

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1588/2007
(22) Anmeldetag: 08.10.2007
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2012

(51) Int. Cl. : **C01B 3/06** (2006.01)

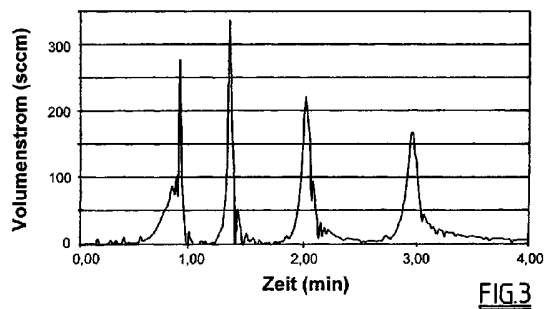
(73) Patentinhaber:
ALVATEC ALKALI VACUUM
TECHNOLOGIES GMBH
A-9020 KLAGENFURT (AT)

(72) Erfinder:
SCHEBESTA SEBASTIAN
ALTHOFEN (AT)

(54) **SUSPENSION FÜR WASSERSTOFFGENERATOREN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Suspension umfassend zumindest ein Pulver aus einem Metall, einer Legierung und/oder einer Verbindung eines Metalls und ein polares Suspensionsmittel, welches mit Wasser und/oder einer anderen mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit, beispielsweise einem Alkohol, mischbar ist oder in welchem sich Wasser und/oder die Flüssigkeit löst, welches jedoch mit dem Pulver nicht reagiert, wobei das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 100 µm aufweist und die Suspension optional einen oder mehrere Hilfsstoffe enthält, um das Pulver suspendiert zu halten. Aus einer solchen Suspension kann durch Kontakt mit einer Flüssigkeit wie Wasser, einer Säure oder Base oder einem Alkohol rasch und mit hoher Ausbeute Wasserstoff freigesetzt werden.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Wasserstoff sowie eine Vorrichtung hierfür.



Beschreibung

SUSPENSION FÜR WASSERSTOFFGENERATOREN

[0001] Die Erfindung betrifft eine Suspension umfassend zumindest ein Pulver aus einem Metall, einer Legierung und/oder einer Verbindung eines Metalls und ein polares Suspensionsmittel.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Wasserstoff sowie eine Vorrichtung hierfür.

[0003] Seit langem ist es bekannt, ausgewählte Metalle oder Legierungen zum reversiblen Speichern von Wasserstoff einzusetzen. Werden solche Metalle oder Legierungen einer Atmosphäre mit hohem Wasserstoffpartialdruck und/oder tiefen Temperaturen ausgesetzt, so erfolgt eine Aufnahme von Wasserstoff. Umgekehrt wird Wasserstoff abgegeben, wenn der Wasserstoffpartialdruck niedrig ist und/oder eine Temperatur des Metalls oder der Legierung erhöht wird. Die langsame Abgabe oder Aufnahme des Wasserstoffes und die geringe Speicherdichte an Wasserstoff stellen allerdings wesentliche Nachteile dieser Technologie für viele Anwendungsgebiete dar.

[0004] Bekannt ist es auch, aus festen Metallhydriden durch Zersetzung auf nicht reversiblen Weg Wasserstoff freizusetzen. Dabei können bezogen auf eine normierte Masse des Metallhydrids große Mengen an Wasserstoff gewonnen werden, z. B. 95,2 g Wasserstoff aus 1 kg Calciumhydrid oder 250 g Wasserstoff aus 1 kg Lithiumhydrid. Ein Nachteil von festen Metallhydriden bzw. Festkörpern allgemein ist jedoch die schlechte Dosierbarkeit derselben, sodass kontrollierte Reaktionen nicht oder nicht immer gewährleistet werden können.

[0005] Ein Ansatz, eine bessere Dosierbarkeit von Metallhydriden für die Freisetzung von Wasserstoff zu erreichen, besteht darin, Metallhydride in Wasser gelöst einzusetzen, z. B. Lösungen von NaBH_4 in Wasser (US 7,083,657 B2). Allerdings beschränkt sich dieser Ansatz auf wasserlösliche Metallhydride. Zudem wird jedenfalls ein Katalysator zur Freisetzung von Wasserstoff benötigt.

[0006] Ein alternativer Ansatz ist in US 2002/0166286 A1 beschrieben. Gemäß diesem Ansatz wird ein Metallhydrid in einem Mineralöl zusammen mit einem Hilfsstoff suspendiert. Das Metallhydrid wird dadurch vor ungewollter Reaktion mit Wasser geschützt. Gleichzeitig kann die Suspension und damit das Metallhydrid für Reaktionen in geeigneter Weise dosiert werden. Jedoch ist dabei nachteilig, dass die Umsetzung der Suspension mit Wasser zum Zwecke der Freisetzung von Wasserstoff umfassende technische Maßnahmen erfordert, da das Wasser durch das das Metallhydrid schützende, aber auch umgebende und abschirmende Öl äußerst schwer zum Metallhydrid vordringen kann.

[0007] Aus US 3,346,506 ist eine Aufschlammung von Lithiumhydrid in einer organischen Flüssigkeit wie Ether oder Pyridin, welche mit Wasser mischbar ist, bekannt geworden. Das Lithiumhydrid soll dabei mit einer gewissen durchschnittlichen Mindestkorngröße eingesetzt werden, damit es nicht agglomeriert. Da das Pulver mit großer Korngröße vorliegt, ist eine Gesamtoberfläche, an welcher eine Reaktion bei Kontakt mit Wasser einsetzen soll, limitiert.

[0008] Ziel der Erfindung ist es, eine Suspension anzugeben, aus welcher Wasserstoff gewonnen werden kann und bei der die dem Stand der Technik anhaftenden Nachteile nicht oder nur im verringerten Ausmaß auftreten.

[0009] Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Erzeugen von Wasserstoff anzugeben, bei welchem die Nachteile des Standes des Technik nicht oder nur im verringerten Ausmaß auftreten.

[0010] Schließlich ist es ein Ziel der Erfindung, eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens anzugeben.

[0011] Das erste Ziel der Erfindung wird durch eine Suspension umfassend zumindest ein

Pulver aus einem Metall, einer Legierung und/oder einer Verbindung eines Metalls und ein polares Suspensionsmittel, welches mit Wasser und/oder einer anderen mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit, beispielsweise einem Alkohol, mischbar ist oder in welchem sich Wasser und/oder die Flüssigkeit löst, welches jedoch mit dem Pulver nicht reagiert, wobei das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 100 µm aufweist und die Suspension optional einen oder mehrere Hilfsstoffe enthält, um das Pulver suspendiert zu halten, erreicht.

[0012] Dabei ist von Vorteil, dass aufgrund der vorgesehenen durchschnittlichen Korngröße des Pulvers und der Mischbarkeit des Suspensionsmittels beispielsweise mit Wasser oder einer anderen mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit bei gewolltem bzw. gezieltem Kontakt der Suspension mit der Flüssigkeit der Wasserstoff freisetzende Feststoff kinetisch kontrolliert und mit hoher Ausbeute umgesetzt wird, wobei auch eine vollständige Freisetzung von Wasserstoff entsprechend dem theoretisch erwarteten Volumen erreichbar ist. Gleichzeitig ist die Suspension stabil und kann über lange Zeiträume gelagert werden, ohne ihre Reaktivität zu verlieren.

[0013] Im Sinne der vorstehend dargelegten Vorteile erweist es sich als zweckmäßig, wenn das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 50 µm, insbesondere von 10 µm bis 30 µm, aufweist.

[0014] Als Suspensionsmittel wird bevorzugt ein zumindest bei Temperaturen von bis 150 °C stabiles Polymer eingesetzt, da bei der Umsetzung der Suspension z. B. mit Wasser in der Regel eine Wärmeentwicklung gegeben ist und das entstehende Wasserstoffgas für nachfolgende Verwendungen, beispielsweise in Brennstoffzellen, nicht durch flüchtige Nebenprodukte verunreinigt sein sollte. Als besonders günstig erweist es sich diesbezüglich auch, wenn das Polymer einen Siedepunkt von mehr als 150 °C aufweist. Letzteres ist insbesondere erforderlich, wenn bei einer Reaktion eine starke Wärmeentwicklung gegeben ist und das entstehende Wasserstoffgas trotzdem möglichst rein sein soll.

[0015] Auch mit Bezug auf eine rasche Umsetzung und eine damit gegebenenfalls verbundene starke Wärmeentwicklung sowie einen entsprechenden Temperaturanstieg in kurzer Zeit wird für die Suspension bevorzugt ein Suspensionsmittel eingesetzt, das einen Flammpunkt von mehr als 150 °C, vorzugsweise mehr als 200 °C, aufweist.

[0016] Die Suspension umfasst zweckmäßigerweise ein Suspensionsmittel, das bei 25 °C einen Dampfdruck von weniger als 0,3 mbar, vorzugsweise weniger als 0,1 mbar, hat, damit das erzeugte Wasserstoffgas möglichst geringe Anteile an Fremdgasen aufweist, was insbesondere bei Verwendung des Wasserstoffgases für bzw. in Brennstoffzellen wichtig ist, da dann ein Anteil an organischen Fremdgasen kleiner als 100 ppm sein soll. Höhere Anteile können zu einer sogenannten Vergiftung einer Brennstoffzelle führen.

[0017] Suspensionsmittel, welche die vorstehenden Kriterien in exzellenter Weise erfüllen, sind Polyethylenglykole, insbesondere solche mit einer durchschnittlichen Molmasse von 200 g/mol bis 800 g/mol.

[0018] Das Pulver kann an sich aus einem beliebigen Metallhydrid, einer anderen Verbindung eines Metalls oder auch aus einer Legierung bestehen. Bevorzugt ist es jedoch, Legierungen einzusetzen, die aus zumindest einem Alkali- und/oder Erdalkalimetall und einem oder mehreren weiteren metallischen Elementen bestehen. Alternativ kann das Pulver auch aus einem Hydrid zumindest eines Alkali- und/oder Erdalkalielementes bestehen, beispielsweise einem Metallhydrid wie Lithiumhydrid.

[0019] Ein Gewichtsanteil des Pulvers in der Suspension beträgt bevorzugt zumindest 30 Masseprozent, insbesondere zumindest 50 Masseprozent, damit möglichst viel Wasserstoff bezogen auf die Masse der Suspension erzeugt werden kann.

[0020] Als geeignete Hilfsstoffe bei der Herstellung der Suspension können Salze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls eingesetzt werden, beispielsweise ein Alkalichlorid und/oder ein Erdalkalichlorid wie Natriumchlorid und/oder Calciumchlorid. Auch andere Hilfsstoffe wie Glyce-

rinester, z. B. Triglycerinester, und/oder Sulfobernsteinsäure oder Derivate davon, z. B. Natrium-Dioctylsulfosuccinat, können eingesetzt werden. Dabei beträgt ein Anteil der Hilfsstoffe, die mit Bezug auf die Wasserstoffherzeugung inaktive Komponenten sind, bevorzugt weniger als 5 Masseprozent, insbesondere weniger als 2 Masseprozent. Bei Bedarf kann die Suspension weitere Hilfsstoffe enthalten, beispielsweise solche, die eine Freisetzung von Wasserstoff aus der Suspension katalysieren.

[0021] Entsprechend den vorstehend dargestellten Vorteilen wird eine erfindungsgemäße Suspension bevorzugt zum Erzeugen von Wasserstoff, insbesondere für eine Brennstoffzelle oder einen Verbrennungsmotor, eingesetzt.

[0022] Das weitere Ziel der Erfindung wird durch ein Verfahren zum Erzeugen von Wasserstoff erreicht, wobei eine erfindungsgemäße Suspension mit einer mit dem Suspensionsmittel mischbaren oder in diesem löslichen und mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit umgesetzt wird.

[0023] Vorteile eines erfindungsgemäßen Verfahrens sind unter anderem darin zu sehen, dass die eingesetzte Suspension über große Zeitspannen stabil und gut dosierbar ist. Gleichzeitig erfolgt eine rasche, im Wesentlichen nur kinetisch kontrollierte Freisetzung von Wasserstoff, wenn die Suspension beispielsweise mit Wasser oder einer Säure umgesetzt wird. Es ist daher möglich, die Suspension vorrätig zu halten und je nach Bedarf rasch eine gewünschte Menge Wasserstoff zu generieren, was insbesondere für portable Geräte mit Brennstoffzellen wichtig ist.

[0024] In einer bevorzugten Variante des Verfahrens wird die Suspension mit der Flüssigkeit portionenweise in einer Reaktionskammer, die vorzugsweise ein freies Volumen von weniger als 10 cm^3 , insbesondere weniger als 1 cm^3 , aufweist, umgesetzt. Die zudosierte Menge an Flüssigkeit, z. B. Wasser oder ein Gemisch mit Wasser, wird dabei so gewählt, dass die Suspension bzw. das in dieser enthaltene Pulver gerade vollständig umgesetzt wird. Dies lässt sich hervorragend realisieren, wenn jeweils weniger als $500 \mu\text{l}$, vorzugsweise weniger als $100 \mu\text{l}$, der Suspension und beispielsweise entsprechende Mengen Wasser und/oder wasserhaltige Flüssigkeit in die Reaktionskammer eingeführt werden. Ein Vorteil dabei ist, dass in der Reaktionsmischung nach Einsetzen der Reaktion kein starkes Konzentrationsgefälle auftritt, wie es der Fall ist, wenn eine kleine Menge eines Reaktionspartners zu einer großen Menge eines weiteren Reaktionspartners dosiert wird.

[0025] Die Suspension und die Flüssigkeit können jeweils aus einem Reservoir durch Beaufschlagung mit einem Gas in die Reaktionskammer befördert und in diese eingespritzt werden.

[0026] Bevorzugt werden die Suspension und die Flüssigkeit mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1 m/s in die Reaktionskammer eingeführt, damit bei Aufeinandertreffen der Reaktionspartner sogleich eine innere Vermischung derselben eintritt.

[0027] Die Suspension und die Flüssigkeit können beim Einführen etwa im freien Zentrum der Reaktionskammer miteinander in Kontakt gebracht werden, was durch entsprechend gerichtetes Zuführen der Substanzen möglich ist. Dies bringt Vorteile, wenn das Verfahren bei tragbaren Einrichtungen mit Brennstoffzellen zum Erzeugen von Wasserstoff eingesetzt wird, da die Substanzen unabhängig von der Orientierung der Einrichtung bzw. der Schwerkraft beim Einspritzen sofort miteinander in Kontakt kommen.

[0028] Es versteht sich, dass im Rahmen der Erfindung nicht nur Wasser mit einem pH-Wert von 7 als Reaktionspartner für die Suspension zum Einsatz kommen kann, sondern auch beispielsweise anorganische oder organische Säuren oder Basen Anwendung finden, wobei sich deren Auswahl nach dem Metall bzw. der Legierung oder der zu zersetzenden Verbindung richtet. Auch Alkohole können eingesetzt werden.

[0029] Die Mengen der pro Zeiteinheit vorzugsweise portionenweise umgesetzten Reaktionspartner richten sich mit Bezug auf die Suspension auf die gewünschte Wasserstoffmenge pro Zeit (z. B. 100 ml/min) und mit Bezug auf die Flüssigkeit auf die Menge des umzusetzenden Pulvers in der zudosierten Suspension.

[0030] Zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens kommt eine Vorrichtung zum Einsatz, die ein Reservoir mit einer erfindungsgemäßen Suspension und ein davon getrenntes Reservoir für eine Flüssigkeit sowie eine Reaktionskammer mit zumindest zwei Einlasskanälen für die Suspension und die Flüssigkeit umfasst, wobei die Einlasskanäle in einen Reaktionsraum der Reaktionskammer münden und wobei sich gedachte Verlängerungen der Einlasskanäle in einem Punkt des Reaktionsraumes kreuzen.

[0031] Aufgrund der geometrischen Gestaltung der Reaktionskammer kommt es bereits bei einem ersten Kontakt der Reaktionspartner zu einer innigen Durchmischung derselben, was sowohl einer raschen als auch vollständigen Umsetzung förderlich ist.

[0032] Bevorzugt weist die Vorrichtung eine Reaktionskammer mit einem freien Volumen von weniger als 10 cm^3 , insbesondere weniger als 1 cm^3 , auf, damit der erzeugte Wasserstoff möglichst vollständig entweicht.

[0033] Als günstig für eine Durchmischung der Substanzen beim Einspritzen erweist es sich, wenn die Einlasskanäle einen Winkel von weniger als 90° miteinander einschließen, wenngleich auch andere Winkel möglich sind.

[0034] Der entstehende Wasserstoff kann grundsätzlich nach dem Einspritzen der Reaktionspartner über einen der Einlasskanäle abgeführt werden. Einfacher und daher bevorzugt ist es jedoch, wenn die Vorrichtung zusätzlich einen Auslass aufweist, durch welchen der Wasserstoff und das Suspensionsmittel abgeführt werden können. An den Auslass kann zusätzlich ein Rohr angeschlossen sein, in welchem in der Reaktionskammer noch nicht umgesetzte Edukte reagieren können, sodass ein annähernd vollständiger Umsatz erreicht wird.

[0035] Zweckmäßig ist es, dass eine Auslassöffnung des Auslasses größer ist als eine Einlassöffnung der Einlasskanäle, damit der entstehende Wasserstoff gänzlich über den Auslass austritt und nicht in einen der Einlasskanäle strömt.

[0036] In einer konstruktiv sehr einfachen Variante wird die Reaktionskammer mit den Einlasskanälen und dem Auslass durch zwei miteinander lösbar verbundene Elemente gebildet. Die Elemente können z. B. mit Schrauben verbunden sein und sind so ausgelegt, dass sie einem Druck von mindestens 4 bar, vorzugsweise 10 bar oder mehr, standhalten. Als geeignetes Material für diese Elemente erweist sich ein Stahl. Es können aber auch Kunststoffe eingesetzt werden, welche dem genannten Mindestdruck standhalten können.

[0037] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgenden Ausführungsbeispielen, anhand derer die Erfindung noch weitergehend beschrieben ist. Dabei zeigen:

[0038] Fig. 1 einen Teil einer Reaktionskammer zum Erzeugen von Wasserstoff;

[0039] Fig. 2 einen Teil einer weiteren Reaktionskammer zum Erzeugen von Wasserstoff;

[0040] Fig. 3 ein Diagramm zur Freisetzung von Wasserstoff aus einer Suspension enthaltend eine Aluminium-Magnesium-Legierung;

[0041] Fig. 4 ein Diagramm zur Freisetzung von Wasserstoff aus einer Suspension enthaltend MgH_2 .

[0042] In Fig. 1 ist ein Teil einer Vorrichtung mit einer Reaktionskammer 1 für die Wasserstoffentwicklung aus Suspensionen durch Umsetzung mit z. B. Wasser oder einem flüssigen wasserhaltigen Gemisch dargestellt. Die Suspension und das Wasser bzw. wasserhaltige Gemisch sind in zwei getrennten, nicht dargestellten Behältern gelagert und werden von diesen zuerst über Leitungen und dann über Einlasskanäle 2, 3 kontinuierlich oder vorzugsweise diskontinuierlich in das freie Volumen bzw. den Reaktionsraum der Reaktionskammer 1 gepumpt, beispielsweise mithilfe eines Gases. Die freien Durchmesser der Einlasskanäle 2, 3 sind dabei insbesondere mit Bezug auf die Suspension den Viskositäten der zu transportierenden Substanzen angepasst und in der Regel für die Suspension größer ausgelegt als für die wässrige Phase. Die Einlasskanäle 2, 3 und deren Öffnungen sind so ausgerichtet, dass die in den Reak-

tionsraum der Reaktionskammer 1 eingespritzten Substanzen etwa im Bereich einer zentralen Längsachse des Reaktionsraumes in Kontakt kommen und sich dabei sofort vermischen. Zur Entfernung der Reaktionsprodukte steht für den erzeugten Wasserstoff und die flüssigen Materialien eine gemeinsame Auslassöffnung zur Verfügung, die größer ist als die beiden Einlassöffnungen der Einlasskanäle 2, 3 und konisch verbreiternd in einen Auslass 4 übergeht, sodass der erzeugte Wasserstoff auch das flüssige Material aus dem Reaktionsraum befördert. Um die Reaktion zu vervollständigen, ist es weiterhin möglich, am Auslass 4 einen zusätzlichen Rohrreaktor anzuschließen, in dem eine nochmalige Durchmischung des Reaktionsgemisches stattfinden kann. Das Reaktionsgemisch wird anschließend in einen nicht dargestellten Auffangbehälter geleitet und dort gesammelt. Im Auffangbehälter erfolgt sodann eine Trennung des Gases von den flüssigen bzw. festen Bestandteilen. Da die Reaktion im separierten Reaktor stattfindet, wird der Hauptbestandteil der Reaktionswärme bereits vom Reaktor abgeführt. Dadurch können die Behälter für die Ausgangsstoffe und Produkte hinsichtlich der thermischen Widerstandsfähigkeit wesentlich einfacher ausgeführt werden, als es bei einer direkten Reaktion in einem dieser Behälter der Fall wäre.

[0043] Bei der in Fig. 1 gezeigten Reaktionskammer 1 schließen die Einlasskanäle 2, 3 mit einer Längsachse der Reaktionskammer 1 jeweils einen Winkel von etwa 45° und einen Winkel von etwa 90° miteinander ein. Wie in Fig. 2 beispielhaft dargestellt, sind jedoch auch andere Ausführungen möglich und können die Einlasskanäle 2, 3 auch einen kleineren Winkel miteinander einschließen.

[0044] Die in Fig. 1 und Fig. 2 teilweise dargestellten Vorrichtungen bestehen in den gezeigten Bereichen vorzugsweise aus zwei miteinander verbundenen Stahlteilen, die beispielsweise durch Verschrauben aneinander lösbar fixiert werden. Dadurch kann die Vorrichtung bei Bedarf leicht geöffnet werden und ist die Reaktionskammer 1 für eine allfällige Reinigung ihrer inneren Bereiche zugänglich. An die Einlasskanäle 2, 3 können dann Zuführungsleitungen aus Kunststoff angeschlossen werden, da in diesen Bereichen keine hohen Temperaturen auftreten. Sofern eine Wärmeentwicklung bei einer Reaktion gering ist, können auch die die Reaktionskammer 1 mit den Einlasskanälen 2, 3 und den Auslass 4 umfassenden zentralen Teile aus Kunststoff gebildet sein.

[0045] Zur Förderung der Reaktionspartner von den Behältern, in welchen sie vorrätig gehalten werden, in die Reaktionskammer 1 können beispielsweise Pumpen vorgesehen sein. Bevorzugt ist es jedoch, die Behälter mit einem Gas unter einen Druck von z. B. 3 bar zu setzen und die Zuführungsleitungen zu den Einlasskanälen 2, 3 mit zu schaltenden Ventilen zu versehen. Beim Öffnen der Ventile strömen dann Suspension und Flüssigkeit selbsttätig in die Reaktionskammer 1. Diese Variante hat den Vorteil, dass grundsätzlich keine Stromquelle zum Betreiben des Verfahrens erforderlich ist. Wenn ein Druck in den Behältern infolge längeren Gebrauchs zu gering ist, kann durch entsprechende Druckbeaufschlagung der Behälter mit einem Gas wieder ein für die Förderung bzw. das Einspritzen geeigneter Druck eingestellt werden.

[0046] In einer Reaktionskammer, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, wurde eine Suspension, hergestellt durch Vermahlen einer Mischung aus einer Aluminium-Magnesium-Legierung mit 60 Masseprozent Aluminium und 40 Masseprozent Magnesium und Polyethylenglykol mit einer Molmasse von 400 g/mol bis 600 g/mol (Massenverhältnis Legierung zu Polyethylenglykol: 3 zu 2) sowie 0,5 Masseprozent Natriumchlorid und 0,5 Masseprozent Calciumchlorid als Zusatz in einer Mörsermühle auf eine Korngröße der Legierung von ca. $25\ \mu\text{m}$, portionenweise mit wässriger Phosphorsäure umgesetzt. Die Entwicklung von Wasserstoff wurde mit einem Gasdurchflussmesser aufgezeichnet.

[0047] Wie aus dem in Fig. 3 dargestellten Diagramm ersichtlich ist, trat bei jedem Einspritzen der Suspension und der wässrigen Phosphorsäure in die Reaktionskammer sofort eine starke Wasserstoffentwicklung ein. Dies belegt, dass die eingespritzten Substanzen sofort reagierten. Ersichtlich ist des Weiteren der rasche Abfall der Wasserstoffentwicklung nach dem Einspritzen, der auf die schnelle Umsetzung der Edukte zurückzuführen ist.

[0048] In einem weiteren Versuch wurde im Massenverhältnis von 3 zu 2 ein MgH_2 -Pulver mit

Polyethylenglykol mit einer Molmasse von 400 g/mol bis 600 g/mol unter Zusatz von 0,5 Masseprozent Natriumchlorid und 0,5 Masseprozent Calciumchlorid in einer Mörsermühle zu einer Suspension vermahlen. Eine durchschnittliche Korngröße des MgH_2 -Pulvers in der so hergestellten Suspension betrug ca. 30 μm .

[0049] Die Suspension wurde anschließend in eine Reaktionskammer, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, diskontinuierlich eingespritzt. Gleichzeitig wurde über einen weiteren Einlasskanal bei jedem Einspritzen von Suspension wässrige Phosphorsäure zudosiert. Die Entwicklung von Wasserstoff wurde wiederum mit einem Gasdurchflussmesser aufgezeichnet.

[0050] Wie aus dem in Fig. 4 dargestellten Diagramm ersichtlich ist, wurde bei jeder individuellen Zugabe der Edukte Wasserstoff freigesetzt. Ferner ist ersichtlich, dass auch bei einer längeren Unterbrechung das Reaktionsverhalten unverändert war. Daraus folgt, dass die eingesetzte Suspension nicht nur während der Lagerung stabil ist und ihre Reaktivität nicht verliert, sondern auch die Reaktionskammer sich quasi selbst reinigt und nicht durch Produkte oder Reste der Suspension belegt und damit verstopft wird.

[0051] Wengleich in den voran dargestellten Beispielen eine diskontinuierliche Umsetzung der Reaktionspartner erläutert ist, kann auch eine quasi-kontinuierliche Verfahrensführung erfolgen, wenn das Einspritzen in kurzen Abständen durchgeführt wird. In diesem Zusammenhang können auch mehrere Reaktionskammern vorgesehen sein, die zeitlich versetzt gleiche Mengen Wasserstoff freisetzen, sodass insgesamt ein annähernd konstantes Volumen Wasserstoff abgenommen werden kann.

Patentansprüche

1. Suspension umfassend zumindest ein Pulver aus einem Metall, einer Legierung und/oder einer Verbindung eines Metalls und ein polares Suspensionsmittel, welches mit Wasser und/oder einer anderen mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit, beispielsweise einem Alkohol, mischbar ist oder in welchem sich Wasser und/oder die Flüssigkeit löst, welches jedoch mit dem Pulver nicht reagiert, wobei das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 100 μm aufweist und die Suspension optional einen oder mehrere Hilfsstoffe enthält, um das Pulver suspendiert zu halten.
2. Suspension nach Anspruch 1, wobei das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von weniger als 50 μm aufweist.
3. Suspension nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Pulver eine durchschnittliche Korngröße von 10 μm bis 30 μm aufweist.
4. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Suspensionsmittel ein zumindest bei Temperaturen von bis 150 °C stabiles Polymer ist.
5. Suspension nach Anspruch 4, wobei das Polymer einen Siedepunkt von mehr als 150 °C aufweist.
6. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Suspensionsmittel einen Flammpunkt von mehr als 150 °C, vorzugsweise mehr als 200 °C, aufweist.
7. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Suspensionsmittel bei 25 °C einen Dampfdruck von weniger als 0,3 mbar, vorzugsweise weniger als 0,1 mbar, hat.
8. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Suspensionsmittel ein Polyethylenglykol ist, insbesondere ein Polyethylenglykol mit einer Molmasse von 200 g/mol bis 800 g/mol.
9. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Pulver aus einer Legierung zumindest eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls mit einem oder mehreren weiteren metallischen Elementen besteht.

10. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Pulver aus einer Verbindung zumindest eines Alkali- und/oder Erdalkalielementes besteht, beispielsweise einem Metallhydrid.
11. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei ein Gewichtsanteil des Pulvers in der Suspension zumindest 30 Masseprozent, insbesondere zumindest 50 Masseprozent, beträgt.
12. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Hilfsstoff ein Salz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls ist.
13. Suspension nach Anspruch 12, wobei der Hilfsstoff ein Alkalichlorid und/oder ein Erdalkalichlorid ist.
14. Suspension nach Anspruch 13, wobei der Hilfsstoff Natriumchlorid und/oder Calciumchlorid ist.
15. Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei ein Gewichtsanteil der Hilfsstoffe weniger als 5 Masseprozent, bevorzugt weniger als 2 Masseprozent, beträgt.
16. Verwendung einer Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zum Erzeugen von Wasserstoff, insbesondere für eine Brennstoffzelle oder einen Verbrennungsmotor.
17. Verfahren zum Erzeugen von Wasserstoff, wobei eine Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 15 mit einer mit dem Suspensionsmittel mischbaren oder in diesem löslichen und mit dem Pulver bei Kontakt Wasserstoff freisetzenden Flüssigkeit umgesetzt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Suspension mit der Flüssigkeit portionenweise in einer Reaktionskammer umgesetzt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei jeweils weniger als 500 µl, vorzugsweise weniger als 100 µl, der Suspension und entsprechende Mengen der Flüssigkeit in die Reaktionskammer eingeführt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, wobei die Suspension und die Flüssigkeit jeweils aus einem Reservoir durch Beaufschlagung mit einem Gas in die Reaktionskammer befördert und in diese eingespritzt werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei die Suspension und die Flüssigkeit mit einer Geschwindigkeit von mehr als 1 m/s in die Reaktionskammer eingeführt werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, wobei die Suspension und die Flüssigkeit etwa im freien Zentrum der Reaktionskammer miteinander in Kontakt gebracht werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, wobei die Flüssigkeit Wasser oder eine wasserhaltige Flüssigkeit ist.
24. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 17 bis 23, umfassend ein Reservoir mit einer Suspension nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und ein davon getrenntes Reservoir für eine Flüssigkeit sowie eine Reaktionskammer (1) mit zumindest zwei Einlasskanälen (2, 3) für die Suspension und die Flüssigkeit, wobei die Einlasskanäle (2, 3) in einen Reaktionsraum der Reaktionskammer (1) münden und wobei sich gedachte Verlängerungen der Einlasskanäle (2, 3) in einem Punkt des Reaktionsraumes kreuzen.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, wobei die Reaktionskammer (1) ein freies Volumen von weniger als 10 cm³, insbesondere weniger als 1 cm³, aufweist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, wobei die Einlasskanäle (2, 3) einen Winkel von weniger als 90° miteinander einschließen.
27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, wobei zusätzlich ein Auslass (4) vorgesehen ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, wobei eine Auslassöffnung des Auslasses (4) größer ist als eine Einlassöffnung der Einlasskanäle (2, 3).
29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, wobei die Reaktionskammer (1) mit den Einlasskanälen (2, 3) und dem Auslass (4) durch zwei miteinander lösbar verbundene Elemente gebildet wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

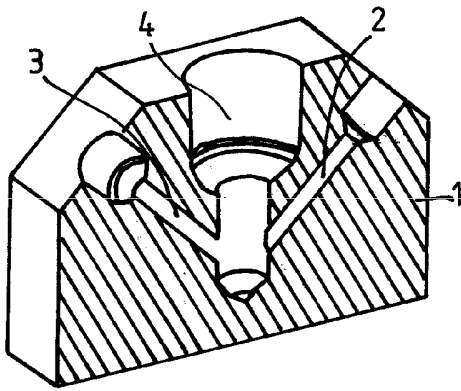


FIG. 1

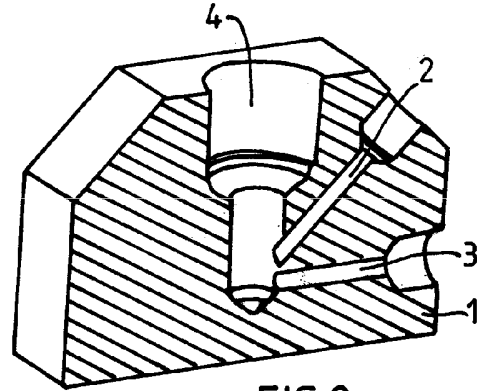


FIG. 2

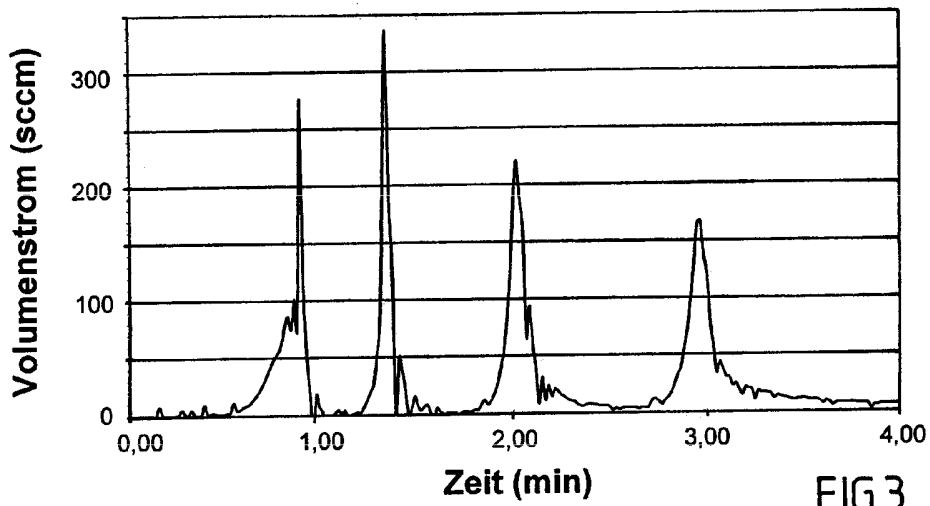


FIG. 3

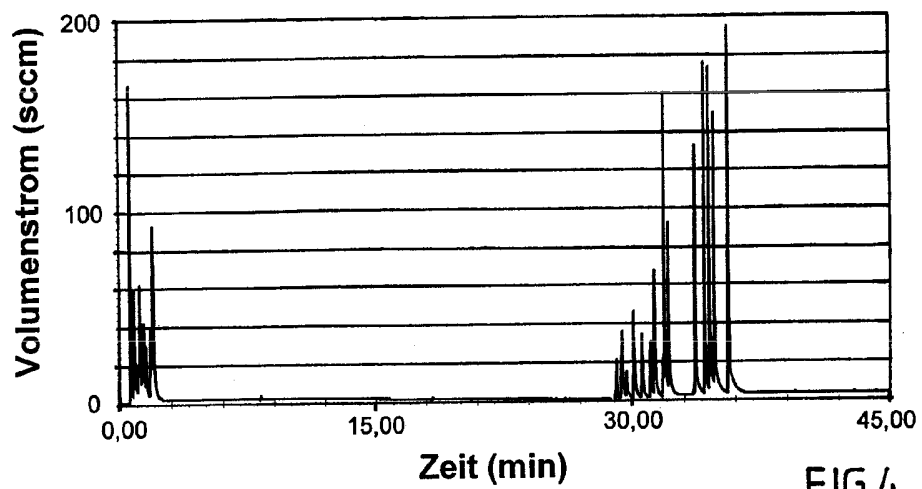


FIG. 4