

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

**0 380 988
A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 90101153.6

51 Int. Cl.⁵: **C01B 3/36**

22 Anmeldetag: 20.01.90

30 Priorität: 31.01.89 DE 3902773

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.08.90 Patentblatt 90/32

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT NL SE

71 Anmelder: **BASF Aktiengesellschaft**
Carl-Bosch-Strasse 38
D-6700 Ludwigshafen(DE)

72 Erfinder: **Lueth, Gero, Dr.**
Paul-Martin-Ufer 11
D-6800 Mannheim 1(DE)
Erfinder: **Becker, Rolf, Dr.**
Im Kreuzgewann 24
D-6940 Weinheim(DE)
Erfinder: **Horn, Robert K., Dr.**
Edenkobener Strasse 1
D-6700 Ludwigshafen(DE)
Erfinder: **Kempe, Uwe, Dr.**
Danziger Strasse 9
D-6701 Dannstadt-Schauernheim(DE)
Erfinder: **Vodrazka, Wolfgang, Dr.**
Am Rosenbuehl 21
D-6713 Freinsheim(DE)

54 **Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch partielle Oxidation.**

57 Die Anmeldung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Synthesegasen durch partielle autotherme Oxidation von flüssigen Brennstoffen und/oder festen Brennstoffen in Gegenwart von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasen unter Zusatz eines Temperaturmoderators wie Wasserdampf und/oder CO₂ in einem leeren Reaktorraum ohne Einbauten bei Temperaturen von 1.000 bis 1.500 °C bei einem Druck von 1 bis 100 bar, wobei die Reaktionspartner Brennstoff und sauerstoffhaltiges Gas getrennt dem Reaktor zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß man parallel zur Zuführung des Brennstoffes die Zuführung des Wasserdampfs bzw. CO₂ vornimmt und unmittelbar vor der Mündungsöffnung für den Brennstoff den Wasserdampf durch eine oder mehrere Düsen in den Brennstoffstrom entspannt, wobei die Entspannung mit 30 bis 250 %, vorzugsweise 80 bis 140 %, des kritischen Druckverhältnisses vorgenommen wird. Weiterhin betrifft die Anmeldung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

EP 0 380 988 A2

Verfahren zur Herstellung von Synthesegas durch partielle Oxidation

Es ist bekannt, Synthesegase, die CO, H₂, H₂O, CH₄ und ggf. N₂ enthalten, durch partielle Oxidation von flüssigen Kohlenwasserstoffen, feinstgemahlene festen Brennstoffen oder Mischungen aus beiden in Gegenwart von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasen, wie Luft oder sauerstoffangereicherter Luft herzustellen.

5 Gelegentlich wird auch neben der CO- und H₂-Erzeugung die Bildung von Methan angestrebt (USP 3,951.617), um Gase mit höherem Heizwert zu erhalten. Bei so gelenkten Prozessen fällt wegen der erforderlichen niedrigen Temperaturen besonders viel Ruß an.

Die bekannten Verfahren arbeiten in der Regel unter einem Druck von 1 bis 100 bar, vorzugsweise 30 bis 80 bar, wobei der Brennstoff mit Sauerstoff oder einem sauerstoffhaltigen Gas - in einem leeren, 10 ausgemauerten Reaktor ohne Einbauten zu einem Gasgemisch bestehend aus mehreren Komponenten umgesetzt wird. Im allgemeinen enthält das Gemisch CO₂, CO, CH₄, COS, H₂O, H₂S, H₂ und N₂. Daneben entsteht abhängig von der C-Zahl der eingesetzten Brennstoffe zunehmend Ruß oder Koks, der durch aufwendige Verfahren aus dem Spaltgas abgetrennt (z.B. USP 3 980 590-592) gegebenenfalls wieder dem Prozess zugeführt werden muß. Wenn es sich um aschereiche Brennstoffe handelt, muß stets ein Teil des 15 entstandenen Rußes oder Kokes ausgeschleust werden. Eine Rückführung zum Einsatzbrennstoff kann zu einer unerwünschten Anreicherung von Schlacken im Reaktionsraum führen.

Den Verfahren, bei denen der flüssige Brennstoff über eine Einstoffdüse unter hohem Druck in den Sauerstoff-Dampfstrom verdüst wird, haftet der Nachteil an, daß Düsengröße, Düsendruck, Ölviskosität (Öltemperatur) jeweils aufeinander abgestimmt werden müssen, um eine optimale Verteilung des Brennstoffes in dem Sauerstoff-Dampfstrom zu gewährleisten. Laständerungen bei gleicher Düse sind nur in geringem Umfang möglich. In der Regel muß bei Teillast ein Düsenwechsel, verbunden mit einer 20 Abstimmung, vorgenommen werden. Auch sind die feinen Düsenkanäle sehr empfindlich gegen gröbere Feststoffanteile im Öl. Verstopfungen führen zu ungleichem Brand, was gelegentlich zu Reaktorwanddurchbrüchen und Gasausbrüchen führen kann.

Die bekannten technischen Verfahren unterscheiden sich meist in der Methodik der Rußentfernung und 25 Aufarbeitung und/oder in der Zuführung der Reaktionsprodukte zum Reaktor.

Es wurde nun gefunden, daß man die Nachteile der bekannten Verfahren bei der Verwendung von aschereichen Brennstoffen vermeidet, wenn man bei der Herstellung von Synthesegasen durch partielle autotherme Oxidation von flüssigen Brennstoffen und/oder festen Brennstoffen in Gegenwart von Sauerstoff 30 oder sauerstoffhaltigen Gasen unter Zusatz eines Temperaturmoderators wie Wasserdampf und/oder CO₂ in einem Reaktorraum ohne Einbauten bei Temperaturen von 1.000 bis 1.500 °C bei einem Druck von 1 bis 100 bar, wobei die Reaktionspartner Brennstoff und sauerstoffhaltiges Gas getrennt dem Reaktor zugeführt werden, parallel zur Zuführung des Brennstoffes die Zuführung des Wasserdampfs bzw. CO₂ vornimmt und unmittelbar vor der Mündungsöffnung für den Brennstoff den Wasserdampf durch eine oder mehrere Düsen 35 in den Brennstoffstrom entspannt, wobei die Entspannung mit 30 bis 250 %, vorzugsweise 80 bis 140 %, des kritischen Druckverhältnisses vorgenommen wird.

Vorzugsweise wird die Entspannung mit 80 bis 140 % des kritischen Druckverhältnisses vorgenommen. Das kritische Druckverhältnis liegt dann vor, wenn der Druck der Düse gleich

$$40 \quad \left(\frac{2}{x+1}\right) \cdot \text{Exp} - \left(\frac{x}{x-1}\right)$$

mal dem Reaktordruck ist; mit X dem adiabaten Exponenten.

45 Z.B. mit X = 1,3 ist der Düsenvordruck das 1,83fache des Reaktordruckes.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens bestehend aus einem leeren, von Einbauten freien Reaktor mit einem Dreistrombrenner mit jeweils einer oder mehreren getrennten Zuführungen für Brennstoff (2) und Sauerstoff (3) zum wassergekühlten Brennermund 50 (5) und paralleler Zuführung von Wasserdampf und/oder Kohlendioxid, wobei man das Rohr für den Dampf (1) konzentrisch innerhalb des Rohres für den Brennstoff verlegt und die Entspannung des Dampfes in das Öl durch eine zentrale Düse vornimmt, die bündig mit oder bis zum 5fachen Durchmesser des Brennstoffrohres in Strömungsrichtung vor der Mündungsöffnung des Brennstoffrohres endet, sowie eine Kühlwasserzuführung (4).

Erfindungsgemäß wird bei Verwendung von hochprozentigem Sauerstoff und flüssigen Kohlenwasser-

stoffen ein Temperaturmoderator in einer Menge zugegeben, welche die Temperatur auf ca. 1.300 bis 1.500 °C begrenzt, d.h. den Temperaturbereich, in dem die höchsten umsatzgeschwindigkeiten erreicht werden. Wenn die Methanbildung gefördert werden soll, müssen die Temperaturen auf ca. 1.000 bis 1.200 °C gesenkt werden. Als Moderator wird im allgemeinen Wasserdampf in einer Menge von 0,05- bis 0,8fachen der Brennstoffmenge, vorzugsweise das 0,2- bis 0,4fache (W/W) verwendet. Es kann aber auch CO₂ verwendet werden, wenn man ein CO-reiches Gas wünscht, hierbei werden die Mengen auch gelegentlich höher angesetzt und das CO₂ nach der Spaltgaswäsche wieder im Kreis zurückgeführt.

Erfindungsgemäß wird überwiegend Wasserdampf als Moderator eingesetzt. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt eine neue Methode dar, um flüssige Brennstoffe und Suspensionen von festen Brennstoffen in flüssigen Brennstoffen oder in Wasser in den Reaktionsraum einzubringen und die Reaktion in optimaler Weise zu lenken.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem Brennstoff und Sauerstoff und Wasserdampf bzw. CO₂ durch einen Dreistrombrenner, (Figur 1), dem Reaktionsraum zugeführt werden, treten die genannten Nachteile nicht auf, da die Belastung, ausgehend von der Maximallast in weiten Grenzen variierbar ist. Die Dispergierung des flüssigen Brennstoffes mit dem Moderationsdampf kann auch bei der Verwendung von Zweistrombrennern außerhalb des Reaktors vor dem Brenner in einem Mischer erfolgen. Nach dem Mischer kann das Öl-Dampf-Gemisch durch die Rohrleitung zum Brenner geführt werden, tritt durch den Ringspalt aus und mischt sich im Reaktor unter weiterer Öldispersion mit dem Sauerstoff. Die Last kann auf ca. 60 % heruntergefahren werden. Trotz dieses bereiten Belastungsbereiches des Brenners hängt aber die "Vergasungsgüte" auch bei diesem Verfahren von der Belastung ab wie in den Beispielen 2 und 3 gezeigt wird.

Die Gleichgewichtskonzentration (G in Figur 2) von CO₂ in Gegenwart von Kohlenstoff liegt bei 1.350 °C und 40 bar Gesamtdruck von 45 % CO bei etwa 0,5 % CO₂ im Spaltgas. Der effektive CO₂-Gehalt im Spaltgas bei bestimmter Rußkonzentration im Spaltgas, ausgedrückt in kg Ruß pro 100 kg Brennstoff ist ein Maß für die Annäherung an das Gleichgewicht und damit für den Umsatz bei der Vergasungsreaktion.

Andererseits bedeutet wenig Ruß bei gegebenem CO₂-Gehalt im Spaltgas, daß günstige Vergasungsbedingungen vorliegen.

In dem Diagramm (Figur 2) in dem der Rußanfall in kg Ruß/100 kg Öl auf der Ordinate und der CO₂-Gehalt auf der Abzisse aufgetragen sind, ist die "Vergasungsgüte" übersichtlich dargestellt. Werte gleicher "Vergasungsgüte" liegen auf einer Hyperbel, deren "senkrechter" Ast sich dem CO₂-Gleichgewichtsanteil im Spaltgas nähert während sich der "waagrechte" Ast der Abzissenachse nähert. Wenn kein Kohlenstoff mehr vorhanden ist, kann kein CO₂ mehr zu CO umgesetzt werden. Je näher der Scheitelpunkt der Hyperbel sich dem Schnittpunkt von CO₂-Gleichgewichtskonzentration und Abzissenachse nähert, desto besser ist die "Vergasungsgüte" und desto kleiner sind die Vergasungsverluste an Ruß und CO₂. Höhere CO₂-Werte im Spaltgas lassen sich durch mehr Moderationsdampf gekoppelt mit höherem spezifischen Sauerstoff einstellen. Die geringsten CO₂-Gehalte erreicht man mit sehr wenig Moderationsdampf z.B. $\leq 0,2$ t Dampf/t Brennstoff. Dabei steigt bei vorgegebener "Vergasungsgüte" der Rußanfall an.

Die Hyperbelabschnitte A bis D in Figur 2 entsprechen zunehmender "Vergasungsgüte".

Die Punkte sind die Meßpunkte der Beispiele 1 bis 6:

- (1) 10 t/h Dampf)
 (2) 10 t/h Dampf) → Zweistrombrenner
 (3) 12 t/h Dampf)
 (4) 10 t/h Dampf)
 (5) 10 t/h Dampf) → Dreistrombrenner gemäß dem erfindungsgemäßen
 (6) 12 t/h Dampf) Verfahren

Es hat sich gezeigt, daß mit herkömmlichen Zweistrombrennern sowohl bei Minderlast als auch bei Normallast mit Einsatz höher viskoser Öle als auch besonders beim Einsatz von Rückstandsölen mit sehr geringen Anteilen an leichtflüchtigen Komponenten, die oben definierte "Vergasungsgüte" merklich schlechter wird. Nur bei verhältnismäßig hohem Sauerstoff- und Wasserdampfeinsatz gelingt es, den Rußanfall in erträglichen Grenzen zu halten. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn man die aufwendige Rußrückführung zum Einsatzbrennstoff vermeiden und das Rußwaschwasser einer anderen Behandlung zuführen will.

Die erfindungsgemäße Verlegung der Dampfzugabe zum flüssigen Brennstoff in die Nähe der Austrittsöffnung und die Zumischung des Dampfes zum Öl über eine Düse mit einem kritischen Druckabfall von 30 bis 250 %, vorzugsweise 80 bis 140 % führt zu einer überraschenden Verbesserung der Vergasungsgüte. Man erhält mit sehr wenig Wasserdampf und sehr wenig Sauerstoffüberschuß ein Synthesegas mit sehr geringem CO₂-Gehalt und wenig Ruß als Nebenprodukt, d.h. die Vergasungsgüte nimmt kräftig zu.

Weiter wurde gefunden, daß man auch nur einen Teil des notwendigen Moderationsdampfes in den Ölstrom entspannen kann und den übrigen Teil des Moderationsdampfes dann dem Sauerstoff oder auch dem Brennstoff zugeben kann. Es ist auf diese Weise möglich, die Dampfmenge, die man in das Öl über die Düsen entspannt, so klein zu wählen, daß sie bei Teillast ausreicht. Bei Normallast gibt man den notwendigen zusätzlichen Moderationsdampf über den Sauerstoff zu.

Das erfindungsgemäße Verfahren verbindet also die Vorteile der günstigen Verdünnungsbedingungen mit dem Vorteil einer großen Flexibilität in der Reaktorbelastung. Aber auch bei der Vergasung von höher viskosen Rückstandsölen, die arm an flüchtigen Bestandteilen sind, werden höhere Ausbeuten erreicht.

Ein positiver Nebeneffekt des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß die bei dem partiellen Oxidationsverfahren stets anfallenden Feststoffpartikel deutlich kleiner sind. Es ist deshalb ein geringerer Verschleiß im nachgeschalteten Abhitzesystem zu erwarten.

Beispiel 1

In einem bei 40 bar betriebenen Synthesegasgenerator wird über einen Zweistrombrenner 10 t/h eines hochsiedenden Vakuumrückstandes eingebracht, das Öl wird mit 2,8 t Dampf, 70 bar (= 0,28 t Dampf/t Öl) in einem statistischen Mischer vordispersiert und dann mit 8.050 Nm³/h Sauerstoff, dem 0,5 t/h Wasserdampf zugemischt werden (0,05 t Dampf/t Öl) verdüst und bei 1.400 °C zur Reaktion gebracht. Nach Abkühlung weist das Spaltgas einen CO₂-Gehalt von 5,4 % und einen Rußgehalt von 1,9 kg Kohlenstoff pro 100 kg Ausgangsöl auf. (Punkt 1 in Figur 2).

Beispiel 2

In einem unter gleichen Bedingungen wie Beispiel 1 betriebenen Synthesegasgenerator werden 10 t/h Vakuumrückstand eingebracht, das Öl wird aber mit einer erhöhten Wasserdampfmenge von 3,91 t Dampf von 70 bar, d.h. 0,39 t Dampf/t l, vordispersiert und mit einer entsprechend erhöhten Sauerstoffmenge, der ebenfalls 0,5 t/h Wasserdampf zugemischt werden, zur Reaktion gebracht. Das gekühlte Spaltgas enthält 7,1 % CO₂ und 1,17 kg Kohlenstoff pro 100 kg Ausgangsöl (Punkt 2 in Figur 2). Man sieht, daß durch höhere CO₂-Werte, verursacht durch mehr Wasserdampf und mehr Sauerstoff, niedrigere Rußwerte bei gleicher Belastung erzielt werden.

Beispiel 3

Unter gleichen Bedingungen wie Beispiel 1 und 2 werden 12,5 t/h Vakuumrückstand, d.h. bei einer um 25 % höheren Belastung mit der gleichen Düsenanordnung vergast. Dabei wird das Öl mit 4,8 t/h Wasserdampf, 70 bar, d.h. 0,39 t + Dampf/t Öl, wie in Beispiel 2 vordispersiert und dann mit 10.000 Nm³/h Sauerstoff, dem 0,4 t Dampf/h zugemischt sind, vergast. Das gekühlte Spaltgas enthält 7,1 % CO₂ und 0,8 kg Kohlenstoff pro 100 kg Öleinsatz (Punkt 3, Figur 1). Man sieht, daß durch die höhere Belastung die Vergasungsgüte bei sonst gleichen Verfahrensparametern steigt.

Beispiel 4

Im gleichen Synthesegasgenerator, der in Beispiel 1 verwendet wurde, wird eine Düse gemäß Abbildung 1 eingebaut. Der Düsenmund der Dampf Düse endet in Strömungsrichtung 2 mm vor der Mündung des Ölrohres. Der Dampfdruck vor der Düse beträgt 100 bar, d.h. das 2,5fache des Reaktordruckes, was etwa 135 % des kritischen Drucksprunges entspricht. Vergast werden 10 t/h Vakuumrückstand mit 2,66 t/h Wasserdampf über die Düse (0,27 t Dampf/t Öl) unter Zugabe von 7.900 m³/h Sauerstoff, dem weitere 1,1 t Wasserdampf (0,11 t Dampf/t Öl) zugesetzt werden.

Das gekühlte Spaltgas enthält 4,2 % CO₂ und 0,25 kg Kohlenstoff im Ruß pro 100 kg Einsatzöl (Punkt

4 in Figur 2). Man sieht, daß bei erheblich geringeren CO₂-Werten, ein erheblich geringerer Rußanfall entsteht. In diesem Fall enthält der Ruß 21 % Schlacke, d.h. auf 1 kg Schlacke nur noch 3,8 kg Kohlenstoff, während bei den Beispielen 1 bis 3 etwa 15 bis 25 kg Kohlenstoff pro kg Schlacke anfielen. Eine Rußrückführung kann entfallen.

5

Beispiel 5

Unter gleichen Bedingungen wie in Beispiel 4 werden 10,5 t Vakuumrückstand bei gleicher Dampfbelastung der Düse, d.h. 2,64 t Dampf bei 100 bar pro Stunde vergast. Die Dampfmenge wird, bezogen auf den Sauerstoff auf 1,0 t/h, das sind 0,09 t Dampf/t Öl, leicht reduziert.

Nach dem Abkühlen enthält das Spaltgas 3,5 % CO₂ und 0,42 kg Ruß pro 100 kg Öl. Punkt 5 in Figur 2 zeigt, daß der Mindereinsatz von Dampf und Sauerstoff - zu niedrigerem CO₂ - und höheren Rußmengen führt.

15

Beispiel 6

Unter sonst gleichen Bedingungen wie in Beispiel 4 und 5 werden 7 t Vakuumrückstand/h (minus 30 %) mit entsprechend niedrigerer Sauerstoffmenge vergast, dem nur eine Menge von 0,08 t Dampf (= 0,01 t Dampf/t Öl) zugesetzt wird. D.h. der ganze Moderationsdampf von 2,64 t/h, d.h. 0,38 t Dampf/t Öl (wie in Beispiel 2 und 3) wird über die Düse entspannt. Diese Vergasungsbedingungen sind so günstig, daß man mit spezifisch kleinerer Sauerstoffmenge auskommt als bei den Beispielen 2 und 3. Das gekühlte Spaltgas enthält 6 % CO₂ und 0,25 % Kohlenstoff im Ruß pro 100 kg Einsatzöl (Punkt 6 in Figur 2). Man sieht, daß durch die größere spezifische Dampfmenge pro t Öl, welche sich durch die bei festem Düsenquerschnitt konstante Dampfmenge bei Teillast des Öls (-30 %) ergibt, mehr CO₂ entsteht, daß aber durch die wesentlich bessere Vergasungsgüte bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens außerordentlich wenig Kohlenstoff im Gas anfällt.

30

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Synthesegasen durch partielle autotherme Oxidation von flüssigen Brennstoffen und/oder festen Brennstoffen in Gegenwart von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Gasen unter Zusatz eines Temperaturmoderators wie Wasserdampf und/oder CO₂ in einem leeren Reaktorraum ohne Einbauten bei Temperaturen von 1.000 bis 1.500 °C bei einem Druck von 1 bis 100 bar, wobei die Reaktionspartner Brennstoff und sauerstoffhaltiges Gas getrennt dem Reaktor zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß man parallel zur Zuführung des Brennstoffes die Zuführung des Wasserdampfs bzw. CO₂ vornimmt und unmittelbar vor der Mündungsöffnung für den Brennstoff den Wasserdampf durch eine oder mehrere Düsen in den Brennstoffstrom entspannt, wobei die Entspannung mit 30 bis 250 %, vorzugsweise 80 bis 140 %, des kritischen Druckverhältnisses vorgenommen wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch einen leeren, von Einbauten freien Reaktor mit einem Dreistrombrenner mit jeweils einer oder mehreren getrennten Zuführungen für Brennstoff (2) und Sauerstoff (3) zum wassergekühlten Brennermund (5) und paralleler Zuführungen vom Brennstoff und Wasserdampf und/oder Kohlendioxid, wobei man das Rohr für den Dampf (1) konzentrisch innerhalb des Rohres für den Brennstoff verlegt und die Entspannung des Dampfes in das Öl durch eine zentrale Düse vornimmt, die bündig mit oder bis zum 5fachen Durchmesser des Brennstoffrohres in Strömungsrichtung vor der Mündungsöffnung des Brennstoffrohres endet, sowie eine Kühlwasserzuführung (4).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß man das Dampfrohr innerhalb oder außerhalb des Brennstoffrohres verlegt und den Dampf aus einem Ringraum um das Brennstoffrohr durch 2 bis 6 Öffnungen in einem Winkel von 5 bis 90° zum Brennstoffstrom in diesen eintreten läßt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man für den Voll- und Teillastfall stets die gleiche Dampfmenge ausströmen läßt, d.h. keine Mengenregelung durch vorgeschaltete Regelorgane vornimmt, die Düsenöffnung(en) so bemißt, daß im Teillastfall die gesamte für die Prozeßführung nötige Dampfmenge durch die Düse austritt, im Vollastfall die zusätzlich benötigte Menge an Dampf dem Sauerstoff oder dem Brennstoff zugegeben wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Anpassung der

EP 0 380 988 A2

Dampfmenge an den Teillastfall dadurch vornimmt, daß man eine verstellbare konische Düsennadel in die Düse vom hinteren Rohrende her einführt und durch die Position dieser konischen Nadel den Öffnungsquerschnitt so einstellt, daß für jeden Lastfall die optimale Dampfmenge mit dem beschriebenen Drucksprung ausströmt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG.1

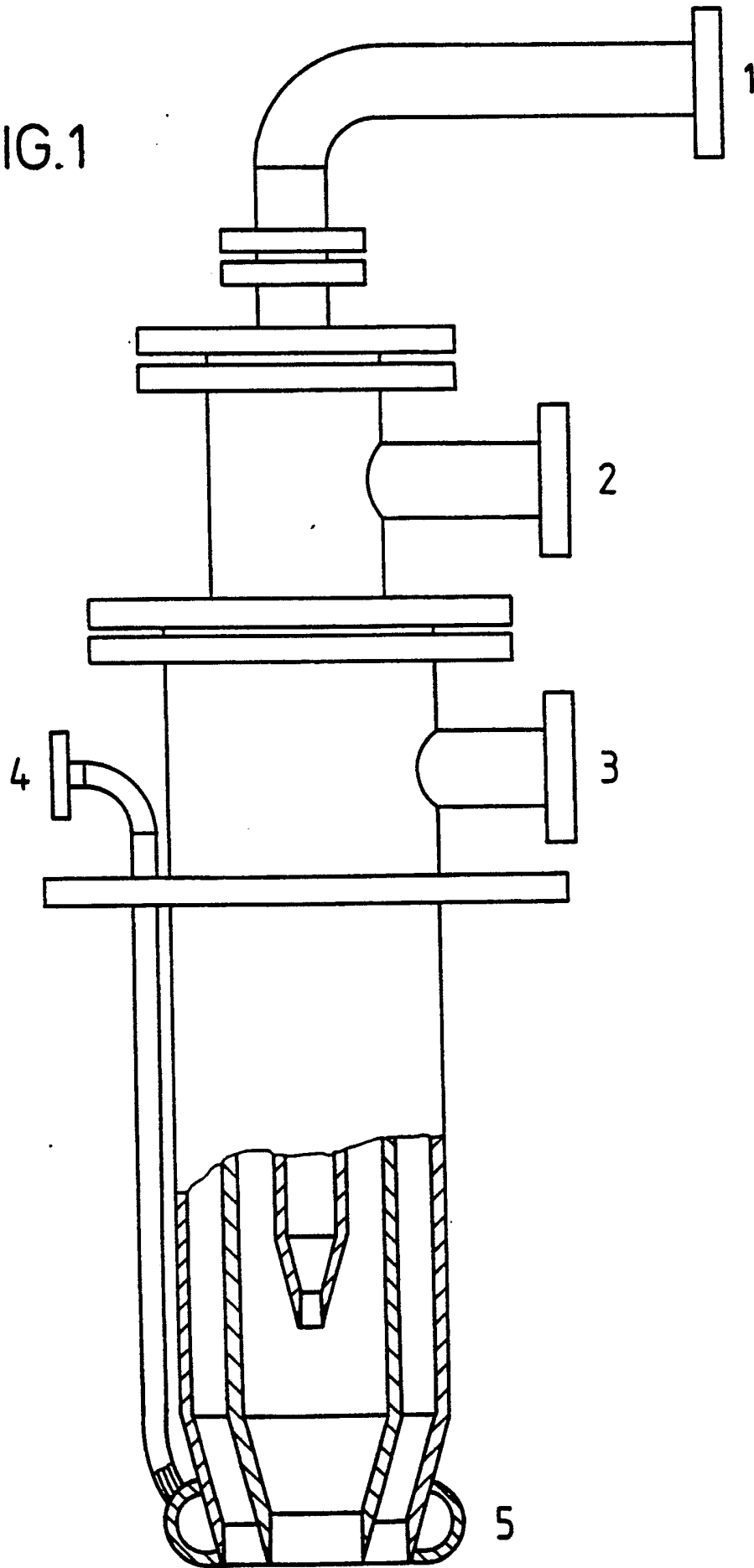


FIG.2

