد تصل إلى 70% في بعض التطبيقات ، إلا أنها عملياً تكون أقل من ذلك ، ويمكن التحكم بكمية الهواء وصولاً إلى الكمية المطلوبة والإقتصادية وبدرجة عالية من الدقة ، بالمراقبة الجيدة للظروف التشغيلية للفرن وهناك العديد من المؤشرات التي تساعد في أنجاز المهمة (كطول اللهب ، ولونه ، ووجود دخان ، وحرارات الفرن .. ألخ) ، إلا أنه توجد أجهزة حديثة تلحق بالفرن تعمل بصورة تلقائية يمكنها السيطرة بشكل كامل على ظروف الإحتراق وتحقيق درجة عالية من اقتصاد الوقود بأنواعه المألوفة ، وعملياً في التصاميم الحديثة يستعمل 25% هواء فائض لغاز الوقود ، 40% هواء فائض لزيت الوقود.

حساب الحرارة الناتجة من الأحتراق

عند احتراق كمية معينة من الوقود بواسطة الأكسجين النقي أو بواسطة الهواء سوف تنتج غازات تتضمن كلاً من ثاني أكسيد الكربون CO2 و بخار الماء وثاني أكسيد الكبريت SO2 وكذلك تنتج حرارة أولية من الإحتراق هي القيمة الحرارية الصافية Net Heating Value ثم يبدأ بخار الماء بالتكثف معطياً كمية من الحرارة التي إذا جمعت مع الحرارة الأولية تنتج ما يسمى بالقيمة الحرارية الكلية High or Gross Heating Value ولكن بالنسبة للعمليات التصنيعية نلاحظ أن بخار الماء الموجود مع نواتج الإحتراق في مداخن المراجل البخارية والأفران لا يتكثف ، لذا نستخدم Net H.V في الحسابات الهندسية في الأجهزة الحرارية المختلفة.

حرارة الإحتراق Heat of Combustion

وهي كمية الحرارة المتحررة من أحتراق وحدة كمية معينة من الوقود.

القيمة الحرارية الصافية Net Heating Value

وهي كمية الحرارة المتحررة من احتراق باوند واحد من الوقود عند درجة حرارة F°60 وتبريد نواتج الإحتراق إلى نفس الدرجة ، وتحسب بوحدات Btu/lb للوقود السائل والصلب ، وبوحدات Btu/ft3 للوقود الغازي.

القيمة الحرارية الكلية Gross or High heating Value

وهي كمية الحرارة المتحررة من احتراق باوند واحد من الوقود عند درجة حرارة F°60 وتبريد نواتج الإحتراق إلى نفس الدرجة مضافاً اليها الحرارة الناتجة من تكثيف بخار الماء الموجود في الغازات الناتجة. وبالنسبة للعمليات التصنيعية فأن بخار الماء الذي يوجد في المدخنة أو مع الغازات الناتجة لا يتكثف لذا يستخدم H.V Net. دائماً.

الحرارة الناتجة من تكثيف بخار الماء ΔH_{H2O}

أن كمية الحرارة المتحررة من تكثيف باوند واحد بخار الماء عند F°60 تعادل Btu 1058.2 . وأن كمية الحرارة المتحررة من تكثيف 1 قدم مكعب من بخار الماء عند F°60 تعادل Btu 50.3 .

تصنيف السخانات

تصنيف حسب مصدر الحرارة:

- سخان اللهب المباشر Direct Fired Heater .
- السخان الكهربي Electrical Heater .

تصنيف أفران اللهب حسب نوعية عملية سحب الغازات وكالاتي:

- السحب الطبيعي NATURAL DRAFT .
- السحب المستحث INDUCED DRAFT .
- السحب الإجباريFORCED DRAFT .

تصنيف أفران اللهب حسب تصميم جسم الفرن:

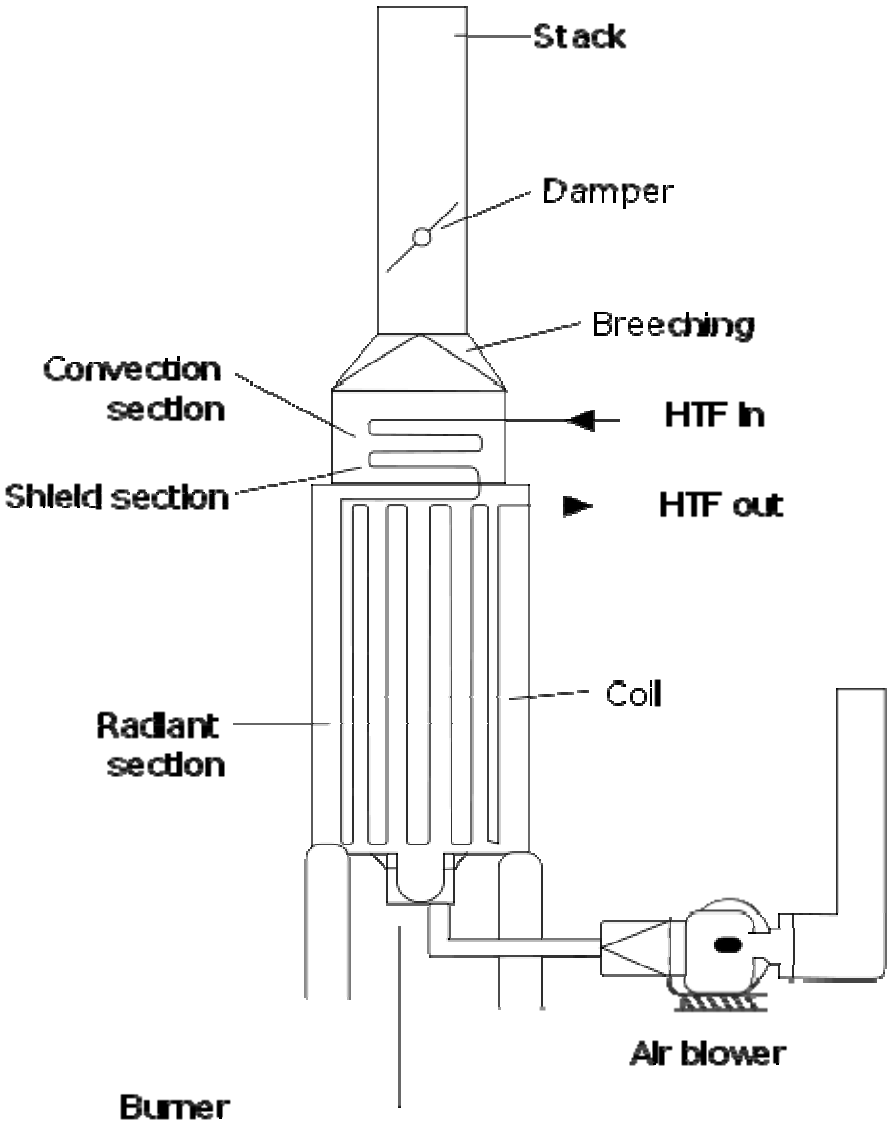
- تصميم vertical, cylindrical furnace .
- تصميم Horizontal, cylindrical furnace .

فرن رأسي

فرن أفقي

سخان اللهب المباشر Direct Fired Heater

فكرة عامة



مكونات سخان اللهب المباشر

الفرن صناعي Industrial Furnace أو سخان اللهب المباشر Direct Fired Heater ، هو معدة تعمل علي تسخين منتج معين أو أن تعمل كمفاعل reactor يوفر الحرارة لتفاعل كيميائي. تختلف تصميميات الأفران علي اختلاف وظيفتها ووظيفة الحرارة heating

An industrial furnace or direct fired heater, is an equipment used to provide heat for a process or can serve as reactor which provides heats of reaction. Furnace designs vary as to its function, heating duty,

duty ونوع الوقود وكذلك طريقة إدخال الهواء اللازم للإحتراق. على أية حال، يوجد الكثير من الخصائص المشتركةِ لهذه الأفرانِ.

type of fuel and method of introducing combustion air. However, most process furnaces have some common features.

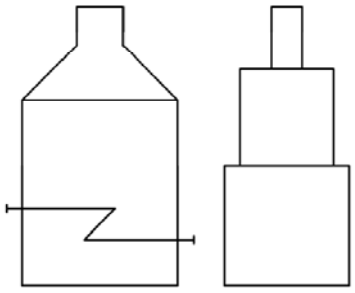
يتم إيصال الوقود إلي الشعلة burner ويتم حرقه بعد خلطه بالهواء المدفوع بمضخة هواء air blower. يمكن أن يحتوي الفرن علي أكثر من شعلة والتي يمكن إضافة لذلك أن يتم تنظيمها في مجموعات كل مجموعة في خلية ومسئولة عن تسخين مجموعة معينة من الأنابيب. ويمكن تثبيت الشعلات Burners في أرضية الفرن floor mounted أو علي حائط الفرن wall mounted أو في السقف roof mounted وذلك تبعا للتصميم الخاص بالفرن. تقوم الشعلات بتسخين الأنابيب وبالتالي تسخين المائع (سائل أو غاز) المار عبر الجزء الأول للفرن و المعروف باسم قسم الإشعاع radiant section أو صندوق النار firebox . في هذه الغرفةِ حيث يَحْدثُ الإحتراقِ ، تنتقل الحرارة بشكل رئيسي إلي الأنابيب الموجودة في الغرفة حول اللهب بطريقة الإشعاع. وبالتالي يتم تسخين المائع المار عبر الأنابيب إلي درجة الحرارة المطلوبة. الغازات الناتجة عن الإحتراق تسمي غاز العادم flue gas . معظم تصميمات الأفران تحتوي علي قسم علوي يسمي قسم الحمل convection section حيث تتم استعادة جزء كبير من الحرارة من غاز العادم بعد مغادرته صندوق النار و قبل تصريفه إلي الهواء الجوي عن طريق المدخنة stack .

Fuel flows into the burner and is burnt with air provided from an air blower. There can be more than one burner in a particular furnace which can be arranged in cells which heat a particular set of tubes. Burners can also be floor mounted, wall mounted or roof mounted depending on design. The flames heat up the tubes, which in turn heat the fluid inside in the first part of the furnace known as the radiant section or firebox. In this chamber where combustion takes place, the heat is transferred mainly by radiation to tubes around the fire in the chamber. The heating fluid passes through the tubes and is thus heated to the desired temperature. The gases from the combustion are known as flue gas. After the flue gas leaves the firebox, most furnace designs include a convection section where more heat is recovered before venting to the atmosphere through the flue gas stack.

سائل نقل الحرارة HTF=Heat Transfer Fluid . بعض الصناعات تستخدم الأفران في تسخين مائع ثانوي لنقل الحرارة مضاف إليه بعض الإضافات الخاصة لمنع الصدأ وزيادة كفاءة نقل الحرارة. ويتم توزيع وتدوير هذا المائع حول الموقع بحيث يستخدم بواسطة مبادلات حرارية heat exchangers في الأماكن التي تحتاج إلي حرارة وذلك بدلا من التسخين المباشر للخطوط التي تحمل المنتج والتي يمكن أن تتعرض للشروخ والتصدعات بسبب الحرارة العالية داخل الأفران.

(HTF=Heat Transfer Fluid. Industries commonly use their furnaces to heat a secondary fluid with special additives like anti-rust and high heat transfer efficiency. This heated fluid is then circulated round the whole plant to heat exchangers to be used wherever heat is needed instead of directly heating the product line as the product or material may be volatile or prone to cracking at the furnace temperature.)

رمزه في مخطط الـ P&ID



الرمز الفني لفرن اللهب المباشر في مخطط الـ P&ID

منطقة الإشعاع الحراري Radiant section

منطقة نقل الحرارة بالإشعاع

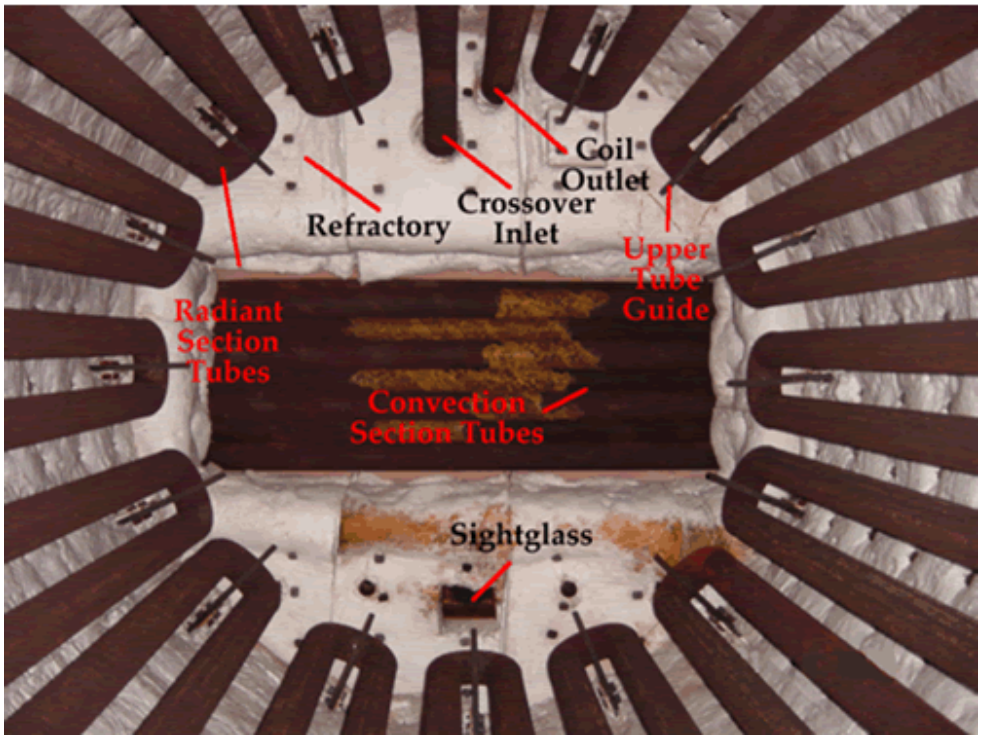
منطقة الإشعاع الحراري هي المنطقة التي تستقبل فيها الأنابيب معظم الحرارة من الشعلة عن طريق الإشعاع. في الأفران الرأسية الأسطوانية تكون الأنابيب رأسية. قد يتم تركيب الأنابيب رأسيا أو أفقيا وتوضع علي طول الحائط العازل و العاكس للحرارة أو في منتصفه أو في خلايا cells ...إلخ. تستخدم مجموعة من المسامير Studs لتثبيت مادة العزل بعضها مع بعض ومع حوائط الفرن. وتوضع هذه المسامير علي مسافات فاصلة حوالي 300 ملم وتظهر في الصورة التالية التي تبين هذه المنطقة داخل الفرن. الأنابيب التي تظهر في الصورة باللون البني يمل إلي الحمرة اكتسبت هذا اللون من الصدأ وهي مصنوعة من الصلب الكربوني Carbon Steel وهذه المواسير مثبتة علي طول منطقة نقل الحرارة بالإشعاع. ونلاحظ أن الأنابيب يفصلها عن العازل مسافة بينية لتسمح بإنعكاس الإشعاع الساقط علي مادة العزل علي الجانب الخارجي للأنابيب وبالتالي يحدث توزيع منتظم للحرارة علي جانبي الأنابيب. ويتم استخدام أكثر من دليل في السقف والجوانب والأرضية وذلك لتثبيت الأنابيب في مكانها.

The radiant section is where the tubes receive almost all its heat by radiation from the flame. In a vertical, cylindrical furnace, the tubes are vertical. Tubes can be vertical or horizontal, placed along the refractory wall, in the middle, etc., or arranged in cells. Studs are used to hold the insulation together and on the wall of the furnace. They are placed about 1 ft (300 mm) apart in this picture of the inside of a furnace. The tubes, shown below, which are reddish brown from corrosion, are carbon steel tubes and run the height of the radiant section. The tubes are a distance away from the insulation so radiation can be reflected to the back of the tubes to maintain a uniform tube wall temperature. Tube guides at the top, middle and bottom hold the tubes in place.

منطقة الحمل الحراري Convection section

الجزء الخاص بمنطقة الحمل قبل تركيبها

تتواجد منطقة الحمل في أعلي السخان أو الفرن

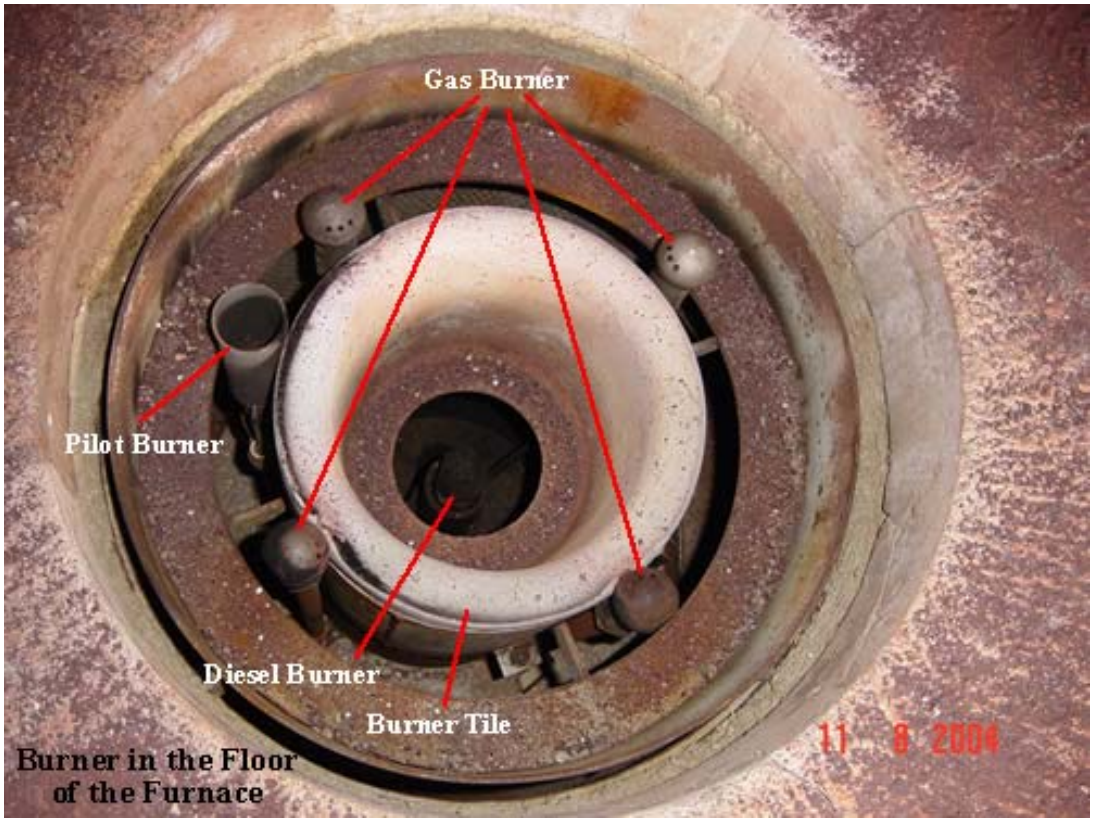


صورة توضح منطقة الحمل من الداخل

تقع منطقة نقل الحرارة بالحمل فوق منطقة نقل الحرارة بالإشعاع ويمكن هنا استعادة جزء من الحرارة المفقودة. ففي هذا الجزء يحث نقل للحرارة بطريقة الحمل. يتم في هذه المنطقة تركيب زعانف للأنابيب لتحسين عملية نقل الحرارة. ويطلق علي المنطقة الأولي الواقعة فوق منطقة نقل الحرارة بالإشعاع والتي يتواجد فيها أول صفين من الأنابيب العارية (بدون زعانف) اسم منطقة الدرع Shield Section ، وقد أخذت هذه المنطقة تلك التسمية نتيجة لتعرضها المباشر لكمية كبيرة من الإشعاع القادم من صندوق النار Firebox وتعمل هذه الأنابيب كدرع يحمي أنابيب منطقة نقل الحرارة بالحمل وذلك لأنها عادة ما تكون مصنوعة من مادة أقل مقاومة للحرارة العالية في منطقة صندوق النار Firebox . ويطلق علي الجزء العلو من منطقة نقل الحرارة بالإشعاع والذي يسبق مباشرة منطقة الدرع لمنطقة نقل الحرارة بالحمل اسم منطقة الجسر Bridgezone . ويطلق علي الأنبوب الذي يربط منطقة الإشعاع بمنطقة الحمل اسم انبوب الإنتقال Crossover ، وعادة ما تمر هذه الوصلات خارج الفرن وبالتالي تتيح تركيب أجهزة قياس الحرارة للمراقبة وحساب كفاءة انتقال الحرارة في منطقة الحمل Convection Section . توجد نافذة زجاجية Sightglass الموجودة في الأعلي تسمح للعاملين بالرؤية البصرية للهب الشعلة ومعرفة شكله أو مراقبة حدوث Flame Impingement ويحدث ذلك عندما يتلامس اللهب مع الأنابيب فتحدث بقع صغيرة ومعزولة ذات حرارة عالية جدا وبالتالي تشكل خطرا علي قوة الأنابيب.

The convection section is located above the radiant section where it is cooler to recover additional heat. Heat transfer takes place by convection here, and the tubes are finned to increase heat transfer. The first two tube rows in the bottom of the convection section and at the top of the radiant section is an area of bare tubes (without fins) and are known as the shield section, so named because they are still exposed to plenty of radiation from the firebox and they also act to shield the convection section tubes, which are normally of less resistant material from the high temperatures in the firebox. The area of the radiant section just before flue gas enters the shield section and into the convection section called the bridgezone. Crossover is the term used to describe the tube that connects from the convection section outlet to the radiant section inlet. The crossover piping is normally located outside so that the temperature can be monitored and the efficiency of the convection section can be calculated. The sightglass at the top allows personnel to see the flame shape and pattern from above and visually inspect if flame impingement is occurring. Flame impingement happens when the flame touches the tubes and causes small isolated spots of very high temperature.

الشعلة Burner



شعلات تتواجد في أرضية الفرن

تقع الشعلة في أرضية الأفران الأسطوانية الرأسية كما في الصورة السابقة ويكون اتجاه اللهب لأعلي. بعض الأفران تكون الشعلات فيها جانبية مثل الموجودة في جرارات القطارات. تصنع الـ Burner Tile من مادة عاكسة للحرارة العالية ووظيفتها هي احتواء اللهب. تقع الـ Air Registers الموجودة أسفل الشعلة Burner وعند مخرج مضخة الهواء Air Blower هي أدوات مزودة بريش أو ألواح متحركة Flaps or Vanes ووظيفتها التحكم في شكل Shape ونمط Pattern الشعلة سواء في شكل متباعد Spreads Out أو في شكل Swirls Around . يجب ألا يتباعد اللهب أكثر من اللازم لأن ذلك سيسبب flame impingement . وتصنف أنواع الـ Air registers إلي أساسي primary وثانوي secondary أو ثلاثي تبعا لدخول الهواء . حيث يزود الأساسي primary الهواء الأساسي للشعلة بينما الثانوي يوفر هواء إضافي إلي الأساسي . فتحة الهواء الأساسية تزود الشعلة بالهواء الأساسى والذى يدخل أولا للشعلة و يتم دعم الهواء الأساسى بالثانوى، تحتوي الشعلة فى بعض الأحيان علي خلاط premixer لمزج الهواء بالوقود قبل وصوله إلي الشعلة من أجل اشتعال أفضل . و هناك بعض الشعلات تستخدم البخار من أجل تسخين الهواء للحصول على مخلوط أفضل مع الوقود للأشتعال. أما أرضية الفرن فتكون عادة مصنوعة من مواد مختلفة عن مادة جدار الفرن و تكون سبيكة صلبة castable refractory مقاومة للحرارة حتى تسمح للفنيين بالمشى عليها أثناء الصيانة. يتم إشعال الفرن بواسطة شعلة قدح (قادح) pilot صغيرة وفى بعض الأفران القديمة يكون يدويا. يتم إشعال

The burner in the vertical, cylindrical furnace as above, is located in the floor and fires upward. Some furnaces have side fired burners, such as in train locomotives. The burner tile is made of high temperature refractory and is where the flame is contained. Air registers located below the burner and at the outlet of the air blower are devices with movable flaps or vanes that control the shape and pattern of the flame, whether it spreads out or even swirls around. Flames should not spread out too much, as this will cause flame impingement. Air registers can be classified as primary, secondary and if applicable, tertiary, depending on when their air is introduced. The primary air register supplies primary air, which is the first to be introduced in the burner. Secondary air is added to supplement primary air. Burners may include a premixer to mix the air and fuel for better combustion before introducing into the burner. Some burners even use steam as premix to preheat the air and create better mixing of the fuel and heated air. The floor of the furnace is mostly made of a different material from that of the wall, typically hard castable refractory to allow

technicians to walk on its floor during maintenance.

A furnace can be lit by a small pilot flame or in some older models, by hand. Most pilot flames nowadays are lit by an ignition transformer (much like a car's spark plugs). The pilot flame in turn lights up the main flame. The pilot flame uses natural gas while the main flame can use both diesel and natural gas. When using liquid fuels, an atomizer is used, otherwise, the liquid fuel will simply pour onto the furnace floor and become a hazard. Using a pilot flame for lighting the furnace increases safety and ease compared to using a manual ignition method (like a match).

معظم شعلات القدح pilot فى هذه الأيام بواسطة محول اشعال ignition transformer (مثال: بوجية السيارة) وبالتالي تقوم شعلة القادح pilot بدورها باشعال الشعلة الرئيسية. تستخدم شعلة القادح pilot الغاز الطبيعى أما الشعلة الرئيسية فتستخدم الغاز الطبيعى و الديزل كوقود للإشعال، عند استخدام الوقود السائل فيتم استخدام بخاخة Atomizer لتحويل السائل إلي رزاز وعدم استخدام البخاخ سيؤدى إلى تدفق الوقود علي أرضية الفرن و يصبح مصدر للخطورة. استخدام شعلة قدح pilot لإشعال الفرن تزيد من السلامة مقارنة باستخدام طرق الأشعال اليدوية (مثال: عود الثقاب) .

نافخ السناج Sootblower

نافخ السناج

Sootblowers are found in the convection section. As this section is above the radiant section and air movement is slower because of the fins, soot tends to accumulate here. Sootblowing is normally done when the efficiency of the convection section is decreased. This can be calculated by looking at the temperature change from the crossover piping and at the convection section exit.

Sootblowers utilize flowing media such as water, air or steam to remove deposits from the tubes. This is typically done during maintenance with the air blower turned on. There are several different types of sootblowers used. Wall blowers of the rotary type are

السناج هو عبارة عن أتربة تنتج الإحتراق وخاصة عن استخدام وقود سائل. و يقع نافخ السناج Sootblower في منطقة الحمل. وذلك لأنه يقع فوق منطقة الإشعاع وتكون حركة الغازات في هذا القسم بطيئة لوجود الزعانف علي أنابيب هذه المنطقة ، وبالتالي تميل الأتربة الناتجة عن الإحتراق للتراكم في هذه المنطقة . ويتم إجراء عملية التنظيف للأتربة بعد انخفاض كفاءة نقل الحرارة بالحمل. ويمكن حساب ذلك بمقارنة مقدار التغيير في الحرارة علي أنابيب الربط crossover piping ودرجة الحرارة عند خرج منطقة الحمل.

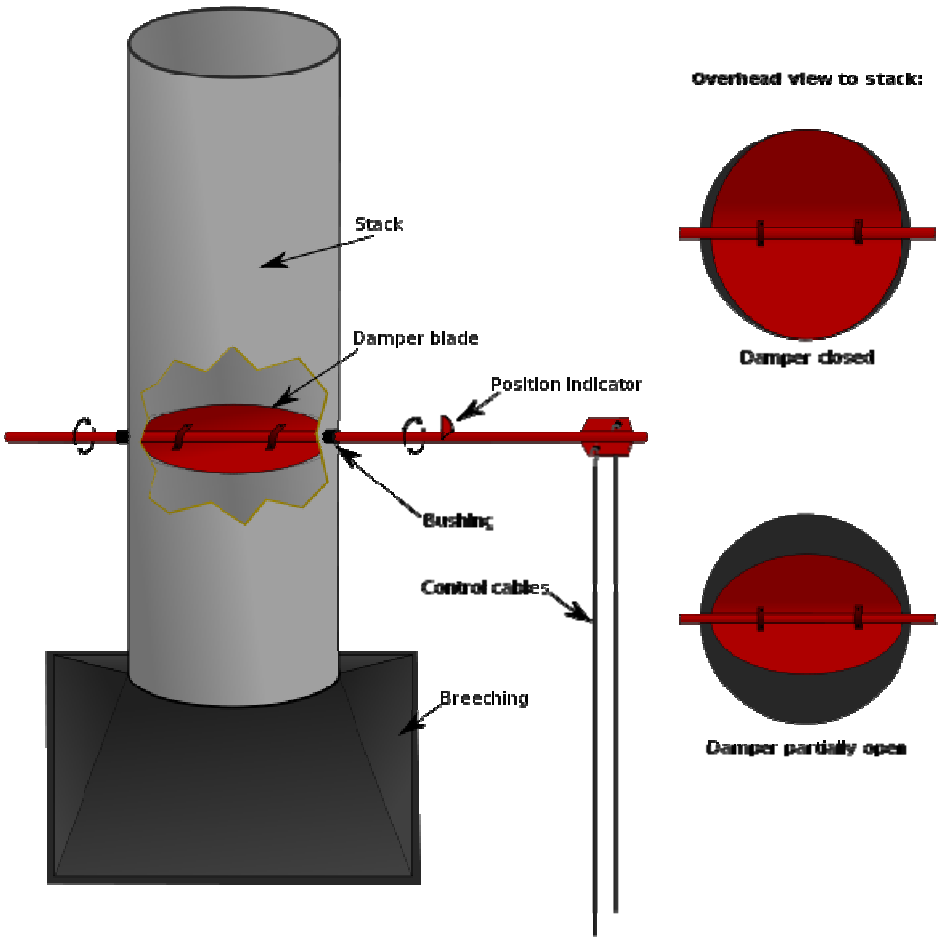
تعتمد نافخات السناج علي استخدام مادة قابلة للتدفق مثل الماء أو الهواء أو البخار لإزالة ترسبات السناج الموجودة علي الأنابيب. وعادة ما يتم ذلك أثناء عملية الصيانة الخاصة بالفرن ويتم تشغيل مضخة الهواء أيضا في هذه

العملية. هناك العديد من أنواع نافخات السناج التي يمكن استخدامها . فيوجد نافخات الحوائط للأفران الدوارة rotary type وتكون مثبتة علي حوائط الفرن وبارزة بين أنابيب منطقة الحمل.

عند تشغيلها تدور وتنفخ السناج بعيدا عن الأنابيب وتخرج عبر المدخنة بفعل الهواء المتدفق من مضخة الهواء .

mounted on furnace walls protruding between the convection tubes. The lances are connected to a steam source with holes drilled into it at intervals along its length. When it is turned on, it rotates and blows the soot off the tubes and out through the stack.

المدخنة Stack



المدخنة وبوابة المدخنة

مدخنة غاز العادم هو جسم اسطواني الشكل يوجد فوق غرفة التبادل الحراري. تعمل علي تجميع غازات العادم وإخراجه علي ارتفاع كبير في الهواء الجوي بحيث لا يؤذي العاملين حول السخان.

يعتبر بوابة المدخنة Stack Damper جزء يقع داخل المدخنة وهو يشبه بلف من النوع Butterfly Valve وهو يعمل علي تنظيم سريان الهواء المسحوب (بسبب وجود فرق في الضغط بين مكان دخول الهواء وخروج العادم) داخل السخان.

تعمل هواية المدخنة علي تنظيم الحرارة المفقودة عبر المدخنة. فكلما تم إغلاق هواية المدخنة أكثر كانت كمية الحرارة المتسربة عبر

The flue gas stack is a cylindrical structure at the top of all the heat transfer chambers. The breeching directly below it collects the flue gas and brings it up high into the atmosphere where it will not endanger personnel.

The stack damper contained within works like a butterfly valve and regulates draft (pressure difference between air intake and air exit)in the furnace, which is what pulls the flue gas through the convection section. The stack damper also regulates the heat lost through the stack. As the damper closes, the amount of heat escaping the furnace through the stack decreases, but the pressure or draft in the furnace increases which

المدخنة أقل ولكن الضغط أو السحب داخل الفرن يزداد وبالتالي يشكل خطرا علي العاملين حوله وخاصة إذا كان هناك تسريب في جدار الفرن ويمكن أن تتخطي النيران صندوق النار Firebox أو حتي حدوث إنفجار إذا كان الضغط كبير جدا.

poses risks to those working around it if there are air leakages in the furnace, the flames can then escape out of the firebox or even explode if the pressure is too great.

العزل Insulation

العزل Insulation هو مكون هام من مكونات الفرن حيث يمنع حدوث تسرب كبير للحرارة خارج الفرن ، مما يرفع من كفاءة استهلاك الوقود فى الفرن .ويتم العزل بتبطين الفرن بمواد مقاومة وعاكسة Refractory Materials للحرارة مثل الطوب الحراري firebrick وألياف السيراميك ceramic Fiber و Castable Refractories لعزل الحرارة. وعادة يتم تبطين أرضية الفرن بمادة عازلة من النوع Castable Refractories بينما تُبطن الحوائط بطبقات ملصوقة أو مثبتة بمسامير. وعادة ما تستخدم ألياف السيراميك Ceramic Fibre لتبطين السقف والحوائط . ويكون مدرج علي حسب كثافته ودرجة تحمله للحرارة. وعلي سبيل المثال، الرقم 8# 2,300 °F يعني كثافة 8 lb/ft^3 ودرجة حرارة قصوي تساوي 2,300 °F . ويجب أن تكون درجة الحرارة الفعلية التي ستتعرض لها الألياف السيراميكية أقل من القيمة القصوي (وعلي سبيل المثال الألياف ذات 2300°F جيدة حتي درجة حرارة 2145°F قبل التجعد Perm (الإنكماش الخطي Linear Shrinkage) . ومن أمثلة مركبات الـــ Castable النوع Kastolite والنوع Econolite .

Insulation is an important part of the furnace because it prevents excessive heat loss. Refractory materials such as firebrick, castable refractories and ceramic fiber, are used for insulation. The floor of the furnace are normally castable type refractories while those on the walls are nailed or glued in place. Ceramic fibre is commonly used for the roof and wall of the furnace and is graded by its density and then its maximum temperature rating. For example, 8# 2,300 °F means 8 lb/ft^3 density with a maximum temperature rating of 2,300 °F. The actual service temp rating for ceramic fiber is a bit lower (i.e. 2300°F is only good to 2145°F before perm. linear shrinakge). An example of a castable composition is kastolite or econolite.

الهواء

في الأفران يجب أن تكون كمية الهواء أكثر من النسب التي تحتاجها عملية الإحتراق وهذه النسبة تسمى excess air تتراوح نسبتها من 20 % في حالة استخدام وقود غازي إلى 30% في حالة استخدام وقود سائل ،ويمكن معرفة هذه النسبة من خلال قياس الأكسجين المتبقي والخارج مع الغازات flue gasوالمقاس بواسطة محلل أكسجين OXYGEN ANALYZER ويجب أن تتراوح بين 4 : 6 % من حجم هذه الغازات ولتحديد كمية أو نسبة الهواء الزائد Excess air لها أهمية كبيرة وللأسباب التالية:

أ: إذا كانت النسبة أكبر من اللازم فإن ذلك سوف يؤدي إلى زيادة في استهلاك الوقود أي زيادة في درجة حرارة الغازات الصاعدة إلى المدخنة.

ب: إذا كانت النسبة أقل من اللازم فإن ذلك يسبب احتراق غير كامل للوقود وزيادة حرارة منطقة الإشعاع ولهب طويل مع ظهور دخان.

نظام التحكم في سخان اللهب المباشر Burner Management Systems

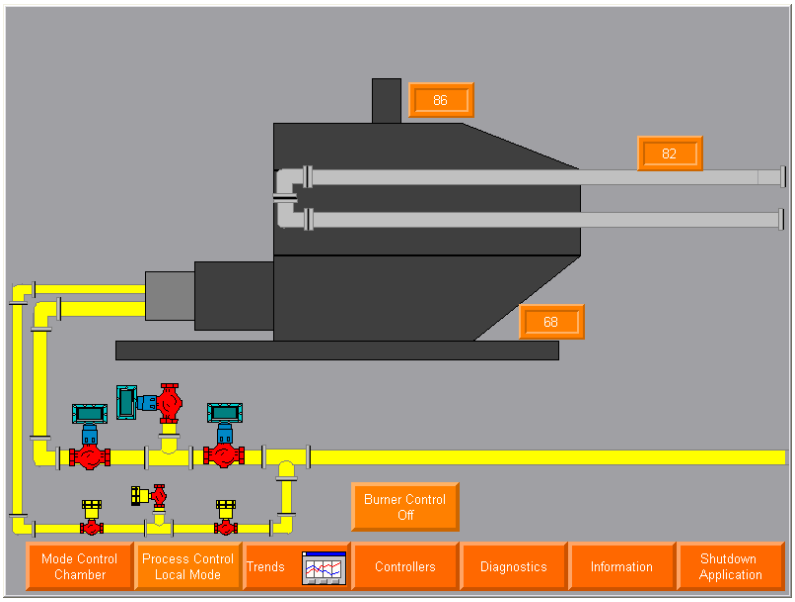
يصمم نظام التحكم للقيام بالكسح المبدئي pre-purge والكسح النهائي post-purge للسخان وكذلك الإشعال الأوتوماتيكي automatic ignition والمراقبة المستمرة للهب بواسطة حساس استشعار الأشعة فوق البنفسجية UV sensor .

عملية الاحتراق داخل الفرن يتم التحكم فيها وذلك لحصول على الحرارة المطلوبة مع اقل استهلاك للوقود بما يضمن سلامة الوحدة.

لوحة التحكم.

يمكن أن تكون لوحات التحكم بسيطة مثل لمبات بيان indicators وأزرار push buttons أو لوحات متقدمة مثل التي تعتمد علي أجهزة الكمبيوتر.

نظام تحكم بلوحة تحكم بسيطة



نظام تحكم يعتمد علي الكمبيوتر

السخان الكهربي الصناعي

Industrial Electrical Heater

السخان الكهربي الصناعي Industrial Electrical Heater

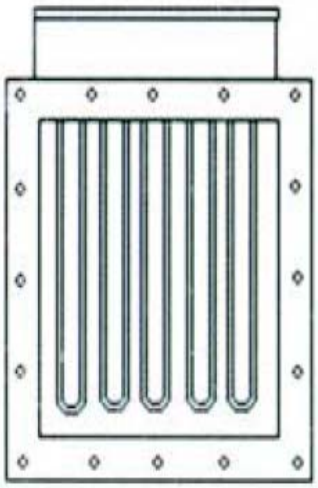
أنواع السخانات الكهربية

ملفات التسخين الأنبوبية والمزعنفة Tubular and Finned Heating Elements

ملفات التسخين الأنبوبية والمزعنفة

يتستخدم في العديد من التطبيقت لتسخين الهواء أو غازات أو سوائل.

سخانات مجاري الهواء Air Duct Heaters



سخانات مجاري الهواء

سخانات مجاري الهواء تستخدم في كثير من الأحيان كوسيلة رفاهية للتدفئة أو تدفئة حيز معين مثل غرف الكمبيوتر والفنادق والمستشفيات والمكاتب بالإضافة لتلبية الإحتياجات الصناعية من تسخين وعمليات تجفيف.

السخانات المغمورة في السائل Liquid Immersion Heaters

نموذج للسخان المغمور (يمكن تركيبه علي خزان لسائل)

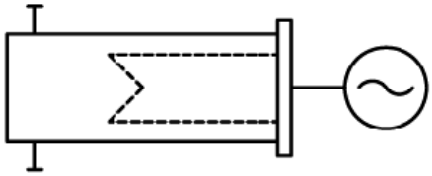
تعتبر السخّانات الغاطسة Immersion heaters وسيلة عالية الكفاءة للتسخين المباشر للسوائل . فهو مصمم لتسخين السوائل المتواجد في حيز مثل الخزانات.

سخانات تدوير الموائع Fluid Circulation Heaters

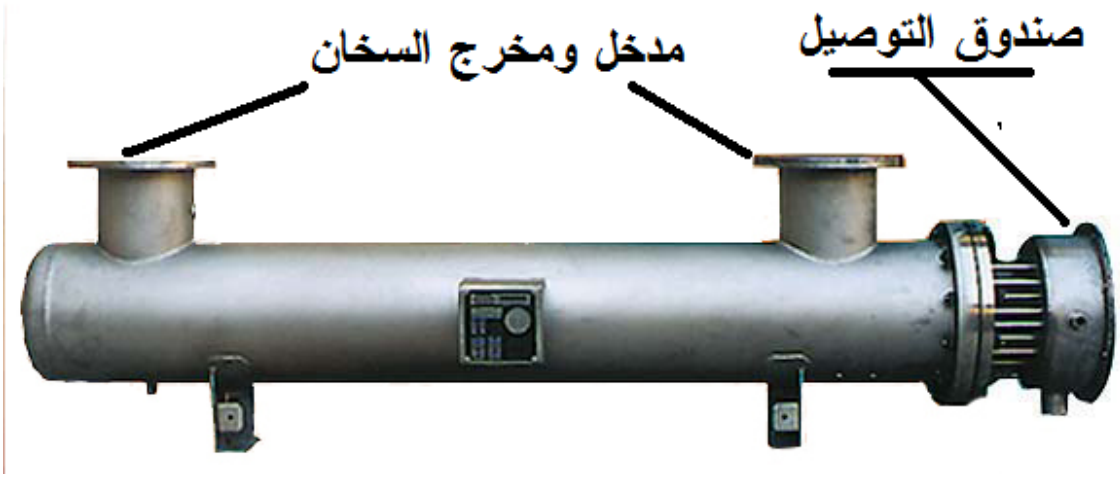
سخانات تدوير الموائع

ذو تصميم يشبه المبادل الحراري حيث يدخل المائع (سائل – غاز) من أحد منفذي السخان ليتلامس مع عنصر التسخين الداخلي ثم يخرج المائع من المنفذ الآخر.

الرمز الفني في مخطط الـ P&ID



الرمز الفني للسخان الكهربي في الـ P&ID


صندوق التوصيل
مدخل ومخرج السخان

التحكم في السخانات الكهربية

دوائر التحكم فى السخانات الكهربية

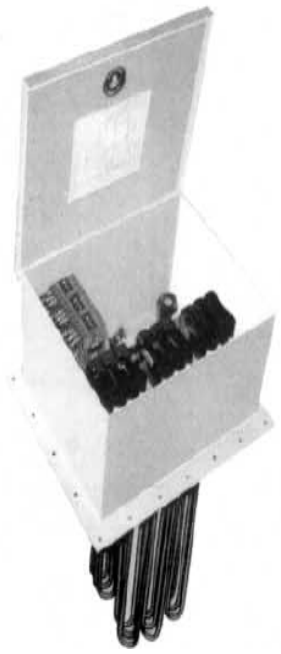
يمكن تقسيم السخانات إلى:

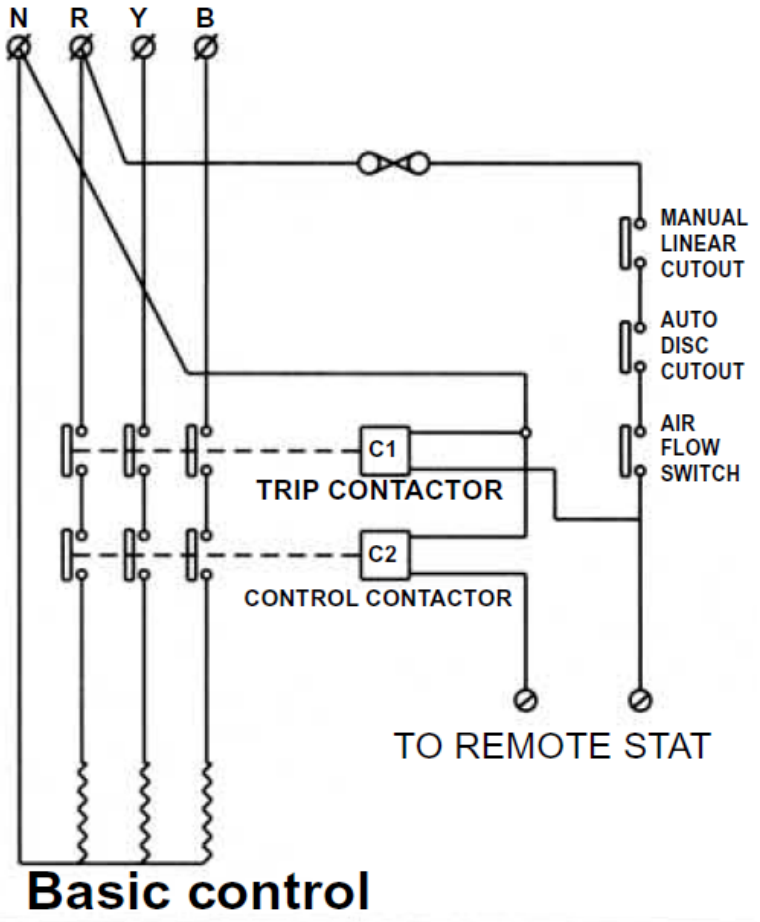
سخانات ذات قدرة ثابتة: وتتميز هذه السخانات بثبات قيمة جهد أطرافها ، وبمجرد وصول درجة حرارة السخان للدرجة المطلوبة (T1) مثلا ينقطع التيار الكهربى عن السخان حتى تنخفض درجة حرارة السخان لتصبح T2 مثلا ، حينئذ تتكرر دورة التشغيل من جديد ويقال إن هذه السخانات برجوعية Hysteresis مقدارها $\Delta T = T1 - T2$ وهذه الرجوعية تعتمد على تصميم الدائرة.

سخانات ذات قدرة متغيرة: حيث إن القدرة الكهربية لهذه السخانات فى أى لحظة تعتمد على درجة الحرارة اللحظية لها ، وتتميز هذه السخانات بدقتها العالية حيث تثبت درجة حرارتها مع خطأ صغير جدا.

وعادة تستخدم الترياك والثايرستور فى التحكم فى جهد أطراف هذه السخانات بالإستعانة بعناصر لاستشعار درجة الحرارة.

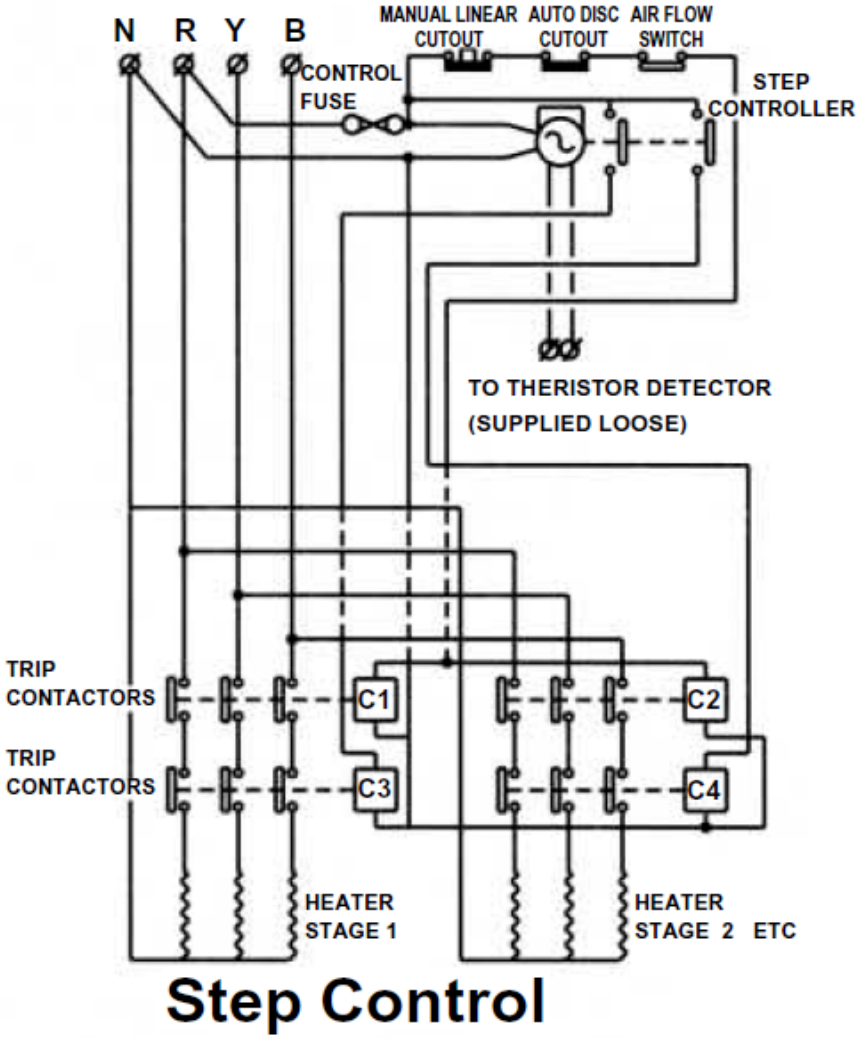
دائرة تحكم بسيط Basic Control





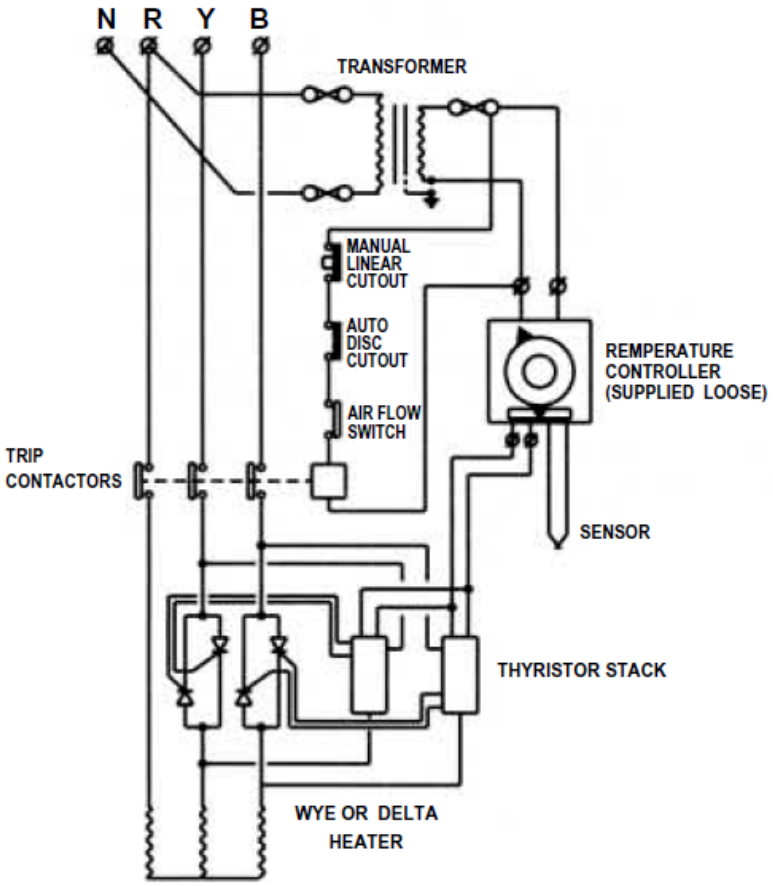
دائرة تحكم بسيط

دائرة تحكم الخطوة Step Control



دائرة تحكم الخطوة

دائرة التحكم بالثايرستور Thayrestor Control



دائرة التحكم بالثايرستور

المصطلحات

العربي	English	الشرح
	Breeching	
بوابة المدخنة	Damper	
	D	
سخان اللهب المباشر	Direct Fire Heater	
منطقة الحمل الحراري	Convection Section	
مضخة هواء	Air Blower	
مفاعل	Reactor	
الشعلة الحارق	Burner	
صندوق الاحتراق	Firebox	
وقود غازي	Flue Gas	
سائل نقل الحرارة	HTF=Heat Transfer Fluid	
منطقة الجسر	Bridgezone	
أنابيب الربط	Crossover Tubes	
نافذة زجاجية	Sightglass	نافذة زجاجية توجد في جدار الفرن تسمح للعاملين بالنظر داخل الفرن بأمان لمتابعة الهب والفحص البصري للأنابيب الداخلية للفرن.
	Burner Tile	
	Air Registers	
خلاط	Premixer	
منطقة الإشعاع	Radiant section	هي المنطقة السفلية في الفرن أو السخان ويكون انتقال الحرارة في تلك المنطقة من الشعلة للأنابيب الداخلية بطريقة الإشعاع الحراري.
القداحات الثانوية الشعلة الثانوية	Pilot	عبارة عن شعلة صغيرة يتم اشعالها قبل أولا بطريقة أوتوماتيكية (بتوليد شرارة كهربية ناتجة عن جهد كهربي عالي جدا) وتظل مشتعلة دائما بحيث تعمل علي إشعال الشعلات الكبيرة بسرعة.
نفاثات للسناج	soot blowers	لتنظيف الأنابيب من الأتربة و الخبث المتخلف من نواتج الإحتراق
مضخة هواء الإحتراق	Combustion Air Blower	تُستخدم هذه المضخة مع الأفران أو السخانات التي يكون نظام سحب هواء الإحتراق فيها من نوع السحب الإجباري Forced Draft وذلك من خلال مخة هواء Blower.
	Heater Coil	
طوب حراري	Castable Refractories	مادة مقاومة للحرارة في شكل قوالب
.		

المراجع References

1- موقع ويكيبيديا http://en.wikipedia.org/wiki/Furnace .

الكتب التي سبق نشرها علي شبكة الإنترنت

إسم الكتاب	آخر إصدار تم نشره	نبذة عن موضوع الكتاب
الوصلات الطرفية للكابلات والأجهزة Connectors	Ver. 3	يتناول هذا الكتاب الأنواع المختلفة للملحقات الطرفية التي تُسهل عملية توصيل الكابلات بعضها ببعض أو توصيل الكابلات المختلفة بالمعدات والأجهزة الكهربية والإلكترونية
كل شئ عن المقاومة	Ver. 1	يحتوي علي وصف وشرح لجميع أنواع المقاومة الإلكترونية وكيفية التعامل معها

الرابط

إسم الكتاب	الرابط علي شبكة الإنترنت
الوصلات الطرفية للكابلات والأجهزة Connectors	http://www.kutub.info/library/book/10004
كل شئ عن المقاومة	http://www.kutub.info/library/book/10840