



مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

[11] رقم البراءة: ٢٦٩٧
[45] تاريخ المنح: ١٤٣٢/٠٧/٢٠ هـ
الموافق: ٢٠١١/٠٦/٢٢ م

[19] المملكة العربية السعودية SA

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

[12] براءة اختراع

[30] بيانات الأسبقية: AU ٢٠٠٥٢٣٧١٧٩ ٢٠٠٥/١١/٢٥ م [51] التصنيف الدولي (IPC⁸): B01J 08/24 : C01B 13/32 [56] المراجع: US ٢٤٨٥٣١٧ ١٩٤٩/١٠/١٨ م AU ١٩٩٨٩٤٠٥ ٢٠٠٠/٠٥/٢٥ م EP اسم الفاحص: متعب بن خالد الحربي	[72] اسم المخترع: روجر بليغ، ويرنر ستوكهاوزن، بيرند كيرستينز، دمايكل سترودر، مايكل ميسالا، جونتر شنيدر [73] مالك البراءة: اوتوكومبو تكنولوجي اويج عنوانه: ٧ ريهيتوننتاي، إسبو، ٠٢٢٠٠، فنلندا جنسيته: فنلندية [74] الوكيل: سعود محمد الشواف [21] رقم الطلب: ٠٦٢٧٠٤٣٣ [22] تاريخ الإيداع: ١٤٢٧/١١/٠٤ هـ الموافق: ٢٠٠٦/١١/٢٥ م
---	---

[54] اسم الاختراع: عملية ووحدة صناعية لإنتاج أكسيد

فلزي من مركبات فلزية

Process and plant for producing metal oxide from metal compounds

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الراهن بعملية لإنتاج أكسيد

فلزي metal oxide من مركبات فلزية metal

compounds، وبصفة خاصة من هيدروكسيد فلزي

metal hydroxide، حيث يتم تكليس المركب

الفلزي في مفاعل لتحويله إلى أكسيد فلزي metal

oxide، وتتميز العملية في أنه يتم تكثيف الغاز

المنصرف exhaust gas من مفاعل و/أو من مرحلة

تسخين متقدم أو تجفيف مزودة قبل المفاعل المذكور في

مبادل حراري heat exchanger واحد على الأقل مما

يؤدي إلى الحصول على الماء الناتج عن التكثيف

condensed water الذي يتم استخدامه في العملية.

وتحتوي الغازات المنصرفة من العملية المذكورة على

بخار ماء water vapor بنسبة تزيد عن ٣٠٪ مثلاً.

كما يتعلق الاختراع الراهن بوحدة صناعية مقابلة مع

استمثال استخدام مصادر الماء والطاقة الحرارية.

عدد عناصر الحماية (٢٧)، عدد الأشكال (٥)

عملية ووحدة صناعية لإنتاج أكسيد فلزي من مركبات فلزية

Process and Plant for Producing Metal Oxide from Metal Compounds

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

- يتعلق الاختراع الراهن بعملية لإنتاج أكسيد فلزي metal oxide من مركبات فلزية metal compounds على سبيل المثال، وبصفة خاصة من هيدروكسيد فلزي metal hydroxide، حيث يتم تكليس المركب الفلزي metal compound في مفاعل لتحويله إلى أكسيد فلزي metal oxide، وحيث تحتوي الغازات المنصرفة exhaust gases الناتجة في العملية المذكورة على بخار ماء water vapor بنسبة تزيد عن ٣٠٪ مثلاً، كما يتعلق الاختراع الراهن بوحدة صناعية مقابلة.
- تُعرف من براءة الاختراع الأوروبية رقم B1 ٢٠٨ ٨٦١ ٠ عملية كهذه لإنتاج أكسيد الألومنيوم aluminium oxide (الألومينا alumina) من هيدروكسيد الألومنيوم aluminium hydroxide باستخدام طبقة ممیعة دائرة circulating fluidized bed حيث يتم أولاً تجفيف هيدروكسيد الألومنيوم aluminium hydroxide في عدة مراحل للتسخين المتقدّم preheating stages وتكليس جزئياً ومن ثم إدخاله في الحالة المسخّنة مقدّماً إلى مفاعل ممیع الطبقة fluidized bed reactor يتم فيه إنتاج الألومينا alumina. ويتم تزويد الغاز المنصرف من المفاعل ممیع الطبقة والذي يُحصل عليه أثناء عملية الاحتراق combustion في هذا المفاعل إلى مراحل التسخين المتقدّم وتتم الاستفادة من حرارته.
- وفي المناطق الجافة تحديداً، يكون تزويد الماء المستخدم في عملية من هذا القبيل، مثل عملية باير Bayer process لتنقية البوكسيت bauxite كمرحلة أولى لإنتاج الألومينا alumina، بقصد إنجاز أغراضٍ شتى، مثل النض leaching و/أو الغسل السابق، متعزراً ومكلفاً. فعلى سبيل المثال، تلزم كمية كبيرة من الماء المعالج التنظيف من أجل غسل الهيدروكسيد الفلزي metal hydroxide الذي يزود عادة في صورة ثقل رشاحة filter cake.
- وتُعرف من براءة الاختراع الأوروبية رقم A1 ٤٧٢ ٠٦٣ ١ طريقة لتبريد غازات المداخن flue gases الناتجة عن احتراق الوقود. أولاً، يتم تبريد غاز المداخن في مكثف condenser لتشكل ناتج تكثيف condensate ثم يتم تبريده بشكل إضافي في مبادل حراري heat exchanger لكي يكون في الإمكان الاستفادة منه بشكل فعال. وبعد ذلك يتم التخلص من ناتج

التكثيف بشكل مباشر بتصريفه في شبكة مجاري الصرف sewage system. وبالتالي، لا يُستخدم ناتج التكثيف كماء معالج في الوحدة الصناعية.

الوصف العام للاختراع

يهدف الاختراع الراهن، بناءً على ما سبق، إلى تزويد عملية ووحدة صناعية لإجراء عملية تكليس calcination، على سبيل المثال، لمركبات فلزية metal compounds مع استمثال استخدام مصادر الماء والطاقة الحرارية.

ووفقاً للاختراع، يتم تحقيق هذا الهدف باستخدام عملية مثل تلك التي ذكرت أعلاه والتي يتم فيها تكثيف الغاز المنصرف من المفاعل و/أو من مرحلة التسخين المتقدّم المزودة قبل المفاعل في مبادل حراري واحد على الأقل مما يؤدي إلى الحصول على الماء الناتج عن التكثيف condensed water المستخدم في العملية. وبالتالي، قد تُخفّض كمية الماء الجديد المستخدم في العملية وفقاً للاختراع نتيجة لإعادة استخدام الماء الناتج عن تكثيف بخار الماء الموجود في الغاز المنصرف من الوحدة الصناعية. ولهذا السبب، وتحديدًا في المناطق التي تعاني من محدودية مصادر الماء و/أو ارتفاع تكاليف تزويد الماء، يمكن خفض استهلاك الماء بتفادي استخدام كميات كبيرة من الماء الجديد. وإضافة إلى ذلك، يتم الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة عن تكثيف بخار الماء الموجود في الغاز المنصرف باستخدامها في المبادل الحراري (أو المبادلات الحرارية).

ومع أنه تم وصف هذا الاختراع بالرجوع إلى عملية ووحدة صناعية لتكليس المركبات الفلزية metal compounds، إلا أنه ينبغي أن يكون مفهوماً أنه يمكن تطبيق الفكرة العامة للاختراع المتمثلة في استرجاع الماء من بخار الماء الموجود في الغاز المنصرف على عمليات أو وحدات صناعية مختلفة ينصرف منها غازات تحتوي على نسبة عالية من بخار الماء وعلى سبيل المثال تلك التي ينصرف منها غازات تحتوي على بخار ماء بنسبة تزيد عن ٣٠٪. وعلى سبيل المثال يمكن تطبيق الفكرة العامة للاختراع على عمليات تكليس عامة، لتجفيف البلورات crystals، نضّ المتخلفات residues، الكتل الحيوية biomasses أو عمليات احتراق الهيدروجين hydrogen أو الكتل الحيوية، قبل أية معالجة لاحقة، دون الحيود عن نطاق الاختراع الراهن. ويمكن تشغيل العملية الموصوفة عند الضغط الجوي atmospheric pressure إلا أنه يمكن أيضاً تشغيلها عند ضغط أقل دون ١٠٠ كيلوباسكال (١ بار) وعند ضغط أعلى يتراوح من حوالي

١٠٠ كيلوباسكال (١ بار) إلى ٥٠٠٠ كيلوباسكال (٥٠ بار). كما أنه من الممكن أيضاً خفض ضغط الغازات أو زيادة ضغط الغاز الذي يحتوي على بخار الماء قبل إجراء المعالجة وفقاً لهذا الاختراع.

ووفقاً لتجسيد مفضل لفكرة الاختراع يُقترح تبريد الغاز المنصرف من المفاعل في مبادل حراري أول إلى درجة حرارة أعلى من نقطة تكاثف dew point بخار الماء، ويفضل إلى حوالي ١١٠°م، وتبريد الغاز المنصرف بشكل إضافي في مبادل حراري ثانٍ، ويفضل جهاز تبريد بالتسقية أو بالرش quench or spray cooler، إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء، ويفضل إلى درجة حرارة تتراوح من حوالي ٦٠°م إلى ٩٠°م، وعلى سبيل المثال إلى درجة حرارة تبلغ حوالي ٨٠°م. وقد يحتوي الغاز المنصرف من المفاعل و/أو المبادل الحراري على بخار ماء بنسبة بين ٤٠٪ و ١٠٠٪، ويفضل بنسبة بين حوالي ٦٠٪ وحوالي ١٠٠٪، وعادةً بنسبة بين حوالي ٦٠ و ٨٠٪، والأفضل بين ٨٠ و ١٠٠٪ بحيث من المفضل أن تكون نقطة تكاثف بخار الماء بين ٧٥°م و ٨٥°م عند الضغط الجوي. وقد يكون المبادل الحراري الأول عبارة عن مسترجع recuperator أو مجدّد regenerator يتم فيه إعادة تسخين الغاز المنصرف من المبادل الحراري الثاني إلى درجة حرارة يفضل أن تبلغ حوالي ١٤٥°م وبذلك يمكن تفادي حدوث تكاثف للغاز المنصرف في المدخنة stack أو فوقها مباشرة. وكبدل، يمكن تسخين الغاز المنصرف أو إعادة تسخينه بواسطة حارق burner، بإضافة هواء جاف و/أو بإضافة هواء تم تسخينه مقدماً.

وللتأكد من أنّ للماء الناتج عن التكثيف نقاوة تكفي لإعادة استخدامه في عملية الترشيع أو ما شابه ذلك، يفضل إخضاع الماء الناتج عن التكثيف و/أو الماء الناتج عن التكثيف مع ماء التبريد cooling water المستخدم لجهاز التبريد بالرش لعملية تنصيل stripping process بنفث هواء أو غاز لخفض نسبة CO₂ و/أو SO₂ في الماء الناتج عن التكثيف. غير أنه إذا كانت نسبة CO₂ و/أو SO₂ منخفضة بدرجة تكفي لاستخدام الماء الناتج عن التكثيف للغسل في مرشّح الهيدرات hydrate مباشرة، يكون من الممكن حذف عملية التنصيل. والحاجة الماسة لعملية التنصيل تعتمد على نوع الوقود المستخدم.

وقبل استخدام الماء الناتج عن التكثيف للاستخدامات اللاحقة، قد يتم إخضاعه لعملية تنظيف أو تنقية، مثل عملية تبادل أيوني ion exchange أو معالجة فيزيائية. وقد تتضمن عملية من هذا القبيل معالجة الماء في مرحلة ترشيح تحتوي على مرشّح filter مصنوع من هيدرات

الألومنيوم aluminium hydrate، الألومينا alumina، الكربون المنشط activated carbon أو ما شابه ذلك. كما قد تتضمن عملية التنظيف أو التنقية معالجة بالتنظيف البيولوجي أو الكيميائي، مثل الأكسدة oxidation بمساعدة H_2O_2 ، الترسيب precipitation وما شابه ذلك. وكخطوة إضافية أو بديلة، يمكن استخدام المعالجة الفيزيائية أو معالجة من نوع آخر، مثل الإشعاع irradiation باستخدام الأشعة فوق البنفسجية ultraviolet light، الأشعة السينية x-Ray، الإلكترونات electrons، إلخ. أو مثل المجالات المغناطيسية magnetic fields أو الفصل المغناطيسي magnetic separation، التحليل الكهربائي electrolysis، الترشيح الفائق ultrafiltration، الإشراق الكهربائي electrophoresis. وبشكل إضافي أو بديل، قد يتم إخضاع الماء الناتج عن التكتيف لعملية معادلة neutralization أو لضبط قيمة درجة الحموضة pH بمساعدة مكونات قلوية alkaline components أو مكونات حمضية acid components و/أو لإضافة مواد مثل ثاني أكسيد biozide أو مواد مساعدة auxiliary materials مثل الأملاح لغرض المعالجة المتعاقبة.

ويمكن تغذية جزء على الأقل من الماء الناتج عن التكتيف كعامل تبريد cooling agent في مبادل حراري، ويفضل جهاز تبريد مميع الطبقة fluidized bed cooler. وفي جهاز التبريد مميع الطبقة هذا، يمكن تسخين الماء الناتج عن التكتيف إلى درجة حرارة تكون ملائمة لمعدات النقل اللاحقة مثل معدات ترشيح الهيدرات hydrate، ويفضل إلى درجة حرارة تبلغ حوالي $80^{\circ}C$. ومع أن ماء التبريد يكون مطلوباً في خطوة التبريد الأخيرة، إلا أنه يمكن أيضاً استخدامه من أجل تبريد الألومينا alumina إلى درجة حرارة متوسطة قد تبلغ حوالي $120^{\circ}C$ عن طريق انتقال الحرارة غير المباشر indirect heat transfer إلى الماء الناتج عن التكتيف الذي قد يُسخّن في نفس الوقت إلى درجة حرارة تقع بين $90^{\circ}C$ إلى $100^{\circ}C$ مما يكفل أفضل استرجاع ممكن للطاقة نتيجة تبريد الألومينا alumina وخفض مقدار البخار اللازم لتسخين الماء المستخدم لغسل المرشّح مقدّماً. وبعد تركه لجهاز التبريد، قد يُستخدم الماء الناتج عن التكتيف المسخّن، كماء غسل لترشيح الهيدرات hydrate.

ووفقاً لتجسيد آخر للاختراع، يتم تغذية جزء على الأقل من الماء الناتج عن التكتيف بصفته عامل تبريد إلى مبادل حراري، ويفضل جهاز تبريد تتعاكس فيه اتجاه التيارات countercurrent cooler، حيث يتم تبريد الغاز المنصرف من المفاعل بشكل إضافي. ويُعيّن

- موقع المبادل الحراري الذي تتعاكس فيه اتجاه التيارات countercurrent heat exchanger ليكون بعد المبادل الحراري المذكور وقبل المبادل الحراري الثاني، الذي يفضل أن يكون عبارة عن جهاز تبريد بالتسقية أو بالرش. ويتم تبريد الغاز المنصرف إلى حوالي ٩٠°م، لكن أعلى من درجة حرارة تكثيف بخار الماء water vapor condensation temperature في حين يتم تسخين الماء الناتج عن التكثيف بشكل إضافي إلى حوالي ٩٥°م في مبادل حراري منفصل. وبالتالي، يمكن تبريد الغاز المنصرف من المفاعل في ثلاث مراحل للتبريد: مبادل حراري أول قد يكون عبارة عن مسترجع، مرحلة التبريد التي تستخدم الماء الناتج عن التكثيف بصفته عامل التبريد ومبادل حراري ثالث، يفضل أن يكون عبارة عن جهاز تبريد بالرش، لخفض درجة حرارة الغاز المنصرف عن نقطة تكاثف بخار الماء. وبالتالي، يمكن خفض سعة التبريد cooling capacity لجهاز التبريد بالرش وبذلك يمكن أيضاً خفض مساحة سطح التبريد cooling surface لجهاز التبريد بالهواء air cooler الذي قد يتم تزويده لتبريد عامل التبريد المستخدم لجهاز التبريد بالرش. ووفقاً لتجسيد آخر لهذا الاختراع يتم تبريد الغاز المنصرف من المفاعل والمحتوي على بخار الماء بواسطة مبادل حراري، مثل مسترجع أو مجدّد، إلى درجة حرارة دون نقطة تكاثف الغاز المنصرف. ويمكن إجراء هذا التبريد بواسطة الهواء المحيط أو بأوساط تبادل حراري ملائمة أخرى. وفي هذا المبادل الحراري، يتم استرجاع الماء نتيجة تكثيف الغاز ثم قد يُستخدم لاحقاً لأغراض المعالجة المتعاقبة.
- ووفقاً لتجسيد آخر لهذا الاختراع قد يتم تبريد الغاز المنصرف في خطوة أولى باستخدام أوساط انتقال الحرارة لاسترجاع أعلى قيمة من الطاقة، من أجل مثلاً إنتاج بخار منخفض الضغط أو توليد الطاقة الكهربائية. وفي خطوة لاحقة، يمكن إجراء التبريد بواسطة مضخة حرارية heat pump واحدة أو أكثر و/أو مبادلات حرارية إضافية كما ذكر أعلاه.
- ووفقاً لتجسيد آخر لهذا الاختراع قد يتم تبريد الغاز المنصرف في خطوة أولى بواسطة مضخة حرارية أو عدة مضخات حرارية متعاقبة بدرجات حرارة مختلفة لاسترجاع أعلى قيمة من الطاقة، من أجل مثلاً إنتاج بخار منخفض الضغط أو توليد الطاقة الكهربائية. وفي هذه المضخات الحرارية لا يتكثف بخار الماء أو قد يتكثف بمقدار قليل جداً. ويمكن إجراء التبريد الإضافي للغاز المنصرف إلى درجة حرارة دون نقطة التكاثف بواسطة مبادل حراري كما ذكر أعلاه.

وفي تجسيد مفضل آخر يُستخدم مبادل حراري ثانٍ، مثل جهاز تبريد بالرش أو جهاز تبريد تتعكس فيه اتجاه التيارات، يعمل على تكثيف جزء إضافي من بخار الماء الموجود في الغاز. وقد يُمزج ناتج التكثيف الثاني هذا الذي يكون عادة بنقاوة أعلى من نقاوة الماء الناتج عن التكثيف في المبادل الحراري الأول، مع ناتج التكثيف الأول أو قد يُستخدم بشكل منفصل لعمليات أخرى. ٥

وفي كل تجسيد من تجسيّدات الاختراع الراهن يمكن استخدام مبادل حراري واحد أو أكثر يعمل على تكثيف أكثر من جزء واحد من الماء بنقاوة متفاوتة ويستخدم ناتج التكثيف المختلفة لأغراض مختلفة. وفي التجسيد الذي يتضمن استخدام ثلاثة مبادلات حرارية بصفة خاصة، يكون من الممكن تكثيف جزء من بخار الماء في المبادل الحراري الثاني وجزء آخر في المبادل الحراري الثالث. ١٠

وبشكل إضافي أو بديل لإنتاج الماء الناتج عن التكثيف من الغاز المنصرف من المفاعل، يمكن إنتاج الماء الناتج عن التكثيف من الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف التي تم تزويدها قبل المفاعل المذكور. وقد تكون مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف هذه متمثلة في مبادل حراري مميّع الطبقة fluidized bed heat exchanger لتجفيف وتمييع الهيدرات hydrate عن طريق إدخال غاز أو خليط غازي، مثلاً الهواء، أو بخار خلال ما هو مصنّف على أنه فوهة nozzle في مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف بحيث يتم تبخير الماء وتصريفه مع الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف. ولأنّ نسبة الماء في الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف هذه قد تكون بين حوالي ٦٠٪ وحوالي ١٠٠٪، فإنّ بخار الماء قد يكتف بمساحات تبادل حراري قليلة مقارنة بالطريقة الموصوفة أعلاه. ١٥

٢٠ وكفائدة إضافية لهذا التجسيد المفضل، يمكن خفض استهلاك الطاقة في عملية التكليس عند إجراء تجفيف وتسخين مقدّم للهيدرات hydrate. وعلى سبيل المثال، يمكن تحسين عملية تسخين وتكليس هيدروكسيد الألومنيوم aluminium hydroxide الموصوفة في براءة الاختراع الأسترالية رقم B ١٥٦ ٥٨٥ (براءة الاختراع الأوروبية رقم ٧٥١ ٢٤٥ ٠) بواسطة الاختراع الراهن. وإضافة إلى ذلك، يمكن رفع درجة حرارة الغاز المنصرف من مفاعل التكليس باستخدام مرحلة تسخين متقدّم إضافية للهيدرات hydrate في وحدة التكليس الصناعية. وبالتالي، يمكن ٢٥

خفض الاستهلاك النوعي للطاقة specific energy consumption بشكل إضافي في الوحدة الصناعية بالكامل.

ووفقاً لتجسيد مطوّر لفكرة الاختراع هذه من يُقترح تغذية الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف إلى مبادل حراري واحد على الأقل، ويفضل جهاز تبريد تتعكس فيه اتجاه التيارات، حيث يتم تبريد الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء وبذلك يتم تكثيف جزء على الأقل من بخار الماء. وفي هذا المبادل الحراري، قد يستخدم الماء المعالج المستخدم في ترشيح الهيدرات hydrate بصفته عامل تبريد يُسخّن في المبادل الحراري إلى حوالي ٩٥°م. وكبديل عن ماء تغذية المرجل boiler feed water لحجرة المرجل الذي قد يُسخّن إلى حوالي ٦٠°م، يمكن استخدام الهيدرات hydrate أو مواد ملائمة أخرى والتي يمكن تسخينها بصفتها عامل التبريد، مثل أوساط انتقال الحرارة. ويمكن بعد ذلك تغذية الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف إلى مرحلة تنظيف الغاز المنصرف، ويفضل مرشّح كهروستاتيكي electrostatic filter و/أو مرشّح مزوّد بمبيت للأكياس bag house filter، والتي يمكن أن تكون أيضاً جزءاً من العملية الرئيسية.

ومما يجدر ذكر أنه وفقاً للاختراع الراهن في أي من تجسيدات الموصوفة أعلاه يمكن استخدام مضخة حرارية واحدة على الأقل بدلاً من المبادل الحراري أو بالإضافة إليه، من أجل على سبيل المثال تبريد الغازات و/أو تسخين الماء إلى درجة الحرارة اللازمة. كما يمكن استخدام مضخة حرارية لإنتاج بخار منخفض الضغط أو لتوليد الطاقة الكهربائية لاستخدام بخار الماء و/أو الغازات الساخنة بشكل فعال. وإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام عدة مبادلات حرارية بدلاً من استخدام مبادل حراري واحد.

وبواسطة العملية وفقاً للاختراع، يمكن إخضاع جميع أنواع الهيدروكسيد الفلزي metal hydroxide لمعالجة حرارية heat treatment فعالة، من أجل إنتاج أكاسيد فلزية metal oxides خاصة. وتعتبر العملية والوحدة الصناعية مفيدتين بصفة خاصة لإنتاج أكسيد الألومنيوم aluminium oxide (الألومينا alumina) عن طريق تكليس هيدروكسيد الألومنيوم aluminium hydroxide و/أو لإنتاج أكسيد المغنيسيوم magnesium oxide (المغنيسيا magnesia) عن طريق تكليس هيدروكسيد المغنيسيوم magnesium hydroxide.

ووفقاً للاختراع تحتوي الوحدة الصناعية الملائمة بصفة خاصة لإجراء العملية الموصوفة أعلاه على مفاعل يتم فيه إنتاج الغاز الذي يحتوي على بخار الماء، على سبيل المثال مرحلة تجفيف للهيدرات hydrate الرطبة، الكتلة الحيوية أو مرحلة لتكليس المركب الفلزي metal compound إلى أكسيد فلزي metal oxide. وللمفاعل المذكور و/أو مرحلة التسخين المتقدم المزودة قبل المفاعل المذكور مجرى للغاز المنصرف exhaust gas conduit موصول مع مبادل حراري واحد على الأقل لتبريد الغاز المنصرف إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء، حيث يكون للمبادل الحراري مجرى موصول بالوحدة الصناعية لإعادة إدخال الماء الناتج عن التكتيف في العملية. وبعبارة أخرى، يعمل المجرى على إعادة إدخال الماء الناتج عن التكتيف لاستخدامه بشكل إضافي على سبيل المثال كماء تغذية للمرجل في حجرة المرجل أو كماء معالج في وحدة الترشيح الصناعية. وبالتالي، يمكن خفض استهلاك هذه الوحدة الصناعية من الماء الجديد الأمر الذي يعود بفوائد كبيرة في المناطق الجافة على وجه الخصوص. وفي نفس الوقت، يكون في الإمكان استخدام الغاز المنصرف بشكل فعال.

وفي تجسيد مفضل، تخفّض الرطوبة السطحية surface moisture للهيدرات hydrate الداخلة إلى مرحلة التجفيف المتقدم الأولى من عملية التكليس. وهذا يؤدي إلى رفع درجة حرارة الغاز المنصرف الذي يمكن الاستفادة منه في خفض الاستهلاك النوعي للطاقة في الوحدة الصناعية بشكل إضافي. وبالتالي يمكن إدخال مرحلة تجفيف متقدم إضافية في العملية لضبط درجة حرارة الغاز المنصرف ولتسخين هيدرات الألومينا hydrate alumina مقدماً.

ولضمان تبريد موثوق للغاز المنصرف يتم العمل على وصل مجرى الغاز المنصرف من المفاعل بمرحلة تبريد أولى، يفضل مسترجع أو مجدّد، توصل بمرحلة تبريد إضافية، يفضل جهاز تبريد بالرش، يتم وصلها بمجرى لإعادة إدخال الماء الناتج عن التكتيف إلى العملية. وبدلاً من ذلك، قد يتم وصل مجرى الغاز المنصرف من المفاعل بمرحلة تبريد أولى، يفضل مسترجع، يتم وصلها بمرحلة تبريد ثانية، توصل أيضاً بمرحلة تبريد إضافية، يفضل جهاز تبريد بالرش، يتم وصلها بمجرى لإعادة إدخال الماء الناتج عن التكتيف كعامل تبريد إلى مرحلة التبريد.

ووفقاً لتجسيد مفضل، يصل مجرى مخصص للماء الناتج عن التكتيف ما بين المبادل الحراري وجهاز التبريد ميع الطبقة من أجل تسخين هذا الماء الناتج عن التكتيف لاستخدامه في الترشيح وفي نفس الوقت تبريد الأكسيد الفلزي metal oxide. وبالتالي، يمكن تبريد الأكسيد

oxide الساخن الذي يتم تصريفه من المفاعل ويمكن، في مرحلة إضافية، غسل الهيدرات hydrate في وحدة الترشيح الصناعية باستخدام الماء الناتج عن التكثيف. وإضافة إلى ذلك، يمكن تزويد منصل stripper قبل جهاز التبريد مميع الطبقة وبعد المبادل الحراري لخفض نسبة CO_2 و/أو SO_2 في الماء الناتج عن التكثيف. ووفقاً لتجسيد آخر، قد تستخدم مرحلة لتنظيف الماء بدلاً من المنصل أو بالإضافة إليه. وقد تكفل مرحلة تنظيف ناتج التكثيف هذه معالجة كيميائية، بيولوجية، ميكانيكية أو أية معالجة أخرى. ٥

ولضمان تكثيف فعال لبخار الماء الموجود في الغاز المنصرف يخصص مجرى آخر للماء الناتج عن التكثيف و/أو لماء التبريد ليصل ما بين المبادل الحراري ومدخل عامل التبريد للمبادل الحراري بواسطة مضخة ومرحلة تبريد، ويفضل جهاز تبريد بالهواء. ويفضل أن يتم تزويد مجمع للرداذ mist collector في المبادل الحراري المذكور. ١٠

ووفقاً للاختراع، يخصص أنبوب تصريف exhaust pipe ليصل ما بين جهاز التبريد بالرش والمسترجع باستخدام الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش كعامل تبريد في المسترجع أو المجدد. وبالإضافة إلى تبريد الغاز المنصرف من المفاعل، تستفيد هذه الوحدة الصناعية من تسخين الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش لتقليل تكثيف الغاز المنصرف في المدخنة أو فوقها مباشرة. ويمكن إجراء هذا التسخين أيضاً بواسطة، مثلاً، مجرى لتحويل مسار الغاز المنصرف إلى المدخنة دون أن يمر بأداة التكثيف المزودة بمسترجع أو مجدّد. ويمكن إجراء هذا التسخين أيضاً بتزويد حارق في المدخنة أو قبلها من أجل تسخين الغازات المنصرفة أو بخلط هواء مسخن ناتج من جهاز التبريد بالهواء أو هواء جاف مع الغازات المنصرفة. ١٥

وإذا تضمنت الوحدة الصناعية وفقاً للاختراع ثلاث مراحل تبريد من أجل تبريد الغاز المنصرف من المفاعل، يكون من المفضل تخصيص مجرى للماء الناتج عن التكثيف ليصل بين مرحلة التبريد الثانية ومرحلة ترشيح الهيدرات hydrate التي تزود بعد المفاعل. وبالتالي، لن يُستخدم الماء الناتج عن التكثيف من أجل تبريد الغاز المنصرف من المفاعل فحسب بل سيستخدم أيضاً في مرحلة ترشيح الهيدرات hydrate. ٢٠

ووفقاً لتجسيد مفضل للاختراع، يتم تزويد مبادل حراري مميع الطبقة قبل المفاعل من أجل تسخين الهيدرات hydrate مقدماً وتجفيفها حيث يؤدي أنبوب التصريف للمبادل الحراري إلى مبادل حراري إضافي يستخدم الماء المعالج كعامل تبريد لترشيح الهيدرات hydrate. وفي هذا ٢٥

المبادل الحراري، يتم تكثيف الغازات المتسربة off gases من الطبقة المميعة. وقد يتم وصل أنبوب الغاز المنصرف من هذا المبادل الحراري بمرحلة لتنظيف الغاز المنصرف، ويفضل مرشح كهروستاتيكي أو مرشح مزود بمبيت للأكياس.

ويمكن التعرف على تحسينات، مزايا وإمكانيات تطبيق الاختراع الراهن أيضاً من الوصف الآتي للتجسيديات ومن الرسوم. وإن جميع السمات التي تم وصفها و/أو توضيحها بمفردها أو في أية توليفة تشكل موضوع الاختراع دون الاعتماد على اشتغال عناصر الحماية عليها أو الإشارة إليها كمرجع.

شرح مختصر للرسومات

- الشكل ١ : يبين رسماً تخطيطياً للعملية والوحدة الصناعية وفقاً لتجسيد أول للاختراع الراهن، ١٠
- الشكل ٢ : يبين رسماً تخطيطياً للعملية والوحدة الصناعية وفقاً لتجسيد ثانٍ للاختراع الراهن،
- الشكل ٣ : يبين رسماً تخطيطياً للعملية والوحدة الصناعية وفقاً لتجسيد ثالث للاختراع الراهن،
- الشكل ٤ : يبين رسماً تخطيطياً للعملية والوحدة الصناعية وفقاً لتجسيد رابع للاختراع الراهن، و ١٥
- الشكل ٥ : يبين رسماً تخطيطياً للعملية والوحدة الصناعية وفقاً لتجسيد خامس للاختراع الراهن.

الوصف التفصيلي

- لتكليس هيدروكسيد فلزي metal hydroxide مثل هيدروكسيد الألومنيوم aluminum hydroxide أو هيدروكسيد المغنيسيوم magnesium hydroxide تحتوي الوحدة الصناعية ١ المبينة في الشكل ١ على مفاعل ٢. وتتم تغذية الغاز المنصرف من المفاعل ٢ المذكور بواسطة المجرى ٣ إلى مسترجع أو مجدّد ٤ يعمل بصفته مرحلة التبريد الأولى. ٥
- وبعد تركه للمسترجع ٤، تتم تغذية الغاز المنصرف من المفاعل ٢ إلى جهاز تبريد بالرش ٥ يكوّن مرحلة تبريد إضافية للغاز المنصرف. وفي جهاز التبريد بالرش المذكور، يتم تبريد الغاز المنصرف إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء وبذلك ينتج ماء نتيجة التكثيف. ويتم إلى جهاز التبريد بالرش ٥ إدخال الغاز المنصرف من المنصّل ٦ الذي يتم تزويده بعد جهاز التبريد بالرش في مجرى مخصص للماء الناتج عن التكثيف. ويتم إدخال الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش كعامل تبريد إلى المسترجع ٤. وبالتالي، يتم تسخين أو إعادة تسخين الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش قبل تصريفه بواسطة المدخنة ٧. ويحول تسخين الغاز المنصرف دون ظهور أعمدة مرئية من الدخان عند المدخنة. ويمكن دعم هذا التسخين بتركيب حارق ١٩ في المدخنة أو بإضافة غاز مسخن ٢١ من جهاز التبريد بالهواء ٩ أو بإضافة الهواء المحيط ٢٠ من البيئة المحيطة. ١٥
- وفي المنصّل ٦، يتم إدخال الهواء المحيط أو أي غاز آخر لخفض نسبة CO_2 و/أو SO_2 في الماء الناتج عن التكثيف. وتحدد الحاجة إلى تركيب المنصّل ٦ بنوع الوقود الذي تتم تغذيته إلى المفاعل ٢. وفي المرحلة بعد المنصّل ٦ المذكور، تتم تغذية المقدار الكلي من الماء الناتج عن التكثيف عبر مرحلة معالجة للماء ٣١ لضبط درجة حموضة pH الماء المستخدم كعامل التبريد في مبادل حراري مميّع الطبقة ١٨. وتتم إعادة إدخال الماء المستخدم بصفته عامل تبريد في جهاز التبريد بالرش ٥ إلى جهاز التبريد بالرش بواسطة مضخة ٨ ومرحلة تبريد مصوّرة في الشكل ١ على أنها جهاز التبريد بالهواء ٩. وفي جهاز التبريد بالرش ٥، يتم تزويد مجمع للرداذ ١٠.
- وفي المبادل الحراري مميّع الطبقة ١٨، يتم تزويد طبقة مميعة حيث يتم إدخال الأكسيد الفلزي metal oxide الساخن مثل الألومينا alumina أو المغنيسيا magnesia عبر الخط ٢٤ من المفاعل ٢. وقد يتم تزويد مرحلة تبريد متقدّم pre-cooling stage (غير مبينة في الشكل) في

الخط ٢٤. ويتم تبريد الأكسيد الفلزي metal oxide في المبادل الحراري مميح الطبقة ١٨. وفي نفس الوقت، يتم تسخين الماء الناتج عن التكثيف في المبادل الحراري إلى درجة حرارة تكون ملائمة لترشيح الهيدرات hydrate أو تكون ملائمة لأن يعمل هذا الماء كماء تغذية للمرجل. وبعد تركه للمبادل الحراري مميح الطبقة ١٨، قد يستخدم الماء الناتج عن التكثيف كعامل غسل لترشيح الهيدرات hydrate. وكبدل عن المبادل الحراري ٩، قد تستخدم مضخة حرارية لتبريد الماء الدائر circulating water المستخدم في جهاز التبريد بالرش ولتزويد حرارة لتسخين الماء المستخدم في المبادل الحراري ١٨ مقدماً.

ويتم تزويد المفاعل ٢ بخطوط لإمداد الهيدرات hydrate ٢٥، الوقود ٢٩ وغاز الاحتراق combustion gas ٣٠. ويمكن تسخين غاز الاحتراق ٣٠ مقدماً في، على سبيل المثال، جهاز تبريد الألومينا alumina (المبادل الحراري) أو أية أجهزة أخرى. كما يمكن استخدام غاز التميع fluidizing gas ٣٢ المستخدم في جهاز التبريد مميح الطبقة ١٨ بصفته غاز الاحتراق وبالتالي يمكن إدخاله إلى المفاعل ٢. وبعبارة أخرى، يمكن إدخال الغاز المنصرف من المبادل الحراري مميح الطبقة ١٨ إلى المفاعل ٢ بصفته هواء احتراق مسخن مقدماً عبر الخط ٣٠.

وبالرجوع الآن إلى الشكل ٢، حيث تصوّر الوحدة الصناعية ١ التي تختلف عن الوحدة الصناعية ١ المبينة في الشكل ١ من حيث أنه يتم تزويد مرحلة تبريد إضافية ١١ بين المسترجع أو المجدد ٤ وجهاز التبريد بالرش ٥. وفي مرحلة التبريد الثانية ١١ هذه، التي تمثل جهاز تبريد تتعكس فيه اتجاه التيارات، يتم تبريد الغاز المنصرف من المفاعل ٢ بشكل إضافي إلى درجة حرارة تكون مع ذلك أعلى من نقطة تكاثف بخار الماء. وبالتالي، وبعد تبريد الغاز المنصرف من المفاعل ٢ بشكل إضافي إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء في جهاز التبريد بالرش ٥ يحصل على ماء ناتج عن التكثيف.

وبعد تركه لجهاز التبريد بالرش ٥ ومنصل اختياري ٦، يتم استخدام المقدار الكلي من الماء الناتج عن التكثيف كعامل تبريد في مرحلة التبريد الثانية ١١. وبعد جهاز التبريد الذي تتعكس فيه اتجاه التيارات ١١، قد يتم تسخين الماء الناتج عن التكثيف بشكل إضافي واستخدامه كعامل غسل لترشيح الهيدرات hydrate. ويفضل أن يسخن الماء الناتج عن التكثيف في جهاز تبريد مميح الطبقة كما وُصف ما يتعلق بهذا في الشكل ١. وفي هذا التجسيد، يمكن أن يستعاض

عن المسترجع ٤ و/أو المبادل الحراري ١١ بمضخة حرارية لإنتاج طاقة بمستوى أعلى من أجل، مثلاً، توليد الطاقة الكهربائية.

- وبشكل إضافي أو بديل لإنتاج الماء الناتج عن التكثيف كما وُصف أعلاه، قد يتم إنتاج الماء الناتج عن التكثيف في مرحلة للتسخين المتقدم ١٢ كما هو مبين في الشكل ٣. وتشتمل مرحلة التسخين المتقدم ١٢ المذكورة على مبادل حراري مميّع الطبقة ١٣ يتم تزويده قبل المفاعل ٥ من أجل تسخين وتجفيف الهيدرات hydrate. وفي المبادل الحراري مميّع الطبقة ١٣ المذكور، يتم تمييع الهيدرات hydrate التي يتم إدخالها عبر الخط ٢٥ بإدخال هواء، بخار أو غاز كما هو مُصوّر بالأسهم ٣٢ في الشكل ٣. كما يتم تسخين الهيدرات hydrate بواسطة مبادل حراري من نوع أنبوبي tubular، صفائحي plate أو حزمي bundle يزوّد داخل المبادل الحراري مميّع الطبقة ١٣. وبالتالي، يتم تسخين الهيدرات hydrate بحيث يتم إنتاج بخار ماء يُصرّف مع غاز التمييع ١٠ عبر المجرى ١٤ من المبادل الحراري مميّع الطبقة ١٣. ولضبط درجة حرارة بخار الماء في المجرى ١٤، يمكن تحويل جزء من تيار الهيدرات hydrate الداخل عبر الخط ٢٥ عن طريق التيار ٢٥. ويفضل أن يتم تسخين وسط انتقال للحرارة ٢٨، على سبيل المثال الماء أو الزيت، يُستخدم في المبادل الحراري ١٣ في نظام تبريد مميّع الطبقة fluidized bed cooling system ١٥ من أجل تبريد الألومينا alumina حيث يتم وضع هذا الوسط بعد المفاعل ٢ المذكور.
- ويعمل المجرى ١٤ المذكور على إيصال الغاز المنصرف من المبادل الحراري مميّع الطبقة ١٣ إلى مبادل حراري إضافي ١٥ يمثل مبادل حراري تتعاكس فيه اتجاه التيارات في تجسيد مفضل. وفي هذا المبادل الحراري ١٥، يتم تبريد الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدم ١٢ إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء وبذلك يتم تصريف الماء الناتج عن التكثيف عبر المجرى ١٦. ثم يوجّه الغاز المنصرف إلى مرحلة لتنظيف الغاز المنصرف (غير مبيّنة في الشكل)، ويفضل مرشّح كهروستاتيكي electrostatic filter و/أو مرشّح كيسّي bag filter، بواسطة أنبوب الغاز المنصرف ١٧. وكعامل تبريد، قد يُستخدم الماء المعالج، وعلى سبيل المثال ماء تغذية المرجل. وكبديل، قد يُستخدم الهواء كعامل تبريد في المبادل الحراري ١٥. وقد يُستخدم الماء الناتج عن التكثيف الذي يتم تزويده بواسطة المجرى ١٦ كماء غسل لترشيح الهيدرات hydrate. ٢٥

وتتدفق الهيدرات hydrate التي يتم تجفيفها وتسخينها مقدماً عبر المجرى ٢٤ إلى مرحلة تسخين متقدّم أولى ٢٢ يتم إليها إدخال الغاز المنصرف. ويمكن أن تشمل مرحلة التسخين المتقدّم ٢٢ على مجفف فنتوري venturi dryer، طبقة مميعة حلقية annular fluidized bed، ناقلة نفحية pneumatic conveyor أو مدوّمّة فزّارة للتبادل الحراري heat exchange cyclone. ويتم فصل الغازات والمواد الصلبة التي يتم تصريفها من مرحلة التسخين المتقدّم الأولى ٢٢ في منظّف للغاز gas cleaner ٢٣، على سبيل المثال مدوّمّة فزّارة، مرسّب كهروستاتيكي electrostatic precipitator و/أو مرشّح كيسي، ثم يوجّه الغاز المنصرف إلى المدخنة ٧. وقد يكون من المفضل توجيه الغاز المنصرف إلى المدخنة ٧ بواسطة مبادل حراري واحد على الأقل و/أو مضخة حرارية واحدة على الأقل حيث يتم تكثيف الغاز المنصرف لإنتاج ماء نتيجة هذا التكثيف. وتتدفق الهيدرات hydrate التي يتم تسخينها مقدماً خلال المجرى ٢٤ إلى مسخن متقدّم ثانٍ ٢٢ ثم إلى منظّف للغاز ثانٍ أو جهاز فصل separation device ٢٣ (على سبيل المثال مدوّمّة فزّارة أو مرسّب كهروستاتيكي و/أو مرشّح كيسي) ومنه يتم تغذية المواد الصلبة إلى المفاعل ٢. وفي المفاعل ٢، يتم تكليس المواد الصلبة التي يتم تسخينها مقدماً وتغذيتها بواسطة منظّف إضافي للغاز ٢٣ إلى مرحلة تبريد الألومينا alumina cooling stage ٢٦ في الوحدة الصناعية. وعبر المجرى ٢٧ تترك الألومينا alumina المبردة الوحدة الصناعية. ويتم إدخال الغاز المنصرف من المنظّف الإضافي للغاز ٢٣ عبر المجرى ٣ إلى مرحلة التسخين المتقدّم الثانية ٢٢، بينما يتم إدخال الغاز المنصرف من المنظّف الثاني للغاز ٢٣ إلى مرحلة التسخين المتقدّم الأولى ٢٢.

وبدلاً عن التجسيد المبين في الشكل ٣، يمكن إجراء التسخين المتقدّم للهيدرات hydrate في ثلاث مراحل من التسخين المتقدّم كما هو مبين في الشكل ٤. وبالإضافة إلى مرحلة التجفيف ١٢، مرحلة التسخين المتقدّم الأولى ٢٢ مع منظّف الغاز ٢٣ ومرحلة التسخين المتقدّم الثانية ٢٢ مع منظّف الغاز ٢٣ يتم تزويد مرحلة تسخين متقدّم ثالثة مع منظّف ثالث للغاز ٢٣. ويعيّن موقع مرحلة التسخين المتقدّم الثالثة ٢٢ ليكون بعد منظّف الغاز الثاني ٢٣ بحيث تتم تغذية المواد الصلبة عبر المجرى ٢٤ إلى مرحلة التسخين المتقدّم الثالثة ٢٢. وبعد مرحلة التسخين المتقدّم الثالثة ٢٢ يتم تزويد منظّف الغاز الثالث ٢٣ الذي يتم منه إدخال المواد الصلبة المسخنة مقدماً إلى المفاعل ٢. ويغذى الغاز المنصرف من المفاعل ٢ مع المواد

الصلبة العالقة فيه entrained solids إلى منظف الغاز الإضافي ٢٣" والذي منه تتم تغذية الغاز المنصرف عبر المجرى ٣" إلى مرحلة التسخين المتقدم الثالثة ٢٢".

ويصور الشكل ٥ تجسيداً آخر للاختراع يختلف عن التجسيد المبين في الشكل ١ من حيث أنه تتم تغذية الغاز المنصرف من مجمّع الرذاذ ١٠ عبر المجرى ١٤ إلى المدخنة ٧ مباشرة. ويخلط الهواء المحيط الذي يتم إدخاله عبر المجرى ٢٠ إلى المبادل الحراري ٤ من أجل تسخينه مقدماً مع الغاز المنصرف من مجمّع الرذاذ ١٠ في مرحلة بعد المبادل الحراري ٤ لمنع ظهور أعمدة من الدخان في المدخنة أو فوقها مباشرة. وقد يغذى الماء الناتج عن التكثيف خلال منصل اختياري ٦ و/أو مرحلة معالجة اختيارية للماء ٣١، على سبيل المثال مرحلة معالجة بيولوجية لمياه الصرف biological waste water treatment باستخدام وحدة صناعية رقيقة لمعالجة مياه المجاري diaphragm sewage plant. ١٠

المثال ١ (إنتاج الألومينا alumina)

يتم إدخال الهيدرات hydrate التي تم تسخينها مقدماً وتجنيفها إلى المفاعل ٢ المبين في الشكل ١ حيث يكلّس هيدروكسيد الألومنيوم aluminium hydroxide إلى ألومينا alumina. ويتم تصريف الألومينا alumina الساخنة إلى المبادل الحراري مبيع الطبقة ١٨ عبر المجرى ٢٤ وتبريدها إلى درجة حرارة تبلغ ٩٥°م تقريباً بينما يتم في نفس الوقت تسخين الماء في المبادل الحراري ١٨ إلى درجة حرارة ملائمة لترشيح الهيدرات hydrate. ١٥

ويبرد الغاز المنصرف من المفاعل ٢ الذي تبلغ درجة حرارته حوالي ١٦٢°م ويحتوي عادة على بخار ماء بنسبة تتراوح من ٦٠ إلى ٩٥٪، ويفضل من ٨٠ إلى ٩٥٪، في المسترجع ٤ إلى درجة حرارة تبلغ حوالي ١١٠°م. ويبرد الغاز المنصرف بشكل إضافي في جهاز التبريد بالرش ٥ إلى درجة حرارة تبلغ حوالي ٧٣°م، أي إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء بحيث يتم إنتاج المقدار اللازم من الماء الناتج عن التكثيف. ويتم إدخال الماء الذي تبلغ درجة حرارته حوالي ٦٨°م كعامل تبريد إلى جهاز التبريد بالرش ٥. وقد يتم تجهيز جهاز التبريد بالرش بمادة ناقلة carrier material لتحسين فصل/تكثيف الماء. ٢٠

ويتم تصريف الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش ٥ عند درجة حرارة تبلغ حوالي ٧٣°م ويتم إدخاله بصفته عامل تبريد إلى المسترجع ٤. وفي المسترجع ٤، يتم تسخين الغاز ٢٥

المنصرف من جهاز التبريد بالرش ٥ إلى درجة حرارة تبلغ حوالي ١٤٥°م بحيث يتم تفادي حدوث تكثيف للغاز المنصرف في المدخنة ٧.

ويُغذى الماء الناتج عن التكثيف في جهاز التبريد بالرش ٥ إلى المنصل ٦ لخفض نسبة CO_2 و/أو SO_2 بنفث الهواء المحيط أو الغاز. وبعد المنصل ٦ المذكور، تتم تغذية المقدار الكلي من الماء الناتج عن التكثيف إلى وحدة لمعالجة الماء ٣١ يتم فيها تنظيف الماء الناتج عن التكثيف باستخدام راتنج تبادل أيوني ion exchange resin وضبط درجة الحموضة pH إلى ٨. ثم يُغذى الماء الذي تم تنظيفه بصفته عامل تبريد إلى المبادل الحراري مبيع الطبقة ١٨. وقد يُستخدم الماء الناتج عن التكثيف الذي تم تسخينه في المبادل الحراري مبيع الطبقة ١٨ كعامل غسل في مرحلة ترشيح الهيدرات hydrate.

ويمكن خلط الغاز المنصرف من المسترجع ٤ بشكل اختياري مع الهواء الساخن الناتج عن جهاز التبريد بالهواء ٩ أو الهواء المحيط لخفض نقطة تكاثف الغاز المنصرف في المدخنة ٧. وإضافة إلى ذلك، قد يُسخّن الغاز المنصرف أيضاً باستخدام حارق ١٩ لمنع ظهور أعمدة مرئية من الدخان عند المدخنة.

المثال ٢

بالرجوع الآن إلى الشكل ٢، يتم إدخال الغاز المنصرف الذي تتراوح درجة حرارته من حوالي ١٥٠°م إلى حوالي ١٧٠°م ويتراوح محتواه من الماء من حوالي ٤٠ إلى حوالي ٧٠، وعادةً من حوالي ٥٠ إلى حوالي ٦٠٪ حجماً عبر المجرى ٣ إلى المسترجع ٤. وفي المسترجع ٤، يتم تبريد الغاز المنصرف إلى درجة حرارة تتراوح من حوالي ١٠٠°م إلى حوالي ١٣٠°م بواسطة التبادل الحراري مع الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش ٥. وبالتالي، يتم تسخين الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش ٥ إلى درجة حرارة تتراوح من حوالي ١٣٠°م إلى حوالي ١٥٠°م.

ويبرد الغاز المنصرف الذي تم تبريده في المسترجع ٤ بشكل إضافي في المبادل الحراري ١١ إلى درجة حرارة تتراوح من حوالي ٩٠°م إلى حوالي ١٢٠°م بواسطة التبادل الحراري مع ناتج التكثيف الذي تم تغذيته إلى المبادل الحراري ١١ عبر المضخة ٨. وبالتالي، يتم تسخين ناتج التكثيف المذكور في المبادل الحراري إلى درجة حرارة تتراوح من حوالي ٨٥°م إلى حوالي ٩٥°م.

ويتم إدخال الغاز المنصرف من المبادل الحراري ١١ إلى جهاز التبريد بالرش ٥. وفي جهاز التبريد بالرش ٥، يبرّد هذا الغاز المنصرف إلى درجة حرارة التكاثف التي تتراوح من حوالي ٧٠°م إلى حوالي ٧٥°م. وفي جهاز التبريد بالرش ٥، يتراوح المعدل الكلي لنواتج التكثيف من حوالي ٠.١٨ إلى حوالي ٠.٢٢ كغم/(نيوتن متر^٢ من الغاز المنصرف الداخل إلى المسترجع (٤). وإضافة إلى ذلك، يتم خفض نسبة الماء الموجود في الغاز المنصرف في جهاز التبريد بالرش ٥ إلى نسبة تتراوح من حوالي ٣٠ إلى حوالي ٤٠٪ حجماً.

ويكون لنواتج التكثيف الناتج عن جهاز التبريد بالرش ٥ درجة حرارة تتراوح من حوالي ٨٠°م إلى حوالي ٨٥°م. وقد يتم توصيل الغازات الذائبة مثل CO₂، SO₂ أو NO_x في ناتج التكثيف بشكل اختياري في المنصّل ٦ و/أو جهاز لمعالجة الماء. ويتراوح معدل تدفق غاز stripping gas من حوالي الصفر إلى ٠.٠٢ نيوتن متر^٢/(نيوتن متر^٢ من الغاز المنصرف الداخل إلى المسترجع (٤).

ويتراوح معدل تدفق ناتج التكثيف إلى جهاز التبريد بالرش من حوالي ٩ إلى حوالي ١١ كغم/(نيوتن متر^٢ من الغاز المنصرف الداخل إلى المسترجع (٤). ويتم تبريد ناتج التكثيف المذكور في جهاز التبريد بالهواء ٩ من درجة حرارة تتراوح من حوالي ٨٠°م إلى حوالي ٨٥°م إلى درجة حرارة تقل بحوالي ٣°م إلى حوالي ٦°م عن درجة حرارة الغاز المنصرف من جهاز التبريد بالرش ٥.

وقد يتم خلط الغاز المنصرف من المسترجع ٤ بشكل اختياري مع الهواء الساخن الناتج عن جهاز التبريد بالهواء ٩ أو الهواء المحيط لخفض نقطة تكاثف الغاز المنصرف في المدخنة ٧. وقد يتراوح معدل تدفق الهواء الساخن من حوالي صفر إلى ١ نيوتن متر^٢/(نيوتن متر^٢ من الغاز المنصرف الداخل إلى المسترجع (٤) وتتراوح نقطة التكاثف الناتجة من حوالي ٧٥°م إلى حوالي ٥٥°م. وإضافة إلى ذلك، قد يتم أيضاً تسخين الغاز المنصرف باستخدام حارق لمنع ظهور أعمدة مرئية من الدخان عند المدخنة.

المثال ٣

يتم إدخال الهيدرات رطبة السطح surface moist hydrate (هيدروكسيد ألومنيوم aluminium hydroxide بنسبة رطوبة تتراوح من ٥ إلى ١٠٪ وزناً) إلى مبادل حراري مميّع الطبقة ١٣ لمرحلة التسخين المتقدّم ١٢ المصوّرة في الشكل ٣. ويتم إدخال مقدار يتراوح من

الصفير إلى ٥ نيوتن متر^٣/ (طن من الهيدرات hydrate) من غاز، بخار أو خليط غازي ٣٢ إلى عبر ما هو مصنف على أنه فوهة إلى المبادل الحراري مميع الطبقة ١٣. ويتم تسخين الهيدرات hydrate مقدماً في مرحلة التسخين المتقدم ١٢ بحيث يتم تصريف الغاز المنصرف الذي له درجة حرارة تتراوح من حوالي ١٠٠ م° إلى حوالي ١١٠ م°، وبصفة خاصة حوالي ١٠٣ م°، ويحتوي على بخار ماء بنسبة تزيد عن ٦٠٪، وبصفة خاصة بنسبة بين حوالي ٩٠٪ وحوالي ١٠٠٪. عبر المجرى ١٤. واعتماداً على حمل الوحدة الصناعية و/أو رطوبة الهيدرات hydrate يمكن تحويل مسار تيار جزئي لتحقيق درجة حرارة التصريف المطلوبة.

ويتم إدخال حوالي ٠.٤ إلى ٠.٦ طن/ (طن من الهيدرات hydrate) من بخار الماء والهواء عبر المجرى ١٤ إلى المبادل الحراري ١٥. وعبر الخط ٣٣، يتم إدخال ماء معالج بصفته عامل تبريد درجة حرارته ٥٥ م° إلى المبادل الحراري ١٥ ثم تسخينه إلى درجة حرارة تبلغ حوالي ٩٥ م°. وبتبريد الغاز المنصرف من مرحلة التسخين المتقدم ١٢ إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء يتم الحصول على ماء ناتج عن التكثيف تتراوح درجة حرارته من حوالي ٨٠ م° إلى حوالي ١٠٠ م° ويتم تصريفه عبر المجرى ١٦. ويُستخدم الماء الناتج عن التكثيف في مرحلة ترشيح الهيدرات hydrate. ويمكن ضبط درجة حرارة الغاز المتسرب الذي يتم تصريفه من المبادل الحراري ١٥ عبر الخط ١٧ عن طريق تعديل مقدار الماء الداخل إلى الخط ٣٣ ومعدل تدفق الماء الناتج عن التكثيف في المجرى ١٦.

المثال ٤

يدخل الغاز المتسرب من المفاعل ٢ المبين في الشكل ٥، الذي يحتوي على بخار ماء بنسبة تتراوح من ٥٠ إلى ٩٠٪ حجماً، وعادةً بنسبة ٦٠٪ حجماً، إلى المسترجع ٤ بدرجة حرارة تبلغ ١٦٢ م° حيث يتم تبريد الغاز المتسرب إلى ٧٣ م°، وهي أقل من نقطة تكاثف بخار الماء في هذا المثال. ويتم تبريد الغاز المتسرب باستخدام الهواء المحيط ٢٠ الذي يتم إدخاله إلى المسترجع عند درجة حرارة تبلغ حوالي ٣٥ م° ويترك المسترجع عند درجة حرارة تبلغ حوالي ١٤٠ م° والتي يمكن أن تضبط بتعديل مقدار الهواء الذي يُدفع خلال المسترجع.

ويتم فصل الماء الناتج عن التكثيف في المسترجع ٤ عن الغازات المتسربة ثم يُضخ خلال حزمة المبادل الحراري heat exchanger bundle، ويفضل جهاز التبريد مائع الطبقة ١٨، حيث يتم تسخينه إلى ما لا يزيد عن ٩٥ م° باستخدام الألومينا alumina الساخنة. ثم يُستخدم

الماء الناتج عن التكثيف لأغراض الغسل، مثلاً، في عملية ترشيح الهيدرات hydrate (غير مبينة في الشكل).

وبعد فصل الماء الناتج عن التكثيف الذي يشتمل على قطيرات من الغاز المتسرب، يتم إدخال الغازات المتسربة المنصرفة إلى المدخنة مع الهواء المحيط المستخدم لتبريد الغاز المتسرب في المسترجع ٤. وتترك الغازات المتسربة المدخنة بدرجة حرارة تتراوح من حوالي ٨٠°م إلى حوالي ١٢٠°م. ويحول التخفيف بالهواء المحيط دون تكثيف الغازات المنصرفة في المدخنة أو فوقها مباشرة.

قائمة الأرقام

١ ، ١	الوحدة الصناعية plant
٢	المفاعل reactor
٣	مجرى الغاز المنصرف exhaust gas conduit
٤	المسترجع recuperator
٥	جهاز التبريد بالرش spray cooler
٦	المنصل stripper
٧	المدخنة stack
٨	المضخة pump
٩	جهاز التبريد بالهواء air cooler
١٠	مجمع الرذاذ mist collector
١١	مرحلة التبريد الثانية second cooling stage (جهاز تبريد تتعكس فيه اتجاه التيارات countercurrent cooler)
١٢	مرحلة التسخين المتقدّم preheating stage
١٣	المبادل الحراري مميّع الطبقة fluidized bed heat exchanger
١٤	مجرى الغاز gas conduit
١٥	المبادل الحراري heat exchanger
١٦	مجرى السائل liquid conduit
١٧	أنبوب الغاز المنصرف exhaust gas pipe

fluidized bed heat exchanger	المبادل الحراري مميعة الطبقة	١٨
burner	الحارق	١٩
dry air inlet	مدخل الهواء الجاف	٢٠
conduit for preheated gas	مجرى للغاز المسخن مقدماً	٢١
preheater	المسخن المتقدم	٢٢، ٢٢، ٢٢
gas cleaner	منظف الغاز	٢٣، ٢٣، ٢٣
solid conduit	مجرى المواد الصلبة	٢٤
hydrate inlet	مدخل الهيدرات	٢٥
bypass stream	التيار التحويلي	٢٥
alumina cooling stage	مرحلة تبريد الألومينا	٢٦
alumina outlet	مخرج الألومينا	٢٧
heat transfer media	أوساط انتقال الحرارة	٢٨
fuel inlet	مدخل الوقود	٢٩
oxygen containing gas line	خط الغاز الذي يحتوي على الأكسجين	٣٠
water treatment stage	مرحلة معالجة الماء	٣١
fluidizing gas	غاز التميع	٣٢
cold condensate (water) flow	التيار المتدفق من ناتج التكثيف (المائي) البارد	٣٣
warm condensate (water) flow	التيار المتدفق من ناتج التكثيف (المائي) الدافئ	٣٤
solid conduit for alumina	مجرى المواد الصلبة المؤدي لمرحلة تبريد الألومينا	٣٥
gas conduit for stripper	مجرى الغاز المؤدي إلى المنصل	٣٦
water conduit	مجرى الماء	٣٧

عناصر الحماية

- ١ - ١ عملية، لإنتاج أكسيد فلزي metal oxide من مركبات فلزية metal compounds بصفة
 ٢ خاصة، مثل هيدروكسيد فلزي metal hydroxide، يتم فيها تكليس المركب الفلزي metal
 ٣ compound في مفاعل (٢) إلى أكسيد فلزي metal oxide، حيث يحتوي الغاز المنصرف
 ٤ exhaust gas الناتج من العملية المذكورة على بخار ماء water vapor، تتميز في أنه يتم
 ٥ تكثيف الغاز المنصرف exhaust gas من المفاعل (٢) المذكور و/أو من مرحلة التسخين
 ٦ المتقدّم أو التجفيف (١٢) المزودة قبل المفاعل (٢) المذكور في مبادل حراري heat
 ٧ exchanger واحد على الأقل (٤، ٥، ١١؛ ١٥) مما يؤدي إلى الحصول على الماء الناتج
 ٨ عن التكثيف condensed water الذي يتم استخدامه في العملية.
- ١ - ٢ العملية وفقاً لعنصر الحماية ١ تتميز في أنه يتم تبريد الغاز المنصرف exhaust gas من
 ٢ المفاعل (٢) والذي يحتوي على بخار الماء water vapor بنسبة تزيد عن ٣٠٪، ويفضل
 ٣ بنسبة بين ٤٠٪ و ٦٠٪، في مبادل حراري heat exchanger أول (٤) إلى درجة حرارة أعلى
 ٤ من نقطة تكاثف بخار الماء water vapor dew point، ويفضل إلى حوالي ١١٠°م، وفي
 ٥ أنه يتم تبريد الغاز المنصرف exhaust gas بشكل إضافي في مبادل حراري heat
 ٦ exchanger ثانٍ (٥)، ويفضل جهاز تبريد بالتسقية quench أو بالرش spray (٥)، إلى
 ٧ درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء water vapor dew point، ويفضل إلى حوالي
 ٨ ٨٠°م.
- ١ - ٣ العملية وفقاً لعنصر الحماية ١ أو ٢ تتميز في أنه يتم إخضاع الماء الناتج عن التكثيف
 ٢ condensed water و/أو الماء الناتج عن التكثيف condensed water مع ماء التبريد
 ٣ cooling water الناتج عن جهاز التبريد بالرش spray cooler (٥) لعملية تنصیل
 ٤ stripping process بنفث الهواء أو الغاز لخفض نسبة CO₂ و/أو SO₂ أو الشوائب
 ٥ impurities الأخرى في الماء الناتج عن التكثيف condensed water.

- ١ -٤- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة تتميز في أنه يتم إخضاع الماء الناتج عن
٢ التكثيف condensed water في العملية لعملية تنظيف cleaning أو تنقية purification قبل
٣ إعادة استخدامه لاحقاً.
- ١ -٥- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة تتميز في أنه تتم تغذية جزء على الأقل من
٢ الماء الناتج عن التكثيف condensed water كعامل تبريد cooling agent في المبادل
٣ الحراري heat exchanger، ويفضل في مبادل حراري ذي طبقة مميعة fluidized bed heat
٤ exchanger (١٨).
- ١ -٦- العملية وفقاً لعنصر الحماية ٤ تتميز في أنه من المفضل أن يتم تبريد الأكسيد الفلزي metal
٢ oxide في المبادل الحراري مميعة الطبقة fluidized bed heat exchanger (١٨) إلى حوالي
٣ ٩٥°م، في حين يتم تسخين الماء الناتج عن التكثيف condensed water إلى درجة حرارة
٤ تكون ملائمة لترشيح الهيدرات hydrate filtration، ويفضل إلى حوالي ٨٠°م.
- ١ -٧- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١ إلى ٥ تتميز في أنه تتم تغذية جزء على الأقل
٢ من الماء الناتج عن التكثيف condensed water كعامل تبريد cooling agent في المبادل
٣ الحراري heat exchanger، ويفضل جهاز تبريد تتعاكس فيه اتجاه التيارات countercurrent
٤ cooler (١١)، حيث يتم تبريد الغاز المنصرف exhaust gas من المفاعل (٢).
٥
- ١ -٨- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية السابقة تتميز في أنه يتم، في مرحلة التسخين المتقدم
٢ أو التجفيف (١٢)، ويفضل في مبادل حراري ذي طبقة مميعة fluidized bed heat
٣ exchanger (١٣)، مزود المفاعل (٢) المذكور، تسخين الهيدرات hydrate وتمييعها بإدخال
٤ غاز أو خليط غازي في مرحلة التسخين المتقدم أو التجفيف (١٢) بحيث يتم تبخير الماء
٥ وتصريفه مع الغاز المنصرف exhaust gas من مرحلة التسخين المتقدم أو التجفيف (١٢).
٦

- ١ -٩- العملية وفقاً لعنصر الحماية ٨ تتميز في أن نسبة الماء الموجود في الغاز المنصرف
٢ exhaust gas من مرحلة التسخين المتقدّم (١٢) تكون بين حوالي ٦٠٪ وحوالي ١٠٠٪.
- ١ -١٠- العملية وفقاً لأي من عنصري الحماية ٨ و ٩ تتميز في أنه تتم تغذية الغاز المنصرف
٢ exhaust gas من مرحلة التسخين المتقدّم أو التجفيف (١٢) إلى مبادل حراري heat
٣ exchanger، ويفضل جهاز تبريد تتعاكس فيه اتجاه التيارات countercurrent cooler
٤ (١٥)، حيث يتم تبريد الغاز المنصرف exhaust gas من مرحلة التسخين المتقدّم أو
٥ التجفيف (١٢) إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف بخار الماء water vapor dew point
٦ بحيث يتم على الأقل تكثيف جزء كبير من بخار الماء water vapor.
٧
- ١ -١١- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ٨ إلى ١٠ تتميز في أنه يتم استخدام الماء
٢ المعالج process water المستخدم في ترشيح الهيدرات hydrate filtration كعامل تبريد
٣ cooling agent في المبادل الحراري heat exchanger (١٥) وفي أنه يتم تسخين الماء
٤ المعالج process water في المبادل الحراري heat exchanger (١٥) إلى حوالي ٩٥°م.
- ١ -١٢- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ٨ إلى ١١ تتميز في أنه تتم تغذية الغاز
٢ المنصرف exhaust gas من مرحلة التسخين المتقدّم (١٢) إلى مرحلة لتنظيف الغاز
٣ المنصرف exhaust gas، ويفضل مرشح كهروستاتيكي electrostatic filter أو مرشح
٤ كيس bag filter.
- ١ -١٣- العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١ إلى ١٢ تتميز في أنه يتم تسخين أو إعادة
٢ تسخين الغاز المنصرف exhaust gas بعد عملية التكثيف condensation لمنع ظهور
٣ أعمدة من الدخان plume عند المدخنة stack (٧).

١ ١٤- العملية وفقاً لعنصر الحماية ١٣ تتميز في أنه يتم تسخين الغاز المنصرف exhaust gas
٢ أو إعادة تسخينه باستخدام حارق burner (١٩)، بإضافة هواء جاف (٢٠) و/أو بإضافة
٣ هواء تم تسخينه مقدماً (٢١).

١ ١٥- العملية وفقاً لعنصر الحماية ١٢ تتميز في أنه عندما يتم تزويد المادة الأولية المتمثلة في
٢ هيدروكسيد الألومنيوم aluminum hydroxide أو هيدروكسيد المغنيسيوم magnesium
٣ hydroxide إلى المفاعل (٢) فإنه يتم تكليسها فيه إلى أكسيد الألومنيوم aluminium
٤ oxide (الألومينا alumina) وأكسيد المغنيسيوم magnesium oxide (المغنيسيا
٥ magnesia)، بالترتيب.

١ ١٦- وحدة صناعية لإجراء العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١ إلى ١٥ تشتمل على
٢ مفاعل (٢) واحد على الأقل و/أو مرحلة تسخين متقدم (١٢) واحدة على الأقل يهيّان
٣ بكيفية تكفل إنتاج غاز منصرف exhaust gas يحتوي على بخار ماء water vapor
٤ وتشتمل بالإضافة إلى ذلك على مبادل حراري heat exchanger واحد على الأقل، تتميز
٥ في أنه يتم تزويد المفاعل أو المفاعلات (٢) المذكورة و/أو مرحلة أو مراحل التسخين
٦ المتقدم (١٢) المذكورة المزودة قبل المفاعل (٢) المذكور بمجرى للغاز المنصرف
٧ exhaust gas conduit (٣؛ ١٤) موصول بمبادل حراري heat exchanger (٤، ٥، ١١؛
٨ ١٥) من أجل تبريد الغاز المنصرف exhaust gas إلى درجة حرارة أقل من نقطة تكاثف
٩ بخار الماء water vapor dew point، وفي أن للمبادلات الحرارية heat exchangers (٤،
١٠ ٥، ١١؛ ١٥) مجرى conduit (١٦) موصول بالوحدة الصناعية (١، ١') لإعادة إدخال
١١ الماء الناتج عن التكثيف condensed water في العملية.

١ ١٧- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ١٦ تتميز في أنه يتم وصل مجرى الغاز المنصرف
٢ exhaust gas conduit (٣) من المفاعل (٢) بمرحلة تبريد أولى، يفضل مسترجع
٣ recuperator (٤) أو مجدّد regenerator، توصل بمرحلة تبريد إضافية، يفضل جهاز تبريد
٤ بالرش spray cooler (٥)، يتم وصلها بمجرى conduit مخصص لإعادة إدخال الماء

- ٥ الناتج عن التكثيف condensed water إلى العملية.
- ١ ١٨- الوحدة الصناعية وفقاً لأي من عنصرَي الحماية ١٦ و ١٧ تتميز في أن مجرى الماء
- ٢ الناتج عن التكثيف condensed water يصل ما بين المبادل الحراري heat exchanger
- ٣ (٥) والمبادل الحراري مميّع الطبقة fluidized bed heat exchanger (١٨) من أجل تبريد
- ٤ الأكسيد الفلزي metal oxide و/أو تسخين الماء الناتج عن التكثيف condensed water
- ٥ بحيث يتم تزويد المبادل الحراري heat exchanger (١٨) قبل مرحلة ترشيح الهيدرات
- ٦ hydrate filtration وبعد المفاعل (٢).
- ١ ١٩- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ١٨ تتميز في أنه يتم تزويد المنصّل stripper (٦)
- ٢ و/أو مرحلة التنظيف cleaning stage (٣١) قبل المبادل الحراري مميّع الطبقة fluidized
- ٣ bed heat exchanger (١٨) وبعد المبادل الحراري heat exchanger (٥) من أجل إنتاج
- ٤ الماء الناتج عن التكثيف condensed water.
- ١ ٢٠- الوحدة الصناعية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١٦ إلى ١٩ تتميز في أنه يتم تزويد
- ٢ مجرى conduit إضافي للماء الناتج عن التكثيف condensed water ليصل ما بين المبادل
- ٣ الحراري heat exchanger (٥) الذي يُستخدم لإنتاج الماء الناتج عن التكثيف condensed
- ٤ water بواسطة مضخة pump (٨) ومرحلة تبريد cooling stage، ويفضل جهاز تبريد
- ٥ بالهواء air cooler (٩)، وبين مدخل عامل التبريد cooling agent inlet في المبادل
- ٦ الحراري heat exchanger (٥) المذكور.
- ١ ٢١- الوحدة الصناعية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١٦ إلى ٢٠ تتميز في أنه يتم تزويد
- ٢ مجمّع الرذاذ mist collector (١٠) في المبادل الحراري heat exchanger (٥) من أجل
- ٣ تبريد الغاز المنصرف exhaust gas من المفاعل (٢).

٢٢- الوحدة الصناعية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١٧ إلى ٢١ تتميز في أنه يتم تزويد
١ مجرى للغاز المنصرف exhaust gas conduit ليصل ما بين جهاز التبريد بالرش spray
٢ cooler (٥) والمسترجع recuperator (٤) أو المجدد regenerator باستخدام الغاز
٣ المنصرف exhaust gas من جهاز التبريد بالرش spray cooler (٥) كعامل تبريد cooling
٤ agent في المسترجع recuperator (٤) أو المجدد regenerator.
٥

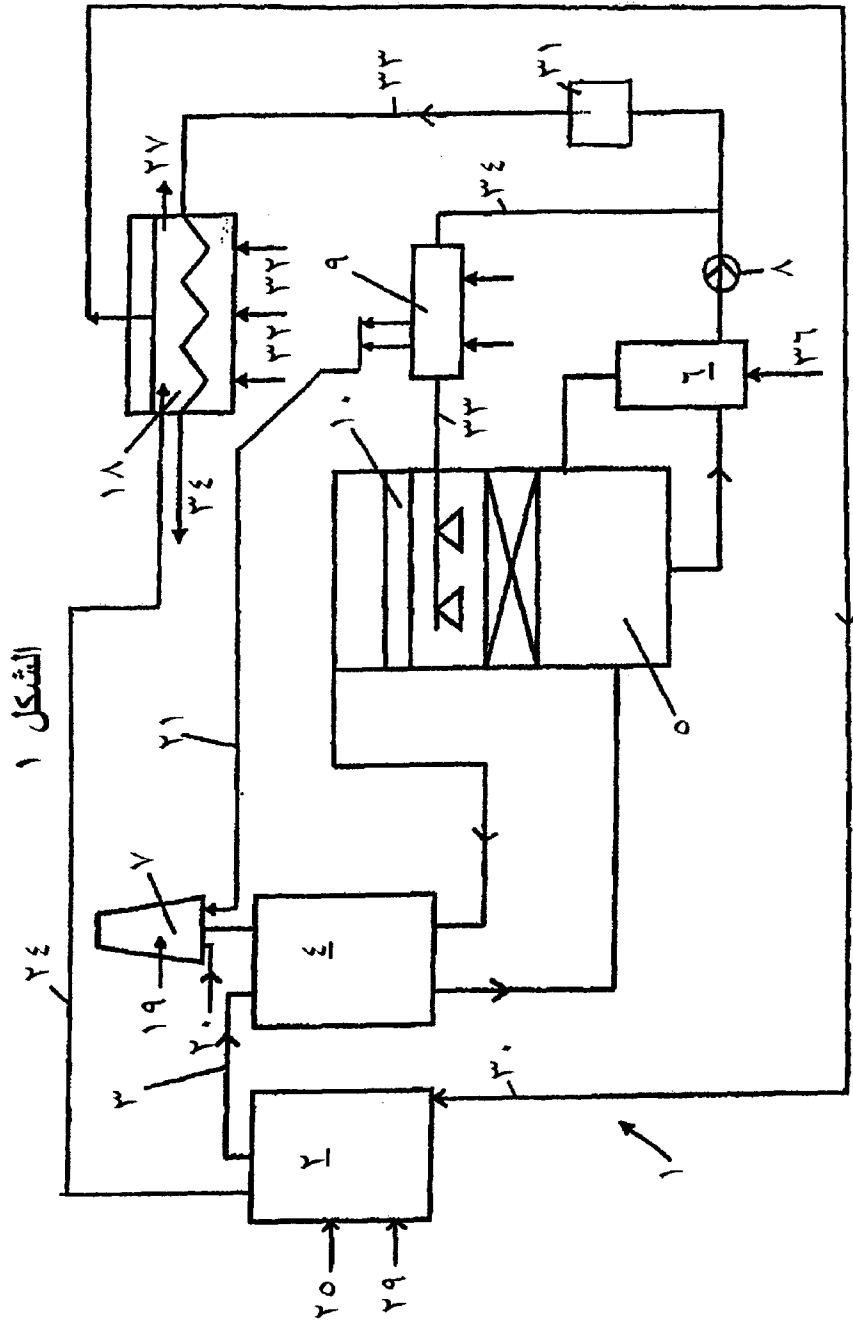
٢٣- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ١٦ تتميز في أنه يتم وصل مجرى الغاز المنصرف
١ exhaust gas conduit (٣) من المفاعل (٢) بمرحلة تبريد أولى، يفضل مسترجع
٢ recuperator (٤)، توصل بمرحلة تبريد ثانية (١١) يتم وصلها بمرحلة تبريد إضافية،
٣ يفضل جهاز تبريد بالرش spray cooler (٥)، توصل بمجرى conduit لإعادة إدخال الماء
٤ الناتج عن التكثيف condensed water كعامل تبريد cooling agent في مرحلة التبريد
٥ الثانية (١١).
٦

٢٤- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ٢٣ تتميز في أنه يتم تزويد مجرى conduit للماء
١ الناتج عن التكثيف condensed water يصل ما بين مرحلة التبريد الثانية (١١) بمرحلة
٢ ترشيح الهيدرات hydrate filtration التي يتم تزويدها بعد المفاعل (٢).
٣

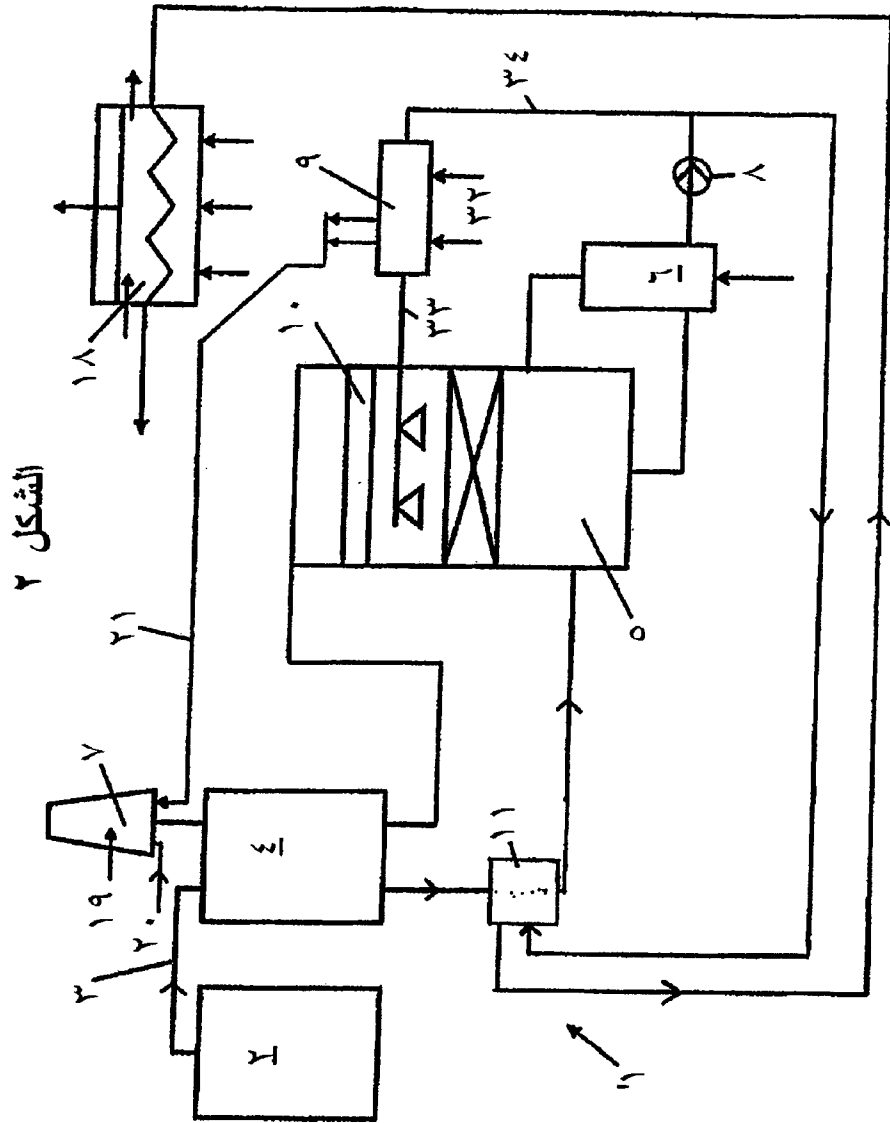
٢٥- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ١٦ تتميز في أنه يتم تزويد مبادل حراري ذي طبقة
١ مميعة fluidized bed heat exchanger (١٣) لمرحلة التسخين المتقدم (١٢) قبل المفاعل
٢ (٢) المذكور من أجل تسخين الهيدرات hydrate، وفي أنه يؤدي أنبوب التصريف
٣ exhaust pipe (١٤) لهذا المبادل الحراري heat exchanger (١٥) إلى مبادل حراري heat
٤ exchanger إضافي (١٥) يستخدم الماء المعالج المستخدم لترشيح الهيدرات hydrate
٥ filtration كعامل تبريد cooling agent.
٦

٢٦- الوحدة الصناعية وفقاً لعنصر الحماية ٢٥ تتميز في أنه يؤدي أنبوب الغاز المنصرف
١ exhaust gas pipe (١٧) للمبادل الحراري heat exchanger (١٥) إلى مرحلة لتنظيف
٢

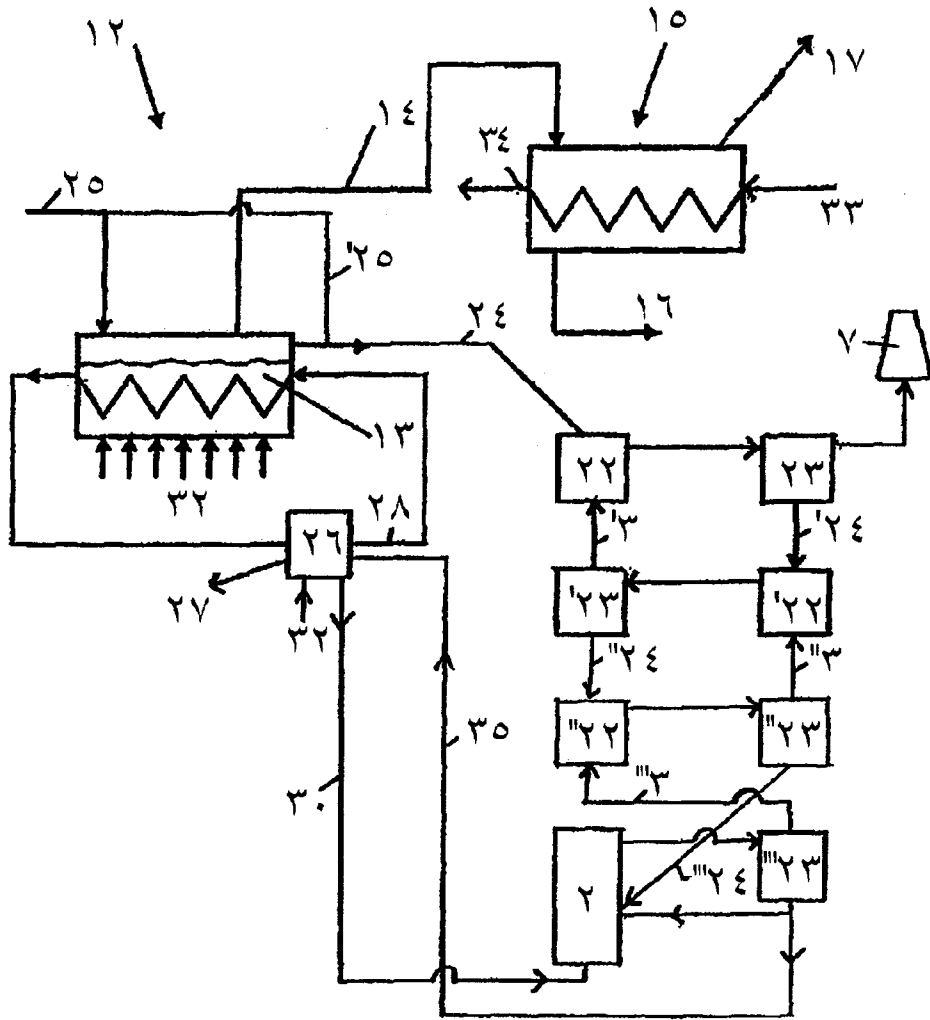
- ٣ الغاز المنصرف exhaust gas، ويفضل مرشّح كهروستاتيكي electrostatic filter أو مرشّح
٤ كيسى bag filter.
- ١ ٢٧- الوحدة الصناعية وفقاً لأي من عناصر الحماية من ١٦ إلى ٢٦ تتميز في أنه يتم تزويد
٢ المدخنة stack (٧) بحارق burner لتسخين الغاز المنصرف exhaust gas أو لإعادة
٣ تسخينه.



الشكل ١



الشكل ٤



٥/٥

