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

[11] رقم البراءة:١١٤٧
[45] تاريخ المنح :١٤٢٧/٠٧/٢٦هـ
الموافـــق: ٢٠٠٦/٠٨/٢٠م

# [12] براءة اختراع

[72] **اسم المخترع:** اوسكار ج. دام، وولفجانج البران
[73] **مالك البراءة :** برايفر انترناشيونال ليمتد
**عنوانه:** ذى ايرنست آند يونج بيلدنج، بوش هيل، باي ستريت، بريدجتاون،باربيدوس
[74] **الوكيل:** احمد نجدت بازارباشي

[21] **رقم الطلب:** ٩٩١٩١١٠٦
[22] **تاريخ الإيداع :** ١٤١٩/١١/٠٦ هـ
**الموافق :** ١٩٩٩/٠٢/٢٢ م

[51] **التصنيف الدولي**[٧] :
**Int. Cl.**[7]:C21B 11/00

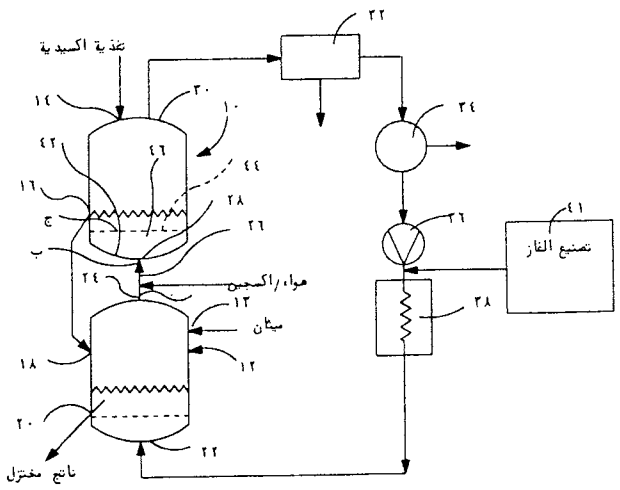
[56] **المراجع:**
براءة أمريكية ٥١٨٥٠٣٢ ١٩٩٣/٠٢/٠٩م
براءة أمريكية ٥٤٣٩٥٠٤ ١٩٩٥/٠٨/٠٨م

**اسم الفاحص:** بدر بن سليمان الطليان

[54] **اسم الاختراع:** طريقة لإعادة تكوين غـاز إختـزال

يستعمل في عملية إختزال خام المعدن في وسط يـتم تحويله إلى الحالة السائلة

[57] **الملخص:** طريقة لإعادة تكوين غاز إختـزال فـي وسط تم تحويله إلى الحالة الـسائلة لإختـزال خـام المعدن بواسطة سلسلة مفاعلات لتحويل خام المعدن ، ويشمل ذلك خطوات تمرير خـام المعـدن عبـر مفاعلات تحويل متعددة تشتمل على مفاعـل أخيـر ومفاعل واحد قبله على الأقل ، يمر غاز الإختـزال عبر المفاعل الأخير لتحويل خام المعدن في المفاعل الأخير والذي فيه عمليـة تمريـر غـاز الإختـزال المستنفذ جزئياً ، تشتمل على الميثان وبرادة (غبـار) الحديد المعدنية الموجودة في المفاعل الأخير . يخلط مصدر للأكسجين مع غاز الإختزال المستنفذ جزئيـاً لإحراق جزء من الميثان مع مصدر الأكسجين فـي وجود برادة الحديد المعدنية لإعـادة تكـوين غـاز إختزال جديد.يمرر غاز الإختزال الجديد إلى المفاعل الأعلى .




الشكل (١)

٢٤ عنصر حماية، شكلين

# طريقة لإعادة تكوين غاز إختزال يستعمل في عملية إختزال خام المعدن في وسط يتم تحويله إلى الحالة السائلة

## الوصف الكامل

### خلفية الإختراع:

يتعلق الإختراع الحالي بعمليات في وسط تم تحويله إلى الحالة السائلة لغرض إختزال معدن الحديد ، وبتحديد أكثر بطريقة إعادة تكوين غاز إختزال يستعمل هذه العمليات .

براءة الإختراع الأمريكية رقم ٥١٩٢٤٨٦ تستنتج مصنع وعمليات لأجل تسييل وسط تحويل خام المعدن . هذا الإختراع يمثل لعملية يتم فيها تمرير أكسيد الحديد عبر سلسلة من مفاعلات خام المعدن وتتم تعريضه لغاز إختزال بغرض إنتاج حديد متحول أو معدني . يتم إنتاج غاز الإختزال في مثل هذه العملية في مصانع متخصصة تعرف بالمحسنات . مثل هذه الوحدات تكون من نوع stoichiometric ويستعمل فيها الغاز الطبيعي المخلوط مع أول أكسيد الكربون ، ليعاد فيها تكوين الحالة الغازية بحريق جزئي . تعتبر وحدات إجراء النوعين الأولين من عملية إعادة التكوين ، وبخاصة الغاز الطبيعي،أول أكسيد الكربون وإعادة تكوين الغاز مكلفة جداً،تستعمل فيها عوامل مساعدة باهظة التكلفة .

أيضاً تكون لطريقة الحرق الجزئي ، مثلاً تستعمل مكونات الكبريت ذات الهيدروكربون الثقيل كوقود ولكنه يلون المنتجات المعدنية ، وتعتبر عملية ترسب الكربون في الوعاء المستخدم مشكلة أيضاً . إضافة إلى ذلك في هذه العمليات ينتج النايتروجين في المفاعلات ويقلل من الغاز ، وبذلك يؤثر سلباً في نوعية غاز الإختزال .

في العمليات التي يستخدم فيها الوسط المسيل ، كما كشف عن ذلك في البراءة الامريكية ٥١٩٢٤٨٦ فإنه يتم تمرير خام المعدن إلى أدنى عبر سلسلة مفاعلات متتالية ويمرر أثناء ذلك الغاز بالترتيب إلى أعلى عبر نفس المفاعلات ، وقد وجد أن الغاز الذي تم تمريره

عبر المفاعلات التي تحتوي على غبار الحديد وجزئيات المادة من مادة خام المعدن يتم تحويلها ، وفيها يمكن أن يسبب الغبار أو جزئيات المواد إنسداد محكم ، كما يمكن أن تسبب تعقيدات أخرى داخل المفاعل .

على ضوء ما ذكر سابقاً ، فإنه من الواضح أن الحاجة باقية لعملية يكون فيها وجود غاز إختزال ويتم عملية تحويل الوسط الذي تم تحويله إلى الحالة السائلة ، وأن يتم ذلك بتكلفة منخفضة مع زيادة الكفاءة وقلة القابلية للإنسداد .

من أجل ذلك فإن الهدف الأول للإختراع الحالي هو إيجاد طريقة لإنتاج غاز إختزال بغرض إستعماله في عملية الوسط المسيل من دون معدات لإعادة التكوين باهظة التكاليف .

ومن أهداف الإختراع الحالي أيضاً إيجاد طريقة لإنتاج غاز إختزال بطريقة يتم فيها إستعمال حرارة موجودة في الأصل في عملية تسييل الوسط ، وذلك بغرض زيادة كفاءة العملية بالكامل .

ومن أهداف الإختراع الأخرى ، إيجاد طريقة لإنتاج غاز إختزال متصلة بعملية تحويل الوسط إلى الحالة السائلة والتي توفر ميزة لجزئيات أو غبار المواد الموجودة في الغاز المستنفذ جزئياً ، والتي تمنع لاحقاً الشديد نجو سد معدات المفاعل .

ويبقي أيضاً من أهداف الإختراع الحالي ومميزاته ما يظهر لاحقاً أدناه .

**<u>الوصف العام للإختراع :</u>**

يمكن تحقيق الأهداف السابق ذكرها وفقاً لهذا الإختراع . يقدم هذا الإختراع طريقة لإعادة تكوين غاز إختزال في عملية وسط تم تحويله إلى الحالة السائلة لغرض إختزال خام المعدن في سلسلة مفاعلات للتحويل ، وتشتمل هذه الطريقة على خطوات تمرير خام المعدن عبر مفاعلات تحويل متعددة تشتمل على مفاعل أخير وعلى مفاعل توجيه إلى أعلى واحد على الأقل .

يتم تمرير غاز الإختزال عبر المفاعل الأخير المذكور بغرض تحويل خام المعدن في المفاعل الأخير المذكور ، وذلك بتمرير تيار من غاز إختزال مستنفذ جزئياً يشتمل على الميثان وبرادة الحديد المعدنية الموجودة داخل المفاعل الأخير . يتم خلط مصدر للأكسجين مع غاز الإختزال المستنفذ جزئياً بغرض حرق جزء من الميثان المذكور بواسطة مصدر الأكسجين في وجود برادة الحديد المعدنية وذلك لإنتاج غاز إختزال معاد تكوينه . ويتم تمرير غاز الإختزال المعاد تكوينه إلى مفاعل توجيه إلى أعلى واحد على الأقل .

وفقاً لهذا الإختراع أيضاً تم إيجاد طريقة لإعادة تكوين غاز إختزال أثناء عملية ماقبل تسخين المفاعلات إلى درجة حرارة العملية وذلك لإيجاد إستفادة مما قبل إختزال خام المعدن .

**شرح مختصر للرسومات**

يتبع هذا وصف تفصيلي للأمثلة المفضلة المجسدة لهذا الإختراع ، مع الإشارة إلى الرسومات الملحقة والتي فيها :

الشكل (١) هو مشروع توضيحي لعملية وفقاً لهذا الإختراع .

الشكل (٢) هو توضيح لمشروع موسع لجزء من مفاعل للجهاز الموضح في الشكل (١).

**الوصف التفصيلي**

يتعلق الإختراع الحالي بعمليات وسط تم تحويله إلى الحالة السائلة بغرض إختزال (تحويل) خام معدن الحديد ، وبتحديد أكثر بتعلق بطريقة لتحسين أو إعادة تكوين غاز إختزال بالإشتراك مع عملية تحويل الوسط إلى الحالة السائلة .

الشكل (١) يوضح مشروع جهاز لتحويل وسط من خام المعدن إلى الحالة السائلة ، ويشار إليه في وصف عملية الإختراع الحالي .

يبين الشكل (١) مفاعلين (١٠) و (١٢) والذان يستعملان في ملامسة أكسيد الحديد مع غاز الإختزال بغرض إنتاج أو تحويل أو تعديل منتج من الحديد . يفضل أن يزود المفاعل (١٠) بمدخل (١٤) لإستقبال أكسيد خامات المعادن المراد تحويلها ، وبخرج (١٦) للتخلص من خام المعدن المحول كلياً أو جزئياً والناتج من العملية . بينما يفضل تزويد المفاعل (١٢) بمدخل لخام المعدن (١٨) ومخرج للمنتج النهائي (٢٠) .

وكما يظهر في الرسومات فإن المدخل (١٨) للمفاعل (١٢) يفضل أن موصلاً على التوالي بالمخرج (١٦) للمفاعل (١٠) بحيث يكون خام المعدن الذي يتم تغذيته عبر المفاعل (١٠) يتم تمريره بعد ذلك على التوالي (مثلاً بالجاذبية الأرضية) غلىالمفاعل (١٢) . وبذلك يمكن الإشارة إلى المفاعل (١٠) على أنه مفاعل التوجيه إلى أعلى ، بينما يشار غلى المفاعل (١٢) أنه المفاعل الأخير . ويجب ملاحظة أن الشكل (١) هو مشروع توضيحي وأن الإختراع الحالي لا يحد بعدد المفاعلات . وذلك رغم أن الرسم (١) يظهر مفاعلين ، لكن يمكن إستخدام ثلاثة أو أكثر من مفاعلات الوسط منفردة ، أو بدلاً عن ذلك يمكن إستعمال مفاعل واحد متعدد المراحل ، بخيث يكون في كل مرحلة أو وسط يمكن إعتباره مفاعل كما هو موضح هنا ، ويمكن إستعماله لذلك . أو يمكن أن يكون خليط من هذين النوعين من المفاعلات مع بعضهما البعض و/أو مع واحد أو أكثر من مفاعلات ما قبل التسخين ، ويمكن إستعمال كل ذلك ضمن نطاق الإختراع الحالي .

أثناء عملية الإختراع الحالي ، يتم إدخال أكسيد الحديد إلى المفاعلات (١٠) و (١٢) وتتم ملامستها بغاز الإختزال والذي يفضل أن يكون غني بالهيدروجين وأول أكسيد الكربون في ظروف يتم إختيارها بحيث يمكن إزالة الأكسجين من الحديد وذلك لإيجاد حديد مختزل أو معدني . يفضل إدخال غاز الإختزال في إتجاه معاكس لأكسيد الحديد ، مثلاً عن طريق مدخل الغاز (٢٢) إلى المفاعل (١٢) ، ومنه إلى مخرج الغاز (٢٤) في المفاعل (١٢)

عبر الأنبوب (٢٦) إلى مدخل الغاز (٢٨) في المفاعل (١٠) وأخيراً إلى مخـرج الغـاز (٣٠) في المفاعل (١٠) .

براءة الإختراع الأمريكية رقم Whipp 5.192.486 كشفت عن جهاز يستعمل فيه ثلاثة مفاعلات تم توصيلها بالطريقة السابقة ويشار إليها هنا كمرجع . من ذلك فإن الغاز يمـر بالترتيب من الفاعل (١٢) إلى المفاعل (١٠) ، ويمكن الإشارة هنا إلـى المفاعـل (١٠) على أنه مفاعل توجيه الغاز إلى أدنى .

يتم تزويد المفاعل بغاز الإختزال إبتداءاً (مثلاً يتم تزويده عبر مدخل الغـاز (٢٢) فـي المفاعل الأخير (١٢) ، ويفضل أن يكون له تركيبه غازية بالحجم من حوالي ٦٠-٦٥٪ هيدروجين ، ٤-٦٪ أول أكسيد الكربون ، ١٨-٢٤٪ ميثان ، ٢-٤٪ ثـاني أكـسيد الكربون ، ١-١,٨٪ بخار ماء والباقي نايتروجين . ويفضل أن يزود هذا الغـاز إلـى مدخل الغاز (٢٢) في المفاعل (١٢) في درجة حرارة من حوالي ٨٣٠ درجة مئوية إلى ٨٥٠ درجة مئوية . داخل المفاعل (١٢) يتم أكسدة جزء من غاز الإختزال أثناء عمليـة إختزال أكسيد الحديد ، وينتج عن ذلك غاز مستنفذ جزئياً موجود في المفاعل (١٢) .

وكما تتم مناقشته لاحقاً فإن الغاز المستنفذ جزئياً تتم معالجته وفقاً لهذا الإختراع بغـرض تحسين قدرته على الإختزال في عملية التحويل التي تتم في مفاعل التحويل إلـى أعلـى (١٠) ، وبهذا يتم تحسين النواتج الكلية للعملية .

وبعد المرور عبر مفاعل توجيه الغاز إلى أدنى (١٠) ، أو المفاعل الأخير لتوجيه الغـاز إلى أدنى ، تتم إزالة الغاز المستنفذ عبر مخرج الغاز (٣٠) وتتم معالجته فـي محطـات مختلفة بغرض إزالة بخار الماء وثاني أكسيد الكربون ، وحتى يتم ضغط وتسخين الغـاز الكافي لإعادة الإستخدام في العملية . وفي هذا المجال يمكن إدخال الغاز المستنفذ جزئيـاً بالترتيب في طفاية غاز أو مجمع إزالة الماء (٣٢) ومنظف (٣٤) لإزالـة Co sub.2 و H. sub.2 S وضاغط (٣٦) وسخان (٣٨) للتحكم في تدوير الغاز بإعادة إستعماله فـي

التحويل إلى الحالة السائلة . وكما هو موضح يتم تدوير الغاز عبر وحدة إزالة الماء (٣٢) والضاغط (٣٦) والسخان (٣٨) ويمكن أن يكون من المناسب خلطه بإضافة غاز أو تحضير غاز إختزال من وحدة تحضير غاز الإختزال (٤٠) كما هو موضح ، والتي يمكن أن تكون من النوع التجاري . الغازات المناسبة لإضافتها تشتمل على غاز الإختزال والمؤكسدات وخليط منها . وقد يكون من المناسب خلط الغازات المضافة مع الغاز المدور قبل السخان (٣٨) . بعدها يمكن تغذية هذا الخليط بمدخل الغاز (٢٢) إلى المفاعل (١٢) لإحداث معالجة إضافية للأكاسيد في المفاعلين (١٠) و (١٢) .

يعمل الغاز الممرر في الفاعلين (١٠) و (١٢) على سحب البرادة أو جزئيات المادة من أكسيد الحديد المعالج داخل المفاعل . ويحمل الغاز البرادة بواسطة مكونات جهاز توجيه الغاز إلى أدنى . وتسعى هذه الجزئيات أو البرادة للترسب على الأسطح المختلفة في الجهاز وتسبب إنسداد ملحوظ في معدات مفاعل التحويل . في المقابل نجد أن الإختراع الحالي ، وجد فيه أن هذه الجزئيات والتي هي من المفاعل الأخير (١٢) هي إلى درجة كبيرة برادة حديد معدنية ويمكن إستعمالها في ظروف مناسبة كعامل مساعد لإعادة تكوين الغاز المستنفذ جزئياً من المفاعل الأخير (١٢) لأغراض زيادة قوة الإختزال في الغاز الذي يتم إدخاله إلى مفاعل التوجيه إلى أعلى (١٠) . إضافة إلى ذلك فقد وجد أن تفاعل إعادة تكوين الغاز المستنفذ جزئياً يعمل علىخفض درجة حرارة الغاز و /أو المساحة المحيطة به إلى درجة كافية تجعل ترسب جزئيات البرادة بعد الخطوة الأولى غير ممكنة بصورة ملحوظة ، وذلك لغرض تجنب مشاكل الإنسداد المعروفة في النظام الحالي.

لذلك فإنه وفقاً للإختراع الحالي يخلط الغاز المستنفذ جزئياً من المفاعل (١٢) مع الأكسجين ويفضل مع ميثان إضافي في وجود الحديد وأكسيد البرادة وذلك لأجل حرق الخليط الناتج ، وبذلك يتم إنتاج حرارة إضافية يحتاج إليها في تفاعل إعادة التكوين المطلوبة والتي ينتج عنها غاز إختزال في المفاعل (١٠) له قوة إختزال كبيرة . وفي هذه

الخطوة فإن إضافة الميثان مثلاً عبر المدخل (١٣) إلى المفاعل (١٢) يحفز الحرق بعد خلطه بالهواء / الأكسجين وإضافة لذلك تنتج مواد إضافية يحتاج إليها في تفاعلات إنتاج الهيدروجين وأول أكسيد الكربون .

يوضح الشكل (١) مصدر للأكسجين يتصل بالغاز المستنفذ جزئياً من مخرج الغاز (٢٤) من المفاعل الأخير (١٢) مثلاً بالأنبوب (٢٦) وذلك لغرض حرق جزئي لجزء من الميثان الموجود في الغاز المستنفذ جزئياً ، وبذلك يتم إنتاج حرارة إضافية تستعمل في عملية إعادة التكوين اللاحقة في وجود العامل المساعد برادة المعدن كما تم توضيحه سابقاً.

مصدر الأكسجين المراد إضافته إلى الأنبوب (٢٦) ليحرق جزئياً غاز الإختزال المستنفذ جزئياً والذي يفضل أن يكون قبل التسخين إلى درجة حرارة حوالي ٦٥٠ درجة مئوية إلى درجة حرارة ٩٥٠ درجة مئوية . الإحتراق الجزئي في الأنبوب (٢٦) يكون ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء من حرق الميثان ومن التفاعل اللاحق لإعادة التكوين بإضافة الميثان إلى خليط الغاز والذي تعمل فيخ جزئيات المعدن المختزلة كعامل مساعد في إنتاج أول أكسيد الكربون والهيدروجين المرغوب فيهما وفقاً لهذا الإختراع .

بالإشارة إلى الشكل (٢) يظهر فيه جزء مكبر لمدخل الغاز (٢٨) والمفاعل (١٠) ليوضح مميزات الشكل أكثر في هذا الإختراع . وكما تم توضيحه سابقاً تنتزع جزئيات المادة بواسطة الغازات المارة من مفاعل إلى آخر والتي يمكن أن تحدث مشكلات حقيقية ناتجة عن التراكم إلى درجة الإنسداد في الجهاز لإجراء النظافة ونحوها . ووفقاً لهذا الإختراع فقد وجد أن إدخال مصدر للأكسجين إلى الأنبوب (٢٦) بهدف حرق الميثان جزئياً في غازات الإختزال المستنفذة جزئياً فإنه تتجمع طبقة أولية من برادة المعدن المختزلة ويكون ذلك على الأسطح التي تحدث عليها ملامسة الغاز والبرادة وبخاصة على السطح الداخلي الذي لا ينصهر (٤٢) من المفاعل (١٠) . وقد وجد في هذا الإختراع أن عملية إعادة

التكوين في وجود العامل المساعد برادة الحديد المعدنية تتوجه في الغاز وأسطح البـــرادة المعدنية (٤٢) و (٤٤) و (٤٦) وهي تعتبر تفاعل حراري يستعمل الحرارة التي يوفرها حرق الغازات وذلك لغرض تبريد الغازات التي تلامس الأسطح (٤٢) و (٤٤) و (٤٦) ، وبذلك تمنع ترسب إضافي لجزئيات المعدن المختزلة . لذلك فإن الطريقة المتبعـــة وفـــق الأختراع الحالي قد تم إيجادها لأجل مرحلة أولى من العملية حيث يترسب جزء مرغوب فيه من برادة المعدن المختزلة في العملية على الأسطح المختلفة للمفاعـــل (١٠) . وفـــي المرحلة الثانية الأقل حرارة في العملية ، والتي يتم التوصل فيها على درجـــة الحـــرارة المنخفضة عن طريق التفاعل لإعادة التكوين بإستعمال الحرارة الداخلية . تفيـــد درجـــة الحرارة المنخفضة في منع ترسب الغبار وبذلك تقلل بـــصورة ملحوظـــة التوجـــه نحـــو الإنسداد وتزيد من كفاءة العملية .

عملية إعادة تكوين الغاز وفق هذا الإختراع تبدأ في الأنبوب (٢٦) في وجود برادة المعدن المختزلة أو جزئياته والتي تعمل كمادة مساعدة في عملية إعادة التكوين .إضافة إلى ذلك فإن الغاز من الأنبوب (٢٦) يدخل إلى الجزء الأسفل من المفاعل (١٠) ، هذا الغاز أيضاً يلامس برادة المعدن المختزلة (٤٨) والتي لها مساحة سطح كبيرة نسبياً ، مثلاً تكون 15 cm.sup.2/gr إلى حوالي 80 cm.sup.2/gr والتي تخدم كمنطقة ثانية للعامل المـــساعد على تفاعلات إعادة تكوين الغاز الأخرى .

وفقاً لهذا الإختراع ، يغادر الغاز المستنفذ جزئياً المفاعل (١٢) ، ويمكن أن تكـــون لـــه التركيبة الغازية التالية بالحجم ، حوالي ٤٨-٥٢٪ هيدروجين ، ٦-١٠٪ أول أكـــسيد الكربون ، ٢٠-٢٧٪ ميثان ، ١-١,٥٪ ثاني أكسيد الكربون ، ١٠-١٢٪ بخار مـــاء والباقي نايتروجين ، ويكون له قوة إختزال (NR كما تم تعريفها في هذا الإختراع) مـــن حوالي ٤-٥,٦٪ ودرجة حرارة بين ٧٥٠ درجة مئوية إلى ٧٩٠ درجة مئوية .

تبدأ عملية إعادة تكوين الغاز المستنفذ جزئياً قبل إدخاله على المفاعل (١٠) وتستمر عبر المناطق السفلى من المفاعل (١٠) بعد مروره عبر الشبكة (٤٤) وتبدأ عملية إعادة التكوين بخلط مصدر للأكسجين مع الغاز المستنفذ جزئياً ومع برادة الحديد المختزلة وذلك لأجل إيجاد غاز محترق في المنطقة B من المفاعل (١٠) ويكون له تركيبة بالحجم من حوالي ٤٠-٤٦٪ هيدروجين ، ٦-٨٪ أول أكسيد الكربون ، ١٧-٢٠٪ ميثان ، ٣-٦٪ ثاني أكسيد الكربون ، و ١٢-١٨٪ بخار ماء ويكون الباقي نايتروجين في درجة حرارة من حوالي ٨٧٠ درجة مئوية إلى حوالي ٨٢٠ درجة مئوية .

تكون الغازات المحترقة لها التركيبة التي سبق أن ذكرناها أعلاه وبعد ذلك تمرر من الأنبوب (٢٦) إلى المدخل (٢٨) في المفاعل (١٠) ومنه للملامسة مع جزئيات برادة الحديد المختزلة (٤٨) على أسطح المفاعل ، وبخاصة الأسطح الداخلية (٤٢) والشبكة (٤٤) . وفتحات التدفق (٤٦) وفي إعادة التكوين اللاحقة لغرض إيجاد غاز إختزال معاد تكوينه في الإتجاه الأدنى من الشبكة (٤٤) ، مثلاً في المنطقة C حيث تكون التركيبة بالحجم من حوالي ٥٠ -٦٢٪ هيدروجين ، ١٢-٢٠٪ أول أكسيد الكربون ، ٤-١٢٪ ميثان ، ١-٤٪ ثاني أكسيد الكربون ، ٨-١٠٪ بخار ماء والباقي نايتروجين له قوة إختزال (Nr كما تم تعريفها أدناه) تتراوح من حوالي ٤,٤ إلى حوالي ٩,١ ودرجة حرارة من حوالي ٧٨٠ درجة مئوية إلى ٨٠٠ درجة مئوية .

بعدها يبدأ غاز الإختزال من المنطقة C في التدفق عبر المفاعل (١٠) حتى يقوم بإختزال أكسيد المعدن الداخل إلى المفاعل (١٠) كما هو مرغوب فيه وفقاً لهذا الإختراع .

ولتوضيح مميزات إعادة تكوين الغاز المقدمة وفقاً لهذا الإختراع ، يفضل تركيبات غاز مقابلة للمناطق A و B و C وأيضاً غاز إختزال تمت تغذيه المفاعل به إبتداءاً كما هو موضح في الجدول (١) أدناه .

## الجدول (١)

| IN | A | B | C |
|---|---|---|---|
| H.sub.2 ٪V | | | |
| | 60-65 | 48-52 | 40-46 | 50-62 |
| CO ٪v | 4-6 | 6-10 | 6-8 | 12-20 |
| CH.sub.4 ٪V | | | |
| | 18-24 | 20-27 | 17-20 | 4-12 |
| CO.sub.2 ٪V | | | |
| | 2-4 | 1.0-1.5 | 3-6 | 1-4 |
| H.sub.2 O ٪V | | | |
| | 1.0-1.8 | 10-12 | 12-18 | 8-10 |
| N.sub.2 ٪v | | | |
| | balance | balance | balance | balance |
| Temp (.degree.C.) | | | |
| | 830-850 | 750-790 | 780-820 | 780-800 |

تركيبة الغاز المذكورة سابقاً تمثل الغاز الموجود في الجهاز ، مثلاً في المدخل (٢٢) للمفاعل (١٢) ، والغاز المستنفذ جزئياً بعد مروره عبر المفاعل الأخير (١٢) مثلاً في المنطقة A من الشكل (١) ، الغاز المحترق بعد إضافة الأكسجين ، مثلاً في المنطقة B من الشكل (١) ، والغاز المعاد تكوينه بعد مرحلة إعادة التكوين الوسطى في الإختراع الحالي والتي تكون مثلاً في المنطقة C من الشكل (١) .

وكما هو موضح فإن عملية الإختراع الحالي تخدم في زيادة حجم غاز الإختزال في الغاز المعاد تكوينه بحوالي ١٠٪ إلى ٤٠٪ بالحجم بالمقارنة مع الغاز المستنفذ جزئياً، وبذلك تزيد من قوة الإختزال (NR) للغاز ، مثلاً من قوة إختزال ٤,٤ في المنطقة A إلى قوة إختزال ٦,٢ في المنطقة C ، حيث يتم تعريف قوة الإختزال على النحو التالي :

N.sub.R =(CO+H.sub.2)/(CO.sub.2 +H.sub.2 O)

حيث Co و H.sub.2 , Co sub.2 , H. sub.2O هي ٪ بالحجم من الغاز .

وفقاً للإختراع الحالي ، فإن مصدر الأكسجين مثل الهواء أو الأكسجين أو خليط منهما يتم إدخاله إلى الأنبوب (٢٦) ويفضل أن يتم ذلك حتى يعطي نسبة إعادة تكوين ( CH.sub.4 /N.sub.0x) من حوالي ٥٧ إلى حوالي ٧٢ ، حيث CH.sub.4 هي ٪ بالحجم من الميثان و N.sub.Ox هي درجة الأكسدة في تيار الغاز المستنفذ جزئياً ، والتي تم تعريفها على النحو التالي :

N.sub.0x =(CO.sub.2 +H.sub.2 O)/(CO+CO.sub.2 +H.sub.2 +H.sub.2 O)

حيث CO, H.sub.2, CO.sub.2 and H.sub.2 O هي ٪ بالحجم من تيار الغاز ، و N.sub.Ox هي نسبة من حوالي ٠,٢ إلى حوالي ٠,٣ بالإضافة لذلك فإن ظروف تدفق الغاز ودرجة الحرارة في الإختراع الحالي يفضل تطبيقها لتوجد كمية من البرادة والغاز المتواجد من مخرج الغاز (٢٤) في المفاعل (١٢) لكمية حوالي 5 g/m.sup.3 إلى

حوالي 50 g/m.sup.3 ، ويفضل أن تكون بين حوالي 10 g/m.sup.3 و 30 g/m.sup.3.

جزئيات الغبار الداخلية والجزئيات المتراكمة (٤٨) ، يفضل أن يكون لها تركيبة بالوزن من حوالي ٧٨-٨٥٪ حديد مختزل ، ٠,١-٦٪ أكسيد الكالسيوم ، ٠,١-٠,٣٪ أكسيد الماغنيسيوم ، ٠,٩-٢,٥٪ سيليكا ، ٠,٥-١,٨٪ ألومينا ، و ١٢-٢٠٪ أكسيد الحديد . إضافة لذلك يفضل أن تكون الجزئيات المتراكمة لها مساحة سطح من حوالي 3 cm.sup.2 /gr إلى حوالي 10 cm.sup.2 /gr .

وكما ذكرنا سابقاً فإن الطريقة التي يقدمها هذا الإختراع تعمل في المرحلة الأولى والتي فيها تتجمع الجزئيات أو الغبار حتى توجد أسطح عامل مساعد في المكان المطلوب ، مثلاً على الأسطح (٤٢) و (٤٤) وطور ثاني لتقليل درجة الحرارة حيث تقلل ترسب الجزئيات المذكورة أو الغبار على هذه الأسطح . وفي هذا الخصوص فإن درجة حرارة المفاعل تحت الشبكة (٤٤) على الأسطح (٤٢) و (٤٤) أثناء المرحلة الأولى من العملية يفضل أن تكون من حوالي ٧٨٠ درجة مئوية إلى حوالي ٧٩٠ درجة مئوية ، وهذه الحرارة تكون في المرحلة الثانوية مفضلة بين ٧٦٠ درجة مئوية و ٧٧٠ درجة مئوية .

إضافة لذلك فإن العملية في الإختراع تحفز الجودة الحرارية في عملية إختزال الحديد بإستعمال الحرارة من الغاز المستنفذ جزئياً في المفاعل (١٢) لتوجد تفاعل إعادة تكوين الغاز ، وبذلك توجد غاز أسخن في المفاعل الذي يقود إلى أعلى (١٠) عن تلك التي تكون متواجدة في العادة . هذه الميزة تمكن المفاعلين (١٠) و (١٢) من العمل في درجات حرارة متساوية ، ويفضل أن يكون فرق درجات الحرارة أقل من أو يساوي ٢٠ درجة مئوية .

كما ذكرنا سابقاً ، أن مشاكل الترسب في العمليات الحالية أكثر حدة في قرب المفاعل الأخير ، حيث أن في هذه المنطقة تكون درجة الإختزال أو التحول إلى الحالة المعدنية في

جزئيات الغبار أعلى . ويأخذ الإختراع الحالي بهذه الحقيقة ليجعلها ميزة في إستعمال هذه الجزئيات كعامل مساعد وبهذا يحد من الترسب الكبير فيها .

إضافة لذلك فإن إنتاج الميثان الكثيف بين المفاعلين يعتبر مشكلة تواجه الطرق الحالية ، ويتم تفادي هذه المشكلة بصورة كبيرة عند إتباع الطريقة المذكورة ، حيث أن جزء من الميثان بين المفاعلين يتم حرقة والجزء الآخر يتم تحويله لإنتاج غاز إختزال إضافي.

ومن المفضل قبل عملية الإختزال العادية أن يتم تسخين المفاعلين إلى درجة حرارة العملية والتي يفضل أن تكون ٩٠٠ درجة مئوية حيث وجد أن العمل تحت هذه الدرجة يحول غاز الإختزال إلى ميثان وبذلك يقلل من كفاءة العملية . وقد وجد أن العملية المتبعة في الإختراع الحالي تقدم ميزة إنتاج غاز إختزال أثناء عملية ما قبل تسخين المفاعلين غلى درجة حرارة العملية ، وأنها تقدم ميزة ماقبل إختزال الحديد قبل بدء العملية . وفقاً للإختراع الحالي فإنه في الوقت الذي يسخن فيه المفاعلين غلى درجة حرارة العملية يفضل تمرير خليط من الغاز الخامل والميثان عبر المفاعلين ، ويقوم هذا الخليط بسحب الحديد وبرادة أكسيد الحديد من المفاعل (١٢) كما تم شرحه سابقاً . إضافة أكسجين بين المفاعلين (١٢) و (١٠) تؤدي غلى حرق جزء من الميثان في خليط الغاز الخامل /الميثان ، مما يؤدي إلى وجود حرارة إضافية تؤدي إلى تحويل الميثان المتبقي إلى غاز إختزال يشتمل على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون المرغوب فيهما . هذا التيار من الغاز يتجه إلى المفاعل (١٠) ، حيث مرحلة ما قبل إختزال الأكاسيد أثناء التسخين أو تحقيق عملية تشغيل الجهاز ، وفي الوقت ذاته يتم تفادي التحول إلى الميثان بصورة مكثفة والتي عادة تحدث عند بداية عملية التشغيل . ويفضل أن تبدأ عملية ما قبل الإختزال عندما تكون حرارة المفاعل في مفاعل التوجيه إلى أعلى (١٠) وصلت إلى حوالي ٧٠٠ درجة مئوية وتستمر حتى الوصول إلى درجة حرارة العملية المرغوب فيها .

بالإشارة إلى الشكل (١) ، فإنه من المناسب إجراء عملية ما قبل التسخين عن طريق تغذية الغاز الخامل والميثان إلى المدخل (٢٢) وأن يتم تغذية مصدر الأكسجين الغازي عبر الخط (٢٦) ليختلط به ويؤدي إلى الحرق الجزئي لخليط الغاز الخامل/الميثان في وجود برادة الحديد في المفاعل (١٢) . درجة الحرارة المرتفعة في إزدياد والناتجة في وجود برادة الحديد المترسبة تكون مفيدة في تحويل الميثان المتبقي إلى إنتاج غاز إختزال في مفاعل التوجيه إلى أعلى (١٠) ، وبذلك تؤدي إلى مرحلة ما قبل عملية إختزال أكاسيد الحديد في المفاعل (١٠) .

ونمجرد وصول درجة الحرارة إلى درجة حرارة العملية التي يفضل أن تكون ٩٠٠ درجة مئوية ، يمكن إضافة ميثان إضافي عبر المدخل (١٣) كما تم وصفه سابقاً ، ويمكن إضافة الغاز الخامل إلى الخليط من الغازات المراد تدويره وتحسينه عبر المدخل (٢٢) إلى المفاعل (١٢) حسب الرغبة . أثناء عملية التسخين الإبتدائية أو فترة البداية والتي عادة تنتهي في حوالي ساعة إلى ٣ ساعات ، فإن العملية الحالية توفر إختزال مفيد لأكاسيد الحديد والتي يمكن أن لا تتوفر بطريقة أخرى .

على ضوء ما ذكرنا سابقاً ، فإنه من المفيد أن يتم توفير الميثان أثناء عملية إنتاج غاز إختزال في كفاءة متزائدة وبإستعمال أدوات أقل تكلفة . إضافة إلى أن عملية إختزال الحديد بالكامل التي تستخدم طريقة الإختراع الحالي يتم إجراءها بكفاءة ودون مشاكل تذكر مثل تلك التي تؤدي إلى الإنسداد . إضافة إلى ذلك أيضاً فإن الفوائد يبدأ الحصول عليها أثناء فترة ما قبل التسخين أو بداية العملية .

ومن المفهوم أن هذا الإختراع لا يقتصر على الأمثلة الموضحة والتي سبق وصفها هنا، والتي تعتبر من أجل التوضيح للطرق الأمثل لإجراء الإختراع ، والتي يمكن أن تخضع للتطوير من ناحية الشكل أو الحجم أو ترتيب الأجزاء أو تفاصيل العملية . ويهدف

الإختراع إلى الإحاطة بكل هذه التطويرات التي تعتبر ضمن روح ونطاق ما ذكـــر فـــي عناصر الحماية .

## عناصر الحماية

١- طريقة لإعادة تكوين غاز إختزال في عملية وسط تم تحويله إلى الحالة السائلة بغرض إختزال خام المعدن في سلسلة مفاعلات لتحويل خام المعدن تشتمل على: تمرير خام المعدن في مفاعلات تحويل متعددة تشتمل على مفاعل أخير ومفاعل واحد على الأقل يقود إلى أعلى .

يمرر غاز الإختزال عبر المفاعل الأخير المذكور بغرض تحويل خام المعدن في المفاعل الأخير المذكور ، والذي يوجد فيه تيار من غاز الإختزال المستنفذ جزئياً يشتمل على الميثان وبرادة (غبار) الحديد المعدنية.

يخلط مصدر للأكسجين مع غاز الإختزال المستنفذ جزئياً لأجل حرق جزء من الميثان المذكور بواسطة مصدر الأكسجين وفي وجود برادة الحديد المعدنية المذكورة لإيجاد غاز إختزال معاد تكوينه ، و

يمرر غاز الإختزال المعاد تكوينه في المفاعل الذي يقود إلى أعلى .

٢- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها غاز الإختزال المستنفذ جزئياً المذكور له قوة إختزال (N.sub.R) تبلغ ٤,٥ ، ويكون فيه غاز الإختزال المعاد تكوينه المذكور له قوة إختزال تبلغ ٦,٢ ، حيث تعرف قوة الإختزال بالآتي:

$$N.sub.R = (H.sub.2 + CO)/(H.sub.2 O + CO.sub.2),$$

وفيها H.sub.2, CO, H.sub.2 O و CO.sub.2 هي ٪ أحجام من غاز الإختزال المستنفذ جزئياً المذكور ومن غاز الإختزال المعاد تكوينه المذكور.

٣- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها غاز الإختزال المستنفذ جزئياً من المفاعل الأخير المذكور له تركيبة بالحجم حوالي ٤٨-٥٢٪ هيدروجين ،

٦-١٠٪ أول أكسيد الكربون ، ٢٠-٢٧٪ ميثان ، ١-١,٥٪ ثاني أكسيد الكربون ، ١٠-١٢٪ بخار ماء والباقي نايتروجين ، ودرجة الحرارة من حوالي ٧٥٠ درجة مئوية إلى حوالي ٧٩٠ درجة مئوية ، حيث يكون غاز الإختزال المعاد تكوينه له تركيبة بالحجم من حوالي ٥٠-٦٢٪ هيدروجين ، ١٢-٢٠٪ أول أكسيد الكربون ، ٤-١٢٪ ميثان ، ١-٤٪ ثاني أكسيد الكربون ، ٨-١٠٪ بخار ماء والباقي نايتروجين ، ودرجة الحرارة من حوالي ٧٨٠ درجة مئوية إلى حوالي ٨٠٠ درجة مئوية .

٤- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٣) ، يكون فيها خطوة الخلط المذكورة ينتج عنها خليط محترق جزئياً له تركيبة بالحجم من حوالي ٤٠-٤٦٪ هيدروجين ، ٦-٨٪ أول أكسيد الكربون ، ١٧-٢٠٪ ميثان ، ٣-٦٪ ثاني أكسيد الكربون ، ١٢-١٨٪ بخار ماء والباقي نايتروجين ، ويكون لها درجة حرارة من حوالي ٧٨٠ درجة مئوية إلى ٨٢٠ درجة مئوية .

٥- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها غاز الإختزال المستنفذ جزئياً يتحتوي على برادة الحديد المعدنية المذكورة بكميات من 5 g/m.sup.3 إلى حوالي 50 g/m.sup.3.

٦- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٥) ، تكون فيها برادة الحديد المذكورة تحتوي على ٧٨ إلى ٨٥٪ بالوزن حديد معدني .

٧- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها المفاعل الأخير المذكور والمفاعل الذي يؤدي إلى أعلى تم توصيلهما بأنبوب غاز لتحويل غاز الإختزال المستنفذ جزئياً ، ويكون مصدر الأكسجين تم إدخاله إلى أنبوب الغاز لخلطه مع غاز الإختزال المستنفذ جزئياً المذكور.

٨- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٧) ، يكون فيها تم إختيار مصدر الأكسجين المذكور من مجموعة تتكون من الهواء ، الأكسجين وخليط منهما .

٩- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها خطوة الخلط ينتج عنها خليط غازات ناتج عن عملية الحرق الجزئي يتم إدخاله إلى مفاعل التحويل إلى أعلى، ويكون هذا المفاعل له أسطح داخلية يلامسها خليط الغاز المحترق جزئياً المذكور ، ويشتمل لاحقاً على خطوات التشغيل المذكورة بحيث يتم إضافة برادة الحديد المعدنية على الأسطح الداخلية ، حيث تعمل هذه البرادة كعامل مساعد لإعادة تكوين خليط الغاز الذي يتم حرقه جزئياً لإنتاج غاز الإختزال المعاد تكوينه .

١٠- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٩) ، يكون فيها برادة الحديد المعدنية التي تم إدخالها لها تركيبة بالوزن من حوالي ٧٨-٨٥٪ معدن حديد ، ٠,١-٠,٦٪ أكسيد الكالسيوم ، ٠,١-٠,٣٪ أكسيد الماغنيسيوم ، ٠,٩-٢,٥٪ سيليكا ، ٠,٥-١,٨٪ ألومينا و ١٢-٢٠٪ أكسيد الحديد.

١١- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٩) يكون فيها برادة الحديد المعدنية التي تم إدخالها لها مساحة سطح محددة بين 3 cm.sup.2 /gr إلى حوالي 10 cm.sup.2 /gr.

١٢- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٩) ، يكون فيها العملية المذكورة تشتمل على خطوة إبتدائية يكون فيها درجة حرارة المفاعل الذي يقود إلى أعلى من حوالي ٧٨٠ درجة مئوية إلى حوالي ٧٩٠ درجة مئوية ، برادة الحديد المعدنية المذكورة يتم إدخالها إلى الأسطح المذكورة يتبع ذلك خطوة يكون فيها درجة حرارة المفاعل الذي يقود إلى أعلى من حوالي ٧٦٠ درجة مئوية إلى حوالي ٧٧٠ درجة مئوية ، حيث يمنع إضافة برادة حديد معدنية أخرى .

١٣- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها خطوة الخلط المذكورة تشتمل على خلط مصدر الأكسجين مع غاز الإختزال المستنفذ جزئياً بحيث ينتج خليط له نسبة التكوين (CH.sub.4 /N.sub.0x) تكون بين حوالي ٥٧ و ٧٢، حيث CH.sub.4 هي نسبة بالحجم من الميثان و N.sub.0x تعرف بالآتي:

N.sub.0x =(CO.sub.2 +H.sub.2 O)/(CO+CO.sub.2 +H.sub.2 +H.sub.2 O)

حيث CO, CO.sub.2, H.sub.2 و H.sub.2 O هي ٪ بالحجم من الخليط المذكور.

١٤- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يتم فيها تشغيل المفاعل الأخير والمفاعل الذي يقود إلى أعلى في درجة حرارة مختلفة بفرق يقل عن أو يساوي ٢٠ درجة مئوية .

١٥- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، فيها يتم إجراء خطوة الخلط في ظروف يتم إختيارها بحيث تعمل برادة الحديد المعدنية كعامل مساعد في تفاعل إعادة تكوين الميثان في غاز الإختزال المستنفذ جزئياً .

١٦- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، تشتمل إضافة لذلك على خطوة يضاف فيها ميثان إضافي إلى غاز الإختزال المستنفذ جزئياً قبل خطوة الخلط المذكورة .

١٧- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يعمل فيها المفاعلان المذكوران في درجة حرارة العملية ، وتشتمل إضافة لذلك على عملية تسخين سابقة يتم فيها تسخين المفاعلين إلى درجة حرارة العملية المذكورة ، وتشتمل على الخطوات التالية :

أ) يتم تمرير خليط من الغاز الخامل مع الميثان عبر المفاعل الأخير المذكور حتى يتم ملامسة خام المعدن في المفاعل الأخير المذكور وبحيث يكون الغاز الممرر يشتمل على الغاز الخامل والميثان المذكورين في وجود برادة الحديد في المفاعل الأخير .

ب) يتم خلط مصدر الأكسجين مع الغاز الممرر وذلك حتى يتم حرق جزء من الميثان المذكور بواسطة مصدر الأكسجين في وجود برادة الحديد حتى يتم إنتاج غاز إختزال يشتمل على الهيدروجين وأكسيد الكربون . و

ج) يتم تمرير غاز الإختزال المذكور إلى مفاعل التوجيه إلى أعلى المذكور وذلك حتى يتم إختزال خام المعدن المذكور داخل مفاعل التوجيه إلى أعلى.

١٨- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١٧) ، تشتمل إضافة لذلك على خطوات نقل إلى الخارج (A) – (C) في أثناء ذلك تكون درجة الحرارة في مفاعل التوجيه إلى أعلى من حوالي ٧٠٠ درجة مئوية إلى درجة حرارة العملية المذكورة .

١٩- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١٨) ، تكون فيها درجة حرارة العملية المذكورة حوالي ٩٠٠ درجة مئوية .

٢٠- الطريقة لتكوين غاز إختزال أثناء عملية التسخين السابقة لدرجة حرارة العملية في عملية الوسط السائل لإختزال خام المعدن في سلسلة مفاعلات لتحويل خام المعدن تشتمل على الخطوات التالية :

أ) تمرير خليط من غاز خامل وميثان عبر المفاعل الأخير المذكور وذلك حتى يلامس خام المعدن في المفاعل الأخير ، وبحيث يشتمل الغاز الممرر على الغاز الخامل والميثان المذكورين في وجود برادة الحديد في المفاعل الأخير.

ب) يتم خلط مصدر للأكسجين مع تيار الغاز وذلك حتى يتم إحراق جزء من الميثان المذكور مع مصدر الأكسجين في وجود برادة الحديد وذلك حتى يتم إنتاج غاز إختزال يشتمل على الهيدروجين و أول أكسيد الكربون ، و

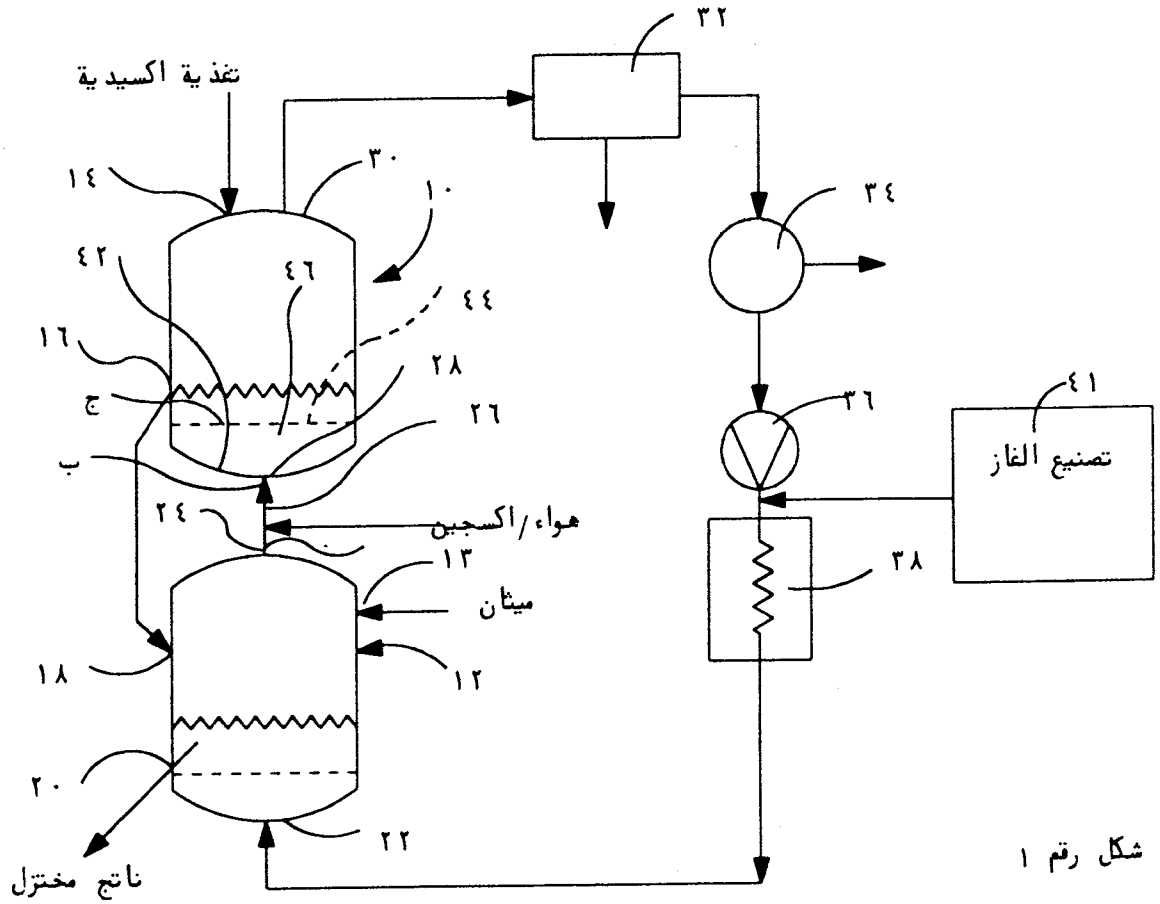
ج) يتم تمرير غاز الإختزال المذكور إلى مفاعل التوجيه إلى أعلى لأغراض ما قبل تحويل خام المعدن المذكور في مفاعل التوجيه إلى أعلى .

٢١- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٢٠) ، تشتمل إضافة إلى ذلك على خطوات نقل إلى الخارج (A) – (C) وذلك في الوقت الذي تكون فيه حرارة مفاعل التوجيه إلى أعلى من حوالي ٧٠٠ درجة مئوية إلى درجة حرارة العملية المذكورة .

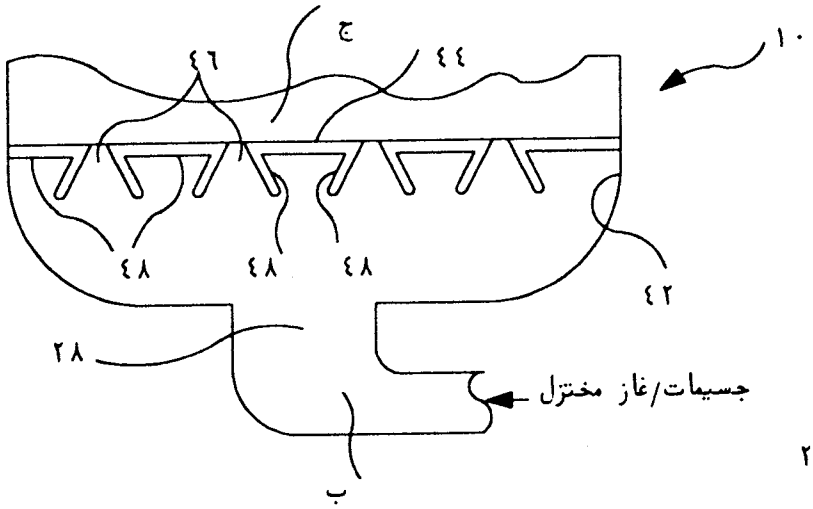
١ ٢٢- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (٢١) ، تكون فيها درجة حرارة العملية المذكورة
٢ هي حوالي ٩٠٠ درجة مئوية .

١ ٢٣- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها غاز الإختزال المستنفذ جزئياً له
٢ قوة إختزال (Nr) من حوالي ٤ إلى ٥,٦ .

١ ٢٤- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية (١) ، يكون فيها الغاز المعاد تكوينه له قوة
٢ إختزال (Nr) من حوالي ٤,٤ إلى حوالي ٩,١ .




شكل رقم ١




شكل رقم ٢