



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34826 B1** (51) Cl. internationale : **C01B 3/06; C01B 17/50**
- (43) Date de publication : **02.01.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **36109**
- (22) Date de Dépôt : **15.07.2013**
- (30) Données de Priorité : **28.12.2010 JP 2010-294085**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/JP2011/078845 07.12.2011**
- (71) Demandeur(s) : **TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, 1 TOYOTA-CHO, TOYATA-SHI AICHI-KEN (JP)**
- (72) Inventeur(s) : **TAKESHIMA, Shinichi ; NAKAMURA, Norihiko**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'HYDROGÈNE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'hydrogène à partir d'eau. Le procédé de fabrication d'hydrogène de la présente invention consiste à dissocier l'eau en hydrogène et oxygène, le procédé de la présente invention consistant à décomposer de l'acide sulfurique en eau, dioxyde de soufre et oxygène par une réaction représentée par la formule suivante (X1) par l'utilisation d'énergie thermique solaire, au moins une partie de la réaction élémentaire de la formule suivante (X1-1) étant effectuée à l'aide d'énergie solaire thermique et au moins une partie de la réaction élémentaire de la formule suivante (X1-2) étant effectuée à l'aide d'énergie thermique supplémentaire autre que l'énergie thermique solaire, et la température de chauffage par l'énergie thermique supplémentaire étant supérieure de 10°C ou plus à la température de chauffage par l'énergie thermique solaire, et au moins une partie de l'énergie thermique supplémentaire étant générée dans un récipient de réaction (X1) H

-1-

عملية لإنتاج الهيدروجين

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بطريقة لإنتاج الهيدروجين من الماء بكفاءة طاقة عالية.

عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي تشتمل على فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين،

حيث تشتمل العملية وفقا للاختراع الحالي على تحليل حمض الكبريتيك إلى ماء، وثاني أكسيد

كبريت وأكسجين من خلال تفاعل مُثَلِّه الصيغة التالية (XI) باستخدام الطاقة الحرارية

الشمسية، حيث يتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة التالية (X1-1) 5

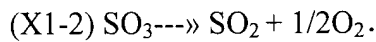
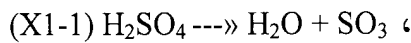
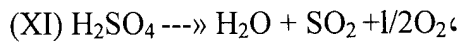
باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية، ويتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة

التالية (X1-2) باستخدام طاقة حرارية إضافية غير الطاقة الحرارية الشمسية، وحيث تكون درجة

حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الإضافية أعلى بـ 10°م أو أكثر من درجة حرارة

التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية، ويتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية

الإضافية في وعاء تفاعل: 10



02 JAN 2014

1

عملية لإنتاج الهيدروجين

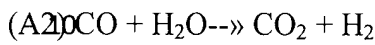
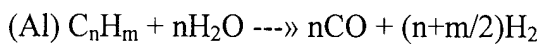
الوصف الكاملالمجال التقني

يتعلق الاختراع الحالي بعملية لإنتاج الهيدروجين، وبمزيد من التحديد، بعملية لإنتاج الهيدروجين من الماء.

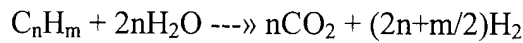
الخلفية التقنية

5 في السنوات القليلة الماضية، بسبب الاحتباس الحراري وما شابه، يجذب الهيدروجين الاهتمام كطاقة نظيفة لا ينتج عنها ثاني أكسيد كربون أثناء الاحتراق.

بصفة عامة، لإنتاج الهيدروجين، يتم استخدام عملية إعادة التشكيل بالبخار لوقود هيدروكربوني، تمثلها الصيغ التالية (A1) و (A2):



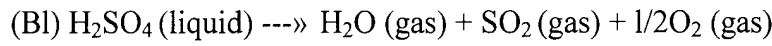
التفاعل الكلي:



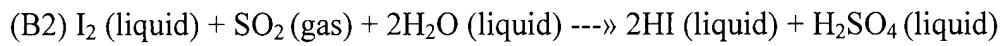
بناء على ذلك، بالرغم من أن ثاني أكسيد الكربون لم يتكون نتيجة احتراق الهيدروجين نفسه، فإن ثاني أكسيد الكربون يتكون بصفة عامة أثناء إنتاج الهيدروجين.

في هذا الصدد، تم اقتراح استخدام الطاقة الحرارية الشمسية أو الطاقة الحرارية النووية كطريقة لإنتاج الهيدروجين بدون استخدام وقود هيدروكربوني (أنظر البراءة المستخدمة كمرجع 1 والبراءة غير المستخدمة كمرجع 1).

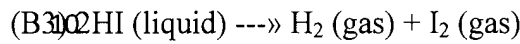
كطريقة لإنتاج الهيدروجين من الماء باستخدام الطاقة الحرارية، تم اقتراح طريقة تسمى عملية دورة I-S (اليود-الكبريت) تمثلها الصيغ التالية من (B1) إلى (B3):



(درجة حرارة التفاعل = حوالي 950°م، $\Delta H = 188.8$ كيلوجول/مول - H_2)

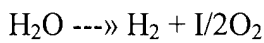


(درجة حرارة التفاعل = حوالي 130°م، $\Delta H = -31.8$ كيلوجول/مول - H_2)



(درجة حرارة التفاعل = حوالي 400°م، $\Delta H = -146.3$ كيلوجول/مول - H_2)

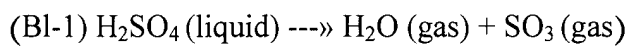
التفاعل الكلي لعملية دورة I-S (اليود-الكبريت) التي تمثلها الصيغ (B1) إلى (B3) هو كالتالي:



($\Delta H = 286.5$ كيلوجول/مول - H_2 (على أساس أعلى قيمة تسخين))

($\Delta H = 241.5$ كيلوجول/مول - H_2 (على أساس أقل قيمة تسخين)) 15

يمكن تقسيم التفاعل من الصيغة (B1) إلى تفاعلين عنصرين من الصيغ التالية (B1-1 و B1-2):



(درجة حرارة التفاعل = حوالي 300°م، $\Delta H \sim 90.9$ كيلوجول/مول - H₂)



(درجة حرارة التفاعل = حوالي 950°م، $\Delta H = 97.9$ كيلوجول/مول - H₂)

5 أي أنه، في حالة إنتاج هيدروجين بواسطة عملية دورة I-S، يتطلب تفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت (SO₃) من الصيغة (BI-2) درجة حرارة أعلى، ودرجة الحرارة العالية المطلوبة لهذا التفاعل لا يمكن الوصول إليها بسهولة.

تشرح البراءة غير المستخدمة كمرجع 1 أنه، فيما يتعلق بهذه المشكلة، يتم حرق غاز طبيعي وفقا للحاجة مع استخدام الطاقة الحرارية الشمسية كمصدر للحرارة، وبذلك يتم الحصول على المزيد من الطاقة الحرارية.

10 كذلك، لخفض درجة الحرارة المطلوبة في تفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت من الصيغة (BI-2)، تم اقتراح مُحفِّز البلاتين. من المعروف أن مُحفِّز البلاتين قد يكون له أداء أفضل في بداية استخدامه في هذا التفاعل، مع ذلك، يتم تقليل النشاط الحفزي نتيجة أكسدة البلاتين بالأكسجين المنتج في هذا التفاعل، بسبب تليد جسيمات البلاتين. علاوة على ذلك، فإن مُحفِّز البلاتين مُكلف، وبالتالي فإن استخدامه على نطاق صناعي أمر صعب.

15 في هذا الصدد، اقترحت البراءة غير المستخدمة كمرجع 2 تقنية، لخفض درجة الحرارة المطلوبة في تفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت، يتم استخدام مُحفِّز يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من البلاتين (Pt)، الكروم (Cr)، الحديد (Fe) وأكاسيدها بترسيبه على حامل من الألومينا.

بالإضافة إلى ذلك، بالنسبة لعملية دورة I-S، اقترحت البراءة المستخدمة كمرجع 2 تقنية حيث، في التفاعل الذي تُمثِّله الصيغة (B2)، أي، في تفاعل الحصول على يوديد الهيدروجين

وحمض الكبريتيك من اليود، ثاني أكسيد كبريت وماء، يتم تنفيذ تفاعل ثاني أكسيد كبريت مع الماء على جانب الكاثود من غشاء تبادل كاتيوني، ويتم تنفيذ تفاعل اليود على جانب الأنود من غشاء التبادل الكاتيوني، وبالتالي يتم إلغاء عملية الفصل التالية.

بالمناسبة، غير عملية دورة I-S، هناك عمليات معروفة مثل عملية دورة Westinghouse، وعملية دورة Ispra-Mark 13 وما شابه كطرق لإنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الحرارية. مع ذلك، في هذه العمليات أيضا، يجب تحليل ثالث أكسيد الكبريت إلى ثاني أكسيد كبريت وهيدروجين كما في الصيغة (BI-2).

قائمة بيانات

البراءات المستخدمة كمرجع

10 [البراءة المستخدمة كمرجع 1] نشرة البراءة اليابانية التي لم يتم فحصها بعد رقم 2007-218604

[البراءة المستخدمة كمرجع 2] نشرة البراءة اليابانية التي لم يتم فحصها بعد رقم 2005-041764

البراءات غير المستخدمة كمرجع [البراءة غير المستخدمة كمرجع 1]

15 A. Giaconia, et al., International Journal of Hydrogen Energy, 32, 469-481 (2007)

[البراءة غير المستخدمة كمرجع 2]

H. Tagawa, et al., International Journal of Hydrogen Energy, 14, 11-17 (1989)

الكشف عن الاختراع

المشكلة التقنية

يقدم الاختراع الحالي عملية لإنتاج الهيدروجين.

حل المشكلة

نتيجة للدراسات المركزة، أنجز المخترعون الحاليون الاختراع الحالي الذي سيتم شرحه.

5 <1> عملية لإنتاج الهيدروجين تشتمل على فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين، حيث

تشتمل العملية على تحليل حمض الكبريتيك إلى ماء، وثاني أكسيد كبريت وأكسجين من خلال تفاعل مُثَلِّه الصيغة التالية (XI) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية،

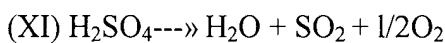
يحتوي التفاعل الذي مُثَلِّه الصيغة التالية (XI) على تفاعلات عنصرية تمثلها الصيغ التالية (X1-1) و (X1-2) ،

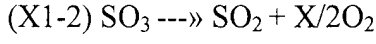
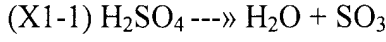
10 يتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة التالية (X1-1) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية،

يتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة التالية (X1-2) باستخدام طاقة حرارية إضافية غير الطاقة الحرارية الشمسية،

تكون درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الإضافية أعلى بـ 10°م أو أكثر من درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية، و

15 يتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية في وعاء تفاعل يُستخدم لتنفيذ التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2):





<2> العملية المشروحة في البند <1> السابق، حيث يتم توفير الطاقة الحرارية الإضافية بحرق الهيدروجين و/ أو تسخينه بسخان كهربائي في وعاء التفاعل.

5 <3> العملية المشروحة في البند <2> السابق، حيث يتم توفير الطاقة الحرارية الإضافية بحرق الهيدروجين في وعاء التفاعل.

<4> العملية المشروحة في البند <3> السابق، حيث يكون الهيدروجين هو هيدروجين يتم الحصول عليه بواسطة فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية و/ أو الطاقة الضوئية الشمسية.

10 <5> العملية المشروحة في البند <2> السابق، حيث يتم توفير الطاقة الحرارية الإضافية باستخدام سخان كهربائي في وعاء التفاعل.

<6> العملية المشروحة في البند <5> السابق، حيث تكون القدرة الكهربائية بالنسبة للسخان الكهربائي هي قدرة كهربائية يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية و/ أو الطاقة الضوئية الشمسية.

15 <7> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <6> السابقة، حيث يكون وعاء التفاعل هو وعاء تفاعل من النوع التدفُّقي ويتم الإمداد بالطاقة الحرارية الشمسية إلى وعاء التفاعل عن طريق وسط حراري في اتجاه معاكس لحمض الكبريتيك الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل.

<8> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <7> السابقة، حيث يكون وعاء التفاعل هو وعاء تفاعل من النوع التدفقي ويتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية بعد الجزء مما يسمح ببدء التفاعل العنصري للصيغة (XI-2).

<9> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <8> السابقة، حيث يكون وعاء التفاعل هو وعاء تفاعل من النوع التدفقي ويتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية في جزء عند 400°م أو أكثر من وعاء التفاعل. 5

<10> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <9> السابقة، والتي تكون عبارة عن عملية دورة I-S، أو عملية دورة Westinghouse (يشار إليها أحيانا باسم عملية دورة مهجنة) أو عملية دورة Ispra-Mark 13.

<11> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <10> السابقة، حيث يتم الحصول على الطاقة الحرارية الشمسية بواسطة مُجمِّع ضوء من نوع الطبق الذي على شكل قَطْع مُكافئ، مُجمِّع ضوء من نوع البرج الشمسي، مُجمِّع ضوء من نوع الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ أو توليفات مما سبق. 10

<12> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في أي من البنود من <1> إلى <11> السابق، حيث يتم اختيار مُحفِّز تحليل ثالث أكسيد الكبريت من المجموعة التي تتكون من فلز إنتقالي، فلز نمطي، وأكاسيدها، وتوليفات منها توضع في وعاء التفاعل. 15

<13> عملية إنتاج الهيدروجين المشروحة في <12> السابق، حيث يحتوي مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت على أكسيد مُركَّب من الفاناديوم وفلز واحد على الأقل يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من الفلزات الإنتقالية والعناصر الأرضية النادرة.

تأثيرات التفاعل

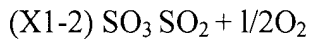
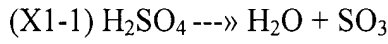
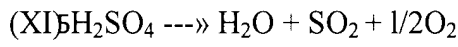
وفقا لعملية لإنتاج الهيدروجين في الاختراع الحالي، يمكن إنتاج الهيدروجين من الماء بكفاءة طاقة عالية تتعلق بطاقة حرارية إضافية غير الطاقة الحرارية الشمسية.

الوصف المختصر للأشكال

- 5 شكل رقم 1 هو منظر لشرح نموذج أول لعملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي.
- شكل رقم 2 هو منظر لشرح نموذج ثان لعملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي.
- شكل رقم 3 هو منظر لشرح نموذج ثالث لعملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي.
- شكل رقم 4 هو منظر يُوضِّح تأثيرات درجة الحرارة والهيدروجين على نسبة التحويل في التفاعل الذي تُمثله الصيغة (BI-2)، أي، نسبة التحويل في تفاعل تحليل ثالث أكسيد الكبريت للحصول على ثاني أكسيد كبريت وأكسجين. 10
- شكل رقم 5 هو منظر يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية على أكسيد معدن مُركَّب يُستخدم كمُحفِّز غير مُحمَّل على مادة حاملة في (أ) مثال رقم 1 و(ب) مثال رقم 2.
- شكل رقم 6 هو منظر يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية على أكسيد معدن مُركَّب يُستخدم كمُحفِّز غير مُحمَّل على مادة حاملة في (أ) مثال رقم 3، (ب) مثال رقم 4 و(ج) المثال المقارن رقم 1. 15
- شكل رقم 7 هو منظر يُوضِّح جهاز يُستخدم لتقييم مُحفِّزات تحليل ثالث أكسيد الكبريت في الأمثلة، والأمثلة المقارنة والمثال المرجعي.

الوصف التفصيلي

تشتمل عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي على فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين.
تشتمل هذه العملية على تحليل حمض الكبريتيك إلى ماء، وثاني أكسيد كبريت وأكسجين من خلال تفاعل مُثَلِّه الصيغة التالية (XI) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية، والتفاعل الذي تُثَلِّه الصيغة التالية (XI) يحتوي على تفاعلات عنصرية تمثلها الصيغ التالية (X1-1) و(X1-2):



كذلك، يتم في هذه العملية تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري من الصيغة (X1-1) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية، ويتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة (X1-2) باستخدام طاقة حرارية إضافية غير الطاقة الحرارية الشمسية، وتكون درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الإضافية أعلى بـ 10°م أو أكثر، 50°م أو أكثر، 100°م أو أكثر، 150°م أو أكثر، أو 200°م أو أكثر، من درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية.

في التفاعل العنصري للصيغة (X1-1)، يمكن أن تكون نسبة التفاعل الذي تم إجراؤه باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية 10% أو أكثر، 20% أو أكثر، 30% أو أكثر، 40% أو أكثر، 50% أو أكثر، 60% أو أكثر، 70% أو أكثر، 80% أو أكثر، 90% أو أكثر، أو حوالي 100%، استنادا إلى الطاقة الحرارية الكلية الممتصة بواسطة التفاعل. كلما ارتفعت النسبة السابقة، ترتفع النسبة بين الطاقة الحرارية الشمسية المستخدمة في عملية إنتاج الهيدروجين وفقا

للاختراع الحالي. لذلك، فإنه يفضل بصفة عامة استخدام الطاقة الحرارية الشمسية بنسبة عالية على ضوء كفاءة الطاقة فيما يتعلق بالطاقة الحرارية الإضافية.

كذلك، في التفاعل العنصري للصيغة (X1-2)، يمكن أن تكون نسبة التفاعل الذي تم إجراؤه باستخدام طاقة حرارية إضافية 10% أو أكثر، 20% أو أكثر، 30% أو أكثر، 40% أو أكثر، 50% أو أكثر، 60% أو أكثر، 70% أو أكثر، 80% أو أكثر، 90% أو أكثر، أو حوالي 100%، استنادا إلى الطاقة الحرارية الكلية الممتصة بواسطة التفاعل. كما سبق شرحه، تكون درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الإضافية أعلى من درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية. لذلك، كلما ارتفعت نسبة الطاقة الحرارية الإضافية المستخدمة يُرجَّح ذلك تنفيذ التفاعل العنصري من الصيغة (X1-2) عند درجة حرارة عالية نسبيا. بناء على ذلك، تكون النسبة العالية للطاقة الحرارية الإضافية المستخدمة مُفضَّلة على ضوء مُعدَّل التفاعل، نسبة التحويل وما شابه للتفاعل العنصري للصيغة (X1-2). مع ذلك، النسبة العالية جدا للطاقة الحرارية الإضافية المستخدمة تؤدي إلى أن تصبح النسبة بين الطاقة الحرارية الإضافية المستخدمة في عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي أعلى، أي، أن نسبة الطاقة الحرارية الشمسية المستخدمة تكون أقل، وهو أمر غير مُفضَّل على ضوء كفاءة الطاقة فيما يتعلق بطاقة حرارية إضافية.

كما سبق شرحه بالنسبة لعملية لإنتاج الهيدروجين المسماة عملية دورة I-S (يود-كبريت)، بينما طاقة التفاعل (ΔH) للتفاعل العنصري من الصيغة (X1-2) هي 97.9 كيلوجول/مول - H_2 ، وطاقة التفاعل (ΔH) للتفاعل الكلي لإنتاج الهيدروجين من الماء هي 241.5 كيلوجول/مول - H_2 على أساس أقل قيمة تسخين. أي أن طاقة التفاعل للتفاعل العنصري للصيغة (X1-2) تكون أقل من نصف طاقة التفاعل للتفاعل الكلي لإنتاج الهيدروجين من الماء.

لذلك، على سبيل المثال، عندما يتم تنفيذ التفاعل العنصري من الصيغة (X1-1) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية ويتم تنفيذ كل التفاعل العنصري للصيغة (X1-2) باستخدام طاقة حرارية إضافية، فإن الفرق بين طاقة الهيدروجين التي يتم الحصول عليها والطاقة الحرارية الإضافية المطلوبة، أي أن الطاقة التي يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية في عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي، تصبح 143.6 كيلوجول/مول - H₂ {أي (241.5 كيلوجول/مول - H₂) - 97.9 كيلوجول/مول - H₂} . يعني ذلك أن حوالي 59% {أي (143.6 كيلوجول/مول - H₂) / (241.5 كيلوجول/مول - H₂)} من طاقة التفاعل للتفاعل الكلي لإنتاج الهيدروجين من الماء يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية.

كذلك، على سبيل المثال، عندما يتم تنفيذ كل التفاعل العنصري للصيغة (X1-1) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية ويتم تنفيذ نصف التفاعل العنصري للصيغة (X1-2) باستخدام طاقة حرارية إضافية، فإن الفرق بين طاقة الهيدروجين التي تم الحصول عليها وطاقة الطاقة الحرارية الإضافية المطلوبة، أي، الطاقة التي يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية في عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي، تصبح 169.7 كيلوجول/مول - H₂ {أي (241.5 كيلوجول/مول - H₂) - 97.9 كيلوجول/مول - H₂} . يعني ذلك أن حوالي 70% {أي (169.7 كيلوجول/مول - H₂) / (241.5 كيلوجول/مول - H₂)} من طاقة التفاعل للتفاعل الكلي لإنتاج الهيدروجين من الماء يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية.

بالمناسبة، يستند الحساب السابق للطاقة على حرارة التفاعل وفقا لصيغة بسيطة للتفاعل. مع ذلك، يمكن حدوث فقد في الحرارة، ومُعدّل التفاعل المنفصل قد لا يصل إلى 100% في الوحدة الفعلية. بناء على ذلك، قد لا تتطابق النسبة بين طاقة التفاعل التي يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية وطاقة التفاعل الكلي بالضرورة مع القيمة السابقة.

(الطاقة الحرارية الشمسية)

الطاقة الحرارية الشمسية يمكن الإمداد بها إلى وعاء التفاعل بأي طريقة.

على سبيل المثال، عندما يكون وعاء التفاعل الذي يتم فيه تنفيذ التفاعل من الصيغة (XI) هو وعاء تفاعل من النوع التدفُّقي، فإن الطاقة الحرارية الشمسية يمكن الإمداد بها إلى وعاء التفاعل بواسطة وسط حراري مثل معدن منصهر وملح معدني منصهر في اتجاه معاكس لحمض الكبريتيك الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل. في هذه الحالة، يمكن أن يتم رفع درجة الحرارة على الجانب الخارجي من وعاء التفاعل من نوع التدفُّق، أي الجانب الذي يمثله تقدم التفاعل العنصري الذي تُمثله الصيغة (X1-2)، ويمكن خفض درجة الحرارة على جانب المدخل لوعاء التفاعل من النوع التدفُّقي، أي الجانب الذي يحدث فيه التفاعل العنصري الذي يُمثله الصيغة (X1-1). نظرا لأن درجة الحرارة على الجانب الذي يتم فيه تمثيل التفاعل العنصري بالصيغة (X1-2) والذي يحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة لكي يحدث، يمكن جعلها أعلى، فإن الطاقة الحرارية الشمسية يمكن استخدامها بكفاءة.

بالنسبة لمجمِّع الضوء للحصول على الطاقة الحرارية الشمسية، هناك مُجمِّع الضوء من نوع الطبق الذي على شكل قَطْع مُكافئ، ومُجمِّع الضوء من نوع البرج الشمسي ومُجمِّع الضوء من النوع الحوضي الذي على شكل قطع ناقص كلها معروفة. من بينها، مُجمِّع الضوء من نوع الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ هو المفضَّل، لأن التركيب بسيط، والتكلفة بسيطة، والمجمِّع مناسب لوحدة كبيرة.

(الطاقة الحرارية الإضافية)

يمكن الإمداد بالطاقة الحرارية الإضافية باستخدام أي مصدر حراري له درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التسخين التي يتم الإمداد بها بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية.

جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية، على سبيل المثال، 30% أو أكثر، 50% أو أكثر، 70% أو أكثر، 90% أو أكثر، أو حوالي 100% من الطاقة الحرارية الإضافية، يتم جزئياً على

5 الأقل توليده في وعاء التفاعل حيث يتم تنفيذ التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2). في هذه الحالة، يمكن بكفاءة استخدام الطاقة الحرارية الإضافية للتفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2). من الناحية الأخرى، في حالة الإمداد بالطاقة الحرارية الإضافية من خارج وعاء التفاعل، ونظراً لأن التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2) هي تفاعلات ماصة للحرارة، تكون درجة الحرارة منخفضة في الجزء المركزي من وعاء التفاعل، وبالتالي، يقل مُعدّل التفاعل في الجزء المركزي من وعاء التفاعل.

على سبيل المثال، عندما يكون وعاء التفاعل هو وعاء تفاعل من النوع التدفّقي، يمكن توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية بعد الجزء الذي يبدأ فيه التفاعل العنصري للصيغة

(X1-2). علاوة على ذلك، عندما يكون وعاء التفاعل هو وعاء تفاعل من النوع التدفّقي، يمكن

15 توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية في جزء تكون له درجة حرارة تبلغ 400°م أو

أكثر، 500°م أو أكثر، أو 600°م أو أكثر، من وعاء التفاعل. وفقاً لهذه النماذج، يمكن

بكفاءة زيادة نسبة التحويل النهائية برفع درجة الحرارة في الجزء الذي فيه تقدّم فيه التفاعل

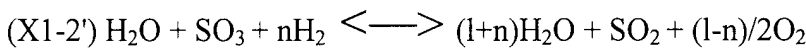
العنصري للصيغة (X1-2) إلى مدى معين.

يمكن توفير الطاقة الحرارية الإضافية، على سبيل المثال، بحرق الهيدروجين و/ أو تسخينه بسخان كهربي في وعاء التفاعل.

(طاقة حرارية إضافية-احتراق الهيدروجين)

5 في حالة توفير الطاقة الحرارية الإضافية بحرق الهيدروجين في وعاء التفاعل، يتم الإمداد بالهيدروجين إلى وعاء التفاعل حيث يتم تنفيذ التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2)، ويتم حرق الهيدروجين في وعاء التفاعل، وبالتالي يمكن توفير حرارة الاحتراق.

10 حرق الهيدروجين في وعاء التفاعل هو المفضل لأن الهيدروجين والماء الناتجين من الاحتراق ليس لهما تأثير معاكس على التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2). كذلك، تفضل إضافة الهيدروجين لأنه، في علاقة الاتزان التي تمثلها الصيغة التالية (X1-21)، تتم إزاحة الاتزان إلى جانب تحلل ثالث أكسيد الكبريت، أي، جانب إنتاج ثاني أكسيد كبريت:



15 يمكن توضيح إزاحة الاتزان بإضافة الهيدروجين إلى التفاعل العنصري للصيغة (X1-2)، على سبيل المثال، في شكل رقم 4. في شكل رقم 4، يُوضَّح الخط السفلي المتصل العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة التحويل عند الاتزان في حالة عدم إضافة الهيدروجين، والخط العلوي المتقطع يُوضَّح العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة التحويل عند الاتزان عندما تصبح النسبة بين الهيدروجين وثالث أكسيد الكبريت (H_2/SO_3) هي 0.2.

كما يفهم من شكل رقم 4، عند إضافة الهيدروجين وعند عدم إضافة الهيدروجين، تزداد نسبة التحويل عند الاتزان من ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) إلى ثاني أكسيد كبريت (SO_2) مع ارتفاع

درجة الحرارة. كذلك، عندما تكون درجة الحرارة ثابتة، تكون نسبة التحويل عند الاتزان من ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) إلى ثاني أكسيد كبريت (SO_2) أكبر عند إضافة الهيدروجين.

بناء على ذلك، على سبيل المثال، عندما تكون النسبة بين الهيدروجين وثالث أكسيد الكبريت (H_2/SO_3) هي 0.13 وعند رفع درجة الحرارة من 550°M إلى 650°M بحرق الهيدروجين، يتحرك الاتزان من النقطة أ إلى النقطة ب نتيجة لارتفاع درجة الحرارة من 550°M إلى 650°M ، يتحرك الاتزان أيضا من النقطة ب إلى النقطة ج نتيجة للتغير في نسبة الهيدروجين من 0 إلى 0.2، كما هو موضح في شكل رقم 4.

على وجه التحديد، على سبيل المثال، عند رفع درجة حرارة التفاعل من 550°M إلى 650°M ، تزداد نسبة التحويل عند الاتزان بنسبة 23.11%. عندما يتم ضبط نسبة لتكون 0.13 ويتم رفع درجة الحرارة من 550°M إلى 650°M ، تتحسن نسبة التحويل عند الاتزان أيضا بنسبة 4.40% وتزداد بنسبة 27.51% بصورة كلية (أي، 23.11% + 4.40%).

يمكن اختياريا تحديد النسبة بين الهيدروجين وثالث أكسيد الكبريت (H_2/SO_3) وفقا لدرجة حرارة التفاعل المطلوبة، ونسبة التحويل النهائية وما شابه، ويمكن، على سبيل المثال، أن تكون 0.01 أو أكثر، 0.05 أو أكثر، أو 0.10 أو أكثر، و0.3 أو أقل، أو 0.2 أو أقل.

الهيدروجين الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل يمكن أن يكون هو الهيدروجين الذي تم الحصول عليه بفصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية و/أو الطاقة الضوئية الشمسية. هذا الأمر مُفضَّل لأن ثاني أكسيد الكربون لا يتكون أو يتكون بصورة قليلة فقط عند إنتاج الهيدروجين الذي يتم إمداد وعاء التفاعل به.

في حالة توفير الطاقة الحرارية الإضافية بحرق الهيدروجين في وعاء التفاعل، يمكن أن يكون وعاء التفاعل المستخدم في عملية لإنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي، على سبيل المثال، هو وعاء تفاعل كما هو موضح في شكل رقم 1 أو 2.

5 في وعاء التفاعل التدفقي الموضح في شكل رقم 1، يتم إمرار حمض الكبريتيك (H_2SO_4) كمادة خام للتفاعل من الصيغة (XI) خلال وعاء التفاعل التدفقي (32، 34، 36) كما هو موضح بواسطة السهم (12). كذلك، فإن الطاقة الحرارية الشمسية يتم الإمداد بها إلى وعاء التفاعل عن طريق وسط حراري في اتجاه معاكس لحمض الكبريتيك الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل، كما هو موضح بواسطة السهم (14). علاوة على ذلك، تتم إضافة الهيدروجين (24) إلى وعاء التفاعل من وعاء إضافة الهيدروجين (22).

10 وعاء التفاعل التدفقي الموضح في شكل رقم 1 يتم تقسيم إلى جزء قبلي (32) حيث يتم تنفيذ التفاعل من الصيغة (X1-1)، وجزء أوسط (34) حيث تتم إضافة الهيدروجين، وجزء بعدي (36) حيث يتم تنفيذ التفاعل من الصيغة (X1-2)، ولكن هذه الأجزاء (32، 34، 36) لا يلزم تقسيمها بوضوح. على العكس من ذلك، كما هو موضح في شكل رقم 2، في وعاء التفاعل التدفقي، يمكن أن توضع هذه الأجزاء (32، 34، 36) بصورة منفصلة كوعاء تفاعل مستقل، ويمكن توصيل أوعية التفاعل المستقلة خلال مجرى.

(الطاقة الحرارية الإضافية- التسخين باستخدام سخان كهربائي)

في حالة توفير الطاقة الحرارية الإضافية بالتسخين باستخدام سخان كهربائي في وعاء التفاعل، يمكن استخدام أي سخان كهربائي لتسخين وعاء التفاعل. أي أنه، في حالة التسخين باستخدام سخان كهربائي كمصدر للحرارة، يوضع السخان الكهربائي في وعاء التفاعل حيث يتم تنفيذ

التفاعلات العنصرية من الصيغة (X1-1) و/ أو الصيغة (X1-2)، ويتم تزويد السخان الكهربى بالطاقة، وبذلك يتم التسخين في وعاء التفاعل.

القدرة الكهربائية بالنسبة للسخان الكهربى يمكن أن تكون قدرة كهربية يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية و/ أو الطاقة الضوئية الشمسية. هذا الأمر مُفضَّل لأن ثاني أكسيد الكربون لا يتكون أو يتكون بصورة قليلة فقط عند إنتاج القدرة الكهربائية للسخان الكهربى. 5

في حالة توفير الطاقة الحرارية الإضافية بالتسخين باستخدام سخان كهربى في وعاء التفاعل، وعاء التفاعل المستخدم في عملية إنتاج الهيدروجين وفقاً للاختراع الحالى يمكن أن يكون، على سبيل المثال، وعاء تفاعل كما هو موضح في شكل رقم 3.

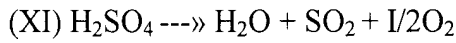
في وعاء التفاعل التدفُّقي الموضح في شكل رقم 3، يتم إمرار حمض الكبريتيك (H_2SO_4) كمادة خام للتفاعل من الصيغة (XI) خلال وعاء التفاعل التدفُّقي (32، 34، 36) من اليسار إلى اليمين في الشكل كما هو موضح بواسطة السهم (12). كذلك، الطاقة الحرارية الشمسية التي يتم الإمداد بها إلى وعاء التفاعل عن طريق وسط حرارى في اتجاه معاكس لحمض الكبريتيك الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل، كما هو موضح بواسطة السهم (14). علاوة على ذلك، يوضع سخان كهربى (52) في وعاء التفاعل.

يتم تقسيم وعاء التفاعل التدفُّقي الموضح في شكل رقم 3 إلى جزء قبلي (32) حيث يتم تنفيذ التفاعل من الصيغة (X1-1)، جزء وسطي (34) حيث يتم تنفيذ التسخين بواسطة سخان كهربى (52)، وجزء بعدي (36) حيث يتم تنفيذ التفاعل من الصيغة (XI-2)، ولكن هذه الأجزاء (32، 34، 36) لا يلزم تقسيمها بصورة كاملة. على العكس من ذلك، كما هو موضح في شكل رقم 2 لنموذج إضافة الهيدروجين، في وعاء التفاعل التدفُّقي، هذه الأجزاء

(32، 34، 36) يمكن أن تكون موضوعة بصورة منفصلة كوعاء تفاعل مستقل، وأوعية التفاعل المستقلة يمكن أن توصيل خلال مجرى.

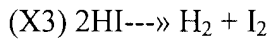
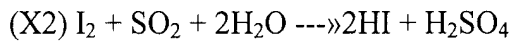
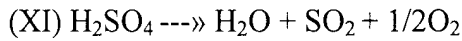
(دورة إنتاج الهيدروجين)

5 عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي والتي تشتمل على فصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية، تشتمل على تحليل حمض الكبريتيك إلى ماء، وثاني أكسيد كبريت وأكسجين من خلال تفاعل تُمثله الصيغة التالية (XI):

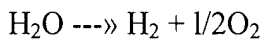


عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي يمكن أن تكون، على سبيل المثال، عملية دورة I-S، أو عملية دورة Westinghouse أو عملية دورة Ispra-Mark 13.

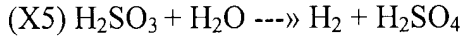
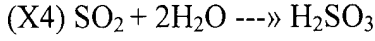
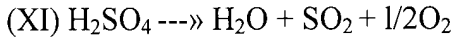
10 أي أنه، على سبيل المثال، يمكن أن تكون عملية لإنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي هي عملية دورة I-S (اليود-الكبريت) تمثلها الصيغة التالية (XI) إلى (X3):



15 التفاعل الكلي:

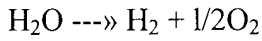


كذلك، على سبيل المثال، يمكن أن تكون عملية لإنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع الحالي هي عملية دورة Westinghouse تمثلها الصيغة التالية (XI)، (X4) و (X5):



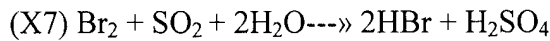
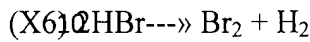
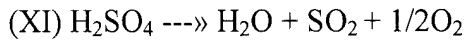
(تحلل مائي)

5 التفاعل الكلي:

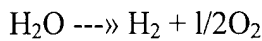


علاوة على ذلك، على سبيل المثال، يمكن أن تكون عملية إنتاج الهيدروجين وفقا للاختراع

الحالي هي عملية دورة Ispra-Mark 13 تمثلها الصيغ التالية (XI)، (X6)، و (X7):



التفاعل الكلي:



(مُحَفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت)

15 في عملية لإنتاج الهيدروجين للاختراع الحالي، يمكن استخدام مُحَفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت

في وعاء التفاعل لخفض درجة الحرارة المطلوبة لتفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت من الصيغة

(BI-2) لجعل تفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت يتقدم بمُعدَّل كبير عند درجة حرارة، على سبيل

المثال، حوالي 700°م أو أقل.

يحتوي مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت، على سبيل المثال، على أكسيد مُركَّب من الفاناديوم وفلز واحد على الأقل يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من الفلزات الإنتقالية والعناصر الأرضية النادرة.

5 كما سبق شرحه، في العملية التقليدية لتحليل ثالث أكسيد الكبريت، يتم بصفة عامة استخدام درجة حرارة قريبة من 1000°م . مع ذلك، المادة القادرة على مقاومة درجة الحرارة العالية هذه محدودة جدا، وعلاوة على ذلك، فهي غالية الثمن.

كذلك، لا يمكن الحصول على درجة الحرارة العالية القريبة من 1000°م بتكلفة أقل من الطاقة الشمسية. بمزيد من التحديد، على سبيل المثال، كُمجِّع ضوء للحصول على الطاقة الحرارية الشمسية، يعرف مُجمِّع الضوء من نوع الطبق الذي على شكل قَطْع مُكافئ، ومُجمِّع الضوء الذي من نوع البرج الشمسي ومُجمِّع الضوء الذي من نوع الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ. من بينها، فإن مُجمِّع الضوء من نوع الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ له تركيب بسيط ورخيص الثمن ومناسب للوحدات الكبيرة؛ مع ذلك، فإنه من غير المناسب لمُجمِّع الضوء من نوع الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ أن يجمع الطاقة الشمسية عند درجة حرارة عالية تقترب من 1000°م نتيجة للاتزان بين تجميع الطاقة الشمسية وتبديد الطاقة بالإشعاع.

15 بناء على ذلك، فإن هناك قيمة صناعية كبيرة لخفض درجة الحرارة المطلوبة لتفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت باستخدام مُحفِّز تحليل ثالث أكسيد الكبريت، ولجعل تفاعل تحلل ثالث أكسيد الكبريت يستمر بمعدَّل أعلى عند درجة حرارة تبلغ، على سبيل المثال، حوالي 700°م أو أقل.

(مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت - أكسيد مُركَّب)

يحتوي مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت، على سبيل المثال، على أكسيد مُركَّب من الفاناديوم وفلز واحد على الأقل يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من الفلزات الإنتقالية والعناصر الأرضية النادرة. بالنسبة للفلز الانتقالي والعنصر الأرضي النادر اللذين يكوّنان الأكسيد المُركَّب، يمكن استخدام أي فلزات انتقالية أو عناصر أرضية نادرة، على سبيل المثال، فلز يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من النحاس (Cu)، الكروم (Cr)، التيتانيوم (Ti)، الزركونيوم (Zr)، اللانثانوم (La)، السيريوم (Ce)، النيودينيوم (Nd) وتوليفة منهم.

في الأكسيد المُركَّب لمُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت، يمكن أن تكون النسبة الذرية بين الفاناديوم وفلز واحد على الأقل يتم اختياره من المجموعة التي تتكون من الفلزات الإنتقالية والعناصر الأرضية النادرة (فلز واحد على الأقل مثل فلز إنتقالي: الفاناديوم) من 1: 9 إلى 9: 1:

1، من 2: 8 إلى 8: 2، من 3: 7 إلى 7: 3، أو من 4: 6 إلى 6: 4.

الأكسيد المُركَّب لمُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت يمكن الحصول عليه بأي طريقة.

على سبيل المثال، الأكسيد المُركَّب يمكن أن يتم الحصول عليه بمخلط أكاسيد فلزات منفصلة لتكوين الأكسيد المُركَّب، وحرق الخليط. كذلك، في حالة اختيار ملح لعنصر فلزي إنتقالي أو ما شابه وملح الفاناديوم لعمل ترسيب مشترك لها، الأكسيد المُركَّب يمكن الحصول عليه بالترسيب المشترك لمادة منتجة للأكسيد المُركَّب من محلول مائي يحتوي على ملح من عنصر فلزي إنتقالي أو ما شابه وملح الفاناديوم، ثم حرق الراسب المشترك الذي تم الحصول عليه.

علاوة على ذلك، عندما يكون مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت هو مُحفِّز مُحمَّل على مادة حاملة حيث يكون الأكسيد المُركَّب محمولا على مادة حاملة، مُحفِّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت يمكن الحصول عليه بعملية يتم فيها جعل المادة الحاملة تمتص محلولاً مائياً يحتوي على ملح

لعنصر فلزي إنتقالي أو عنصر أرضي النادر، مُجفّف ومُحمّص؛ مما يجعله يمتص محلولاً مائياً من ملح للقلاناديوم، مُجفّف ومُحمّص؛ ثم يتم عندئذ حرقه. على العكس من ذلك، يمكن الحصول على مُحفّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت بعملية يتم فيها جعل المادة الحاملة تمتص أولاً محلول مائي لملح للقلاناديوم، مُجفّف ومُحمّص؛ مما يجعله يمتص محلولاً مائياً يحتوي على ملح لعنصر فلزي إنتقالي أو ما شابه، مُجفّف ومُحمّص؛ يتم عندئذ حرقه. كذلك، في حالة اختيار ملح القلاناديوم 5 و ملح لعنصر فلزي إنتقالي أو ما شابه لعمل ترسيب مشترك له، مُحفّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت يمكن الحصول عليه بعملية يتم فيها جعل المادة الحاملة تمتص محلولاً مائياً يحتوي على كل من ملح القلاناديوم و ملح لعنصر فلزي إنتقالي أو ما شابه، مُجفّف ومُحمّص؛ ثم يتم حرقه.

(مُحفّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت - المادة الحاملة)

10 يمكن تحميل الأكسيد المركّب للمُحفّز تحلل ثالث أكسيد الكبريت على مادة حاملة لزيادة مساحة سطح الأكسيد المركّب وتقليل النقص في مساحة سطح الأكسيد المركّب أثناء استخدامه. في هذا الصدد، تكون المادة الحاملة التي يمكن استخدامها هي مادة حاملة يتم اختيارها من المجموعة التي تتكون من السيليكا، الألومينا، الزركونيا، التيتانيا وتوليفات منهم.

15 بناء على ذلك، على سبيل المثال، يمكن بصفة خاصة استخدام السيليكا، ومادة حاملة من السيليكا المسامية التي لها تركيب مسامي، كمادة حاملة. في هذه الحالة، يفضل أن يتم تحميل الأكسيد المركّب داخل التركيب المسامي للمادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية. كذلك، في هذه الحالة، يفضل أن يكون للمادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية توزيع مسامي بحيث يمكن أن توجد الذروة التي تُعزى إلى فجوة بين الجسيمات الأولية للسيليكا في مدى لحجم المسام بين 5 و 50 نانومتر، وخصوصاً حجم مسام بين 5 و 30 نانومتر، والذروة التي تُعزى إلى

التركيب المسامي داخل جسيم السيليكا يمكن أن توجد في مدى لحجم المسام بين 1 و 5 نانومتر، وخصوصا حجم مسام بين 2 و 4 نانومتر.

5 عند استخدام مادة حاملة من السيليكا المسامية التي لها تركيب مسامي بهذه الطريقة، يمكن تحميل الأكسيد المركب بالقرب من سطح التركيب المسامي للمادة الحاملة من السيليكا المسامية، وبالتالي يمكن كبح تلييد جسيم الأكسيد المركب. بالرغم من عدم الرغبة بالارتباط بنظرية معينة، يمكن اعتبار، أن جسيم الأكسيد المركب الذي يتم الاحتفاظ به في هذه الحالة الدقيقة جدا، ليس فقط تزداد مساحة سطح المحفّز حوالي 100 مرة نتيجة للتفتيت إلى الحجم الميكروني للمُحَفِّز، ولكن أيضا تتغير خواص سطح المحفّز أحيانا لتحسين أداء المحفّز المصنوع من الأكسيد المركب.

10 علاوة على ذلك، يراعى أنه في توزيع المسام لجسيم السيليكا المسامي الذي له تركيب مسامي، يتم إنشاء توزيع ثنائي من المسام، وبالتالي يتم تزويد غاز في طور البخار له سرعة انتشار عالية وذلك بسرعة عالية من المسام التي لها حجم مسام بين عشرة إلى عدة عشرات من النانومترات إلى مواقع نشطة ذات مساحة سطح واسعة وحجم مسام يبلغ عدة نانومترات. يزيد ذلك من فرصة تلامس جسيم الأكسيد المركب مع ثالث أكسيد الكبريت، ونتيجة لذلك، يتحسن أداء المحفّز.

15

بالمناسبة، يمكن الحصول على المادة حاملة من السيليكا المسامية التي لها تركيب مسامي بالطريقة المشروحة في نشرة البراءة اليابانية التي لم يتم فحصها بعد رقم 12382-2008.

يمكن تنفيذ تفاعل تحليل ثالث أكسيد الكبريت إلى ثاني أكسيد كبريت وأكسجين باستخدام مُحَفِّز تحليل ثالث أكسيد الكبريت عند درجة حرارة أقل من الطريقة التقليدية لتحليل ثالث

أكسيد الكبريت، على سبيل المثال، عند درجة حرارة تبلغ 800°م أو أقل، 750°م أو أقل،
700°م أو أقل، أو 650°م أو أقل.

الأمثلة

5 في الأمثلة التالية، يتم تقييم المحفّز الذي يمكن استخدامه في عملية لإنتاج الهيدروجين وفقاً للاختراع الحالي.

«مثال رقم 1»

في هذا المثال، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (Cu-v-o) من النحاس (Cu) والثاناديوم (V) كمُحفّز.

(إنتاج مُحفّز غير محمول على مادة حاملة)

10 تم طحن أكسيد النحاس وأكسيد الثاناديوم بنسبة ذرية للعناصر المناظرة تبلغ 1:1 في هاون، تم خلط الأكاسيد المطحونة جيداً، وتم وضع الخليط في بوتقة مصنوعة من الألومنيوم وحرقه عند 750°م خلال 12 ساعة، وبالتالي تم الحصول على مُحفّز غير محمول على مادة حاملة يمكن استخدامه كمُحفّز. شكل رقم 5(أ) يُوضّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) للمُحفّز غير المحمّل على مادة حاملة الذي تم الحصول عليه.

15 (إنتاج مُحفّز مُحمّل على مادة حاملة)

المُحفّز المحمّل على مادة حاملة حيث تم إنتاج أكسيد معدن مُركَّب مُحمّل على مادة حاملة من السيليكا المسامية لها تركيب مسامي كالتالي.

(إنتاج مُحفّز مُحمّل على مادة حاملة-إنتاج مادة حاملة من السيليكا المسامية)

المادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية للمُحَفِّز المحمول على مادة حاملة تم إنتاج بالطريقة التي تشبه الطريقة المشروحة في نشرة البراءة اليابانية التي لم يتم فحصها بعد رقم 2008-12382. أي أنه، تم إنتاج المادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية كالتالي.

5 في 6 لترات من الماء المقطر، تمت إذابة 1 كجم من سيتيل تراي ميثيل أمونيوم كلوريد. تم تقليب المحلول المائي الذي تم الحصول عليه لمدة ساعتين لعمل تراس ذاتي للسيتيل تراي ميثيل أمونيوم كلوريد. تمت عندئذ إضافة تترا إيثوكسي سيلان وأمونيا مائية إلى المحلول المحتوي على سيتيل تراي ميثيل أمونيوم كلوريد المتراس ذاتيا لضبط الرقم الهيدروجيني للمحلول ليصبح 9.5.

10 في هذا المحلول، تم عمل حل مائي للتترا إيثوكسي سيلان لمدة 30 ساعة لترسيب السيليكا حول الهكسا ديسيل امين المتراس، وبذلك تكوّن جسيم ثانوي يتكون من جسيم أولي له حجم مسام نانومتري، وبالتالي تم الحصول على مادة حاملة من السيليكا المسامية.

بعد ذلك، تم غسل المادة المنتجة للمادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية التي تم الحصول عليها بإيثانول مائي، وترشيحها، وترشيحها وحرقتها في الهواء عند 800°م لمدة 2 ساعة للحصول على مادة حاملة من السيليكا المسامية.

15 المادة الحاملة المصنوعة من السيليكا المسامية التي تم الحصول عليها هنا لها مسام تبلغ حوالي 2.7 نانومتر تُعزى إلى التركيب المسامي للسيليكا والمسام التي تزيد عن 10 نانومتر تُعزى إلى الفجوة بين الجسيمات الأولية والسيليكا.

(إنتاج مُحَفِّز مُحمَّل على مادة حاملة- تحميل أكسيد الفلز المختلط)

تم تحميل الأكسيد المركب على السيليكا المسامية بطريقة التحميل بامتزاز الماء. على وجه التحديد، أولاً، تمت إذابة نترات النحاس في الماء لتحضير محلول مائي، وتم جعل المادة الحاملة

تمتص المحلول المائي، وتم تجفيفها عند 150°C وتحميصه عند 350°C لمدة 1 ساعة. عندئذ تمت إذابة أمونيوم ميتا فانيديات في الماء، وتم جعل المادة الحاملة تمتص المحلول المائي الناتج، وتجفيفه عند 150°C وتحميصه عند 350°C لمدة 1 ساعة-أخيراً، تم حرق المادة الحاملة التي تم الحصول عليها عند 600°C لمدة ساعتين للحصول على مادة حاملة من السيليكا المسامية 5 مُحَمَّلَة على أكسيد مُرَكَّب.

كانت كمية النحاس المحمَّلة هي 0.12 مول/ 100 جم من المادة الحاملة، وكانت كمية الفاناديوم المحمَّلة هي 0.12 مول/ 100 جم من المادة الحاملة.

«مثال رقم 2»

في مثال رقم 2، تم استخدام أكسيد معدن مُرَكَّب (Cr-V-O) من الكروم (Cr) والفاناديوم (V) كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن كانت درجة حرارة الحرق 700°C عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

شكل رقم 5(ب) يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) للمُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة الذي تم الحصول عليه.

«مثال رقم 3»

في مثال رقم 3، تم استخدام أكسيد معدن مُرَكَّب (Ce-V-O) من السيريوم (Ce) والفاناديوم (V) كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة وهو مُحَفِّز مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن كانت درجة حرارة الحرق 700°C عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

شكل رقم 6 (أ) يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) المُحَفَّز غير المُحمَّل على مادة حاملة الذي تم الحصول عليه.

«مثال رقم 4»

في مثال رقم 4، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (Zr-V-O) من الزركونيوم (Zr) والفاناديوم (V) كُحَفَّز. تم إنتاج مُحَفَّز غير مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن كانت درجة حرارة الحرق 700°C عند إنتاج المُحَفَّز غير المُحمَّل على مادة حاملة.

شكل رقم 6 (ب) يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) للمُحَفَّز غير المُحمَّل على مادة حاملة الذي تم الحصول عليه.

«مثال رقم 5»

في مثال رقم 5، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (Ti-V-O) من التيتانيوم (Ti) والفاناديوم (V) كُحَفَّز. تم إنتاج مُحَفَّز غير مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن كانت درجة حرارة الحرق 600°C عند إنتاج المُحَفَّز غير المُحمَّل على مادة حاملة.

«مثال رقم 6»

في مثال رقم 6، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (La-V-O) من اللانثانيوم (La) والفاناديوم (V) كُحَفَّز. تم إنتاج مُحَفَّز غير مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1.

«مثال رقم 7»

في مثال رقم 7، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (Nd-V-O) من النيودينيوم (Nd) والفاناديوم (V) كُحَفَّز. هو مُحَفَّز غير مُحمَّل على مادة حاملة تم إنتاجه بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1.

«المثال المقارن رقم 1»

في المثال المقارن رقم 1، تم استخدام أكسيد معدن مُركَّب (Zn-V-O) من الزنك (Zn) والفاناديوم (V) كْمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن كانت درجة حرارة الحرق 700°C عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحمَّل على مادة حاملة. 5

شكل رقم 6 (ج) يُوضِّح نتائج تحليل حيود الأشعة السينية (XRD) للمُحَفِّز غير المُحمَّل على مادة حاملة الذي تم الحصول عليه.

«المثال المقارن رقم 2»

في المثال المقارن رقم 2، تم استخدام أكسيد الكروم (Cr-O) للكروم (Cr) كْمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحمَّل على مادة حاملة و مُحَفِّز مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُركَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحمَّل على مادة حاملة وكمية الكروم المُحمَّلة كانت 0.24 مول / 100 جم من المادة الحاملة عند إنتاج المُحَفِّز المُحمَّل على مادة حاملة. 10

«المثال المقارن رقم 3»

في المثال المقارن رقم 3، تم استخدام أكسيد الحديد (Fe-O) للحديد (Fe) كْمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحمَّل على مادة حاملة و مُحَفِّز مُحمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُركَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحمَّل على مادة حاملة وكمية الحديد التي تم تحميلها كانت 0.24 مول / 100 جم من المادة الحاملة عند إنتاج المُحَفِّز المُحمَّل على مادة حاملة. 15

«المثال المقارن رقم 4»

في المثال المقارن رقم 4، تم استخدام أكسيد (Cu-O) للنحاس (Cu) كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُرَكَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

5 «المثال المقارن رقم 5»

في المثال المقارن رقم 5، تم استخدام أكسيد (V-O) للفلاناديوم (V) كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُرَكَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

«المثال المقارن رقم 6»

10 في المثال المقارن رقم 6، تم استخدام أكسيد (Ni-O) للنيكيل (Ni) كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُرَكَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

«المثال المقارن رقم 7»

15 في المثال المقارن رقم 7، أكسيد (Co-O) للكوبلت (Co) تم استخدام كمُحَفِّز. تم إنتاج مُحَفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة بنفس الإجراء المُتَّبَع في مثال رقم 1 ولكن لم يتم تنفيذ الحرق لتكوين أكسيد مُرَكَّب عند إنتاج المُحَفِّز غير المُحَمَّل على مادة حاملة.

«المثال المقارن رقم 8»

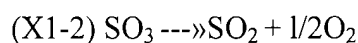
في المثال المقارن رقم 8، لم يتم استخدام مُحَفِّز.

«مثال مرجعي»

في المثال المرجعي، تم تحميل البلاتين على حامل من جاما ألومينا لإنتاج مُحفِّز مُحَمَّل على مادة حاملة. كانت كمية Pt المحمَّلة هي 0.5 جم/100 جم من المادة الحاملة.

(التقييم)

5 تم تقييم المحفِّزات غير المحمَّلة على مادة حاملة والمحفِّزات المحمَّلة على مادة حاملة في الأمثلة، والأمثلة المقارنة، والمثال المرجعي لتحديد نسبة التحويل في تفاعل تحلُّل ثالث أكسيد الكبريت من الصيغة التالية (X1-2) باستخدام مفاعل تدفُّقي ذي طبقة ثابتة مثل الموضَّح في شكل رقم 7:



10 على وجه التحديد، تم تقييم نسبة التحويل في تفاعل تحلُّل ثالث أكسيد الكبريت كما هو مشروح لاحقاً عند الإشارة إلى شكل رقم 7.

أنبوبة تفاعل مصنوعة من الكوارتز 4 (قطر داخلي: 10 مم) تم ملء، كطبقة مُحفِّز 10، بـ 0.5 جم من مُحفِّز غير مُحَمَّل على مادة حاملة أو مُحفِّز مُحَمَّل على مادة حاملة مضبوط على 14 إلى 20 مش. النيتروجين (N₂) (100 مل/ دقيقة) و 47% بالوزن محلول مائي حمض الكبريتيك (H₂SO₄) (50 ميكرو لتر/ دقيقة) تم الإمداد بهما إلى المرحلة السفلية من أنبوبة التفاعل 15 المصنوعة من الكوارتز 4 من فتحة الإمداد بالنيتروجين 1 ومن فتحة الإمداد بحمض الكبريتيك 3، بالترتيب.

تم تسخين حمض الكبريتيك (H₂SO₄) الذي يتم الإمداد به إلى المرحلة السفلية من أنبوبة التفاعل المصنوعة من الكوارتز 4 في المرحتين السفلية والمتوسطة من أنبوبة التفاعل المصنوعة من

الكوارتز 4 لتحليله إلى ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) وأكسجين (O_2) وتم عمل تدفُّق له في طبقة المكثف 10 (SO_3): 4-5 مول %، H_2O : 31 مول %، N_2 : الباقي، مُعدَّل تدفُّق الغاز عند $0^\circ C$: 148.5 سم³/ دقيقة، نسبة التدفُّق الوزني (نسبة W/F): $10 \times 5.61 \times 10^{-5}$ جم. ساعة/ سم³، السرعة الفراغية للغاز في الساعة (GHSV): حوالي 15000 ساعة⁻¹).

5 في أنبوبة التفاعل المصنوعة من الكوارتز 4، تم تسخين المرحلة السفلية إلى حوالي $400^\circ C$ بواسطة سخان 4a، وتم تسخين المرحلة المتوسطة إلى حوالي $600^\circ C$ بواسطة السخان 4b. كذلك، تم أساسا تسخين المرحلة العلوية من أنبوبة التفاعل المصنوعة من الكوارتز 4 إلى حوالي $600^\circ C$ بواسطة السخان 4ج، وتسخينها إلى $650^\circ C$ بعد الوصول إلى حالة الثبات.

بعد تسخين المرحلة العلوية من أنبوبة التفاعل المصنوعة من الكوارتز 4 إلى $650^\circ C$ بالسخان 4ج، تم تبريد التدفُّق الخارج للغاز من أنبوبة التفاعل المصنوعة من الكوارتز 4 بالهواء وتم نفثه خلال محلول يود (I_2) 0.05 مولار، وتم امتصاص ثاني أكسيد كبريت (SO_2) في محلول اليود. تم تحديد كمية ثاني أكسيد كبريت الممتصة بتنفيذ معايرة قياس باليود لمحلول اليود والذي قام بامتصاص ثاني أكسيد كبريت مع محلول 0.025 مولار محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$).

15 كذلك، تم تبريد تدفُّق الغاز إلى الخارج بعد النفط خلال محلول اليود باستخدام خليط ثلج جاف/ إيثانول، وتمت إزالة ثاني أكسيد كبريت المتبقي وثالث أكسيد الكبريت باستخدام ماص للضباب وجيل السيليكا. بعد ذلك، تم تحديد كمية الأكسجين (O_2) باستخدام جهاز تحليل مغناطيسي لضغط الأكسجين (MPA3000، مصنع بواسطة Horiba Ltd.) وكروماتوجراف غاز (GC8A، مصنع بواسطة Shimadzu Corporation، منخل جزئي 5 أنجستروم، كاشف TCD).

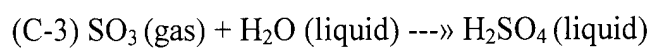
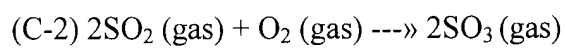
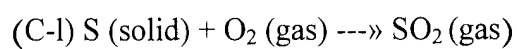
تم حساب نسبة التحويل من ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) إلى ثاني أكسيد كبريت (SO_2) من كميات ثاني أكسيد كبريت وأكسجين السابق تحديدها. تقييم نتائج الأمثلة، والأمثلة المقارنة والمثال المرجعي وهي موضحة في جدول رقم 1 التالي.

[جدول رقم 1]

| نسبة التحوُّل | | المحفِّز | |
|-------------------------------------|---------------------|----------|------------|
| باستخدام مادة حاملة (SiO_2) (%) | بدون مادة حاملة (%) | | |
| 93.6 | 51.7 | Cu-V-O | مثال رقم 1 |
| - | 45.9 | Cr-V-O | مثال رقم 2 |
| 67.9 | 26.9 | Ce-V-O | مثال رقم 3 |
| - | 39.3 | Zr-V-O | مثال رقم 4 |
| - | 67.2 | Ti-V-O | مثال رقم 5 |
| 80.0 | - | La-V-O | مثال رقم 6 |

| | | | |
|------------------------------|-----------------|---------|----------------------|
| 93.6 | - | Nd-V-O | مثال رقم 7 |
| - | 9.8 | Zn-V-O | المثال المقارن رقم 1 |
| 53.3 | 40.5 | Cr-O | المثال المقارن رقم 2 |
| 32.4 | 25.9 | Fe-O | المثال المقارن رقم 3 |
| - | 6.2 | Cu-O | المثال المقارن رقم 4 |
| - | 22.3 | V-O | المثال المقارن رقم 5 |
| - | (لا يوجد تحوّل) | Ni-O | المثال المقارن رقم 6 |
| - | (لا يوجد تحوّل) | Co-O | المثال المقارن رقم 7 |
| - | (لا يوجد تحوّل) | لا يوجد | المثال المقارن رقم 8 |
| 84.3 | - | Pt | المثال المرجعي 1 |
| (مادة حاملة من جاما ألومينا) | | | |

يفهم من جدول رقم 1 أن مُحفّزات الأمثلة المقارنة كان لها خصائص تحلل مُفضّلة بدرجة كبيرة لثالث أكسيد الكبريت عند درجة حرارة منخفضة تبلغ 650°م، بالمقارنة بمُحفّزات الأمثلة المقارنة. كذلك، يفهم من جدول رقم 1 أن مُحفّزات الأمثلة التي تم تنفيذها مع عدم استخدام معدن ثمين كان لها خصائص تحلل ثالث أكسيد الكبريت تساوي أو تزيد عن تلك التي لمُحفّز المثال المرجعي باستخدام البلاتين الذي هو معدن ثمين. بالمناسبة، تم استخدام أكسيد القاناديوم، وخصوصاً خامس أكسيد القاناديوم (V₂O₅)، المستخدم في المثال المقارن رقم 5 لتعجيل التفاعل من الصيغة (C-2) الخاصة بتحليل ثاني أكسيد الكبريت للحصول على ثالث أكسيد الكبريت في الطريقة المسماة عملية التلامس لإنتاج حمض الكبريتيك من خلال التفاعلات التي تمثلها الصيغ التالية (C-1) إلى (C-3):



مع ذلك، في المثال المقارن رقم 5 باستخدام أكسيد الثاناديوم، كانت نسبة التحويل منخفضة

5 جدا بالمقارنة بالأمثلة.

قائمة الرموز المرجعية

- 1 جزء الإمداد بالنيتروجين
- 3 جزء الإمداد بحمض الكبريتيك
- 4 أنبوبة تفاعل مصنوعة من الكوارتز
- 5 4أ، 4ب، 4ج سخان
- 10 طبقة مُحَفَّز
- 22 جهاز إضافة الهيدروجين
- 24 هيدروجين
- 32، 34، 36 وعاء تفاعل من النوع التدفُّقي
- 10 52 سخان كهربي .

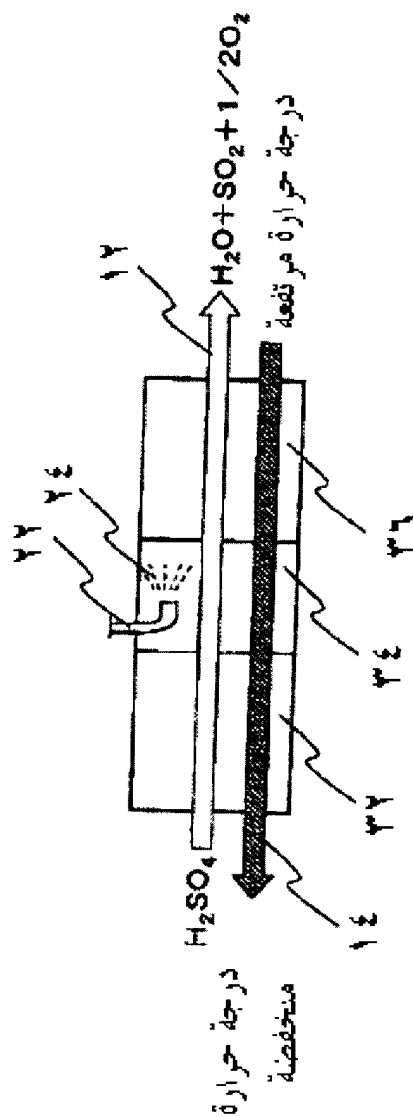
عناصر الحماية

- 1 - (معدل حالياً) عملية لإنتاج الهيدروجين تشتمل على فصل الماء إلى هيدروجين
وأكسجين، حيث 1 2
- تشتمل العملية على تحليل حمض الكبريتيك إلى ماء، وثاني أكسيد كبريت وأكسجين من 3
- خلال تفاعل تُمثله الصيغة التالية (XI) باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية، 4
- يحتوي التفاعل الذي تُمثله الصيغة التالية (XI) على تفاعلات عنصرية تمثلها الصيغ التالية 5
- (X1-1) و(X1-2)، 6
- يتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة التالية (X1-1) باستخدام الطاقة 7
- الحرارية الشمسية، 8
- يتم تنفيذ جزء على الأقل من التفاعل العنصري للصيغة التالية (X1-2) باستخدام طاقة 9
- حرارية إضافية يتم توفيرها عن طريق حرق الهيدروجين المضاف إلى وعاء تفاعل يستخدم 10
- لتنفيذ التفاعلات العنصرية للصيغة التالية (X1-1) و/أو للصيغة التالية (X1-2)، ويتم إزاحة 11
- توازن التفاعل الذي تمثله الصيغة (X1-2) التالية تجاه جانب إنتاج ثاني أكسيد الكبريت عن 12
- طريق تفاعل الهيدروجين المضاف المتبقي بعد الحرق، والأكسجين المتولد عن طريق تحويل 13
- SO_3 إلى SO_2 ، وحيث 14
- تكون درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الإضافية المذكورة أعلى بمقدار 10°م 15
- أو أكثر من درجة حرارة التسخين بواسطة الطاقة الحرارية الشمسية، و 16
- يتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية المذكورة في وعاء التفاعل المستخدم 17
- لتنفيذ التفاعلات العنصرية للصيغة (X1-1) و/أو للصيغة (X1-2)، ويحدث تفاعل 18
- الهيدروجين المضاف المتبقي بعد الحرق والأكسجين المتولد عن طريق تحويل SO_3 إلى SO_2 19

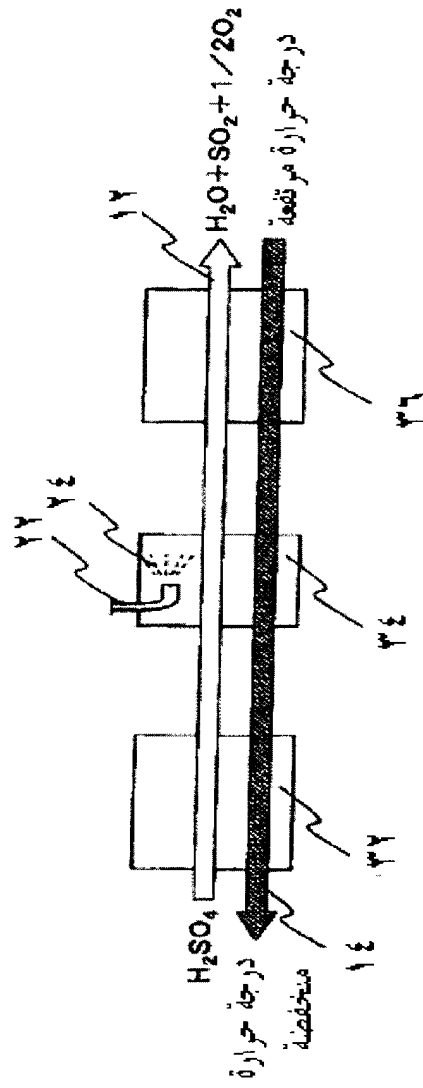
- 20 في وعاء التفاعل المستخدم لتنفيذ التفاعل العنصري للصيغة (X1-2) :
- 21 (XI) $H_2SO_4 \rightarrow H_2O + SO_2 + 1/2 O_2$
- 22 (X1-1) $H_2SO_4 \rightarrow H_2O + SO_3$
- 23 (X1-2) $SO_3 \rightarrow SO_2 + 1/2 O_2$
- 1 2- (معدل من قبل) العملية وفقا لعنصر الحماية رقم 1، حيث يتم توفير الطاقة الحرارية الإضافية المذكورة أيضاً عن طريق التسخين بسخان كهربائي في وعاء التفاعل المذكور.
- 1 3- (معدل من قبل) العملية وفقا لعنصر الحماية رقم 1، حيث يكون الهيدروجين المذكور هو هيدروجين يتم الحصول عليه بفصل الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الطاقة الحرارية الشمسية و/ أو الطاقة الضوئية الشمسية.
- 1 4- (معدل من قبل) العملية وفقا لعنصر الحماية رقم 2، حيث تكون القدرة الكهربائية للسخان الكهربائي المذكور هي قدرة كهربائية يتم الحصول عليها من الطاقة الحرارية الشمسية/ أو الطاقة الضوئية الشمسية.
- 1 5- (معدل من قبل) العملية وفقا لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 4، حيث يكون وعاء التفاعل المذكور هو وعاء تفاعل من النوع التدفقي وحيث يتم الإمداد بالطاقة الحرارية الشمسية المذكورة إلى وعاء التفاعل المذكور عن طريق وسط حراري في اتجاه معاكس لحمض الكبريتيك الذي يتم الإمداد به إلى وعاء التفاعل المذكور.
- 1 6- (معدل من قبل) العملية وفقا لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 5، حيث يكون وعاء التفاعل المذكور هو وعاء تفاعل من النوع التدفقي ويتم توليد جزء على الأقل من الطاقة الحرارية الإضافية المذكورة بعد الجزء الذي يبدأ عنده التفاعل العنصري المذكور للصيغة (X1-2).

- 7- (معدل من قبل) العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 6، حيث يكون
1 وعاء التفاعل المذكور هو وعاء تفاعل من النوع التدفُّقي ويتم توليد جزء على الأقل من
2 الطاقة الحرارية الإضافية المذكورة في جزء من وعاء التفاعل المذكور تكون له درجة حرارة
3 تبلغ 400°م أو أكثر.
4
- 8- (معدل من قبل) العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 7، حيث تكون
1 العملية هي عملية دورة I-S، أو عملية دورة Westinghouse أو عملية دورة Ispra-Mark
2
3 .13
- 9- (معدل من قبل) العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 8، حيث يتم
1 الحصول على الطاقة الحرارية الشمسية المذكورة بواسطة مُجمِّع ضوء من نوع الطبق الذي
2 على شكل قَطْع مُكافئ، أو مُجمِّع ضوء من نوع البرج الشمسي، أو مُجمِّع ضوء من نوع
3 الحوض الذي على شكل قَطْع مُكافئ أو توليفة مما سبق.
4
- 10- (معدل حالياً) العملية وفقاً لأي من عناصر الحماية من 1 إلى 9، حيث يتم وضع
1 مُحفِّز لتحليل ثالث أكسيد الكبريت يحتوي على أكسيد مركَّب من الفاناديوم وفلز واحد
2 على الأقل يُختار من المجموعة التي تتكون من الفلزات الإنتقالية والعناصر الأرضية النادرة،
3 في وعاء التفاعل المذكور.
4

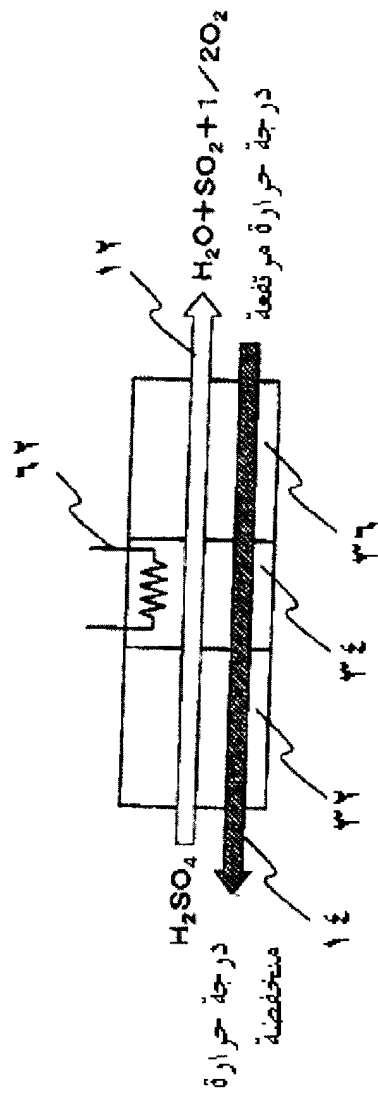
شكل رقم ١



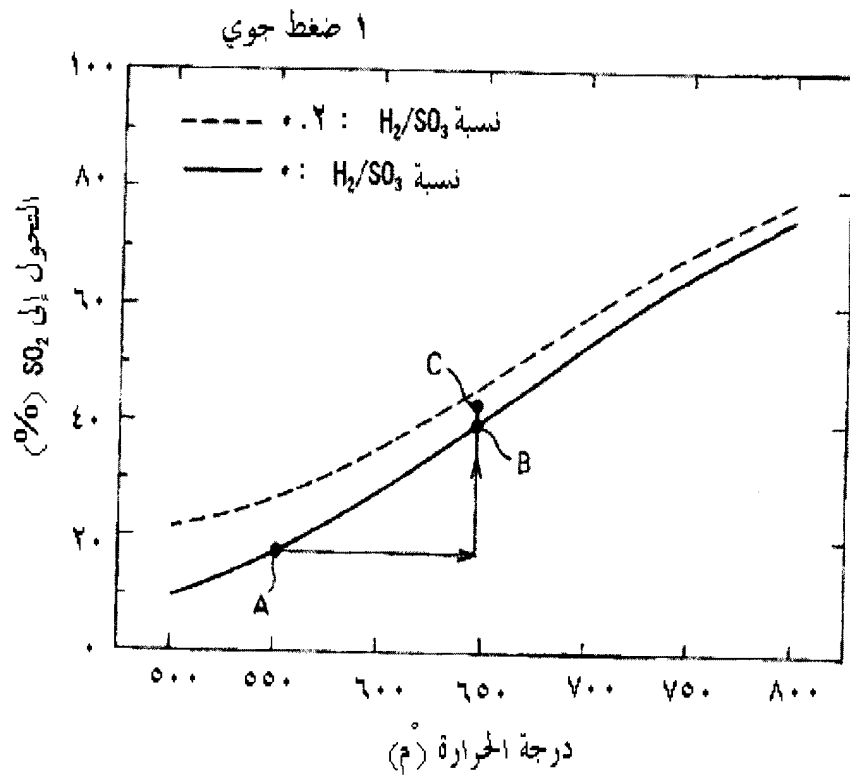
شكل رقم ٢



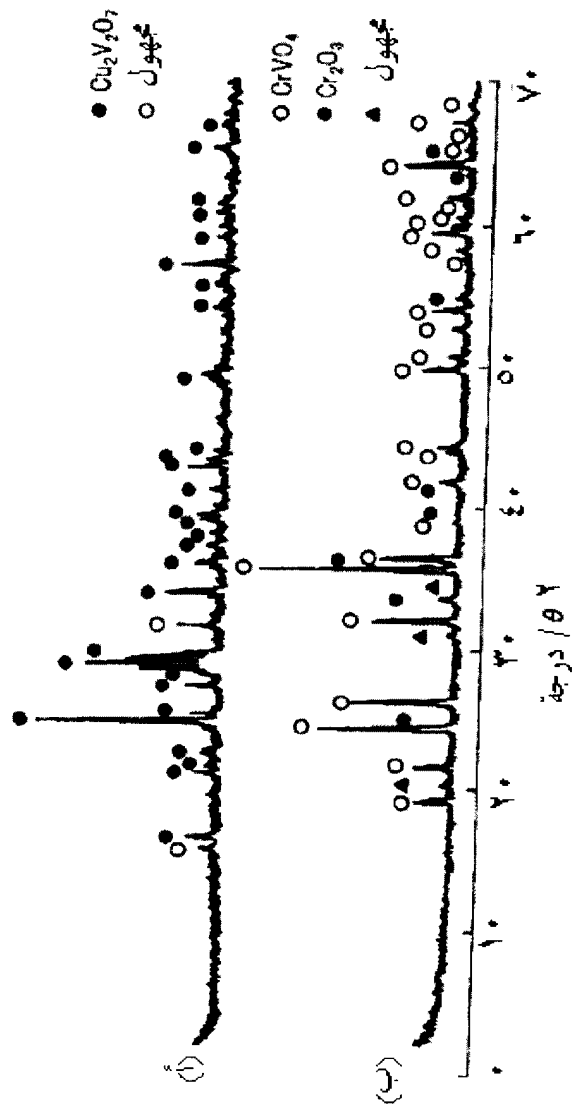
شكل رقم ٣



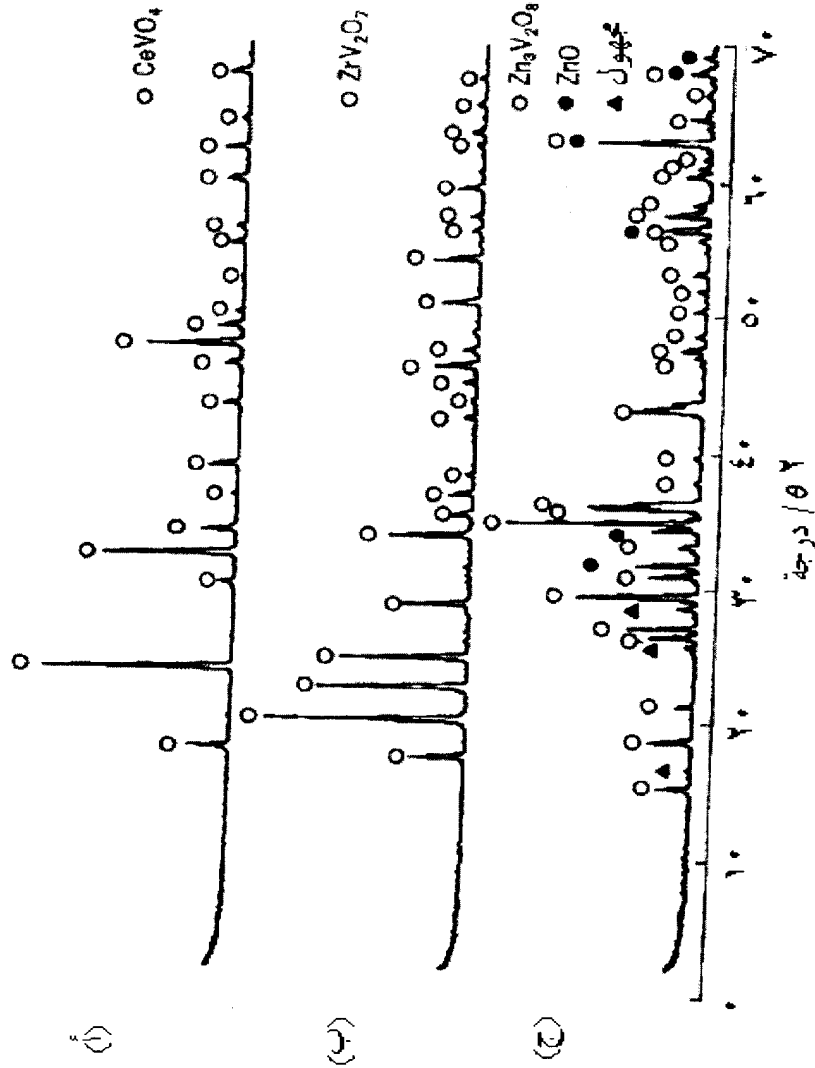
شكل رقم ٤



شکل رقم ۵



شكل رقم ٦



شکل رقم ۷

