

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2009.11.24	(73) Titular(es): SILVIA PIANTELLI STRADA PETRICCIO-BELRIGUARDO 120 53100 SIENA (SI) IT
(30) Prioridade(s): 2008.11.24 IT PI20080119	LUIGI BERGOMI IT
(43) Data de publicação do pedido: 2011.09.28	TIZIANO GHIDINI IT
(45) Data e BPI da concessão: 2013.01.16 078/2013	(72) Inventor(es): FRANCESCO PIANTELLI IT
	(74) Mandatário: ÁLVARO ALBANO DUARTE CATANA AVENIDA MARQUÊS DE TOMAR, Nº 44, 6º 1069-229 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA PRODUZIR ENERGIA E RESPECTIVO DISPOSITIVO**

(57) Resumo:

UM MÉTODO E UM GERADOR PARA PRODUZIR ENERGIA A PARTIR DE REACÇÕES NUCLEARES ENTRE HIDROGÉNIO E UM METAL, MÉTODO ESSE QUE COMPREENDE OS PASSOS DE: A) PRODUZIR UMA QUANTIDADE DETERMINADA DE AGLOMERADOS MICRO/NANOMÉTRICOS DE UM METAL DE TRANSIÇÃO, B) COLOCAR O HIDROGÉNIO EM CONTACTO COM OS REFERIDOS AGLOMERADOS E CONTROLAR A SUA PRESSÃO E VELOCIDADE, DE PREFERÊNCIA APÓS A APLICAÇÃO DE CICLOS DE VÁCUO DE PELO MENOS 10-9 BAR ENTRE 35 DEG E 500 DEG C PARA DESGASEIFICAR OS AGLOMERADOS; C) CRIAR UM CENTRO ACTIVO PARA AS REACÇÕES AQUECENDO OS AGLOMERADOS ATÉ UMA TEMPERATURA SUPERIOR À TEMPERATURA DE DEBYE (TD) DO METAL, DE PREFERÊNCIA UMA TEMPERATURA PRÓXIMA DE UMA TEMPERATURA NA QUAL OCORRA UM DESLIZAMENTO DOS PLANOS RETICULARES, DE MODO A ADSORVER O HIDROGÉNIO NOS AGLOMERADOS COMO IÕES H-; D) INICIAR AS REACÇÕES ATRAVÉS DE UM IMPULSO MECÂNICO, TÉRMICO, ULTRA-SÓNICO, ELÉCTRICO OU MAGNÉTICO NO NÚCLEO ACTIVO, LEVANDO OS ÁTOMOS DO METAL A CAPTURAR OS IÕES DE HIDROGÉNIO, COM LIBERTAÇÃO DE CALOR, DE PREFERÊNCIA NA PRESENÇA DE UM GRADIENTE DE TEMPERATURA NO NÚCLEO ACTIVO; E) REMOVER O CALOR MANTENDO A TEMPERATURA ACIMA DA TD, DE PREFERÊNCIA NA PRESENÇA DE UM CAMPO MAGNÉTICO E/OU ELÉCTRICO DE INTENSIDADE PREDETERMINADA.

RESUMO

«MÉTODO PARA PRODUIR ENERGIA E RESPECTIVO DISPOSITIVO»

Um método e um gerador para produzir energia a partir de reacções nucleares entre hidrogénio e um metal, método esse que compreende os passos de:

- a) produzir uma quantidade determinada de aglomerados micro/nanométricos de um metal de transição,
- b) colocar o hidrogénio em contacto com os referidos aglomerados e controlar a sua pressão e velocidade, de preferência após a aplicação de ciclos de vácuo de pelo menos 10^{-9} bar entre 35 DEG e 500 DEG C para desgaseificar os aglomerados;
- c) criar um centro activo para as reacções aquecendo os aglomerados até uma temperatura superior à temperatura de Debye (TD) do metal, de preferência uma temperatura próxima de uma temperatura na qual ocorra um deslizamento dos planos reticulares, de modo a adsorver o hidrogénio nos aglomerados como iões H^- ;
- d) iniciar as reacções através de um impulso mecânico, térmico, ultra-sónico, eléctrico ou magnético no núcleo activo, levando os átomos do metal a capturar os iões de hidrogénio, com libertação de calor, de preferência na presença de um gradiente de temperatura no núcleo activo;
- e) remover o calor mantendo a temperatura acima da TD, de preferência na presença de um campo magnético e/ou eléctrico de intensidade predeterminada.

DESCRIÇÃO

«MÉTODO PARA PRODUZIR ENERGIA E RESPECTIVO DISPOSITIVO»

Campo da invenção

[0001] A presente invenção refere-se a um processo para produzir energia através de reacções nucleares entre um metal e hidrogénio que é adsorvido na estrutura cristalina do metal. Além disso, a invenção refere-se a um gerador de energia que realiza essas reacções.

Descrição da arte anterior

[0002] Um método para produzir calor através de reacções nucleares causadas por hidrogénio que é adsorvido num núcleo activo de níquel foi descrito no documento W095/20816, em nome de Piantelli *et. al.*. Melhorias do processo são descritas em Focardi, Gabbani, Montalbano, Piantelli, Veronesi, "Large excess heat production in Ni-H systems", em II Nuovo Cimento, vol. IIIA, N.11, Novembro 1998, e respectiva bibliografia.

[0003] Um problema que foi observado durante as experiências foi a preparação dos núcleos nos quais o hidrogénio tinha de ser adsorvido e as reacções tinham de ser realizadas; tais núcleos eram feitos de níquel e tinham o formato de barras pequenas.

[0004] Um dos vários aspectos críticos do processo foi a escolha de um método adequado de adsorção de hidrogénio e a qualidade do hidrogénio, assim como a reprodutibilidade das condições desencadeadoras do processo.

[0005] Outros aspectos críticos foram o modo de limpeza da barra pequena antes da adsorção do hidrogénio, assim como o modo de optimização das condições da superfície da barra e o método para desencadear e terminar as reacções.

[0006] Devido a estes problemas, a preparação do processo e respectiva aplicação industrial revelaram ser consideravelmente difíceis.

[0007] Outro aspecto crítico é o dimensionamento e design do núcleo para atingir a potência pretendida.

[0008] Na patente DE4024515 é descrito um processo para obter energia a partir da fusão nuclear dos isótopos de hidrogénio, no qual os átomos são postos em contacto com aglomerados que contêm de três a cem mil átomos de metal de transição, e no qual os aglomerados são obtidos através do arrefecimento de partículas de metal finamente subdivididas.

Resumo da invenção

[0009] Assim, é uma característica da presente invenção fornecer um método de produção de energia através de reacções nucleares do hidrogénio que é adsorvido numa estrutura cristalina de um metal, que garanta a reprodutibilidade das condições desencadeadoras das reacções.

[0010] É igualmente uma característica da presente invenção fornecer esse método para produção industrial dos precursores dos núcleos activos, e para adsorção industrial do hidrogénio nestes.

[0011] É ainda outra característica da presente invenção fornecer um gerador de energia que efectue as reacções nucleares acima descritas, cuja taxa de produção e dimensão são também tais que permitam a produção industrial.

[0012] É igualmente uma característica da presente invenção fornecer tal gerador, que permita ajustar facilmente a potência de saída.

[0013] É ainda outra característica da presente invenção fornecer um gerador desse tipo que possa ser facilmente desligado.

[0014] Estas e outras características são concretizadas através de um método de produção de energia através de reacções nucleares entre hidrogénio e um metal, o referido método fornecendo os passos de:

- preparar antecipadamente uma quantidade determinada de cristais de um metal de transição, os referidos cristais dispostos como aglomerados micro/nanométricos que têm uma estrutura cristalina predeterminada, cada um dos referidos aglomerados tendo um determinado número de átomos do referido metal de transição que é inferior a um número predeterminado de átomos;
- colocar o hidrogénio em contacto com os referidos aglomerados;
- aquecer a referida quantidade determinada de aglomerados até uma temperatura de adsorção superior a uma temperatura crítica predeterminada, que é adaptada para provocar uma adsorção nas referidos aglomerados do referido hidrogénio como iões H^- , o referido hidrogénio como iões H^- continua disponível para as referidas

reações nucleares dentro do referido núcleo activo após o referido o passo de aquecimento;

- desencadear as referidas reações nucleares entre o referido hidrogénio como iões H^- e o referido metal dentro dos referidos aglomerados por um estímulo exterior exercido no referido núcleo activo que provoca a captura dos referidos iões H^- nos respectivos átomos dos referidos aglomerados, a referida sucessão de reações causando a produção de calor;
- remover o referido calor do referido núcleo activo mantendo a temperatura do referido núcleo activo acima da referida temperatura crítica, o referido passo de remover o referido calor efectuado de acordo com uma potência predeterminada.

[0015] Vantajosamente, o referido passo de preparar antecipadamente é realizado de tal modo que a referida quantidade determinada de cristais do referido metal de transição sob a forma de aglomerados micro/nanométricos é proporcional à referida potência.

[0016] O número de aglomerados é a variável através da qual pode ser obtida a potência predeterminada de um núcleo activo que compreende uma quantidade predeterminada de metal. A estrutura dos aglomerados micro/nanométricos é um requisito para produzir iões H^- e para os processos de captura orbital e nuclear supracitados. Para cada metal de transição, é possível identificar um número crítico de átomos abaixo dos quais uma estrutura de nível discreta (densidade electrónica, funcional da densidade electrónica e do potencial efectivo de Kohn-Sham) e anti-simetria de Pauli, tende a prevalecer em relação a uma estrutura em banda de acordo com a abordagem de Thomas-Fermi. A estrutura de níveis discreta está na origem das propriedades dos aglomerados, algumas das quais foram citadas acima.

Algumas características podem ser vantajosamente usadas para analisar a natureza da superfície, *i.e.* para estabelecer se os aglomerados estão presentes ou não.

[0017] De facto, cada aglomerado é um local onde ocorre uma reacção, como tal a potência que pode ser obtida é substancialmente independente do tamanho dos aglomerados, ou seja, do número de átomos que formam o aglomerado.

[0018] Em particular, o número de átomos dos aglomerados é seleccionado a partir de um grupo de números reconhecidos por originarem estruturas que são mais estáveis do que outros agregados que compreendem um número diferente de átomos. Esta estabilidade é uma condição para atingir uma reactividade elevada dos aglomerados em relação ao hidrogénio para produzir iões H^- . Por exemplo, foi identificada uma função de estabilidade para o níquel, que depende do número de átomos que formam os aglomerados, obtendo picos de estabilidade específicos que correspondem a números específicos.

[0019] O hidrogénio que é usado no método pode ser hidrogénio natural, *i.e.*, em particular, hidrogénio que contém deutério com uma abundância isotópica substancialmente igual a 0,015%. Em alternativa, este hidrogénio pode ser hidrogénio com um conteúdo de deutério que é distinto do acima indicado e/ou hidrogénio com um conteúdo de trítio significativo.

[0020] De preferência, o hidrogénio em utilização é hidrogénio molecular H_2 ; em alternativa, o hidrogénio é ionizado preliminarmente como H^- ou pode ser uma mistura que contém H^- e H_2 .

[0021] O metal de transição pode ser seleccionado do grupo composto por: Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Y, Zr, Nb,

Pd, Mo, Tc, Ru, Rh, Ag, Cd, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, lantanóides, actinóides. Estes metais pertencem a um dos quatro grupos de transição, *i.e.*:

- metais que têm uma camada 3d parcialmente preenchida, *e.g.* níquel;
- metais que têm uma camada 4d parcialmente preenchida, *e.g.* ródio;
- metais com uma camada 5d parcialmente preenchida, *i.e.* as "terras raras" ou lantanóides, *e.g.* cério;
- metais com uma camada 5d parcialmente preenchida, *i.e.* os actinóides, *e.g.* tório.

[0022] O metal em uso pode também ser uma liga de dois ou mais do que dois dos metais listados acima.

[0023] Entre os metais de transição listados ou respectivas ligas, os preferidos são os que cristalizam com uma estrutura cristalina seleccionada do grupo composto por:

- estrutura cristalina cúbica de face centrada;
- estrutura cristalina cúbica de corpo centrado;
- estrutura hexagonal compacta.

[0024] Vantajosamente, são usados metais com uma estrutura cristalina de face aberta, de modo a auxiliar a adsorção dos iões H^- nos aglomerados.

[0025] De preferência, o referido metal de transição é níquel. Em particular, o referido níquel é seleccionado do grupo composto por:

- Níquel natural, *i.e.* uma mistura de isótopos como Níquel 58, Níquel 60, Níquel 61, Níquel 62, Níquel 64;
- um Níquel que contém apenas um isótopo, o referido isótopo seleccionado do grupo composto por:

- Níquel 58;
- Níquel 60;
- Níquel 61;
- Níquel 62;
- Níquel 64;
- uma formulação compreendendo pelo menos dois desses isótopos numa proporção desejada.

[0026] Os iões H^- podem ser obtidos pelo tratamento, em condições operacionais particulares, de moléculas de hidrogénio H_2 que foram previamente adsorvidas na referida superfície do metal de transição, onde os electrões de valência semi-livre formam um plasma. Em particular, é necessário um aquecimento para causar vibrações de rede, *i.e.* fonões, cuja energia é superior a um primeiro limiar de energia de activação, através de fenómenos não-lineares e anarmónicos. Nessas condições, podem ocorrer os seguintes eventos:

- uma dissociação das moléculas de hidrogénio que é adsorvido na superfície;
- uma interacção com electrões de valência do metal e formação de iões H^- ;
- uma adsorção dos iões H^- nos aglomerados, em particular nos aglomerados que formam as duas ou três camadas de cristal que estão mais próximas da superfície. Os iões H^- podem apenas interagir fisicamente com o metal ou podem ligar-se quimicamente a este e, nesse caso, podem formar-se hidretos.

[0027] Os iões H^- podem também ser adsorvidos nos interstícios da rede, mas pode igualmente ocorrer

- adsorção nas arestas rugosas, através da captura dos iões nos defeitos da rede;

- substituição de um átomo do metal de um aglomerado.

[0028] Após este passo de adsorção, os iões H^- interagem com os átomos dos aglomerados, desde que seja excedido um segundo limiar de activação, que seja superior ao primeiro limiar. Ao exceder este segundo limiar, de acordo com o princípio de exclusão de Pauli e com o princípio da incerteza de Heisenberg, são criadas as condições para substituir electrões de átomos metálicos por iões H^- e, assim, para formar átomos complexos de metal-hidrogénio. Isto pode ocorrer devido à natureza de fermião do ião H^- ; contudo, já que os iões H^- têm uma massa 1838 vezes superior à massa do electrão, tendem a ir para camadas mais profundas e causam uma emissão de electrões Auger e de raios X. Subsequentemente, já que o raio de Bohr do ião H^- é comparável ao raio do núcleo metálico, os iões H^- podem ser capturados pelo núcleo metálico, causando uma reorganização estrutural e libertando energia por defeito de massa; os iões H^- podem agora ser expelidos como protões e podem gerar reacções nucleares com os núcleos vizinhos.

[0029] Detalhadamente, o átomo complexo que se formou por o átomo metálico ter capturado o ião H^- , de acordo com o princípio de conservação de energia, o princípio de exclusão de Pauli e o princípio da incerteza de Heisenberg, é forçado no sentido de um estado excitado, reorganizando-se deste modo pela migração do ião H^- em direcção a órbitas ou níveis mais profundos, *i.e.* em direcção a um estado de energia mínimo, emitindo assim electrões Auger e raios X durante as alterações de nível. O ião H^- cai num buraco potencial e concentra a energia que foi previamente distribuída num volume cujo raio é de cerca de 10^{-12} m num volume menor cujo raio é cerca de 5×10^{-15} m. No final do processo, o ião H^- está a uma distância do núcleo que é comparável com o raio nuclear; de facto, no estado fundamental do complexo do átomo que é formado através

da adição do ião H^- , devido à sua massa que é de longe superior à massa do electrão, o ião H^- é forçado a permanecer em tal nível profundo a uma distância do núcleo que é comparável com o raio nuclear, de acordo com o cálculo do raio de Bohr. Tal como afirmado acima afirmado, devido à distância curta em relação ao núcleo, é desencadeado um processo no qual o ião H^- é capturada pelo núcleo, com reorganização estrutural e libertação de energia por defeito de massa, similarmente ao que ocorre no caso de captura de electrões com reorganização estrutural e libertação de energia por defeito de massa ou em caso de perda de dois electrões, devido à sua instabilidade intrínseca, durante o processo de queda em direcção às camadas inferiores e eventualmente uma expulsão do ião H^- ocorre como um protão, como detectado experimentalmente na câmara de nuvens e podem ocorrer reacções nucleares com outros núcleos próximos, as referidas reacções sendo detectadas como transmutações no núcleo activo após a produção de energia.

[0030] De acordo com o acima descrito, o processo real não pode ser considerado como um processo de fusão de átomos de hidrogénio, em particular de átomos de isótopos de hidrogénio específicos; em vez disso, o processo tem de ser compreendido como a interacção de um metal de transição com hidrogénio no geral, na sua forma particular de ião H^- .

[0031] Vantajosamente, o referido número predeterminado dos referidos átomos de metal de transição dos referidos aglomerados é tal que uma porção de material do referido metal de transição sob a forma de aglomerados ou sem aglomerados apresenta uma transição de uma propriedade física do referido metal, a referida propriedade sendo seleccionada do grupo composto por:

- condutividade térmica;

- condutividade eléctrica;
- índice de refacção.

[0032] Em particular, o referido passo de preparar uma quantidade determinada de aglomerados micro/nanométricos compreende um passo de deposição de uma quantidade predeterminada do referido metal de transição na forma de aglomerados micro/nanométricos numa superfície de um substrato, *i.e.* um corpo sólido que tem um volume predeterminado e um formato predeterminado, em que a referida superfície do substrato contém pelo menos 10^9 aglomerados por centímetro quadrado.

[0033] O passo de preparar antecipadamente uma quantidade determinada de aglomerados pode também fornecer um passo de sinterizar a referida quantidade determinada de aglomerados micro/nanométricos, a referida sinterização preservando a estrutura cristalina e preservando substancialmente o tamanho dos referidos aglomerados.

[0034] O passo de preparar a quantidade específica de aglomerados permite a colheita de um pó de aglomerados num contentor, *i.e.* a colheita de uma quantidade determinada de aglomerados ou agregação de aglomerados soltos.

[0035] De preferência, o referido substrato contém na sua superfície pelo menos 10^{10} aglomerados por centímetro quadrado, em particular pelo menos 10^{11} aglomerados por centímetro quadrado, mais particularmente pelo menos 10^{12} aglomerados por centímetro quadrado.

[0036] De preferência, os referidos aglomerados formam no referido substrato uma fina camada do referido metal, cuja espessura é inferior a 1 micron; em particular tal espessura

tem a mesma magnitude da rede da estrutura cristalina do metal de transição. De facto, a activação do núcleo por adsorção dos iões H^- para dentro dos aglomerados refere-se apenas a algumas poucas camadas de cristal de superfície.

[0037] Em particular, o referido passo de depositar o referido metal de transição é efectuado por um processo de deposição física de vapores do referido metal.

[0038] O referido processo de deposição pode ser um processo de pulverização, no qual o substrato recebe sob vácuo uma determinada quantidade do metal sob a forma de átomos que são emitidos por um corpo que é bombardeado por um feixe de partículas.

[0039] Em alternativa, o processo de deposição pode compreender um passo de evaporação ou um passo de sublimação térmica e um passo de condensação subsequente no qual o metal condensa no referido substrato.

[0040] Em alternativa, o processo de deposição pode ser realizado por meio de uma deposição epitaxial, no qual o depósito atinge uma estrutura cristalina que é similar à estrutura do substrato, permitindo assim o controlo desses parâmetros.

[0041] O metal de transição pode também ser depositado por um processo de pulverização.

[0042] Em alternativa, o passo de deposição do metal de transição pode fornecer um passo de aquecimento do metal até uma temperatura próxima do ponto de fusão do metal, seguindo de um passo de arrefecimento lento. De preferência, o

arrefecimento lento prossegue até uma temperatura média do núcleo de cerca de 600°C.

[0043] O passo de deposição do metal é seguindo de um passo de arrefecimento rápido do substrato e o metal de transição é depositado, de modo a causar um "congelamento" do metal sob a forma de aglomerados que têm uma estrutura cristalina predeterminada.

[0044] Em particular, o referido arrefecimento rápido ocorre fazendo uma corrente de hidrogénio fluir na proximidade do referido metal de transição como depositado no referido substrato, a referida corrente tendo uma temperatura predeterminada que é inferior à temperatura do referido substrato.

[0045] Vantajosamente, o referido passo de colocar o hidrogénio em contacto com os referidos aglomerados é precedido de um passo de limpeza do referido substrato. Em particular, o referido passo de limpeza é realizado através da aplicação de um vácuo de pelo menos 10^{-9} bar a uma temperatura definida entre 350°C e 500°C, por um período de tempo predeterminado.

[0046] Vantajosamente, o referido vácuo é aplicado de acordo com um número predeterminado, de preferência não inferior a 10, de ciclos de vácuo e subsequente recuperação de uma pressão de hidrogénio substancialmente atmosférica. Deste modo, é possível remover quantitativamente o gás adsorvido no metal, em particular o gás que é adsorvido no metal do núcleo activo. De facto, esse gás reduz drasticamente a interacção entre o plasma dos electrões de valência e os iões de hidrogénio e pode limitar ou evitar a adsorção do hidrogénio nos aglomerados, mesmo se tiver ocorrido uma adsorção inicial

na superfície do metal. Se o substrato e o metal depositado são expostos a uma temperatura que é significativamente superior a 500°C, a estrutura do aglomerado pode ser irremediavelmente danificada.

[0047] Vantajosamente, durante o referido passo de colocar o hidrogénio em contacto com os referidos aglomerados, o referido hidrogénio tem uma pressão parcial definida entre 0,001 milibar e 10 bar, em particular entre 1 milibar e 2 bar, de modo a garantir um número óptimo de colisões entre a superfície dos referidos aglomerados e as moléculas de hidrogénio: de facto, uma pressão excessiva aumenta a frequência das colisões, o que pode causar a dessorção da superfície, assim como outros fenómenos parasitas.

[0048] Vantajosamente, durante o referido passo de colocação do hidrogénio em contacto com os referidos aglomerados, o hidrogénio flui a uma velocidade inferior a 3 m/s.

O referido hidrogénio flui de preferência segundo uma direcção que é substancialmente paralela à superfície dos referidos aglomerados. Nessa condição, as colisões entre as moléculas de hidrogénio e o substrato metálico ocorre de acordo com ângulos de pequeno impacto, que auxiliam a adsorção na superfície dos aglomerados e previne os fenómenos de reemissão nos passos subsequentes de formação de iões H^- .

[0049] Vantajosamente, o referido passo de criação de um núcleo activo por adsorção do hidrogénio nas referidos aglomerados é efectuado a uma temperatura próxima da temperatura a que ocorre o deslizamento dos planos reticulares do metal de transição, a referida temperatura na qual ocorre um deslizamento sendo definida entre as temperaturas respectivas que correspondem aos picos de absorção α e β .

[0050] Vantajosamente, a concentração de iões H^- em relação aos átomos do metal de transição dos referidos aglomerados é superior a 0,01 para melhorar a eficiência do processo produção de energia. Em particular, esta concentração é superior a 0,08.

[0051] Vantajosamente, após o referido passo de criar um núcleo activo através da adsorção de hidrogénio nos referidos aglomerados, é fornecido um passo de arrefecimento do referido núcleo activo até à temperatura ambiente, e o referido passo de desencadear uma sucessão de reacções nucleares fornece um aumento rápido da temperatura do referido núcleo activo a partir da referida temperatura ambiente para a referida temperatura que é superior à referida temperatura crítica predeterminada. Em particular, a referida elevação rápida da temperatura ocorre num período de tempo inferior a cinco minutos.

[0052] A temperatura crítica é normalmente definida entre 100 e 450°C, mais frequentemente entre 200 e 450°C. Mais detalhadamente, a temperatura crítica é superior à temperatura de Debye do referido metal.

[0053] Em particular, o referido passo de desencadear as referidas reacções nucleares fornece uma acção de desencadeamento por impulsos, seleccionada do grupo composto por:

- um choque térmico, em particular causado por um fluxo de um gás, em particular de hidrogénio, que tem uma temperatura predeterminada que é inferior à temperatura do núcleo activo;

- um impulso mecânico, em particular um impulso mecânico cuja duração é inferior a 1/10 de segundo;
- um impulso ultra-sónico, em particular um impulso ultra-sónico cuja frequência é definida entre 20 e 40 kHz;
- um raio laser que incide por impulsos sobre o referido núcleo activo;
- uma aplicação por impulsos de um pacote de campos electromagnéticos, em particular os referidos campos seleccionados do grupo composto por: um impulso de radiofrequência cuja frequência é superior a 1 kHz; raios X; raios γ ;
- um impulso de eletrostricção que é gerado por uma corrente eléctrica de impulso que flui através de uma parte eletrostrictiva do referido núcleo activo;
- uma aplicação por impulsos de um feixe de partículas elementares; em particular, essas partículas elementares sendo seleccionadas do grupo composto por electrões, prótons e neutrões;
- uma aplicação por impulsos de um feixe de iões de elementos, em particular de iões de um ou mais metais de transição, os referidos elementos sendo seleccionados de um grupo que exclui O; Ar; Ne; Kr; Rn; N; Xe.
- um impulso de tensão eléctrica que é aplicado entre dois pontos da porção piezoeléctrica do referido núcleo activo;
- uma magnetoestricção impulsiva que é gerada por um impulso de campo magnético em conjunto com o referido núcleo activo que tem uma porção magnetostrictiva.

[0054] Esta acção de desencadeamento por impulsos gera vibração da estrutura, i.e. fonões, cuja amplitude é tal que os iões H^- podem exceder o segundo limiar de activação criando, assim, as condições que são necessárias para substituir

electrões de átomos do metal, para formar complexos de iões de metal-hidrogénio temporários.

[0055] De preferência, o referido passo de desencadeamento das referidas reacções nucleares associa-se a um passo de criação de um gradiente, *i.e.* uma diferença de temperatura, entre dois pontos do referido núcleo activo. Este gradiente situa-se preferencialmente entre 100°C e 300°C. Isto reforça as condições para movimentos anarmónicos da estrutura, que estão na base do mecanismo pelo qual os iões H^- são produzidos.

[0056] Vantajosamente, é estipulado um passo de modulação da referida energia que é fornecida pelas referidas reacções nucleares.

[0057] Em particular, o referido passo de modulação compreende remover e/ou adicionar núcleos activos ou porções de núcleo activo a partir de/para uma câmara de geração que contém um ou mais núcleos activos durante o referido passo de remoção do referido calor.

[0058] O referido passo de modulação compreende um passo de aproximação/afastamento de folhas do referido metal de transição que forma o referido núcleo activo na presença de um fluxo de hidrogénio.

[0059] O passo de modulação pode ainda ser accionado por protões de absorção e partículas alfa em absorventes em forma de lâmina que estão dispostos entre folhas do referido metal de transição que forma o referido núcleo activo. A densidade dessas emissões é uma característica essencial para ajustar a referida potência.

[0060] Vantajosamente, é providenciado um passo para parar as

referidas reacções nucleares no núcleo activo, que compreende uma acção seleccionada do grupo composto por:

- um impulso mecânico suplementar;
- arrefecimento do referido núcleo activo abaixo de uma temperatura predeterminada, em particular abaixo da referida temperatura crítica predeterminada;
- um fluxo de gás, em particular um fluxo de árgon, no referido núcleo activo.

[0061] Em particular, o referido passo de parar as referidas reacções nucleares pode compreender reduzir a temperatura de entrada do fluido de troca de calor abaixo da referida temperatura crítica.

[0062] Vantajosamente, a referida sucessão de reacções com produção de calor é realizada na presença de um sector predeterminado seleccionado do grupo composto por:

- um campo de indução magnética cuja intensidade é estabelecida entre 1 Gauss e 70.000 Gauss;
- um campo eléctrico cuja intensidade é definida entre 1 V/m e 300.000 V/m.

[0063] Os objectivos da invenção são também alcançados através de um gerador de energia que é obtido a partir de uma sucessão de reacções nucleares entre hidrogénio e um metal, em que o referido metal é um metal de transição, o referido gerador compreendendo:

- um núcleo activo que compreende uma quantidade predeterminada do referido metal de transição;
- uma câmara de geração que, em utilização, contém o referido núcleo activo;

- um meio para aquecimento do referido núcleo activo dentro da referida câmara de geração até uma temperatura superior a uma temperatura crítica predeterminada;
- um meio para desencadear a referida reacção nuclear entre o referido metal de transição e o referido hidrogénio;
- um meio para remover da referida câmara de geração o calor que se desenvolve durante a referida reacção no referido núcleo activo de acordo com uma potência determinada;

a característica principal do referido gerador é que:

- o referido núcleo activo compreende uma quantidade determinada de cristais do referido metal de transição, os referidos cristais sendo aglomerados micro/nanométricos que têm uma estrutura cristalina predeterminada de acordo com o referido metal de transição, cada um dos referidos aglomerados tendo um número de átomos do referido metal de transição que é inferior a um número predeterminado de átomos.

[0064] Vantajosamente, a referida quantidade determinada de cristais do referido metal de transição sob a forma de aglomerados micro/nanométricos é proporcional à referida potência.

[0065] Vantajosamente, os referidos aglomerados contêm hidrogénio que é adsorvido como iões H^- .

[0066] De preferência, o referido meio de aquecimento do referido núcleo activo compreende uma resistência eléctrica na qual, em utilização, flui uma corrente eléctrica.

[0067] Em particular, o referido núcleo activo compreende um substrato, *i.e.* um corpo sólido com um volume e uma forma predeterminados, em cuja superfície a referida quantidade

determinada de aglomerados micro/nanométricos do referido metal de transição é depositada, em pelo menos 10^9 aglomerados por centímetro quadrado, de preferência em pelo menos 10^{10} aglomerados por centímetro quadrado, em particular em pelo menos 10^{11} aglomerados por centímetro quadrado, mais particularmente em pelo menos 10^{12} aglomerados por centímetro quadrado.

[0068] Vantajosamente, o referido núcleo activo tem uma superfície aumentada, *i.e.* uma superfície cuja área é superior à área de um invólucro convexo do referido núcleo activo, em particular uma área A e um volume V ocupado pelo referido núcleo activo em relação a uma condição seleccionada do grupo composto por:

- $A/V > 12/L$, em particular $A/V > 100/L$;
- $A/V > 500 \text{ m}^2/\text{m}^3$,
- Onde L é uma dimensão do impedimento do referido núcleo activo, a referida superfície aumentada em particular sendo obtida usando como substrato um corpo que é permeável ao referido hidrogénio, o referido corpo sendo preferencialmente seleccionado do grupo composto por:
 - um pacote de folhas do referido metal de transição, cada folha tendo pelo menos uma face disponível para adsorver o referido hidrogénio, em particular uma face que compreende uma superfície aumentada;
 - um agregado obtido por sinterização de partículas de qualquer formato, em particular esferas, cilindros, prismas, barras, lâminas, normalmente as referidas partículas tendo granulometria nano- ou micrométrica, as referidas partículas definindo as porosidades do referido núcleo activo;
 - um agregado obtido por sinterização dos grupos micro/nanométricos do referido metal de transição;

- um pó de aglomerados colhido num contentor, o referido invólucro convexo limitado por um contentor do referido pó, por exemplo um contentor feito de cerâmica.

[0069] De preferência, o referido metal de transição é seleccionado do grupo composto por: Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Y, Zr, Nb, Pd, Mo, Tc, Ru, Rh, Ag, Cd, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, lantanóides, actinóides, uma liga de dois ou mais de dois dos metais acima listados; em particular o referido níquel é seleccionado do grupo composto por:

- Níquel natural, *i.e.* uma mistura de isótopos como Níquel 58, Níquel 60, Níquel 61, Níquel 62, Níquel 64;
- um Níquel que contém apenas um isótopo, o referido isótopo seleccionado do grupo composto por:
- Níquel 58;
- Níquel 60;
- Níquel 61;
- Níquel 62;
- Níquel 64;
- uma formulação compreendendo pelo menos dois desses isótopos numa proporção desejada.

[0070] O referido meio de desencadeamento pode ser:

- um meio para criar um choque térmico no referido núcleo activo, em particular por meio de um fluxo de hidrogénio que é mantido a uma temperatura predeterminada inferior à temperatura do núcleo activo;
- um meio para criar um impulso mecânico, em particular um impulso que dura menos de 1/10 de segundo;
- um meio para criar um impulso ultra-sónico;
- um meio para projectar um impulso de raio laser no referido núcleo activo;

- um meio para aplicação por impulsos de um pacote de campos electromagnéticos, em particular os referidos campos sendo seleccionados do grupo composto por: um impulso de radiofrequência cuja frequência é superior a 1 kHz; raios X; raios γ ;
- um meio para criar uma corrente de impulso eléctrico através de uma porção eletrostrictiva do referido núcleo activo,
- um meio para aplicação de um impulso de tensão eléctrica entre dois pontos da porção piezoeléctrica do referido núcleo activo;
- um meio para aplicação por impulsos de um feixe de partículas elementares em particular as referidas partículas seleccionadas entre: electrões; prótons; neutrões;
- um meio para aplicação por impulsos de um feixe de iões de elementos, em particular de iões de um ou mais metais de transição, os referidos elementos seleccionados de um grupo que exclui O; Ar; Ne; Kr; Rn; N; Xe.
- um meio para aplicação de um impulso de campo magnético em conjunto com um referido núcleo activo que tem uma porção magnetostrictiva.

[0071] Preferencialmente, é associado um meio ao referido meio de desencadeamento que é adaptado para criar um gradiente, *i.e.* uma diferença de temperatura entre dois pontos do referido núcleo activo, em particular a referida diferença de temperatura sendo definida entre 100°C e 300°C.

[0072] Preferencialmente, o referido núcleo activo é disposto em utilização a uma distância inferior a 2 mm em relação a uma parede interna da referida câmara de geração. Deste modo, é aumentada a produção de iões H^- , já que esta distância é

comparável com o percurso livre médio das moléculas de hidrogénio à temperatura de trabalho e à pressão de trabalho.

[0073] Vantajosamente, o referido gerador compreende um meio para a referida modulação de energia que é libertada pelas referidas reacções nucleares.

[0074] O referido meio de modulação pode compreender um meio para remover/adicionar núcleos activos ou porções de núcleo activo da/para dentro da referida câmara de geração.

[0075] Em particular, o referido núcleo activo compreende um conjunto de folhas finas, de preferência as referidas folhas finas têm uma espessura que é inferior a um micron, que são dispostas voltadas umas para as outras e o referido meio de modulação compreende uma estrutura que é adaptada para aproximar e/ou afastar as referidas folhas enquanto é modulado um fluxo de hidrogénio que flui na proximidade do referido núcleo.

[0076] Ainda no caso de um núcleo activo que compreende folhas que estão dispostas adjacentes umas às outras, o referido meio de modulação pode compreender absorventes em forma de lâmina que são dispostos entre as folhas do referido metal de transição que forma o referido núcleo activo, os referidos absorventes estando adaptados para absorver protões e partículas alfa que são emitidos pelo núcleo activo durante as reacções.

[0077] Vantajosamente, o referido gerador compreende ainda um meio para parar a referida reacção no núcleo activo.

[0078] Em particular, o referido meio para parar a reacção é seleccionado do grupo composto por:

- um meio para criar um impulso mecânico adicional;
- um meio de arrefecimento do referido núcleo activo para uma temperatura predeterminada, em particular abaixo da referida temperatura crítica predeterminada;
- um meio para transportar um gás, em particular árgon, sobre o referido núcleo activo.

[0079] Em particular, o referido núcleo activo compreende um conjunto de folhas finas, de preferência as referidas folhas têm uma espessura que é inferior a um micron, as referidas folhas dispostas voltadas umas para as outras e o referido meio de modulação sendo fornecido pela referida estrutura e pelos referidos absorventes.

[0080] Vantajosamente, o referido gerador compreende um meio para criar um campo predeterminado no referido núcleo activo, o referido campo sendo seleccionado do grupo composto por:

- um campo de indução magnética cuja intensidade é estabelecida entre 1 Gauss e 70.000 Gauss;
- um campo eléctrico cuja intensidade é definida entre 1 V/m e 300.000 V/m.

[0081] Vantajosamente, o referido gerador compreende uma secção para produzir uma quantidade determinada de aglomerados num substrato sólido, a referida secção incluindo:

- uma câmara de preparação de aglomerados;
- um meio para carregar o referido substrato na referida câmara de preparação de aglomerados;
- um meio para criar e manter condições de vácuo em torno do referido substrato dentro da referida câmara de preparação de aglomerados, em particular um meio para criar e manter uma pressão residual igual ou inferior a 10^{-9} bar;

- um meio de aquecimento e manutenção do referido substrato a uma temperatura elevada na referida câmara de preparação de aglomerados, em particular um meio para elevar e manter uma temperatura definida entre 350°C e 500°C para o referido substrato, quando a pressão residual é igual ou inferior a 10^{-9} bar;
- um meio para deposição do referido metal de transição no referido substrato, de preferência através de uma técnica seleccionada do grupo composto por:
 - uma técnica de pulverização;
 - uma técnica de aspersão;
 - uma técnica que compreenda a evaporação e depois a condensação da referida quantidade predeterminada do referido metal no referido substrato;
 - uma técnica de deposição epitaxial;
 - uma técnica que compreende o aquecimento do metal até uma temperatura aproximada do ponto de fusão do metal, o referido aquecimento sendo seguido de um arrefecimento lento;
- um meio para arrefecimento rápido do referido substrato e do referido metal de transição, de forma a que o referido metal de transição seja congelado como aglomerados com a referida estrutura cristalina.

[0082] Vantajosamente, a referida secção para produzir uma quantidade determinada de aglomerados compreende um meio para detectar uma transição de uma propriedade física durante o referido passo de deposição, em particular de uma propriedade física seleccionada do grupo composto por:

- condutividade térmica;
- condutividade eléctrica;
- índice de refacção.

A referida transição ocorrendo quando é excedido o referido número predeterminado de átomos do referido metal de transição num aglomerado em crescimento.

[0083] Vantajosamente, a referida secção para produzir uma determinada quantidade de aglomerados compreende um meio para detectar a densidade superficial de aglomerados, i.e. o número médio de aglomerados por centímetro quadrado da referida superfície durante o referido passo de deposição.

[0084] De preferência, a referida secção para produzir uma quantidade determinada de aglomerados compreende um meio de controlo da concentração para controlar a concentração de iões H^- em relação aos átomos do metal de transição dos referidos aglomerados.

[0085] De preferência, a referida secção para produzir uma quantidade determinada de aglomerados compreende um meio de controlo da espessura para controlar a espessura de uma camada dos referidos aglomerados, de modo a garantir que a referida espessura se situa entre 1 nanómetro e 1 micron.

[0086] Vantajosamente, o referido gerador compreende uma secção para produzir um núcleo activo, a referida secção para produzir um núcleo activo incluindo:

- uma câmara de tratamento de hidrogénio que é distinta da referida câmara de geração;
- um meio para carregar a referida quantidade determinada de aglomerados na referida câmara de tratamento;
- um meio para aquecimento da referida quantidade de aglomerados na referida câmara de tratamento de hidrogénio até uma temperatura superior a uma temperatura crítica predeterminada;

- um meio para fazer o referido hidrogénio fluir dentro da referida câmara de tratamento de hidrogénio, o referido hidrogénio tendo uma pressão parcial predeterminada, em particular uma pressão parcial definida entre 0,001 milibar e 10 bar; mais particularmente entre 1 milibar e 2 bar;
- meios para transferir o referido núcleo activo da referida câmara de tratamento de hidrogénio para a referida câmara de geração.

[0087] De preferência, os referidos meios para fazer fluir o referido hidrogénio são tais que o referido hidrogénio flui segundo uma direcção que é substancialmente paralela a uma superfície exposta do referido substrato. Em particular, o referido hidrogénio tem uma velocidade que é inferior a 3 m/s.

[0088] Vantajosamente, a referida secção para produzir um núcleo activo compreende um meio para arrefecer o referido núcleo activo preparado até à temperatura ambiente, e o referido meio de aquecimento do referido núcleo activo dentro da referida câmara de geração está adaptado para aquecer o referido núcleo activo até à referida temperatura predeterminada que se situa entre 100 e 450°C num período de tempo inferior a cinco minutos.

[0089] Em particular, o referido arrefecimento rápido na referida câmara de preparação dos aglomerados e/ou o referido arrefecimento até à temperatura ambiente na referida câmara de tratamento de hidrogénio é/são obtidos por meio do referido fluxo de hidrogénio no referido núcleo activo, o referido fluxo tendo uma temperatura predeterminada que é inferior à temperatura do referido núcleo activo.

[0090] Os objectivos da invenção são também alcançados através de um aparelho para produção de energia que compreende:

- um meio para gerar uma substância no estado gasoso ou em vapor a uma primeira pressão predeterminada, o referido meio de geração estando associado a uma fonte de calor;
- um meio para expandir a referida substância a partir da referida primeira pressão para uma segunda pressão predeterminada, produzindo trabalho útil;
- um meio de arrefecimento da referida substância para uma temperatura predeterminada, em particular a referida temperatura predeterminada sendo inferior à temperatura de evaporação da referida substância no estado de vapor;
- um meio para comprimir a referida substância arrefecida para a referida primeira pressão;

em que o referido meio é atravessado por sua vez por uma quantidade substancialmente fixa da referida substância, o referido meio para comprimir alimentando o referido meio de geração; a característica principal deste aparelho sendo que a referida fonte de calor compreende um gerador de energia de acordo com a invenção como o meio definido acima.

[0091] Em particular, o aparelho acima usa um ciclo de Rankine fechado; vantajosamente, o fluido termodinâmico é um fluido orgânico que tem uma temperatura crítica e uma pressão crítica que são pelo menos tão elevadas quanto no caso do tolueno ou de um fluido ORC, em particular de um fluido que se baseie em 1,1,1,3,3-pentafluoropropano, também conhecido como HFC 245fa ou simplesmente 245fa.

Descrição resumida dos desenhos

[0092] A invenção será clarificada por intermédio da descrição que se segue de uma modalidade exemplificativa, que exemplifica sem limitar, em conjugação com os desenhos em anexo, nos quais:

- A figura 1 é um diagrama em blocos de uma modalidade do método de acordo com a invenção;
- A figura 2 é uma vista esquemática de uma camada de cristal que é formada por aglomerados depositados na superfície de um substrato;
- A figura 3 é uma vista esquemática das interações entre o hidrogénio e os aglomerados numa vista local ampliada da Fig. 2;
- A figura 4 indica os metais de transição que são mais adaptados para serem usados no método de acordo com a invenção;
- A figura 5 representa esquematicamente a captura orbital de um ião de hidrogénio negativo por um átomo do metal de transição;
- As figuras 6, 7, 8 são representações esquemáticas de uma estrutura cristalina cúbica de face centrada;
- A figura 9 representa esquematicamente a estrutura cristalina cúbica de corpo centrado;
- A figura 10 representa esquematicamente uma estrutura cristalina hexagonal compacta;
- A figura 11 é uma vista esquemática da distribuição de átomos de hidrogénio em tal estrutura cristalina;
- A figura 12 é um diagrama em blocos das partes do passo de preparação antecipada dos aglomerados da Fig. 1, para obter uma estrutura da superfície dos aglomerados;
- A figura 13 mostra um perfil de temperatura típico do que está representado na Fig. 12;

- A figura 14 é um diagrama de blocos das partes do passo de preparação antecipada de aglomerados e do passo de tratamento de hidrogénio dos referidos aglomerados para obter um núcleo activo;
- A figura 15 mostra um perfil térmico típico de um processo que compreende os passos apresentados na Fig. 14;
- A figura 16 mostra um reactor que está adaptado para produzir energia, de acordo com a presente invenção, através de uma reacção nuclear desencadeada por impulsos de hidrogénio adsorvido num metal de transição;
- A figura 17 mostra esquematicamente um dispositivo de preparação de um núcleo activo de acordo com a invenção;
- A figura 18 mostra esquematicamente um gerador que compreende o reactor da Fig. 16 e o dispositivo da Fig. 17;
- As figuras 19 à 23 mostram modalidades alternativas exemplificativas do núcleo activo de acordo com a invenção;
- A figura 24 mostra um gradiente de temperatura através de um núcleo activo.

Descrição das modalidades exemplificativas preferidas.

[0093] Nas Figs. 1, 2 e 3 é descrita uma modalidade exemplificativa 100 do método de acordo com a invenção, para produzir energia por uma sucessão de reacções entre hidrogénio 31 e um metal de transição 19. De acordo com esta modalidade exemplificativa, o método fornece um passo 110 de preparação antecipada de aglomerados 21, por exemplo uma camada de aglomerados 20 num substrato 22, esta camada 20 sendo definida pela superfície 23. Uma camada de cristal 20 de espessura d , preferencialmente entre 1 nanómetro e 1 micron, está

representada esquematicamente. O metal é depositado com um processo adaptado para garantir que os cristais conforme depositados têm normalmente um número de átomos do metal de transição inferior a um número crítico predeterminado, para além do qual o cristal perde o carácter dos aglomerados. No caso de preparação antecipada dos aglomerados num substrato, o processo de deposição é adaptado para assegurar que 1 centímetro quadrado de superfície 23 define em média pelo menos 10^9 aglomerados 21.

[0094] O método fornece, então, um passo de tratamento 120 dos aglomerados com hidrogénio 31, no qual o hidrogénio 31 é posto em contacto com a superfície 23 dos aglomerados 21, de modo a obter uma população de moléculas 33 de hidrogénio que é adsorvida na superfície 23, como representado na Fig. 3.

As ligações entre os átomos das moléculas de hidrogénio são enfraquecidas, até se verificar uma cisão homolítica ou heterolítica das moléculas 33, obtendo, respectivamente, um par de átomos de hidrogénio 34 ou um par composto por um ião de hidrogénio negativo H^- 35 e um ião de hidrogénio positivo H^+ 36, a partir de cada molécula diatómica 33 de hidrogénio. Uma contribuição para este processo de enfraquecimento da ligação e de produção, em particular, de iões H^- 35 é fornecida por um passo de aquecimento 130 da superfície 23 dos aglomerados até uma temperatura T_1 superior a uma temperatura crítica predeterminada e T_D , tal como representado na Fig. 15; este aquecimento causa ainda uma adsorção do hidrogénio sob a forma de iões H^- 37 em aglomerados 21 (Fig. 3).

[0095] Os aglomerados 21 com o hidrogénio adsorvido 37 desta forma representam um núcleo activo que está disponível para reacções nucleares, que podem ser iniciadas através de um passo de desencadeamento 140; esse passo consiste no fornecimento de um impulso de energia 26 que causa a captura

150 por um átomo 38 dos aglomerados dos iões H^- 37 adsorvidos dentro dos aglomerados, com a consequente troca de um electrão 42, como representado esquematicamente na Fig. 5, de tal modo que a sucessão de reacções causa uma libertação de energia 43 à qual se associa um passo 160 de produção de calor 27, que requer um passo de remoção 170 deste calor no sentido de uma utilização, não representada.

[0096] Durante o passo 110 de preparação antecipada dos grupos 21, o número predeterminado de átomos do metal de transição dos aglomerados é controlado respeitando uma propriedade física do metal de transição, seleccionada por exemplo entre condutividade térmica, condutividade eléctrica, índice de refacção. Estas quantidades físicas têm uma transição líquida, quando o número de átomos de um agregado de cristal excede um número crítico acima do qual o agregado perde as propriedades de aglomerado. Para cada metal de transição, existe de facto um número de átomos detectável abaixo do qual uma estrutura de nível discreta segundo Kohn-Sham tende a prevalecer em relação a uma estrutura em banda segundo Thomas-Fermi, que é responsável pelas características principais que definem as muitas características dos aglomerados, algumas dessas propriedades sendo usadas para determinar a natureza da superfície 23 durante o passo 110 de preparação antecipada dos aglomerados.

[0097] Na Fig. 4 na tabela periódica dos elementos químicos é indicada a posição dos metais de transição que são adequados para o processo. Estes são, nomeadamente, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Y, Zr, Nb, Pd, Mo, Tc, Ru, Rh, Ag, Cd, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, lantanóides, actinóides, uma liga de dois ou mais de dois dos metais acima listados. Estes metais pertencem a um dos quatro grupos de metais de transição, i.e.:

- metais que têm uma camada 3d parcialmente preenchida, e.g. níquel;
- metais que têm uma camada 4d parcialmente preenchida, e.g. ródio;
- metais com uma camada 5d parcialmente preenchida, i.e. as "terras raras" ou lantanóides, e.g. cério;
- metais com uma camada 5d parcialmente preenchida, i.e. os actinóides, e.g. tório. A conformação electrónica particular dos metais de transição permite de facto que sejam criadas condições de anarmonicidade, de forma que os vectores de onda se somam com cada um dos fonões, que interferem na superfície do metal que também é uma superfície de descontinuidade, e é gerada uma flutuação reticular que está simultaneamente em fase espacial e em fase temporal dentro dos aglomerados, e de forma que é excedido um "intervalo" de energia que é necessário para iniciar uma cadeia de processos cuja acção final é a captura orbital do ião H^- 37, como representado esquematicamente na Fig. 5. De modo a obter um resultado que seja industrialmente aceitável, é necessário atingir uma temperatura superior à temperatura de Debye T_D , por exemplo a temperatura T_1 como representado na fig. 15, que mostra uma tendência de temperatura típica a partir do passo de aquecimento 130 para o passo de remoção do calor 170, durante o qual é obtido um valor equilibrado da temperatura T_{eq} no núcleo activo 1. O passo de desencadeamento é auxiliado pela presença de um gradiente térmico ΔPT ao longo da superfície de metal do núcleo activo 1, tal como representado, por exemplo, na Fig. 24.

[0098] Os aglomerados 21 (Figs. 2 e 3) têm uma estrutura cristalina 19 que é típica dos metais de transição seleccionados ou das ligas de metais de transição. Nas Figs. 6 a 10 são representados retículos cristalinos com faces

abertas, que auxiliam o processo de adsorção do hidrogénio, sob a forma de ião H^- 37 (Fig. 3), num aglomerado 21, caracterizado por esse arranjo estrutural. Estes compreendem:

- estrutura cristalina cúbica de face centrada, fcc [110] (Figs. 6, 7 e 8);
- estrutura cristalina cúbica de corpo centrado, bcc [111] (Fig. 9);
- estrutura hexagonal compacta, hcp [1010] (Fig. 10).

[0099] Por exemplo, o níquel pode cristalizar de acordo com a estrutura cúbica de face centrada representada na vista em perspectiva da Fig. 6, onde seis átomos 2 são representados dispostos de acordo com um plano diagonal.

[0100] Na Fig. 7 está representado um plano de topo de um modelo tridimensional que compreende uma pluralidade de átomos dispostos de acordo com a estrutura da Fig. 6, ao passo que a Fig. 8 é uma vista em perspectiva de um modelo que mostra, entre os átomos do nível superior, seis átomos 2 que estão dispostos em duas filas diferentes separadas de um espaço 60. Como representado na Fig. 11, neste espaço 60 os átomos de hidrogénio 37 estão dispostos sob a forma de iões H^- adsorvidos na estrutura cristalina acima descrita. Isso ocorre também no caso dos metais de transição que cristalizam numa estrutura cristalina cúbica de corpo centrado, como representado na vista perspectiva de Fig. 9, onde os cinco átomos 2 são representado dispostos nos vértices e no centro de plano diagonal de um cubo, e também para metais que cristalizam na estrutura de Fig. 10.

[0101] O passo de preparação antecipada de aglomerados 110, no caso de um núcleo activo que é obtido por deposição de uma quantidade predeterminada do referido metal de transição sob a forma de aglomerados micro/nanométricos numa superfície de

substrato, é representado mais detalhadamente no diagrama de blocos da Fig. 12 e no perfil de temperatura da Fig. 13. Em particular, após um passo 111 de carregamento de um substrato numa câmara de preparação, é fornecido um passo 113 de deposição do metal de transição no substrato, de preferência por meio de pulverização, aspersão ou deposição epitaxial; o metal depositado sendo então aquecido ainda mais para uma temperatura próxima da temperatura de fusão T_f (Fig. 13), de modo a levá-lo a uma fusão incipiente, e então segue-se um passo de arrefecimento lento 118, em particular até uma temperatura média do núcleo de cerca de 600°C , após o que é efectuado um arrefecimento rápido 119 até à temperatura ambiente. Isto tem como objectivo "congelar" a estrutura de aglomerado que foi obtida à temperatura elevada, e que iria de outra forma evoluir para o equilíbrio, sem parar num determinado tamanho de aglomerado, se o arrefecimento lento 118 continuasse.

[0102] Na Fig. 14, é apresentado um diagrama de blocos com um passo alternativo de preparação antecipada de aglomerados 110, no qual o passo de deposição 113 é seguido de um passo 114 de limpeza do substrato, que é realizado de preferência pela repetição da criação e remoção de um vácuo de pelo menos 10^{-9} bar a uma temperatura de, pelo menos, 350°C . Estas condições operacionais, em particular o vácuo ultra-elevado, têm o objectivo de remover quantitativamente qualquer gás que é adsorvido sobre ou adsorvido no substrato, que reduziria drasticamente as interacções entre o plasma dos electrões de valência de superfície 23 e os iões de hidrogénio H^+ , evitando a adsorção do hidrogénio 31 nos aglomerados 21 mesmo se tiver sido alcançada uma adsorção da superfície física. Então, segue-se um passo de tratamento 120 dos aglomerados 21 com um fluxo de hidrogénio frio, o que também provoca o passo de arrefecimento rápido 119. Tal como representado no diagrama da

Fig. 15, num período do passo de arrefecimento 119, a temperatura do núcleo activo é superior à temperatura crítica T_D , que permite uma adsorção dos iões de hidrogénio negativo 37 nos aglomerados 21 (Fig. 3), de tal forma que no final do passo 110, após o passo de arrefecimento rápido 119, é obtido um núcleo activo adequado para ser desencadeado, sem que seja necessário um tratamento específico com hidrogénio ou um passo de aquecimento específico 130 (v. Fig. 1).

[0103] Em qualquer dos casos, o passo 120 de fornecimento de hidrogénio é efectuado de modo a fornecer uma pressão relativa entre 0,001 milibar e 10 bar, de preferência entre 1 milibar e 2 bar, para assegurar um número de colisões óptimo das moléculas de hidrogénio 31 contra a superfície 23, evitando em particular a dessorção da superfície e outros fenómenos indesejados causados pela pressão excessiva; além disso, a velocidade 32 das moléculas de hidrogénio 31 (Fig. 3) é inferior a 3 m/s, e tem uma direcção substancialmente paralela à superfície 23, de modo a obter pequenos ângulos de impactos 39 que auxiliam na adsorção e evitam os fenómenos de reemissão.

[0104] Na Fig. 15, além disso, é apresentada a temperatura para além da qual os planos reticulares começam a deslizar, que é definida entre as temperaturas correspondentes aos picos de absorção α e β , acima dos quais a adsorção dos iões H^- 37 nos aglomerados 21 é mais provável.

[0105] A Figura 15 refere-se também ao caso no qual, após o passo de adsorção de hidrogénio, que é efectuado a uma temperatura que é superior à temperatura crítica T_D , é realizado um passo de arrefecimento 119 à temperatura ambiente do núcleo activo. O passo de desencadeamento 140 segue então um passo específico de aquecimento 130 que começa à

temperatura ambiente e vai até à temperatura predeterminada T_1 que é superior à temperatura de Debye do metal T_D , num período de tempo t^* que é tão curto quanto possível, de preferência inferior a 5 minutos, de modo a não afectar a estrutura dos aglomerados e/ou causar fenómenos de dessorção antes do passo de desencadeamento 140.

[0106] A temperatura crítica T_D situa-se normalmente entre 100 e 450°C, preferencialmente entre 200 e 450°C; daqui em diante é indicada a temperatura de Debye para alguns dos metais indicados acima: Al 426K; Cd 186K; Cr 610K; Cu 344.5K; Au 165K; α -Fe 464K; Pb 96K; α -Mn 476K; Pt 240K; Si 640K; Ag 225K; Ta 240K; Sn 195K; Ti 420K; W 405K; Zn 300K.

[0107] Essa acção de desencadeamento por impulsos gera vibrações de rede, ou fonões, com uma amplitude tal que os iões H^- podem passar o segundo limiar de activação e alcançar as condições necessárias para substituir os electrões de átomos do metal, criando iões complexos de metal-hidrogénio (Fig. 5).

[0108] A captura orbital dos iões H^- 37 é auxiliada por um gradiente de temperatura entre dois pontos do núcleo activo, em particular definido entre 100°C e 300°C, que tem uma tendência como a do exemplo representado na Fig. 24.

[0109] Na Fig. 16 é representado um gerador de energia 50 de acordo com a invenção, que compreende um núcleo activo 1 alojado numa câmara de geração 53. O núcleo activo pode ser aquecido por um enrolamento eléctrico 56 que pode ser ligado a uma fonte de energia electromotriz, não representada. Uma parede cilíndrica 55 separa a câmara de geração 53 de uma câmara anelar 54, que é definida por uma parede externa cilíndrica 51 e tem uma entrada 64 e uma saída 65 para um

fluido de troca de calor, que é usada para remoção do calor que é desenvolvido durante as reacções nucleares. As extremidades da porção central 51 são fechadas de modo separável, respectivamente por uma porção 52 e uma porção 59, que são adaptadas também para suportar as extremidades numa posição de funcionamento.

[0110] O gerador 50, além disso, compreende um meio 61, 62, 67 para desencadear a reacção nuclear, composto por:

- um meio para produzir uma corrente de impulso eléctrico através de uma porção eletrostrictiva do referido núcleo activo;
- um meio para projectar um impulso laser no núcleo activo.

[0111] Nas Figs. 19 a 23, estão representadas três modalidades diferentes de um núcleo activo com uma superfície prolongada, usando como substrato um corpo que é permeável ao hidrogénio, por exemplo, um pacote 81 de folhas 82 do metal de transição, em que uma superfície 83 pode ser a superfície porosa; em alternativa, o núcleo activo pode também ser uma pluralidade de partículas de qualquer formato, de preferência com nano- ou micro- granulometria, em particular aglomerados micro/nanométricos. Essas partículas podem ser sinterizadas como representado na Fig. 20 para formar um corpo 85 com uma geometria pretendida ou podem estar livres, encerradas num contentor 84, de preferência de cerâmica. Outra possibilidade, representada na Fig. 22, consiste num feixe de tubos 86 onde os tubos 87 actuam como um substrato para uma camada 88 de metal de transição que é depositado sob a forma de aglomerados pelo menos numa porção de superfície de cada tubo 87.

[0112] O dispositivo da Fig. 17 tem uma caixa alongada 10, que é associada a um meio de produção e manutenção das condições de vácuo no interior, não representado. Em particular, a

pressão residual durante o passo de limpeza do substrato é mantida idêntica ou inferior a 10^{-9} bar absolutos, para remover impurezas, em particular gás que não hidrogénio. Além disso, é fornecido um meio, não representado nas figuras, para mover o substrato 3 dentro da caixa 10, à vez, em pelo menos três estações 11, 12 e 13. A estação 11 é uma câmara para preparação dos aglomerados onde a superfície do substrato 3 é revestida com uma camada de um metal de transição sob a forma de aglomerados por um processo de pulverização. Na câmara 11 é fornecido um meio, não representado, para elevar e manter o substrato a uma temperatura idêntica ou superior a 350°C. Na estação 12 é realizado um passo de arrefecimento 119 (Figs. 14 e 15) do metal depositado no substrato, por alimentação de hidrogénio frio a uma pressão definida de preferência entre 1 milibar e 2 bar relativo, de modo a poder ser adsorvido no metal. Na estação 13, pelo contrário, é realizado um passo de controlo da estrutura cristalina, por exemplo computando uma propriedade física, como a condutividade térmica, condutividade eléctrica ou índice de refacção, de modo a estabelecer a natureza de aglomerados dos cristais depositados no substrato 3; de preferência, além disso, é realizado um controlo da espessura da camada de cristal e da densidade da superfície do aglomerado.

[0113] A Figura 18 representa esquematicamente um dispositivo 80 que compreende uma única caixa fechada 90 que inclui uma secção para preparação de um núcleo activo 1 do tipo representado na Fig. 17 e um reactor 50, preservando assim o núcleo da contaminação, em particular de gás que é distinto de hidrogénio no período de tempo entre o passo de deposição dos aglomerados e o passo de desencadeamento das reacções.

[0114] A descrição precedente de uma modalidade específica revela plenamente a invenção segundo o ponto de vista

conceptual, de modo a que terceiros, ao aplicarem o presente conhecimento, sejam capazes de modificar e/ou adaptar essa modalidade para várias aplicações sem mais investigação e sem afastamento do âmbito da invenção, e deverá compreender-se que tais adaptações e modificações terão de ser consideradas como equivalentes à modalidade específica. Os meios e os materiais para realizar as diferentes funções aqui descritas têm uma natureza diferente sem, por tal, se afastarem do campo da invenção. Deverá compreender-se que a fraseologia ou terminologia aqui empregue tem um propósito descritivo e não limitativo.

Lisboa,

REIVINDICAÇÕES

1. Um método de produção de energia por reacções nucleares entre hidrogénio e um metal, o referido método fornecendo os passos de:

- preparar antecipadamente (110) uma quantidade predeterminada de cristais de um metal de transição (19), os referidos cristais dispostos como aglomerados micro/nanométricos (21) com uma estrutura cristalina predeterminada, cada um dos referidos aglomerados tendo um número de átomos do referido metal de transição inferior a um número crítico predeterminado de átomos;
- colocar o (120) hidrogénio (31) em contacto com os referidos aglomerados (21);
- aquecer (130) os referidos aglomerados (21) até uma temperatura de adsorção (T_1) superior a uma temperatura crítica predeterminada (T_D), e causar uma adsorção no referido aglomerado (21) do hidrogénio como iões H^- (37), após o referido passo de aquecimento (130) o referido hidrogénio como iões H^- (37) continua disponível para as referidas reacções nucleares dentro do referido núcleo activo (1, 81, 85);
- desencadear (140) as referidas reacções nucleares entre o referido hidrogénio como iões H^- (37) e o referido metal dentro dos referidos aglomerados (21) através de uma acção por impulsos (26) exercida no referido núcleo activo (1) que provoca a captura (150) dos referidos iões H^- (37) nos respectivos átomos (38) dos referidos aglomerados (21), a referida sucessão de reacções causando uma produção (160) de calor (27);

- remover (170) o calor do referido núcleo activo (1, 81, 85) de modo a obter uma determinada potência e manter a temperatura (T_{eq}) do referido núcleo activo (1) acima da referida temperatura crítica (T_D).

2. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que o referido passo de preparação antecipada (110) é realizado de tal modo que a referida quantidade determinada de cristais do referido metal de transição (19) sob a forma de aglomerados micro/nanométricos é proporcional à referida potência.

3. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que o referido passo de preparação antecipada (110) de uma determinada quantidade de aglomerados micro/nanométricos (21) compreende um passo seleccionado do grupo composto por:

- depositar (113) uma quantidade predeterminada do referido metal de transição (19) sob a forma de aglomerados micro/nanométricos (21) numa superfície (23) de um substrato (3, 22), i.e. um corpo sólido que tem um volume e forma predeterminados, em que o referido substrato (3, 22) contém um número de aglomerados (21) na sua superfície que é superior a um número mínimo, em particular o referido número mínimo de pelo menos 10^9 aglomerados (21) por centímetro quadrado, de preferência, pelo menos 10^{10} aglomerados (21) por centímetro quadrado, mais particularmente pelo menos 10^{11} aglomerados (21) por centímetro quadrado, ainda mais particularmente pelo menos 10^{12} aglomerados (21) por centímetro quadrado;

- agregar a referida quantidade determinada de aglomerados micro/nanométricos (21) por sinterização, a referida sinterização preservando a estrutura cristalina dos referido aglomerados (21) e preservando substancialmente o tamanho dos referidos aglomerados (21);

- recolher num contentor (84) um pó que é feito dos referidos aglomerados (21), i.e. uma quantidade determinada de aglomerados ou agregação de aglomerados soltos.

4. Um método de acordo com a reivindicação 1, no qual o referido passo (113) de deposição do referido metal de transição (19) é efectuado por um processo de deposição física no referido substrato (22) de um vapor metálico que é composto pelo referido metal (19).

5. Um método de acordo com a reivindicação 3, em que o referido passo de deposição do referido metal de transição (19) é efectuado por um processo seleccionado do grupo composto por:

- pulverização;
- um processo compreendendo a evaporação ou sublimação e depois a condensação no referido substrato (3, 22) da referida quantidade predeterminada do referido metal (19);
- deposição epitaxial;
- aspersão;
- aquecimento até próximo do ponto de fusão (T_f) seguido de arrefecimento lento (118), em particular até a uma temperatura média do núcleo de cerca de 600°C.

6. Um método de acordo com a reivindicação 3, em que após o referido passo (113) de deposição de uma quantidade predeterminada do referido metal de transição, é fornecido um passo de arrefecimento rápido (119) do referido substrato (22) e do referido metal depositado (19), de modo a causar um "congelamento" do referido metal de transição (19) segundo

aglomerados (21) com a referida estrutura cristalina, o referido passo de arrefecimento rápido (119) sendo seleccionado do grupo composto por: têmpera; fluxo de uma corrente de hidrogénio próximo do referido metal de transição (19) como depositado no referido substrato (22), o referido hidrogénio tendo uma temperatura predeterminada que é inferior à temperatura do referido substrato (22).

7. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que o referido passo (120) de colocar o hidrogénio (31) em contacto com os referidos aglomerados (21) é precedido do passo de limpeza (114) do referido substrato (22), em particular aplicando um vácuo de pelo menos 10 bar a uma temperatura definida entre 350°C e 500°C por um período de tempo predeterminado, em particular o referido vácuo sendo aplicado de acordo com pelo menos 10 ciclos de aplicação de vácuo e seguido do restabelecimento da pressão substancialmente atmosférica do hidrogénio.

8. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que durante o referido passo (120) de colocação do hidrogénio (31) em contacto com os referidos aglomerados (21), o referido hidrogénio (31) satisfaz pelo menos uma das seguintes condições:

- tem uma pressão parcial definida entre 0,001 milibar e 10 bar, em particular entre 1 milibar e 2 bar;
- flui a uma velocidade (32) inferior a 3 m/s, em particular segundo uma direcção substancialmente paralela à referida superfície (23) dos referidos aglomerados (21).

9. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que a referida temperatura de adsorção está próxima da temperatura de deslizamento dos planos reticulares do metal de transição

(19), em particular uma temperatura situada entre a temperatura que corresponde aos picos de absorção α e β .

10. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que após o referido passo de aquecimento (130) da referida quantidade determinada de aglomerados (21) é fornecido um passo de arrefecimento do referido núcleo activo (1) até à temperatura ambiente (T_a), e o referido passo de desencadear as (140) referidas reacções nucleares fornece um aumento rápido da referida temperatura do referido núcleo activo (1) da referida temperatura ambiente para a referida temperatura de adsorção, em particular o referido aumento rápido é realizado num período (t^*) inferior a cinco minutos.

11. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que o referido passo de desencadear (140) as referidas reacções nucleares se associa ao passo de criar um gradiente (ΔT), i.e. uma diferença de temperatura, entre dois pontos do referido núcleo activo (1), o referido gradiente (ΔT) em particular sendo definido entre 100°C e 300°C, de modo a reforçar a anarmonicidade das oscilações reticulares e a auxiliar na produção dos iões H^- (35).

12. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que os referidos aglomerados (21) têm uma estrutura cristalina cúbica de face centrada, fcc [110].

13. Um método de acordo com a reivindicação 1, em que as referidas reacções com produção (160) de calor (27) ocorrem na presença de um campo magnético e/ou eléctrico seleccionado do grupo composto por:

- um campo de indução magnética de intensidade definida entre 1 Gauss e 70.000 Gauss;

- um campo eléctrico de intensidade definida entre 1 V/m e 300.000 V/m.

14. Um gerador de energia (50) para obter energia a partir de uma sucessão de reacções nucleares entre hidrogénio (31) e um metal, em que o referido metal é um metal de transição (19), o referido gerador compreendendo:

- um núcleo activo (1) que compreende uma quantidade predeterminada do referido metal de transição (19);
- uma câmara de geração (53) que, em utilização, contém o referido núcleo activo (1);
- um meio para fazer o referido hidrogénio (31) fluir dentro da câmara de tratamento (53);
- um meio (56) para aquecimento do referido núcleo activo (1) dentro da referida câmara de geração (53) até uma temperatura (T_1) superior a uma temperatura crítica predeterminada (T_D);
- um meio (61, 62, 67) para desencadear as referidas reacções nucleares entre o referido metal de transição (19) e o referido hidrogénio (31) através de uma acção por impulsos (26) no referido núcleo activo (1);
- um meio (54) para remover da referida câmara de geração (53) o calor (27) produzido durante as referidas reacções dentro do referido núcleo activo (1) de acordo com uma potência determinada, **caracterizado por** o referido núcleo activo (1) compreender uma quantidade determinada de cristais do referido metal de transição (19), os referidos cristais sendo aglomerados micro/nanométricos (21) com uma estrutura cristalina determinada, os referidos aglomerados (21) compreendendo um número médio de átomos do referido

metal de transição (19) que é inferior a um número de átomos crítico predeterminado, de forma a que, quando o referido meio de aquecimento dos referidos aglomerados (21) atinge uma temperatura de adsorção superior à referida temperatura crítica (T_D), é causada uma adsorção para dentro dos referidos aglomerados (21) de hidrogénio como iões H^- (37) que causam as referidas reacções nucleares dentro do referido núcleo activo (1), e de forma que o referido meio de desencadeamento pode desencadear as referidas reacções nucleares entre o referido hidrogénio como iões H^- (37) e o referido metal (19) dentro dos referidos aglomerados (21) através da referida acção por impulsos (26) no referido núcleo activo (1) que causa a captura dos referido iões H^- (37) nos átomos respectivos (38) dos referido aglomerados (21) com produção de calor (27).

15. Um gerador de energia (50) de acordo com a reivindicação 14, em que a referida quantidade determinada de cristais do referido metal de transição (19) sob a forma de aglomerados micro/nanométricos (21) é proporcional à referida potência.

Lisboa,

Fig. 1

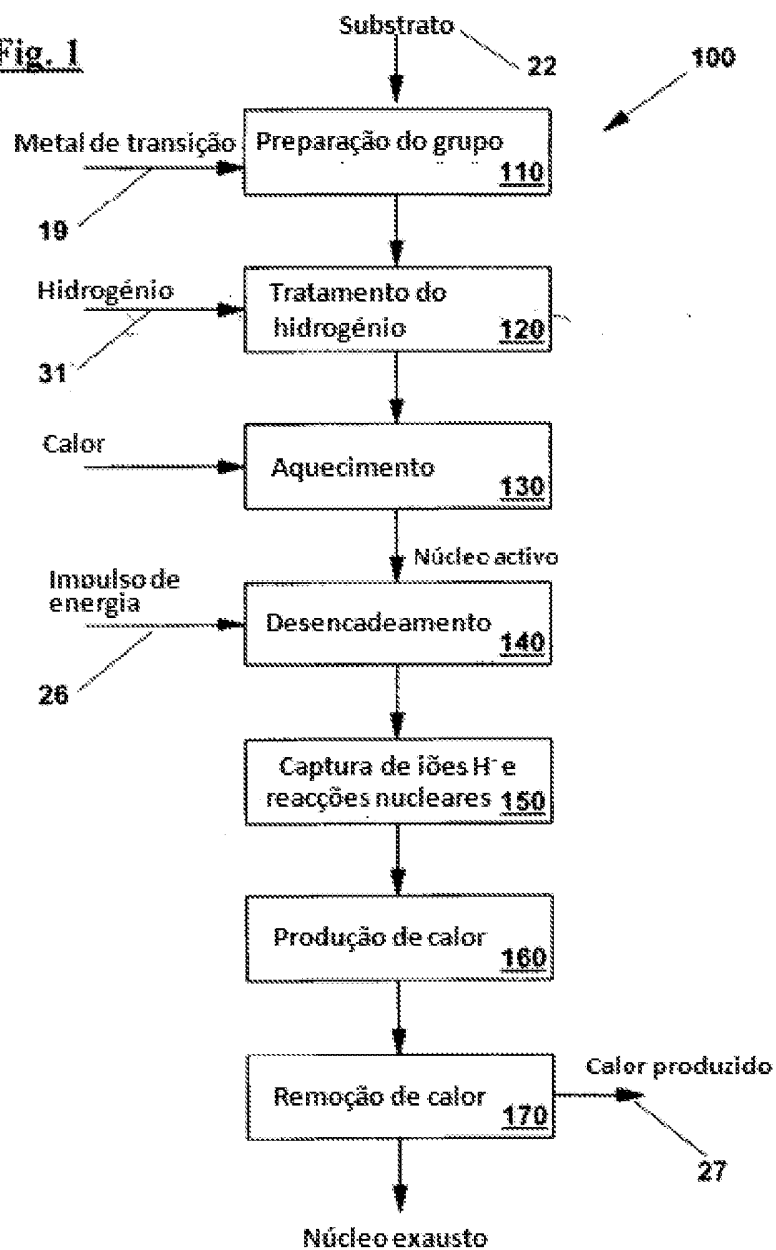


Fig. 12

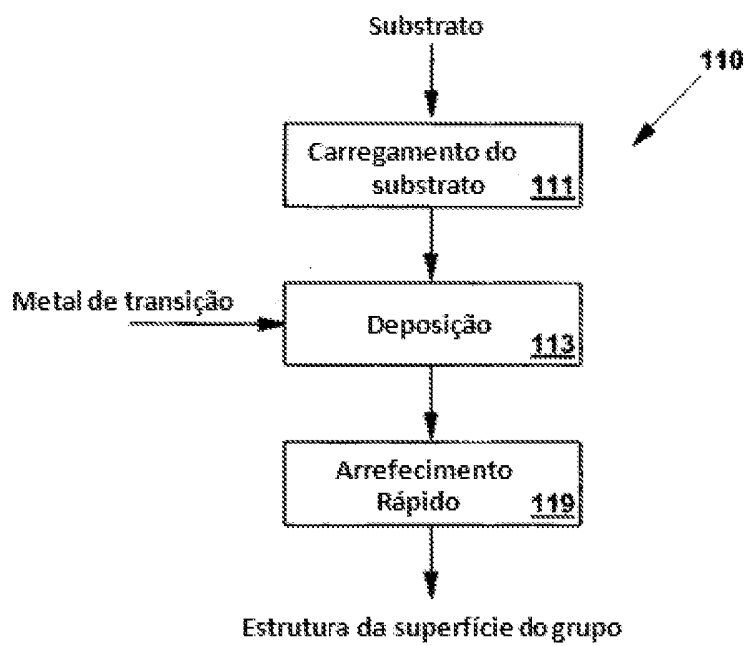


Fig. 14

