

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 56603 B1** (51) Cl. internationale : **B01D 53/62; B01D 53/62; C01B 32/50**
- (43) Date de publication : **29.02.2024**

- 
- (21) N° Dépôt : **56603**
- (22) Date de Dépôt : **27.04.2022**
- (30) Données de Priorité : **28.03.2022 EP EP22164736**
- (71) Demandeur(s) : **Saudi Arabian Mining Company (Ma'aden), PO Box 68861 Riyadh 11537 (SA)**
- (72) Inventeur(s) : **Malik Mohammad Odeh Aqel**
- (74) Mandataire : **H&H IP LAW**

- 
- (54) Titre : **CAPTURE DE CO2 POLLUÉE AVEC DE LA CHAUX PRODUITE À PARTIR DE LA CALCINATION DU PHOSPHOGYPSE EN UTILISANT LE SOUFRE COMME CARBURANT SANS CO2.**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé intégré de capture de CO2 pollué à l'aide de CAO résultant de la calcination de phosphogypse utilisant du soufre comme combustible autre que le CO2, grâce auquel (1) les deux polluants représentés par le phosphogypse et le CAO sont convertis en produits neutres ou bénéfiques pour l'environnement tels que le calcaire. ou du clinker et de l'acide sulfurique ; (2) Le CAO à faible teneur en CO2 résultant de la calcination du gypse phosphorique à l'aide de soufre peut être utilisé comme combustible pour produire du clinker à faible teneur en CO2 afin de compenser l'utilisation de calcaire à haute teneur en CO2 comme matière première ; (3) L'utilisation du soufre comme combustible pour la calcination du gypse phosphorique permet de produire de l'acide sulfurique à faible coût.

11 التقاط CO<sub>2</sub> الملوث بواسطة الجير الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود

12 غير CO<sub>2</sub>

### الملخص

13 يتعلق الاختراع الحالي بطريقة متكاملة جديدة لالتقاط CO<sub>2</sub> الملوث باستخدام CaO الناتج من

14 تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub> حيث (1) يتم تحويل كلا الملوثين

15 المتمثلان في الجبس الفوسفوري و CO<sub>2</sub> إلى منتجات محايدة أو مفيدة بيئياً مثل الحجر الجيري أو

16 الكلنكر وحمض الكبريتيك؛ (2) يمكن استخدام CaO منخفض نسبة الـ CO<sub>2</sub> الناتج من تكليس الجبس

17 الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود لإنتاج كلنكر منخفض نسبة الـ CO<sub>2</sub> يعوض عن استخدام الحجر

18 الجيري عالي نسبة الـ CO<sub>2</sub> كمادة خام؛ (3) يسمح استخدام الكبريت كوقود لتكليس الجبس الفوسفوري

19 بإنتاج حمض الكبريتيك منخفض التكلفة.

20

التقاط CO<sub>2</sub> الملوث بواسطة الجير الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود

غير CO<sub>2</sub>

### الوصف الكامل

- 1 مجال الاختراع
- 2 يتعلق الاختراع الحالي بالتقاط CO<sub>2</sub> الملوث بواسطة CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub>.
- 3 خلفية الاختراع
- 4 يتم إنتاج كميات كبيرة من نفايات الجبس الفوسفوري وثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) سنوياً. ويشكل التخلص من الجبس الفوسفوري (PG) تحدياً خاصاً، حيث يتطلب استثمارات كبيرة لإعداد منطقة احتواء جديدة كل 5 إلى 7 سنوات من العمليات ويحد من التوسع في إنتاج حمض الفوسفوريك بسبب الحد من مناطق التخلص من الجبس. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب المحتوى العالي من الكالسيوم في مركز الفوسفات استهلاكاً أعلى لحمض الكبريتيك (SA)، مما يزيد من استهلاك الكبريت وتكاليفه.
- 5 ويشكل التوسع في عمليات الأمونيا أيضاً تحديات بسبب زيادة انبعاثات CO<sub>2</sub> بالإضافة إلى العقوبات المحتملة واحتمال انخفاض نوعية المنتجات نظراً لكونها غير خضراء وبسبب إضاعة فرصة السوق المتزايدة لتزويد الأمونيا الزرقاء أو الأمونيا منخفضة نسبة الـ CO<sub>2</sub>. ويمكن تقسيم إنتاج CO<sub>2</sub> إلى فئتين: CO<sub>2</sub> النظيف، وهو مناسب للاستخدام في منتجات مثل اليوريا والميثانول، و CO<sub>2</sub> الملوث،

- 14 من غازات عادم الاحتراق أو إنتاج حمض الفوسفوريك للأبخرة الحمضية، والتي لا تصلح للاستخدام
- 15 كما هي.
- 16 تناولت التقنيات التقليدية المعالجة الحرارية للجبس الفوسفوري لإنتاج مواد بناء مختلفة تشمل:
- 17 (1) المعادلة باستخدام الجير (CaO) والتجفيف ثم إضافته إلى الكلنكر وطحنهما معاً لإنتاج الأسمت
- 18 البورتلاندي؛ (2) التكليل المسبق للجبس الفوسفوري لإنتاج جبس نصف هيدرات من نوع ألفا ( $\alpha$ -HH)؛
- 19 و (3) استخدام الجبس الفوسفوري المغسول/المعالج كمصدر لـ CaO في المسحوق الخام مع الكربون
- 20 والسليكا والحديد لإنتاج الكلنكر في التجفيف الممتد والتكليل وتحضير الكلنكر في وحدات الأفران
- 21 الممتدة كثيفة الطاقة. ويلاحظ أن استهلاك الطاقة لإنتاج الكلنكر في هذه الطريقة يمكن أن يستهلك
- 22 ما يصل إلى 200% من الطاقة المستهلكة في عملية إنتاج الكلنكر التقليدية من الحجر الجيري.
- 23 وتشمل التقنيات الرئيسية التقليدية المتعلقة بتكليس الجبس الفوسفوري وتشكيل الحجر الجيري
- 24 عادةً: (1) تكليس الجبس الفوسفوري كثيف الطاقة للحصول على أكسيد كالسيوم (CaO) وثاني أكسيد
- 25 الكبريت ( $SO_2$ )، وهذه الطريقة معروفة جيداً في التقنية السابقة [1، 2]؛ (2) إنتاج حمض الكبريتيك
- 26 من الغازات الغنية بـ  $SO_2$ ، وهذه الطريقة راسخة في التطبيقات التي تشمل معالجة غازات العادم من
- 27 مصاهر الزنك والنحاس والحديد، وكذلك معالجة غازات العادم من تكليس الجبس الفوسفوري. ومع
- 28 ذلك، يعتبر استخدام الكبريت أو الوقود الغني بالكبريت في التكليل عاملاً سلبياً بسبب زيادة تركيز
- 29  $SO_2$  في غازات العادم بسبب الكميات الزائدة من حمض الكبريتيك (SA) الذي يتم إنتاجه.
- 30 وتشمل التقنيات الرئيسية التقليدية المتعلقة بالتقاط  $CO_2$  وتخزينه أو استخدامه عادةً: (1)
- 31 الالتقاط والحقن لتعزيز استخراج النفط، بدلاً من حقن البخار أو الماء في الآبار القديمة؛ (2) التقنية

- 32 والاستهلاك في إنتاج المواد الكيميائية مثل الميثانول واليوريا والبوليمرات؛ (3) الحقن في خزان الطحالب
- 33 الدقيقة كمصدر لـ CO<sub>2</sub> من أجل التمثيل الضوئي لزيادة نموها؛ (4) التنقية لاستخدام CO<sub>2</sub> المخصص
- 34 للأطعمة في المشروبات وتطبيقات الجليد الجاف؛ (5) التقاط CO<sub>2</sub> بواسطة CaO في غازات المداخن
- 35 لإنتاج الحجر الجيري الناتج بشكل ثانوي (LS) كما هو موضح في المرجع [3] وبراءة الاختراع الكندية
- 36 رقم 2773080. وتم توضيح وصف موسع للمفاعل ذي الطبقة المائعة الدورانية (CFB) لالتقاط CO<sub>2</sub>
- 37 باستخدام CaO في المرجع [1].
- 38 وعادةً ما ترتبط مشكلة إنتاج CaO بتكليس الحجر الجيري (CaCO<sub>3</sub>) باستخدام وقود
- 39 الهيدروكربون، والذي يولد مقدار فائض بحوالي 200% من CO<sub>2</sub> من كل من الوقود و CaCO<sub>3</sub>، مقارنة
- 40 بمقدار CO<sub>2</sub> الذي سيتم التقاطه بواسطة CaO.
- 41 ويؤدي استخدام وقود الهيدروكربون لتكليس الجبس الفوسفوري أيضاً إلى توليد كمية كبيرة من
- 42 CO<sub>2</sub> لا يمكن أن تبرر إعادة استخدام CaO المنتج لالتقاط CO<sub>2</sub>.
- 43 وتشير المشكلات السابقة إلى الحاجة إلى طريقة تتغلب على قيود العمليات التقليدية وتتجنب
- 44 القيود المفروضة على قابلية التطبيق على المواد الخام المتعددة، مع تقليل نفايات المواد وتوفير مزايا
- 45 التكلفة مع تقليل صافي انبعاثات CO<sub>2</sub>.

الكشف عن الاختراع	46
في تجسيديات معينة، يوفر الاختراع الحالي طريقة متكاملة بديلة لاستخدام تيارات النفايات	47
الرئيسية من عمليات الفوسفات والأمونيا، التي تشمل على الجبس الفوسفوري و CO <sub>2</sub> لتقليل تأثيرهما	48
ولإنتاج منتجات تجارية.	49
وفي أحد الجوانب، يوجه الاختراع إلى عملية متكاملة جديدة تلتقط CO <sub>2</sub> الناتج من عمليات	50
معالجة الأمونيا والفوسفات، والتي تشمل حرق وقود الهيدروكربون (HC) وهضم صخر الفوسفات	51
الجيري في وحدة إنتاج حمض الفوسفوريك (PAP)، مع الأبخرة الحمضية وانبعاثات CO <sub>2</sub> . ويتم بعد	52
ذلك التقاط CO <sub>2</sub> المعاد تدويره بواسطة CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري للحصول على الحجر	53
الجيري، مع استعادة كبيرة للحرارة من تفاعل CO <sub>2</sub> و CaO. وتسمح هذه الطريقة الجديدة بتحويل	54
الكالسيوم من صخور الفوسفات (PR)، الذي يتم التخلص منه حالياً كنفائات جبس فسفوري، إلى مواد	55
بناء مفيدة مثل الحجر الجيري.	56
وفي تجسيديات معينة، تم الكشف هنا عن طريقة تتضمن التقاط غازات متسربة حمضية عالية	57
الـ CO <sub>2</sub> الناتجة من عملية هضم خام الفوسفات الجيري منخفض الجودة باستخدام حمض الكبريتيك	58
(SA) في عملية حمض الفوسفوريك الرطب (WPA) المعروفة لإنتاج حمض الفوسفوريك والجبس	59
الفوسفوري.	60
وتعتبر العملية المتكاملة التي تم الكشف عنها هنا فريدة وجديدة بطبيعتها حيث تقلل من نفائات	61
CO <sub>2</sub> والجبس الفوسفوري وتوفر مزايا من حيث التكلفة من خلال:	62

- (1) استخدام CaO من الجبس الفوسفوري (PG) لالتقاط CO<sub>2</sub> وتثبيته في شكل CaCO<sub>3</sub> على أساس دائم، 63  
64
- (2) تقليل استهلاك الكبريت عن طريق إعادة توليد حمض الكبريتيك من الجبس الفوسفوري وتقليل تراكم نفايات PG أثناء معالجة الفوسفات لإنتاج حمض الفوسفوريك من صخر الفوسفات، 65  
66  
67
- (3) تقليل استهلاك وقود الهيدروكربون في عملية تكليس الجبس الفسفور، 68
- (4) السماح بتقليل صافي انبعاثات CO<sub>2</sub> من عمليات الفوسفات والأمونيا وتجنب العقوبات المتعلقة بانبعاثات CO<sub>2</sub>. 69  
70
- وصف مختصر للرسومات 71
- يمكن فهم الاختراع بشكل أفضل بالرجوع إلى الشكل والوصف التاليين. 72
- الشكل 1 : يوضح طريقة لالتقاط CO<sub>2</sub> الملوث بواسطة CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub> في صورة رسم تخطيطي للمراحل. 73  
74  
75
- الوصف التفصيلي 76
- يوفر الاختراع الحالي طريقة متكاملة لالتقاط CO<sub>2</sub> بواسطة CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub>. 77  
78

- 79 وفي تجسيديات معينة، تتدفق غازات العادم بشكل متعاكس التيار إلى وحدة تكليس الجبس
- 80 الفوسفوري (PG) (الإطار B) ومن محطة تكليس الجبس الفوسفوري إلى وحدة تجفيف (الإطار A)،
- 81 حيث يتم تغذية الجبس الفوسفوري في البداية من رصيص جاف عند مستوى رطوبة يتراوح من
- 82 10-40%.
- 83 وفي تجسيد مفضل، تتم تغذية الجبس الفوسفوري من الرصيص الجاف عند مستوى رطوبة
- 84 يتراوح من 20-30%.
- 85 وفي تجسيديات معينة، يشتمل التدفق بشكل متعاكس التيار للغازات والمواد الصلبة على
- 86 الخطوات التالية: (1) حرق الكبريت؛ (2) تكليس الجبس الفوسفوري؛ (3) التكليس المسبق للجبس
- 87 الفوسفوري؛ و (4) تجفيف الجبس الفوسفوري.
- 88 وفي أحد التجسيديات، يتم إجراء حرق الكبريت:  $S + O_2 = SO_2$  عند مدى درجة حرارة تقريبي
- 89 يتراوح من حوالي 1100-1400°م.
- 90 وفي تجسيد مفضل، يتم إجراء حرق الكبريت عند مدى درجة حرارة تقريبي من 1200 -
- 91 1300°م.
- 92 وفي تجسيد آخر، (2) يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي يتراوح من 1100-
- 93 1500°م لتكليس الجبس الفوسفوري ( $CaSO_4$ ).

- 94 وفي تجسيد مفضل، يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي من 1200-1400°م
- 95 لتكليس الجبس الفوسفوري (CaSO<sub>4</sub>).
- 96 وفي أحد التجسيديات، يتم وصف التكليس المسبق للجبس الفوسفوري بالتفاعل التالي:
- 97  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{heat} = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{v})$ ؛ حيث يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي
- 98 من 600-1000°م؛
- 99 وفي تجسيد مفضل، يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي من 700-900°م لتفاعل
- 100 التكليس المسبق للجبس الفوسفوري.
- 101 وفي أحد التجسيديات، يتم وصف (4) تجفيف الرطوبة الحرة، على النحو التالي:  $\text{H}_2\text{O} (1) +$
- 102  $\text{heat} = \text{H}_2\text{O} (\text{v})$ ؛ حيث يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي من 300-700°م؛
- 103 وفي تجسيد مفضل، يتم تطبيق الحرارة عند مدى درجة حرارة تقريبي من 400-600°م لتجفيف
- 104 الرطوبة الحرة.
- 105 وفي أحد التجسيديات، يجب التحكم في درجة حرارة الغازات بحيث تكون أعلى من 300°م
- 106 لتجنب التكثيف الناتج في الخطوات من (1) إلى (4)، حيث يتفاعل SO<sub>2</sub> الفائض مع H<sub>2</sub>O للحصول
- 107 على H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>، كما هو موصوف في التفاعل التالي:  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$  عند درجة حرارة تقريبية
- 108 أقل من 250°م.

- 109 وفي تجسيّدات معينة، يتم غسل التيار الغني بـ  $SO_2$  الناتج من تجفيف الجبس الفوسفوري في
- 110 الإطار A جزئياً بمحلول  $Ca(OH)_2$  لمعالجة تيار غاز العادم كما هو موصوف في
- 111 التفاعلات التالية:  $Ca(OH)_2 + 2CO =$  و  $2Ca(OH)_2 + 2SO_2 + O_2 = 2CaSO_4 + H_2O + heat$
- 112  $CaCO_3 + C + H_2O + heat$ . ويتم بعد ذلك تبريد تيار غاز العادم إلى أقل من  $450^\circ C$  في الإطار D،
- 113 قبل تغذية  $SO_2$  إلى وحدة إنتاج حمض الكبريتيك باستخدام غاز النفايات (WG-SAP) في الإطار E.
- 114 وفي تجسيد مفضل، يتم بعد ذلك تبريد تيار غاز النفايات الموصوف أعلاه إلى مدى درجة
- 115 حرارة تقريبي من  $350$  إلى  $400^\circ C$  في الإطار D، قبل تغذية  $SO_2$  إلى وحدة إنتاج حمض الكبريتيك
- 116 باستخدام غاز النفايات (WG-SAP) في الإطار E.
- 117 وفي تجسيّدات معينة، يُستخدم الكبريت كمصدر رئيسي للوقود مع الهواء ويُستخدم مصدر
- 118 للكربون كعامل مختزل، لتكليس الجبس الفوسفوري في الإطار B، ويولد  $SO_2$  من الجبس الفوسفوري
- 119 المتفكك، تيار غازي عند مدى تركيز تقريبي من  $16-20\%$   $SO_2$  بالوزن. وهذا التركيز مشابه لتركيز
- 120  $SO_2$  الناتج عن الاحتراق المباشر للكبريت في وحدة إنتاج حمض الكبريتيك (SAP) التقليدية، حيث
- 121 يتم تخفيف هذا التيار عالي التركيز إلى تركيز يتراوح من  $10-12\%$  تقريباً قبل التغذية إلى محول
- 122  $SO_2/SO_3$  الذي يعمل وفقاً للتفاعلات:  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + heat$ ؛ حيث يتم التحكم في درجة الحرارة
- 123 في مدى تقريبي يتراوح من  $400-450^\circ C$ ؛ ثم يتم إنتاج حمض الكبريتيك عن طريق امتصاص  $SO_3$
- 124 بالماء وفقاً للتفاعل:  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4 + heat$ ؛ حيث يتم التحكم في درجة الحرارة في مدى تقريبي
- 125 من  $80-160^\circ C$ .

- 126 وفي تجسيد مفضل، يكون لتيار الغاز الغني بـ  $SO_2$  مدى تركيز تقريبي من 13-25%  $SO_2$
- 127 بالوزن.
- 128 وفي تجسيد مفضل، يتم التحكم في التفاعل  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + heat$  عند مدى درجة حرارة
- 129 تقريبي من 350 إلى 500°م.
- 130 وفي تجسيد مفضل، يتم التحكم في التفاعل  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4 + heat$  عند مدى درجة
- 131 حرارة تقريبي من 75 إلى 165°م.
- 132 وفي تجسيديات معينة، يمكن أن تستخدم وحدة إنتاج حمض الكبريتيك (SAP) التقليدية تيار
- 133 غاز  $SO_2$  المتولد من تكليس الجبس الفوسفوري الموصوف باستخدام الكبريت كوقود. وفي المقابل،
- 134 عند استخدام وقود الهيدروكربون التقليدي لتكليس الجبس الفوسفوري، يكون تركيز  $SO_2$  الذي يتم إنتاجه
- 135 أقل من 10%، مما قد يؤثر بشكل كبير على قدرة SAP الموجودة بالإضافة إلى تركيز حمض الكبريتيك
- 136 الناتج.
- 137 وفي تجسيديات معينة، يتم استخدام حمض الكبريتيك المركز المنتج في وحدة إنتاج حمض
- 138 الكبريتيك باستخدام غاز النفايات لهضم صخور الفوسفات للحصول على حمض الفوسفوريك وجبس
- 139 فسفوري ناتج بشكل ثانوي.
- 140 وفي تجسيديات معينة، يمكن استخدام الجبس الفوسفوري الناتج بشكل ثانوي مباشرة أو يتم
- 141 رصه للتجفيف قبل التغذية إلى الإطار A.

- 142 وفي تجسيديات معينة، يتم تفاعل مسحوق CaO المنتج في وحدة التكليس مع CO<sub>2</sub> في مفاعل
- 143 ذي طبقة مائع دورانية للحصول على CaCO<sub>3</sub>، وفقاً للتفاعل: CaO + CO<sub>2</sub> = CaCO<sub>3</sub> + heat؛ حيث
- 144 يتم تطبيق التفاعل عند درجة حرارة أقل من 650°م تقريباً.
- 145 وفي تجسيد مفضل، يتم التحكم في التفاعل CaO + CO<sub>2</sub> = CaCO<sub>3</sub> + heat عند درجة حرارة
- 146 تقريبية أقل من 600°م.
- 147 في تجسيد مفضل على الإطلاق، يتم التحكم في التفاعل CaO + CO<sub>2</sub> = CaCO<sub>3</sub> + heat عند
- 148 درجة حرارة تقريبية أقل من 400°م.
- 149 وفي تجسيديات معينة، يتم إنتاج CO<sub>2</sub> المستخدم في المفاعل ذي الطبقة المائعة الدورانية من
- 150 أبخرة حمضية من مصدر مختار من المجموعة التي تتكون من وحدة إنتاج حمض الفوسفوريك،
- 151 واحترق وقود الهيدروكربون، وأجهزة التهذيب الهيدروجيني.
- 152 وفي تجسيديات معينة، يتم استخدام مسحوق CaO لترسيب الأبخرة الحمضية من تكليس الجبس
- 153 الفوسفوري، كما هو موصوف في التفاعلات (x)، (xi) و (xii):
- 154 
$$\text{CaO} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{CaHPO}_4 + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{x})$$
- 155 
$$\text{CaO} + 2\text{HF} = \text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{xi})$$
- 156 
$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{SiF}_6 = \text{CaSiF}_6 + \text{H}_2\text{O} \quad (\text{xii})$$
- 157 المواد والطرق

- 158 يتم الكشف عن طريقة، بالرجوع إلى الشكل 1، حيث يتم التقاط CO<sub>2</sub> الملوث بواسطة CaO
- 159 الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub>.
- 160 وتشتمل الطريقة على العمليات التالية:
- 161 يتم تغذية PG من الرصيص الجاف، عادةً عند مستوى رطوبة يتراوح من 15-30%، من أجل
- 162 التجفيف في الإطار A والتكليس في الإطار B في تيار معاكس لوقود الكبريت وغازات العادم لتحقيق
- 163 استعادة أفضل للطاقة وخفض درجة حرارة تيار العادم الغني بـ SO<sub>2</sub>. ويتبع التدفق متعكس التيار
- 164 للغازات والمواد الصلبة التسلسل التالي: (1) حرق الكبريت، (2) تكليس الجبس الفوسفوري، (3) التكليس
- 165 المسبق للجبس الفوسفوري و (4) تجفيف الجبس الفوسفوري. وتوصف هنا التفاعلات المقابلة:
- 166 1. حرق الكبريت:  $S + O_2 = SO_2$  (T = 1200 - 1300 °م)؛
- 167 2. تكليس CaSO<sub>4</sub>:  $2CaSO_4 + C + heat = 2CaO + 2SO_2 + CO_2$  (T = 1100 - 1300 °م)؛
- 168 3. التكليس المسبق لـ PG:  $CaSO_4 \cdot 2H_2O + heat = CaSO_4 + 2H_2O(v)$  (T = 700 - 900 °م)؛
- 169 4. تجفيف الرطوبة الحرة:  $H_2O(1) + heat = H_2O(v)$  (T = 400 - 600 °م).
- 170 وتتم إزالة الماء المتبلور والحر في التفاعلين (3) و (4) على التوالي.
- 171 ويتم استخدام إزالة الماء المتبلور والحر في التفاعلين (3) و (4) على التوالي لتبريد غازات
- 172 المداخل التي تحتوي على SO<sub>2</sub> إلى أقل من 700 °م تقريباً.
- 173 علاوة على ذلك، يجب الحفاظ على درجة حرارة الغازات فوق 300 °م لتجنب تكثيف SO<sub>2</sub>،
- 174 حيث يتفاعل SO<sub>2</sub> مع H<sub>2</sub>O لإنتاج H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> كما هو موصوف في التفاعل التالي:
- 175 5.  $SO_2 + H_2O = H_2SO_3(1)$  (T > 250 °م).

- 176 ويتم معالجة التيار الغني بـ  $SO_2$  بعد تجفيف PG في (الإطار A) جزئياً وتبريده بشكل إضافي
- 177 في الإطار D، باستخدام الغسل بلبن الجير ( $Ca(OH)_2$ ) قبل تغذيته إلى وحدة إنتاج حمض الكبريتيك
- 178 باستخدام غاز النفايات (WG-SAP) في الإطار E، كما يتضح من التفاعلات التالية:
- 179  $2Ca(OH)_2 + 2SO_2 + O_2 = 2CaSO_4 + H_2O + \text{heat}$  .6
- 180  $Ca(OH)_2 + 2CO = CaCO_3 + C + H_2O + \text{heat}$  .7
- 181 ويسمح استخدام الكبريت (S) كوقود رئيسي في الإطار B، جنباً إلى جنب مع مصدر للكربون
- 182 كعامل مختزل، للغاز الغني بـ  $SO_2$  أن يكون عالي التركيز بـ  $SO_2$ ، في المدى من 16-20٪، مقارنة
- 183 بـ SAP التقليدية القائمة على حرق S. ويسمح هذا التفاعل بالتنفيذ المباشر على وحدات SAP الحالية
- 184 قبل مرحلة تحويل  $SO_2$  إلى  $SO_3$ ، والتي تعمل بتركيز لـ  $SO_2$  أعلى من 10-12٪، كما هو موصوف
- 185 هنا:
- 186  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + \text{Heat}$  .8 ( $T = 400 - 450^\circ\text{C}$ )؛
- 187  $SO_3 + CO_2 + H_2O = H_2SO_4 + CO_2 + \text{Heat}$  .9 ( $T = 80 - 160^\circ\text{C}$ ).
- 188 وعادةً ما يتم استخدام SA الناتج من WG-SAP في الإطار E لهضم صخر الفوسفات (PR)
- 189 وإنتاج حمض الفوسفوريك (PA) ومنتج ثانوي من الجبس الفسفوري يتم رصه وإعادة إدخاله إلى الإطار
- 190 A. وتسمح هذه الخطوة بتقليل مقدار تراكم الجبس الفسفوري في عمليات الفوسفات.
- 191 ويتم إرسال مسحوق CaO من الإطار B إلى مفاعل ذي طبقة مائعة دورانية (CFBR) في
- 192 الإطار C حيث يتفاعل CaO مع  $CO_2$  الناتج عن مصادر أخرى، بما في ذلك: أبخرة حمضية تشمل
- 193 على  $CO_2$  من PAP،  $CO_2$  الناتج من احتراق وقود الهيدروكربون، و  $CO_2$  نقي من أجهزة التهذيب

- 194 الهيدروجيني. ويتم إنتاج الحجر الجيري الصلب (LS) في شكل مسحوق يحتوي على بعض الشوائب
- 195 القادمة في الأصل من PG، كما هو موصوف في التفاعل التالي:
- 196 
$$CaO + CO_2 = CaCO_3 + Heat \quad (T > 600^\circ C)$$
- 197 ويهاجم مسحوق CaO أبخرة الأحماض المتبقية الناتجة من تكليس الجبس الفوسفوري ويلتقط
- 198 تيار CO<sub>2</sub> من عمليات PAP مع جميع الأبخرة الضارة الأخرى، كما هو موصوف في التفاعلات
- 199 التالية:
- 200 
$$CaO + H_3PO_4 = CaHPO_4 + H_2O \quad .11$$
- 201 
$$CaO + 2HF = CaF_2 + H_2O \quad .12$$
- 202 
$$CaO + H_2SiF_6 = CaSiF_6 + H_2O \quad .13$$
- 203 ويقترح الاختراع الحالي طريقة متكاملة لتحقيق المزايا الرئيسية التالية: (i) استخدام الجبس
- 204 الفوسفوري المعاد تدويره وتجنب رصاص الجبس الفسفوري كبيرة الحجم والتي تعتبر من الشواغل
- 205 البيئية المعروفة في صناعة معالجة الفوسفات؛ (ii) استخدام الكالسيوم من خامات الفوسفات لانتقاط
- 206 CO<sub>2</sub> المنبعث من مصادر مختلفة لـ CO<sub>2</sub>. ويتم تحقيق ذلك عن طريق تحويل الكالسيوم في الفوسفات
- 207 إلى جبس فوسفوري ثم إلى جبر، والذي يستخدم بعد ذلك لانتقاط CO<sub>2</sub>، والذي ينتج بدوره LS، وهو
- 208 مادة بناء آمنة معروفة؛ (iii) زيادة إنتاج SA المرتبط بإنتاج حمض الفوسفوريك (PA) من هضم
- 209 صخر الفوسفات باستخدام SA الذي ينتج الجبس الفوسفوري، والذي يكلس بدوره باستخدام S كوقود.
- 210 ويمكن استخدام فائض إنتاج SA لزيادة إنتاج PA أو إنتاج مشتقات SA الأخرى؛ (iv) تقليل الحاجة
- 211 إلى مصدر وقود هيدروكربون مكافئ لإجراء عملية تكليس PG باستخدام S كوقود، وبالتالي تقليل

- 212 إجمالي S المطلوب لإنتاج SA. ويتم تقليل إجمالي استهلاك الكبريت في إنتاج SAP إلى 50-60%
- 213 من SAP التقليدية التي تعتمد على حرق الكبريت لوحده؛ (v) التقاط الأبخرة الحمضية (AF) بالأشكال
- 214 المختلفة الناتجة في عمليات PAP باستخدام CaO، وهو مادة ماصة معروفة للأبخرة الحمضية
- 215 المختلفة، والتي تشمل على: (AF) مثل؛ حمض الهيدروفلوريك (HF)، حمض الهيدرويوديك (HI)،
- 216 حمض الفلوروسيليسيك (FSA) وكذلك CO<sub>2</sub>؛ لتصنيع فلوريد الكالسيوم (CaF<sub>2</sub>)، يودات الكالسيوم
- 217 (CaI<sub>2</sub>)، وسداسي فلوروسيليكات الكالسيوم (CaSiF<sub>6</sub>)، على التوالي؛ (vi) معادلة الأحماض المختلفة
- 218 المشتقة من معالجة الجبس الفوسفوري باستخدام CaO، بما في ذلك، على سبيل المثال: SA، PA، و
- 219 FSA بشكل ثابت، للحصول على CaSO<sub>4</sub>، فوسفات ثنائي الكالسيوم (CaHPO<sub>4</sub>) وفلوسيليكات
- 220 الكالسيوم (CaSiF<sub>6</sub>)، على التوالي. ويعتبر LS ومركبات الكالسيوم الموصوفة أعلاه ثابتة وصديقة
- 221 للبيئة؛ (vii) توليد طاقة زائدة عن تلك الناتجة عن الطريقة المتكاملة للاختراع الحالي باستخدام الكبريت
- 222 كوقود لتكليس الجبس الفوسفوري وإنتاج SA والتقاط CO<sub>2</sub> في الحجر الجيري: (1) يتم استعادة 75%
- 223 من الطاقة مقارنة بالطاقة المستعادة من حرق الكبريت في وحدة SAP التقليدية؛ (2) عند استخدام
- 224 الجبس الفوسفوري لإنتاج الكلنكر، فإن استخدام الكبريت كوقود لتكليس الجبس الفوسفوري إلى CaO
- 225 يوفر من 40-50% من إجمالي الطاقة المطلوبة لإنتاج الكلنكر من الجبس الفوسفوري عند استخدام
- 226 وقود الهيدروكربون فقط. ومن ناحية أخرى، فإن استخدام الكبريت كوقود سيقلل صافي انبعاثات CO<sub>2</sub>
- 227 من إنتاج الكلنكر بنسبة 75%، مقارنة بوحدات إنتاج الكلنكر التقليدية القائمة على الحجر الجيري.

- 228 وكما هو مستخدم هنا، يتم تعريف مصطلح "الجبس الفوسفوري" ليعني منتج ثانوي من إنتاج
- 229 حمض الفوسفوريك عن طريق معالجة خام الفوسفات بحمض الكبريتيك وإنتاج الجبس
- 230  $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ .
- 231 وكما هو مستخدم هنا، يشير المصطلح "ترسيب أبخرة حمضية" إلى تفاعل المكونات الحمضية
- 232 في الأبخرة مع قاعدة، وبالتالي احتباس الحمض في صورة ملح.
- 233 **مثال تنبؤي**
- 234 تعتبر معظم التقنيات المحددة والمستخدمه بواسطة مفهوم العملية المتكاملة الجديد في هذا
- 235 الاختراع مثبتة تماماً وتم تجربتها تجارياً.
- 236 ولم يتم الإقرار باستخدام الكبريت كوقود في تكليس الجبس الفوسفوري في المراجع التقنية
- 237 السابقة ويعتبر من الأمور الجديدة الرئيسية للاختراع الحالي. ومن ناحية أخرى، تم إثبات تكليس الجبس
- 238 باستخدام أنواع الوقود الأخرى بشكل جيد [1]. وأيضاً، فإن حرق الكبريت في وحدات SAP راسخ تماماً
- 239 على نطاق واسع.
- 240 ومن المطلوب توسيع نطاق التقاط  $CO_2$  بواسطة  $CaO$  في مفاعل ذي طبقة مائعة دورانية
- 241 (CFBR) للتطبيق على نطاق كبير حيث نقوم بتقييم الاستخدام في المفهوم المتكامل في هذا الاختراع
- 242 [4، 5].
- 243 ولتوضيح إجمالي توازن الطاقة والكتلة للمفهوم المتكامل في هذا الاختراع (أ) مقابل؛ (ب)
- 244 إنتاج SA التقليدي من حرق الكبريت و (ج) استخدام الميثان كوقود لتكليس الجبس الفوسفوري، (د)

245 تكليس الحجر الجيري لإنتاج الجير (في جهاز التسخين المسبق والتكليس للكلنكر)، يلخص الجدول

246 التالي المواد الداخلة والخارجة لدراستين من دراسات الحالة:

الحالة	كبريت	CH <sub>4</sub>	PG	CO <sub>2</sub>	LS	SA	صافي الحرارة
	كيلو طن سنوياً	كيلو طن سنوياً	كيلو طن سنوياً	كيلو طن سنوياً	كيلو طن سنوياً	كيلو طن سنوياً	كيلو جول سنوياً
أ	845	109	6,000	900			
أ					2,750	5,225	6.0-
ب	858						
ب						2,575	8.0-
ج	0	265	6,000	430			
ج					2,750	2,650	5.0-
د	0	120			2,750		
د				1,540		0	0.0

247 وسيؤدي استخدام وقود الهيدروكربون إلى تقليل مقدار صافي CO<sub>2</sub> الذي يمكن التقاطه من

248 مصادر أخرى بنسبة 50٪، مقارنة باستخدام الكبريت كوقود.

249 ويزيد استخدام الكبريت كوقود لتكليس الجبس الفسفوري من إنتاج حمض الكبريتيك ويقلل من

250 الاستهلاك المحدد للكبريت لإنتاج حمض الكبريتيك بنسبة 40-50٪ مقارنة بعمليات SAP التقليدية

251 المعتمدة على حرق الكبريت فقط.

ومن المقدر أن تؤدي استعادة الحرارة باستخدام الكبريت كوقود والنقاط CO <sub>2</sub> إلى استعادة من	252
70-80% من الطاقة مقارنة بالطاقة المستعادة في عمليات SAP التقليدية التي تعتمد على حرق	253
الكبريت فقط.	254
وسيقال CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام الكبريت كوقود من انبعاثات CO <sub>2</sub>	255
بنسبة 70-80% مقارنة باستخدام الحجر الجيري ووقود الهيدروكربون لإنتاج CaO في وحدة إنتاج	256
الكلنكر التقليدية.	257
<b>المراجع</b>	258
Reductive Decomposition of Gypsum by Carbon Monoxide, Thomas D. [1]	259
Wheelock, D.R. Boylan, Chemical and Biological Engineering Publications, Iowa State	260
.University, 960	261
Decomposition of Calcium Sulfate: A Review of Literature, W.M. Swift, A.F. [2]	262
Panek, G.W. Smith, G.J. Vogel and A. A. Jonke, Chemical Engineering Division, Argonne	263
.National Laboratory, Illinois, USA	264
Effect of Temperature on the Carbonation Reaction of CaO with CO <sub>2</sub> Zhen- [3]	265
shan Li, Fan Fang, Xiao-yu Tang, and Ning-sheng Cai, ACS publication,	266
.dx.doi.org/10.1021/ef201543n, Energy Fuels 2012, 26, 2473-2482	267
Experimental investigation of a circulating fluidized-bed reactor to capture [4]	268
CO <sub>2</sub> with CaO, N. Rodriguez, M. Alonso, J. C. Abanades, Environmental and Energy	269
.Engineering, First published: 12 April 2011, <a href="https://doi.org/10.1002/aic.l2337">https://doi.org/10.1002/aic.l2337</a>	270

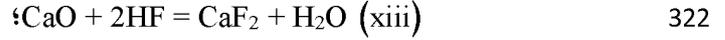
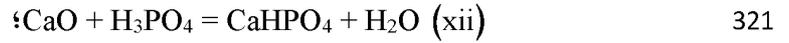
Experimental research and modeling of multiple carbonation/calcination cycle [5]	271
.of Ca-based CO2 sorbents. Research gate, May 2009, F. Fang, Z.-S. Li, NingshengCai	272
	273

### عناصر الحماية

- 274 1- طريقة متكاملة لالتقاط CO<sub>2</sub> الملوثة باستخدام CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري باستخدام
- 275 الكبريت كوقود غير CO<sub>2</sub>، حيث تشمل الخطوات التالية:
- 276 (أ) تدفق غازات العادم بشكل متعاكس التيار أولاً إلى وحدة تكليس الجبس الفوسفوري وثانياً إلى
- 277 وحدة تجفيف حيث يتم تغذية الجبس الفوسفوري من رصيص جاف، كما هو موصوف في
- 278 التفاعلات (i)، (ii)، (iii) و (iv):
- 279 (i) حرق الكبريت:  $S + O_2 = SO_2$  عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من
- 280 1100 إلى 1400°م تقريباً؛
- 281 (ii) تكليس CaSO<sub>4</sub>:  $2CaSO_4 + C + heat = 2CaO + 2SO_2 + CO_2$ ؛
- 282 حيث يتم إجراء التفاعل عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 1200 إلى 1400°م؛
- 283 (iii) تكليس PG مسبقاً:  $CaSO_4 \cdot 2H_2O + heat = CaSO_4 + 2H_2O(v)$ ؛
- 284 حيث يتم إجراء التفاعل عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 650 إلى 950°م تقريباً؛
- 285 (iv) تجفيف الرطوبة الحرة:  $H_2O(l) + heat = H_2O(v)$ ؛
- 286 حيث يتم إجراء التفاعل عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 350 إلى 650°م تقريباً؛
- 287 (ب) معالجة التيار الغني بـ SO<sub>2</sub> المتدفق من وحدة تجفيف الجبس الفوسفوري في وحدة تستخدم
- 288 غسل محدود بـ Ca(OH)<sub>2</sub>، كما هو موصوف في التفاعلين (v) و (vi):

- 289  $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{heat}$  (v)
- 290  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{CO} = \text{CaCO}_3 + \text{C} + \text{H}_2\text{O} + \text{heat}$  (vi)
- 291 حيث يتم تطبيق التبريد لإجراء التفاعلين (v) و (vi) عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح
- 292 من 350 إلى 400°م؛ و
- 293 ويتم تغذيته إلى وحدة إنتاج حمض الكبريتيك باستخدام غاز النفايات؛
- 294 (ج) تركيز الغاز الغني بـ  $\text{SO}_2$  إلى مدى من 13 إلى 25% تقريباً من استخدام الكبريت في
- 295 وحدة التكليس باستخدام عامل مختزل يشتمل على C، و  $\text{SO}_2$  المتولد من تكليس PG إلى
- 296 وحدة إنتاج حمض الكبريتيك التقليدية قبل مرحلة تحويل  $\text{SO}_2$  إلى  $\text{SO}_3$ ، حيث يتم توليد
- 297  $\text{SO}_2$  كما هو موصوف في التفاعلين (vii) و (viii)؛
- 298 (vii) حرق الكبريت:  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$  الذي يتم إجراؤه عند مدى من درجات الحرارة
- 299 يتراوح من 1100 إلى 1400°م تقريباً؛
- 300 (viii) تكليس  $\text{CaSO}_4$ :  $\text{CaSO}_4 + \text{C} + \text{heat} = 2\text{CaO} + 2\text{SO}_2 + \text{CO}_2$ ؛ حيث يتم
- 301 إجراء التفاعل عند مدى من درجات الحرارة يتراوح من 1200 إلى 1400°م تقريباً؛
- 302 (د) إنتاج حمض الكبريتيك في وحدة SAP تقليدية كما هو محدد جيداً في التفاعلين (ix) و
- 303 (x)؛
- 304  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3 + \text{heat}$  (ix)

- 305 حيث يتم إجراء التفاعل عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 350 إلى 500°م تقريباً؛
- 306  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4 + \text{heat (x)}$
- 307 حيث يتم إجراء التفاعل عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 75 إلى 165°م تقريباً؛
- 308 (هـ) استخدام حمض الكبريتيك الناتج في وحدة إنتاج حمض الكبريتيك باستخدام غاز النفايات
- 309 لهضم صخر الفوسفات للحصول على حمض الفوسفوريك والجبس الفوسفوري الناتج بشكل
- 310 ثانوي؛
- 311 (و) رص الجبس الفوسفوري لوحدة التجفيف؛
- 312 (ز) مفاعلة مسحوق CaO الناتج في وحدة التكليل مع CO<sub>2</sub> في مفاعل ذي طبقة مائعة دورانية
- 313 للحصول على CaCO<sub>3</sub>، كما هو موصوف في التفاعل (xi):
- 314  $CaO + CO_2 = CaCO_3 + \text{heat (xi)}$
- 315 حيث يتم إجراء التفاعل عند درجة حرارة أقل من حوالي 650°م؛
- 316 (ح) حيث يتم إنتاج CO<sub>2</sub> من الخطوة (و) عن طريق الأبخرة الحمضية من مصدر يختار من
- 317 المجموعة المكونة من وحدة إنتاج حمض الفوسفوريك، حرق وقود الهيدروكربون وأجهزة
- 318 التهذيب الهيدروجيني؛
- 319 (ط) استخدام مسحوق CaO لترسيب الأبخرة الحمضية من تكليل الجبس الفوسفوري، كما هو
- 320 موصوف في التفاعلات (xii)، (xiii) و (xiv):



2- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم تغذية الجبس الفوسفوري من رصيص جاف 1

عند مستوى رطوبة يتراوح من 10 إلى 40%. 2

3- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصري الحماية 1 و 2، حيث يتم تغذية الجبس الفوسفوري الناتج بشكل 1

ثانوي مباشرةً لوحدة التجفيف. 2

4- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم إجراء التفاعل (ii) في وجود عامل مختزل 1

عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 1100 إلى 1300°م باستخدام الحرارة الناتجة عن 2

التفاعل (i). 3

5- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث تتم إزالة الماء المتبلور والحر في التفاعلين (iii) 1

و (iv)، على التوالي، عند مدى تقريبي من درجات الحرارة يتراوح من 700 إلى 900°م تقريباً 2

باستخدام الحرارة المتبددة من غازات المداخن التي تحتوي على SO<sub>2</sub> من التفاعلين (i) و (ii). 3

6- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم استخدام إزالة الماء المتبلور والحر في 1

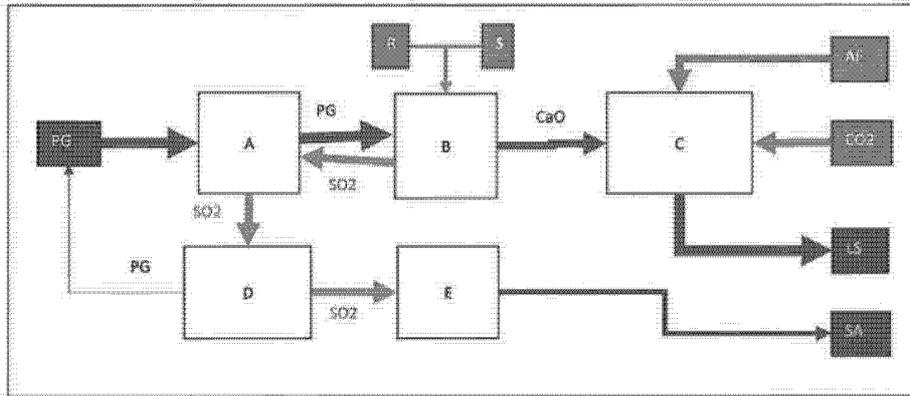
التفاعلين (iii) و (iv)، على التوالي، لتبريد غازات المداخن التي تحتوي على SO<sub>2</sub> إلى أقل من 2

700°م تقريباً. 3

- 1 7- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث ينبغي تبريد غازات المداخن التي تحتوي على
- 2 SO<sub>2</sub> وتجنيفها إلى درجة حرارة مقدارها 400°م تقريباً.
- 1 8- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم إجراء التفاعل (iv) عند مدى تقريبي من
- 2 درجات الحرارة يتراوح من 400 - 600°م.
- 1 9- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم تركيز الغاز الغني بـ SO<sub>2</sub> الناتج من التفاعلين
- 2 (i) و (ii) إلى مدى يتراوح تقريباً من 16-20%.
- 1 10- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1 و 4، حيث يكون عامل الاختزال عبارة عن مصدر
- 2 للكربون يتم اختياره من المجموعة المكونة من الفحم، زيت الوقود الثقيل، الزيت الخام، أول
- 3 أكسيد الكربون والغاز الطبيعي.
- 1 11- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم إجراء التفاعل (xi) عند درجة حرارة أقل من
- 2 500°م تقريباً.
- 1 12- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يحتوي CaCO<sub>3</sub> الناتج عن التفاعل (xi) على
- 2 شوائب متعادلة تأتي في الأصل من الجبس الفوسفوري والأبخرة الحمضية من CO<sub>2</sub> الملوث.
- 1 13- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 12، حيث يتم اختيار الشوائب من المجموعة المكونة من
- 2 CaSO<sub>4</sub>، CaF<sub>2</sub>، CaHPO<sub>4</sub> و CaSiF<sub>6</sub>.
- 1 14- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم استخدام الكبريت كوقود لتكليس الجبس
- 2 الفوسفوري لإنتاج حمض الكبريتيك والجير لالتقاط CO<sub>2</sub> وإنتاج الحجر الجيري.

- 15- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يتم تقليل إجمالي استهلاك الكبريت في وحدة إنتاج حمض الكبريتيك باستخدام غاز النفايات إلى أقل من 50% تقريباً مقارنة باستهلاك الكبريت في وحدة إنتاج حمض الكبريتيك التقليدية القائمة على حرق الكبريت. 1 2 3
- 16- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 14، حيث يتم استعادة 75% تقريباً من الطاقة الزائدة مقارنة بالطاقة المستعادة من حرق الكبريت في وحدة إنتاج حمض الكبريتيك التقليدية. 1 2
- 17- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 14، حيث يسمح استخدام الكبريت كوقود لتكليس الجبس الفوسفوري بإنتاج 6 أطنان تقريباً من حمض الكبريتيك لكل طن من الكبريت. 1 2
- 18- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 14، حيث يمكن استخدام CaO الناتج من تكليس الجبس الفوسفوري في إنتاج الكلنكر منخفض نسبة الـ CO<sub>2</sub>. 1 2
- 19- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 18، حيث يوفر CaO المستخدم لإنتاج الكلنكر منخفض نسبة الـ CO<sub>2</sub> من 40-50% تقريباً من إجمالي الطاقة المطلوبة لإنتاج الكلنكر من الجبس الفوسفوري عند استخدام الكبريت كوقود مقارنة باستخدام وقود الهيدروكربون فقط. 3 4 5
- 20- الطريقة المتكاملة وفقاً لعنصر الحماية 18، حيث يقلل CaO المستخدم لإنتاج الكلنكر منخفض نسبة الـ CO<sub>2</sub> صافي انبعاثات CO<sub>2</sub> من إنتاج الكلنكر بنسبة 75% تقريباً مقارنة بإنتاج الكلنكر التقليدي القائم على الحجر الجيري. 6 7 8
- 9
- 10

١/٨



الشكل ١

**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 56603	Date de dépôt : 27/04/2022
Déposant : Saudi Arabian Mining Company (Ma'aden)	Date de priorité: 28/03/2022
Intitulé de l'invention : CAPTURE DE CO2 POLLUÉE AVEC DE LA CHAUX PRODUITE À PARTIR DE LA CALCINATION DU PHOSPHOGYPSE EN UTILISANT LE SOUFRE COMME CARBURANT SANS CO2.	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Abdelfettah EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 07/10/2022
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
18 Pages
- Revendications  
1-20
- Planches de dessin  
1 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

Classement de l'objet de la demande :

CIB : B01D53/62, C01B32/50

CPC : B01D53/62, C01B32/50

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	EP2724771A1 • 2014-04-30 • CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACION [ES]	1-20
A	WO2020124189A1 • 2020-06-25 • PETROLEO BRASILEIRO SA PETROBRAS [BR]	1-20
A	EP2461892A1 • 2012-06-13 • CEMEX RES GROUP AG [CH]	1-20

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-20 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-20 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-20 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : EP2724771A1  
D2 : WO2020124189A1  
D3 : EP2461892A1

**1. Nouveauté**

Aucun document ne divulgue les mêmes caractéristiques techniques contenues dans les revendications 1-20. Par conséquent, l'objet des revendications 1-20 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive**

Le document D1 divulgue un procédé de capture de CO<sub>2</sub> contenus dans les gaz de combustion par le CaO.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le CO<sub>2</sub> est issu de la calcination du phosphogypse utilisant le soufre comme combustible.

Le problème à résoudre par la présente demande est la fourniture d'un procédé alternatif de capture de CO<sub>2</sub>.

La solution proposée par la présente demande est considérée comme inventive, étant donné que l'homme du métier ne trouve aucune incitation de D1, D2 ou D3, lui permettant de prévoir les étapes du procédé de la présente demande dans D1 et ce sans l'exercice d'une activité inventive.

L'objet des revendications 1-20 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**3. Application industrielle**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.