

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 698 075 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.11.1996 Patentblatt 1996/48

(21) Anmeldenummer: **94926242.2**

(22) Anmeldetag: **06.09.1994**

(51) Int Cl.⁶: **C10G 51/00, C10G 9/14**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP94/02970

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 95/07959 (23.03.1995 Gazette 1995/13)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DAMPFCRACKEN EINER LEICHTEN UND EINER SCHWEREN KOHLENWASSERSTOFFBESCHICKUNG**

PROCESS AND DEVICE FOR STEAM-CRACKING A LIGHT AND A HEAVY HYDROCARBON CHARGE

PROCEDE ET DISPOSITIF DE VAPOCRAQUAGE D'UNE CHARGE D'HYDROCARBURES LEGERS ET D'UNE CHARGE HYDROCARBURES LOURDS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR NL

(30) Priorität: **17.09.1993 FR 9311119**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.02.1996 Patentblatt 1996/09

(73) Patentinhaber:
• **Linde Aktiengesellschaft**
65189 Wiesbaden (DE)
• **PROCEDES PETROLIERS ET**
PETROCHIMIQUES S.A.R.L.
92506 Rueil-Malmaison Cédex (FR)

(72) Erfinder: **LENGLET, M., Eric**
F-78170 La Celle-Saint-Cloud (FR)

(74) Vertreter: **Kasseckert, Rainer**
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
82049 Höllriegelskreuth (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 110 433 **WO-A-86/02376**

EP 0 698 075 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen in einem Spaltofen mit einer Konvektionszone und einer Strahlungszone, wobei das Verfahren eine erste Stufe des Vorcrackens einer Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen und eine zweite Stufe des abschließenden Co-Crackens des Gemisches aus dieser vorgedampften Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen und einer Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen aufweist. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen, die einen Spaltofen mit einer Konvektionszone und einer Strahlungszone, mindestens ein Vorheizrohr für eine Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen in der Konvektionszone zum Vorheizen dieser Beschickung, wobei dieses Rohr stromabwärts mit mindestens einem Crackrohr für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen zum Vorcracken derselben in der Strahlungszone verbunden ist, und mindestens ein Vorheizrohr für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen in der Konvektionszone zum Vorheizen dieser Beschickung umfaßt.

Das Verfahren des Dampfcrackens ist wohlbekannt und stellt eines der wichtigsten Verfahren der Petrochemie dar. Dabei wird eine aus Kohlenwasserstoffen und Wasserdampf bestehende Beschickung verdampft und in der Konvektionszone des Dampfcrackofens vorgeheizt. In der Strahlungszone des Ofens erfolgt eine gewaltige Temperaturerhöhung dieser Beschickung über die anfängliche Cracktemperatur hinaus und es kommt zu einem Cracken bzw. einer Spaltung bei hoher Temperatur, bevor die Spaltgase abgekühlt und die Spaltprodukte fraktioniert werden.

Im Rahmen dieser Erfindung wird unter "Beschickung" eine Mischung aus Kohlenwasserstoffen und Wasserdampf verstanden. Dies gilt sowohl für leichte als auch für schwere Beschickungen. Mit Beschickung wird die Mischung entweder vor dem Cracken dieser Mischung oder aber auch während des Crackens dieser Mischung bezeichnet. Von der Beschickung zu unterscheiden ist die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion der Beschickung (die Fraktion ohne Wasserdampf) vor dem Cracken der Beschickung, also die Kohlenwasserstoffe aus der Beschickung beziehungsweise aus der Mischung aus Kohlenwasserstoffen und Wasserdampf.

Die Vorheiztemperaturen liegen normalerweise im Bereich zwischen 450 und 650°C, die Cracktemperaturen (Auslaßtemperatur des Ofens) üblicherweise im Bereich zwischen 780 und 920°C.

Die hohen Werte der Temperaturintervalle betreffen im allgemeinen die leichtesten Beschickungen, die niedrigen Werte die relativ schweren Beschickungen. Für die Beschickungen wird nach Möglichkeit ein Beginnen des Crackens in der Konvektionszone vermieden.

Als "anfängliche Cracktemperatur" wird im Zusammenhang mit der Erfindung die Temperatur bezeichnet, oberhalb der ein Cracken oder eine Spaltung der Kohlenwasserstoffe in nennenswertem Maße einsetzt bzw. auftritt und oberhalb der das Cracken immer schneller abläuft. Die anfänglichen Cracktemperaturen hängen wesentlich von der Zusammensetzung der Beschickung ab. Die Werte der anfänglichen Cracktemperatur sind dem Fachmann bekannt.

Im Zusammenhang mit der Erfindung gelten beispielsweise für die angegebenen Zusammensetzungen der Beschickung die folgenden unterschiedlichen Werte:

Zusammensetzung der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion der Beschickung	Anfängliche Cracktemperatur
C ₂ -C ₃ -C ₄	720°C
Naphtha	710°C
Kerosin, atmosphärisches Gasöl	690°C
Vakuumgasöl	680°C

Bei diesen Temperaturen handelt es sich um herkömmliche Werte. Da diese Temperaturen in der Regel keine scharfen Temperaturwerte darstellen, könnten auch Temperaturen angegeben werden, die um 10 bis 20 K von den genannten Werten abweichen. Die oben angegebenen Werte entsprechen sehr niedrigen Crackgeschwindigkeiten. Im Vergleich dazu liegen bei höheren Crackgeschwindigkeiten die Temperaturen normalerweise mindestens 100 K über den angegebenen Temperaturwerten. Derartige Temperatur herrschen üblicherweise am Auslaß des Spaltofens.

Auf eine dem Fachmann wohlbekannte Art und Weise strebt man eine starke Temperaturerhöhung der Beschickung bis zu der anfänglichen Cracktemperatur und darüberhinaus an, weil dies für die Ausbeute günstig ist. Eine schnelle Abkühlung begünstigt ebenso die Ausbeute. Die Veränderungen der Temperatur im Verfahren entsprechen dabei im wesentlichen einem "quadratischen" Temperaturprofil.

Allgemein wird vermieden, zu große Kohlenwasserstoff-Schnitte zu spalten, die sehr leichte und sehr schwere Fraktionen enthalten, denn das Cracken bzw. Spalten dieser Art von Mischungen führt entweder zu einer unzureichenden Spaltung der leichten Fraktionen oder zu einer übermäßigen Spaltung der schweren Fraktionen. In der Tat müssen in einem bestimmten Ofen die leichten, hitzebeständigeren Fraktionen bei einer höheren Temperatur gespalten werden, also mit einer höheren Crackintensität.

Die Crackintensität ist im wesentlichen bestimmt durch die Spaltbedingungen bzw. bestimmte Parameter wie die Verweilzeit der Beschickung im Spaltöfen, die Temperatur und die Verdünnung. Gleichzeitig spiegelt die Crackintensität die Bedeutung der Verweilzeit und der Temperatur wider. Die Crackintensität kann anhand verschiedener, dem Fachmann bekannter Indices (beispielsweise anhand des Index KSF) gemessen werden.

Für die folgenden Ausführungen läßt sich der Index der Crackintensität als die Umwandlung einer unter denselben Bedingungen wie Temperatur, Verweilzeit und Verdünnung ge-crackten Beschickung von normalem Pentan definieren.

Außer in dem Fall, wo bestimmte Öfen nicht zur Verfügung stehen (beispielsweise ein Crackofen für decarbonisiertes Ethan), wird ein Co-Cracken sehr unterschiedlicher, in Mischung befindlicher Fraktionen mit einer identischen Crackintensität in der Regel vermieden.

Unter "Co-Cracken" wird eine Verfahrensführung mit einem kombinierten Cracken bzw. Spalten von leichten und schweren Kohlenwasserstoffeinsätzen verstanden. Der schwere Kohlenwasserstoffeinsatz ist dabei in der Regel in der Hauptbeschickung enthalten.

Es sind zahlreiche Verfahren zum Co-Cracken einer leichten Beschickung und einer schweren Beschickung mit unterschiedlichen Crackintensitäten für die leichte Beschickung und für die schwere Beschickung bekannt. Abgesehen von der Tatsache, daß die Auswirkungen eines zu geringen oder eines zu starken Crackens vermieden werden sollen, haben diese Verfahren das Ziel, von der bei der hohen Temperatur existierenden Energie, die auf ein Vorcracken einer leichten und infolgedessen hitzebeständigen und bei einer höheren Temperatur ge-crackten Beschickung zurückzuführen ist, für das Cracken der schweren Beschickung zu profitieren, insbesondere um quasi auf der Stelle durch das Mischen eine vorgeheizte schwere Beschickung über ihren anfänglichen Crackpunkt hinaus zu bringen.

Das zweite Ziel bestimmter Verfahren besteht darin, eine vorgecrackte leichte Beschickung als Verdünnungsmittel zu verwenden, das zumindest teilweise an die Stelle des zur Verdünnung der schweren Beschickung dienenden Wasserdampfes tritt.

So wurde bereits vorgeschlagen, eine geringe Menge einer schweren Beschickung (im allgemeinen ein Gasöl) in die Spaltgase von Naphtha zu injizieren. Die Mengen der schweren Beschickung, die zugeführt werden können, sind in diesem Fall stark reduziert (beispielsweise 10 % in bezug auf Naphtha), so daß sich die Mischung auf einer Cracktemperatur des Gasöls befindet.

Es wurde allgemein ein als "Duocracken" bezeichnetes Verfahren vorgeschlagen (siehe EP-B- 0 110 433), bei dem die schwere Beschickung vorgecrackt wird, bevor sie mit der bereits ge-crackten leichten Beschickung gemischt wird. Bei diesem Verfahren kann der Prozentsatz der schweren Beschickung unter Umständen etwas erhöht sein, und das Ziel, die vorgecrackte leichte Beschickung zum Teil durch Wasserdampf zu ersetzen, kann erreicht werden. Der starke Temperaturanstieg der schweren Beschickung ist allerdings unerwünscht, da diese mit einer sehr schwachen Verdünnung (unter 0,2) vorgecrackt wird. Im übrigen ist die zusätzliche Umwandlung der leichten Beschickung im Lauf des abschließenden gemeinsamen Crackens begrenzt, da die schwere Beschickung bereits vorgecrackt ist und das abschließende gemeinsame Cracken nur mit einer reduzierten Crackintensität durchgeführt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art aufzuzeigen, für die alle Vorteile der oben beschriebenen Verfahren beibehalten werden können, gleichzeitig aber deren Nachteile nicht in Kauf genommen werden brauchen. Das bedeutet, die Erfindung sollte möglichst gleichzeitig folgendes ermöglichen:

- Die Verwendung einer Menge einer leichten Beschickung, die geringer als die Menge der schweren Beschickung ist, was sich beim Dampfcracken positiv auswirkt, oder ein erneutes Cracken wieder zurückgeführter leichter Fraktionen (C₂ bis C₄) in einer bezogen auf die Hauptbeschickung (beispielsweise Naphtha) geringeren Menge,
- die Bevorzugung eines starken Temperaturanstiegs der schweren Beschickung,
- das Erzielen einer zusätzlichen maximalen Umwandlung der leichten Beschickung während des Co-Crackens, und zwar ohne daß Probleme des Verkokens auftreten.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art aufzuzeigen, wobei das Co-Cracken in Rohrschlangen mit einem großem und einheitlichem Durchsatz durchgeführt werden kann. Verfahren und Vorrichtung sollen außerdem wirtschaftlich sein und eine sehr leichte Kontrolle der Spaltparameter erlauben.

Diese Aufgabe wird für das Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

- a) Ein getrenntes Vorheizen der beiden Beschickungsströme in der Konvektionszone, wobei die Vorheiztemperatur jedes Beschickungsstromes unterhalb jeweils der anfänglichen Spalttemperatur bleibt,
- b) das Vorcracken der vorgeheizten leichten Kohlenwasserstoffe,

- c) das Mischen des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes mit dem vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom unter Bildung eines Mischstromes,
- d) ein starkes Aufheizen des Mischstromes auf eine Temperatur, die höher ist als die anfängliche Spalttemperatur, indem die Mischung in die Strahlungszone des Ofens eingeleitet wird,
- e) das Durchführen eines abschließenden Co-Crackens in der Strahlungszone des Ofens, und
- f) das Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase außerhalb des Ofens.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhafterweise dadurch ausgestaltet, daß die Verfahrensschritte a) bis c) umfassen:

- a) Ein getrenntes Vorheizen der beiden Beschickungsströme in der Konvektionszone auf Vorheiztemperaturen über 300°C,
- b) das Vorcracken der vorgeheizten leichten Kohlenwasserstoffe bei einer Temperatur im Bereich zwischen 780 und 920°C, vorzugsweise zwischen 800 und 900°C, und
- c) das Mischen des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes mit dem vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom unter Bildung eines Mischstromes, wobei die Menge und die Temperatur jeder der beiden Ströme vor dem Mischen so festgelegt werden, daß die Temperatur des Mischstromes höher als 400°C und niedriger als die anfängliche Spalttemperatur ist.

Das Verfahren gemäß der Erfindung besitzt eine Reihe wichtiger Vorteile:

Der erste Vorteil besteht darin, daß für die schwere Beschickung ein wichtiges zusätzliches (maximales) Cracken erreicht wird: Aufgrund der Tatsache, daß die schwere Beschickung nicht vorgecrack ist und das Mischen der beiden Beschickungen bei einer Temperatur unterhalb der anfänglichen Cracktemperaturen erfolgt, entspricht die während des starken Temperaturanstieges und des Co-Crackens der Mischung erreichte Crackintensität der vollständigen Crackintensität der schweren Beschickung.

Diese vollständige Crackintensität erlaubt im Gegensatz zu den bekannten Verfahren ein zusätzliches maximales Cracken der leichten Beschickung. Dies ist vor allem im Hinblick auf die sehr hitzebeständigen leichten Beschickungen, die bei mehr als ungefähr 60 bis 65 % nicht bzw. zumindest nicht allein ohne größere Verkokungsprobleme ge-crackt werden können, wie beispielsweise Ethan, von Interesse und größtem Vorteil.

Das Verfahren erlaubt eine zusätzliche Umwandlung im Laufe des Co-Crackens, so daß ungefähr 70 bis 85 % Gesamtumwandlung erreicht werden können.

Desweiteren ist die für die Mischung erforderliche Temperatur relativ niedrig, so daß von der vorgeheizten (relativ kalten) schweren Beschickung wesentlich größere Mengen verwendet werden können als von der leichten Beschickung, weil deren Temperatur am Ende des Vorcrackens ja sehr hoch ist.

Dies eignet sich sehr gut für den Fall, wo die leichte Beschickung aus von nachgeschalteten Verfahrensstufen, wie beispielsweise aus der Fraktionierung, rückgeführten Fraktionen von Verbindungen mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen (z.B. Ethan, ein C₄- und/oder ein C₅-Schnitt) besteht. Die leichte Beschickung kann auch durch das Cracken einer Hauptbeschickung (schwere Beschickung) wie zum Beispiel Naphtha gewonnen werden. In diesem Fall übersteigt die Menge der zurückgeführten Fraktionen kaum 15 % der Menge der schweren Beschickung.

Gemäß der Erfindung liegt die Menge der kohlenwasserstoffhaltigen leichten Beschickung unter 50 %, vorzugsweise zwischen 4 % und 45 %, besonders bevorzugt zwischen 5 und 35 %, der Gesamtmenge der beiden kohlenwasserstoffhaltigen Beschickungen.

Der relativ große Einfluß der schweren Beschickung erlaubt also eine beachtliche Verdünnung der leichten Beschickung während des Co-Crackens, was das Verkoken des Ofens aufgrund des sehr intensiven Crackens der leichten Beschickung reduziert (das Verkoken ist beispielsweise sehr stark, wenn Ethan allein bei einer Umwandlung von mehr als 65 % gespalten wird).

Was die starke Temperaturerhöhung der schweren Beschickung (in Mischung) über die anfänglichen Cracktemperaturen hinaus angeht, so erfolgt diese Temperaturerhöhung im Gegensatz zu den bislang bekannten Verfahren des Co-Crackens durch Einleiten der Mischung in die Strahlungszone. Diese Temperaturerhöhung ist weniger stark als die durch das Mischen, sie bleibt aber immer noch sehr schnell aufgrund der geringen Reaktionsfähigkeit der bereits vorgecrackten leichten Beschickung. Diese geringe Reaktionsfähigkeit wird durch das Abkühlen der vorgecrackten leichten Beschickung während des Mischens erreicht. Die Abkühlung erfolgt dabei um mindestens 60°C, vorzugsweise mindestens 80°C, und besonders bevorzugt um mindestens 100°C. Sie ermöglicht eine beachtliche Verringerung der Menge der Spaltradikale. Die abgekühlte, vorgecrackte leichte Beschickung verhält sich dadurch zumindest zum Teil tatsächlich wie ein Verdünnungsmittel. Die Temperaturerhöhung fällt daher viel stärker als beim alleinigen Vorcracken der schweren Beschickung.

Das Verfahren erlaubt die Verwendung relativ geringer Mengen der leichten Beschickung, die Durchführung eines starken zusätzlichen Crackens dieser Beschickung, wobei die mit diesem starken Cracken verbundenen Verkokungs-

probleme vermieden werden, weil die schwere Beschickung stark verdünnt ist. Diese schwere Beschickung wird im übrigen aufgrund des Vorhandenseins der als Verdünnungsmittel wirkenden leichten Beschickung (Effekt der gegenseitigen Verdünnung) viel schneller auf ihre Cracktemperatur gebracht.

Dieses erfindungsgemäße Herstellen einer Mischung von relativ niedriger Temperatur, wobei es zu einem Abkühlen der vorgecrackten leichten Beschickung kommt, ist überraschend und steht im Gegensatz zu den im Stand der Technik bekannten Verfahren. Bei diesen Verfahren geht es vielmehr hauptsächlich darum, eine Energiequelle von sehr hoher Temperatur (beispielsweise 850°C) zu verwenden, die aus der vorgecrackten leichten Beschickung besteht. Entsprechend wurde bei diesen bekannten Verfahren versucht, diesen Wärmevektor auf einem möglichst hohen brauchbaren Wärmeniveau zu verwenden, also für das endgültige Cracken der schweren Beschickung ("Duocrackverfahren") oder für eine starke Temperaturerhöhung dieser schweren Beschickung durch das Mischen.

Überraschenderweise wurde im Zusammenhang mit der Erfindung festgestellt, daß durch das Einschränken des Wärmeniveaus des verwendeten Energievektors unerwartete Vorteile erzielt werden können.

Der Ansatz des erfindungsgemäßen Verfahrens unterscheidet sich von Grund auf sehr von dem der bekannten Verfahren: Anstatt auf die Zufuhr der leichten Beschickung Wert zu legen (Zufuhr in zweifacher Hinsicht: Energievektor und schwere Beschickung als Verdünnungsmittel), wird im erfindungsgemäßen Verfahren dank der Funktion der schweren Beschickung als Verdünnungsmittel dieser leichten Beschickung versucht, eine starke zusätzliche Spaltung der leichten Beschickung zu erreichen, um deren Verkoken einzuschränken. Was das Energieniveau angeht, so bewirkt die Einschränkung des Wärmeniveaus beim Einsatz der über die vorgecrackte leichte Beschickung zugeführten Wärme keinen Energieverlust.

In Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann nach dem Mischen der Mischstrom in eine Vielzahl von Einzelströmen aufgeteilt werden, unmittelbar bevor diese Einzelströme in die Strahlungszone eingeleitet werden, um den Mischstrom abrupt auf seine anfängliche Spalttemperatur zu bringen. Insbesondere kann der Mischstrom mit Vorteil bei einer Temperatur, die niedriger als die anfängliche Spalttemperatur eines der beiden Beschickungsströme ist, in die Einzelströmen aufgeteilt werden.

Erfindungsgemäß zirkuliert der Mischstrom die bei einer Temperatur, die niedriger ist als die Cracktemperaturen der beiden Beschickungen. Nach dem Vermischen wird der Mischstrom in eine Vielzahl von Einzelströmen unterteilt. Unmittelbar nach der Aufteilung in Einzelströme werden diese Einzelströme in die Strahlungszone eingeleitet, um die Mischung abrupt auf eine Temperatur zu bringen, die höher als die anfänglichen Cracktemperaturen der beiden Beschickungen ist. Die Einzelströme zirkulieren dann parallel zumindest in einem ersten Teil der Strahlungszone.

Erfindungsgemäß können von ein und derselben Mischzone aus eine Vielzahl von Crackströmen der Spaltzone zugeführt bzw. eine Vielzahl von Crackvorgängen durchgeführt werden. Nach bekannten Verfahren geschieht dies getrennt oder mit einer zumindest teilweisen Zusammenführung der Ströme im Endteil der Crackschlange nach der sogenannten "Split Coil"-Technik.

Auf diese Weise läßt sich die Anzahl der Mischzonen eines Ofens und damit die Anzahl der Rohrschlangen zum Vorcracken der leichten Beschickung einschränken. Daraus ergeben sich eine zuverlässigere Funktionsweise und geringere Montagekosten.

Auf einen wichtigen Punkt sei hier noch hingewiesen:

Die Mischzone besteht oft aus Verteilerdüsen oder Venturirohren. Durch die erfindungsgemäße Wahl einer niedrigen Mischtemperatur läßt sich das Verkoken der Mischzone im wesentlichen verhindern, so daß auch die Zufuhr der verschiedenen Ströme nicht gestört wird. Aufgrund der verminderten Temperatur der Mischung läßt sich auch ein vorzeitiger Beginn des Crackens in der Trennzone verhindern, welcher sich auf die Ausbeute ungünstig auswirken würde.

Die erfindungsgemäß gebotene Möglichkeit, die Mischung ohne die Probleme des Trennens oder Verkokens zu fraktionieren, und somit geteilte Rohrschlangen ("split coils") für das Co-Cracken zu verwenden, erlaubt es, Rohrschlangen mit einer sehr großen einheitlichen Kapazität zu verwenden, was die Kosten für den Ofen reduziert. Gemäß der Erfindung können beliebige leichte und schwere Beschickungen verwendet werden, wenn nur das mittlere Molekulargewicht der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion der leichten Beschickung geringer ist als das der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion der schweren Beschickung.

Die am besten geeigneten leichten Beschickungen sind diejenigen, bei denen die kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion dieser Beschickungen zum großen Teil aus Kohlenwasserstoffen mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen bestehen, nämlich insbesondere:

- Ethan, vorzugsweise rückgeführtes Ethan,
- der rohe rückgeführte C₄-Schnitt oder der C₄-Schnitt nach der Extraktion von Butadien oder Isobuten,
- rückgeführte Fraktionen, die Olefine mit 5 Kohlenstoffatomen enthalten und/oder
- gesättigte Fraktionen, beispielsweise der rückgeführte C₄-Schnitt nach der Hydrierung.

Diese kohlenwasserstoffhaltigen leichten Beschickungen liegen typischerweise im Bereich des Molekularge-

wichts, das erfindungsgemäß für die leichte Beschickung bevorzugt wird. Denn erfindungsgemäß besitzt die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen ein mittleres Molekulargewicht im Bereich zwischen 25 und 60. Dies entspricht auch dem mittleren Molekulargewicht der rückgeführten ungesättigten Fraktionen.

5 Die Mischungen, die hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffen der Gruppe umfassend Ethan und die ungesättigten rückgeführten Fraktionen (beispielsweise der C₄-Schnitt) bestehen, sind ebenfalls als erfindungsgemäße kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen besonders geeignet, wobei das Ethan die Ausbeute beim Cracken bzw. Spalten der ungesättigten Fraktion aufgrund seiner Funktion als Wasserstoffspender, direkt oder über die Zwischenstufe des beim Cracken entstehenden molekularen Wasserstoffs, verbessern kann. Bevorzugt wird daher erfindungsgemäß eine kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen verwendet, die zum überwiegenden Teil aus Ethan, vorzugsweise aus rückgeführtem Ethan, besteht.

10 Die kohlenwasserstoffhaltigen Fraktionen in der Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen liegen vorzugsweise im Bereich eines mittleren Molekulargewichtes zwischen 70 und 500. Diese Fraktionen umfassen hauptsächlich Naphtha, Kerosin und Gasöl (atmosphärisches Gasöl oder Vakuum-Gasöl).

15 Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch mit Ethan als kohlenwasserstoffhaltiger Fraktion der leichten Beschickung und mit Flüssiggasen (gesättigte oder ungesättigte C₃- und/oder C₄-Verbindungen) als kohlenwasserstoffhaltiger Fraktion der schweren Beschickung durchgeführt werden.

20 Gemäß einer besonderen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, die insbesondere dann interessant ist, wenn die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion der leichten Beschickung aus Ethan besteht, wird die vorgecrackte leichte Beschickung einer leichten Alterung in einer im wesentlichen adiabatischen Zone unterzogen, um ihre Temperatur um 10 bis 50°C zu senken, bevor sie mit der vorgeheizten schweren Beschickung gemischt wird.

Gemäß einer anderen Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion der schweren Beschickung hauptsächlich aus schweren Fraktionen der Gruppe der Vakuumgasöle und -destillate.

25 Bevorzugt, insbesondere im Fall einer kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion der schweren Beschickung hauptsächlich aus schweren Fraktionen der Gruppe der Vakuumgasöle und -destillate, werden die Temperaturen und Mengen der beiden Beschickungen vor dem Mischen so festgelegt, daß die vorgeheizte schwere Beschickung nicht vollständig verdampft und daß die vollständige Verdampfung dieser Beschickung durch das Mischen mit mindestens einem Teil der vorgecrackten leichten Beschickung erfolgt.

30 Das Mischen kann gegebenenfalls auch in mehreren, insbesondere zwei, Stufen durchgeführt werden: Das Mischen mit einem Teil der vorgecrackten leichten Beschickung, damit die schwere Beschickung vollständig verdampft (Herleitung vom "Trockenpunkt"), und dann das Mischen mit dem Rest der vorgecrackten leichten Beschickung. Zwischen den beiden Mischvorgängen kann die über einen Teil der vorgecrackten leichten Beschickung vollständig verdampfte schwere Beschickung gegebenenfalls durch Konvektion überhitzt werden.

35 Gegebenenfalls kann auch der Teil der leichten Beschickung, der zum vollständigen Verdampfen der schweren Beschickung verwendet wird, beispielsweise durch Mischen mit einer geringen Menge von kälterem Wasserdampf leicht abgekühlt werden, wenn bei der schweren Beschickung zu hohe Temperaturen in der Mischzone vermieden werden sollen. Dies ist jedoch nicht zwingend notwendig, und vorzugsweise wird die vorgecrackte leichte Beschickung nicht abgekühlt (durch ein von außen zugeführtes Fluid). Wo dies möglich ist, wird auch das vollständige Verdampfen der schweren Beschickung vor der Mischzone bevorzugt.

40 Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, die auch folgendes umfaßt:

- eine Mischzone zur Bildung eines Mischstromes mit mindestens einer Einlaßleitung für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen verbunden ist,
- eine Trennzone zum Aufteilen der Mischung in eine Vielzahl von Einzelströmen,
- eine Vielzahl von parallel angeordneten Zirkulationsrohren für die Einzelströme in der Strahlungszone für einen starken Temperaturanstieg der Mischung, und
- mindestens ein Crackrohr für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre für die Einzelströme und stromabwärts mit Einrichtungen zum Abkühlen der Spaltgase verbunden ist.

55 Mit dieser Vorrichtung gemäß der Erfindung kann das Mischen bei einer relativ niedrigen Temperatur erfolgen, die ausreicht, um ein vorzeitiges Cracken in der stromabwärtigen Trennzone oder ein beachtliches Verkoken dieser Zone zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird auch noch eine weitere Vorrichtung vorgeschlagen, wobei diese Vorrichtung neben den eingangs genannten Merkmalen folgendes umfaßt:

- eine außerhalb des Ofens gelegene Mischzone zur Bildung eines Mischstromes mit mindestens einer Einlaßleitung für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen verbunden ist,
- mindestens ein Transportrohr zum Transport der Mischung von der Außenseite des Ofens zum Inneren der Strahlungszone, wobei dieses Rohr stromaufwärts mit der Mischzone und stromabwärts mit mindestens einem Zirkulationsrohr für die Mischung in der Strahlungszone verbunden ist, und
- mindestens ein Crackrohr für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre für die Mischung und stromabwärts mit Einrichtungen zum Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase verbunden ist.

Bei dieser Vorrichtung ist die Mischzone außerhalb des Ofens angeordnet, was das Verkoken des Ofens beträchtlich einschränkt, und die Mischung kann bei einer relativ niedrigen Temperatur ungestört zur Strahlungszone gelangen, wo das abschließende Co-Cracken durchgeführt wird, ohne daß die Gefahr einer vorzeitigen Spaltung oder eines Verkokens besteht.

Gemäß einer charakteristischen Ausführungsform der Erfindung ist die Mischzone gleichzeitig auch die Zone, in der die schwere Beschickung endgültig verdampft. Ein sehr starken Wärmevektor (die vorgecrackte leichte Beschickung) wird ausgenutzt, um eine sehr schwere Beschickung wie zum Beispiel ein Vakuumgasöl oder -destillat mit einem großen Sicherheitsspielraum vollständig zu verdampfen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann unter Ausnutzung der Vorteile der beiden oben beschriebenen Vorrichtungen auch neben den eingangs aufgezählten Merkmalen folgendes umfassen:

- eine außerhalb des Ofens gelegene Mischzone zur Bildung eines Mischstromes mit mindestens einer Einlaßleitung für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen verbunden ist,
- eine Trennzone zum Aufteilen der Mischung in eine Vielzahl von Einzelströmen,
- Transportrohre zum Transport der Einzelströme von der Außenseite des Ofens zum Inneren der Strahlungszone, wobei diese Rohre stromaufwärts mit der Trennzone und stromabwärts mit Zirkulationsrohren für die Mischung in der Strahlungszone verbunden sind,
- eine Vielzahl von parallel angeordneten Zirkulationsrohren für die Einzelströme in der Strahlungszone für einen starken Temperaturanstieg der Mischung, und
- mindestens ein Crackrohr für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre für die Einzelströme und stromabwärts mit Einrichtungen zum Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase verbunden ist.

In Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen können in der Strahlungszone des Ofens zwei oder mehrere Zirkulationsrohre mit mindestens einem Spaltrohr verbunden sein.

Mit Vorteil können die erfindungsgemäßen Vorrichtungen dadurch ausgebildet sein, daß außerhalb der Strahlungszone zwischen mindestens einem Crackrohr für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen zum Vorcracken derselben und der Einlaßleitung für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes eine adiabatische Zone vorgesehen ist.

In Weiterbildung der Vorrichtungen können mehrere Spaltrohre mit einer Einrichtungen zum Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase verbunden sein.

Erfindungsgemäß kann bzw. können in der Vorrichtung das oder die Vorheizrohr(e) zum Vorheizen der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen in der Konvektionszone innerhalb des Spaltofens mit dem oder den Crackrohr(en) zum Vorcracken der leichten Kohlenwasserstoffe in der Strahlungszone verbunden sein.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen eignen sich insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Figuren näher erläutert.

Hierzu zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teils einer Anlage zum Dampfcracken gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung der wichtigsten Schritte des Verfahrens gemäß der Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der verschiedenen Ausführungsformen von Spaltrohrschlangen einer Anlage

zum Dampfcracken gemäß der Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Ansicht der Mischzone einer Anlage zum Dampfcracken gemäß der Erfindung.

In **Fig. 1** ist sehr schematisch ein Ofen 10 zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen dargestellt, der mittels Konvektion und Strahlung heizt und Vorheiz-, Zirkulations- und Spaltrohre oder Bündel von Vorheiz-, Zirkulations- und Spaltrohren für Kohlenwasserstoffe umfaßt, um diese vorzuheizen und thermisch zu cracken.

Der in Fig. 1 gezeigte Ofen 10 umfaßt einen ersten Teil A, in dem mittels Konvektion geheizt wird, und der mit einem zweiten Teil B in Verbindung steht, in dem mittels Strahlung geheizt wird. In dem Teil B des Ofens wird der sehr starke Wärmestrom im allgemeinen über Brenner (nicht dargestellt) zugeführt, deren Abgase anschließend im ersten Teil A des Ofens zirkulieren und für eine Heizung mittels Konvektion sorgen. Der in Fig. 1 gezeigte Ofen 10 kann durch eine spiegelsymmetrisch angeordnete und in Fig. 1 nicht dargestellte, aber angedeutete zweite Ofenhälfte ergänzt sein.

Der erste Teil A des Ofens (Konvektionszone) umfaßt ein oder mehrere Vorheizrohr(e) 4 für eine kohlenwasserstoffhaltige schwere Beschickung 2 und für Wasserdampf, wobei die Kohlenwasserstoffe dieser Beschickung hauptsächlich mindestens drei Kohlenstoffatome aufweisen (beispielsweise ein Naphtha oder ein Gasöl).

Der Teil A des Ofens umfaßt außerdem ein oder mehrere Vorheizrohr(e) 3 für eine leichte Beschickung, die beispielsweise aus Ethan und Wasserdampf besteht, wobei diese Rohr(e) 3 in Fig. 1 gestrichelt dargestellt sind, um sie von den Rohren für die schwere Beschickung zu unterscheiden, in denen diese schwere Beschickung allein oder in Mischung fließt.

Die im ersten Teil A des Ofens vorgesehenen Rohre 3 sind mit Spaltrohren 5 im zweiten Teil B des Ofens (Strahlungszone) verbunden.

Das stromabwärtige Ende der Rohre 5 ist mit einer Alterungszone 6 verbunden, die beispielsweise aus einem Rohr mit einer Länge zwischen 1 und 10 m besteht, dessen Durchmesser größer ist als der Durchmesser des Endabschnittes der Rohre 5.

Bei Austritt aus der Alterungszone 6 werden die vorgecrackte leichte Beschickung (7) und die vorgeheizte und nicht vorgecrackte schwere Beschickung (8) vereinigt und in einer Mischzone mit Hilfe von Einlaßleitungen 7 bzw. 8 unter Bildung des Mischstromes 9 gemischt. Stromabwärts von der Mischzone kann die Mischung mit Hilfe einer Trennzone 11 in eine Vielzahl von Einzelströmen (12) unterteilt werden. Diese Ströme zirkulieren in den Beförderungsrohren 12 und werden in die Zirkulationsrohre 13 im Inneren der Strahlungszone B des Ofens 10 eingeleitet. Die Wärmezufuhr in der Strahlungszone B auf die Rohre 13 bewirkt die starke Temperaturerhöhung der Mischung über die anfänglichen Cracktemperaturen der beiden Beschickungen hinaus. Die Rohre 13 sind stromabwärts mit Spaltrohren 14 verbunden. Die Zirkulationsrohre 13 gehen dabei jeweils in Spaltrohre über. Bevorzugt münden mehrere Zirkulationsrohre 13 in einem Spaltrohr 14. Die Spaltrohre 14 und auch 5 können in der Strahlungszone B auf unterschiedliche (an sich bekannte) Art und Weise angeordnet sein. Insbesondere können mehrere Spaltrohre vereinigt sein.

Die Spaltgase des abschließend durchgeführten Co-Crackens werden dann im Quenchkühler 15, vorzugsweise in einem TLX-Wärmetauscher (Transfer Line eXchanger), abgekühlt.

Diese Vorrichtung zum Dampfcracken funktioniert in folgender Weise:

Die leichte Beschickung (1), bei der der kohlenstoffhaltige Teil vorzugsweise aus Ethan besteht oder aus einer Mischung von Rückführungsethan und ungesättigten Rückführungsfractionen, die sich aus Kohlenwasserstoffen mit 3 bis 6 Kohlenstoffatomen zusammensetzen - beispielsweise eine Mischung aus 30 bis 70 % Ethan und zusätzlich einem ungesättigten rückgeführten C₄-Schnitt-, wird am Punkt 1 eingeleitet. Diese Beschickung wird durch Zirkulation in den Vorheizrohren 3 (in einem oder mehreren parallelen Durchgängen) vorgeheizt bis zu einer Temperatur im Bereich zwischen 450°C und 680°C, vorzugsweise zwischen 500°C und 650°C, und zwar entweder auf eine Temperatur, die deutlich unter der anfänglichen Cracktemperatur liegt, oder beispielsweise auf 720°C, wenn diese Beschickung hauptsächlich C₃- und C₄-Kohlenwasserstoffen oder zu gleichen Anteilen Ethan und C₃- und C₄-Verbindungen enthält. Wenn zwei Fraktionen in gleicher Menge vorliegen, wird die anfängliche Cracktemperatur der schwereren Beschickung berücksichtigt.

Die leichte Beschickung verläßt die Konvektionszone A (nach dem Punkt O) ohne merklichen Beginn des Crackens. Sie wird in der Strahlungszone B durch Zirkulation in den Rohren 5 gecrackt bzw. gespalten bei einer Ausgangstemperatur (am Punkt I) im Bereich zwischen 780 und 920°C, vorzugsweise zwischen 800 und 900°C.

Wenn es sich bei der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion in der leichten Beschickung um Ethan handelt, läßt sich eine Umwandlung im Bereich zwischen 40 und 65 %, vorzugsweise zwischen 50 und 65 %, während des Vorcrackens erreichen, ohne daß dabei ein zu rasches Verkoken der Rohre 5 herbeigeführt wird. Die Umwandlung kann auch noch deutlich höher sein, wenn die Verdünnung der leichten Beschickung (Anteil an Wasserdampf) beachtlich ist. Die Verdünnung kann im Bereich zwischen 0,2 und 1,2 (20 bis 120 % der leichten Beschickung) variieren.

Wenn die leichte Beschickung größere Fraktionen an Kohlenwasserstoffen mit 4 oder 5 Kohlenstoffatomen enthält, wird das Ethan während des Vorcrackens vorzugsweise nur im Bereich zwischen 30 und 55 % und besonders bevorzugt im Bereich zwischen 35 und 50 % umgewandelt, um die 4 oder 5 Kohlenstoffatome enthaltenden Fraktionen während der letzten Phase des Co-Crackens nicht zu stark zu cracken.

Die Verdünnung (Verhältnis von Dampf zu kohlenwasserstoffhaltiger Fraktion in der Beschickung) der leichten Beschickung liegt im allgemeinen im Bereich zwischen 0,2 und 1,2 und vorzugsweise zwischen 0,25 und 1.

Am Ende des Vorcrackens wird die leichte Beschickung durch die im wesentlichen adiabatische Alterungszone 6 geleitet, wo zwischen den Punkten I und J eine leichte Abkühlung stattfindet, beispielsweise um 10 bis 50°C, infolge der Fortführung der Crackreaktionen.

Diese Alterungszone 6 ist im Falle des Einsatzes von Ethan besonders bedeutend, da mit ihr eine zusätzliche Umwandlung stattfinden kann, ohne daß dabei die Ausbeute wesentlich schlechter wird, und da der Gehalt an Crackradikalen vor der Mischzone verringert werden kann. Das Risiko eines vorzeitigen Crackens der Mischung wird dadurch eingeschränkt.

Die Alterungszone 6 kann jedoch auch entfallen, insbesondere bei anderen leichten Beschickungen als Ethan.

Die vorgecrackte leichte Beschickung 7 wird nun mit der schweren Beschickung 8 gemischt, nachdem letztere in den Rohren 4 der Konvektionszone A vorgeheizt wurde.

Die Verdünnung der schweren Beschickung durch den Wasserdampf kann zwischen 0,05 und 1, vorzugsweise zwischen 0,25 und 1, variieren.

Im Punkt K, kurz vor der Mischzone, liegt die Vorheiztemperatur der schweren Beschickung im Bereich zwischen 300 und 650°C, vorzugsweise zwischen 450 und 650°C.

Im Punkt J, kurz vor der Mischzone, liegt die Temperatur der vorgecrackten leichten Beschickung im Bereich zwischen ihrer anfänglichen Cracktemperatur und 920°C, vorzugsweise zwischen 750 und 920°C.

Nach dem Mischen der beiden Beschickungen in der Mischzone unter Bildung des Mischstromes 9 ist die Temperatur der Mischung im Punkt L erfindungsgemäß niedriger als die anfänglichen Cracktemperaturen der beiden Beschickungen 1 und 2. Diese Mischung ist folglich wenig reaktionsfähig. Die Mischung kann daher problemlos in der Trennzone 11 aufgeteilt und von der Außenseite des Ofens 10 ins Innere der Strahlungszone B geleitet werden, ohne daß Probleme bezüglich eines vorzeitigen Crackens oder eines Verkokens der Leitungen befürchten werden müßten. Dieser Vorteil des Verfahrens ist ausschlaggebend, weil damit eine optimale Ausbeute beibehalten und ein Ungleichgewicht des stromabwärts ablaufenden Co-Crackens vermieden werden kann. Ein solches Ungleichgewicht könnte durch ein Verkoken dieser Leitungen verursacht werden, weil diese häufig Vorrichtungen zur Regulierung des Durchsatzes wie Düsen oder Venturi-Rohre enthalten, die insbesondere gegen ein Verkoken empfindlich sind.

Die Erfindung bietet außerdem noch weitere Vorteile:

1) Aufgrund ihres Vorcrackens und der bedeutenden Abkühlung während des Mischens ist die vorgecrackte und abgekühlte leichte Beschickung (abgekühlt um mehr als 60°C, vorzugsweise um mehr als 80°C und besonders bevorzugt um mindestens 100°C, in bezug auf die Temperatur beim Verlassen der Vorcrackzone (Punkt I)) wenig reaktionsfähig und verhält sich somit sehr ähnlich wie ein Verdünnungsmittel. Auf diese Weise läßt sich die schwere Beschickung in den Rohren 13 beachtlich über ihre anfängliche Cracktemperatur hinaus erhitzen, und zwar aufgrund des Effekts der zunehmenden Verdünnung, die der schweren Beschickung zugute kommt. Durch das Abkühlen der leichten Beschickung wird die Menge an Crackradikalen beachtlich eingeschränkt.

2) Weil die vorgecrackte leichte Beschickung durch die schwere, noch nicht gecrackte Beschickung stark verdünnt ist, ist ihre Neigung zum Verkoken aufgrund einer noch nicht gecrackten und folglich wenig verkokenden Beschickung herabgesetzt. Somit ist die Neigung zum Verkoken im Punkt L eindeutig schwächer als im Punkt I. Dadurch ist nun eine zusätzliche Umwandlung der leichten Beschickung während des abschließenden Co-Crackens möglich, ohne daß die Phänomene des Verkokens zu ausgeprägt werden. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können mit dieser zusätzlichen Umwandlung Werte für die endgültige Umwandlung von Ethan im Bereich zwischen 70 % und 85 % erreicht werden, die mit den bekannten Verfahren nicht zu erreichen sind, ohne daß es zu Problemen bezüglich der Verkokung kommt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können auch ungesättigte Mischungen aus Ethan und C₄-Kohlenwasserstoffen mit einer erhöhten Umwandlung (60 bis 80 % für das Ethan) und positiven Wirkungen bezüglich der Ausbeute des Crackens der ungesättigten Fraktionen gespalten werden, die von dem höheren Verhältnis von H zu C von Ethan profitieren.

Die typischen Temperaturen im Punkt L (Mischtemperatur) liegen im Bereich zwischen 400 und 710°C, vorzugsweise im Bereich zwischen 600 und 700°C. Die sehr niedrigen Werte (400 bis 500°C) werden bei der abschließenden Verdampfung einer schweren Beschickung (Vakuumgasöle und -destillate) verwendet.

Das Co-Cracken erfolgt nach Erwärmung des Mischstromes 9 über die anfängliche Cracktemperatur hinaus in den Zirkulationsrohren 13 und insbesondere im Spaltrohr 14. Bei der in Fig. 1 gezeigten Variante sind vier parallele Zirkulationsrohre 13 über den Sammelpunkt M mit einem Spaltrohr 14 verbunden.

Die Steuerung der Verfahrenstemperaturen im Punkt I oder J (Vorcracken), L (Mischen), M und N (Co-Cracken) kann durch Verändern der Hitze der Brenner erfolgen und durch Verändern der jeweiligen Menge der Beschickung.

Es kann auch beispielsweise im Punkt O und/oder im Punkt I oder J ein relativ kaltes Fluid zugeführt werden (wie zum Beispiel Wasser oder wenig aufgeheizten Dampf), um beispielsweise die Temperatur im Punkt J zu steuern.

In Fig. 2 sind die wichtigsten, typischen Schritte des Verfahrens sowie die entsprechenden Temperaturen im Falle einer schweren Beschickung vom Typ Naphtha oder Gasöl dargestellt.

5 Die schwere Beschickung wird vorgeheizt (Schritt 16). Die leichte Beschickung wird vorgeheizt (Schritt 17), dann vorgecrackt (Schritt 18). Die zwei Beschickungen werden anschließend gemischt (Schritt 19). Schließlich wird die Mischung aufgeteilt und/oder in die Strahlungszone geleitet (Schritt 20), dann auf eine hohe Temperatur gebracht und gecrackt (Schritt 21).

10 In Fig. 3 sind verschiedene Geometrien für Spaltrohrschlangen 3-1 bis 3-6 dargestellt, die für das Vorcracken der leichten Beschickung und/oder für die starke Temperaturerhöhung der Mischung und das abschließende Co-Cracken verwendet werden können (Rohre 5, 13 und 14).

In Zusammenhang mit dieser Erfindung können auch die bekannten, herkömmlichen Rohrschlangen mit 1, 2, 4, 6 oder 8 Durchgängen (vertikalen Längen) oder sogenannte geteilte Rohrschlangen verwendet werden.

15 In Fig. 4 sind zwei Ausführungsbeispiele 4-1 und 4-2 der Mischzone dargestellt, wo die leichte Beschickung und die schwere Beschickung einer Mischvorrichtung mit einem ringförmigen Raum (entweder für die schwere, relativ kalte Beschickung, oder für die vorgecrackte leichte Beschickung) zugeführt werden, wobei der zweite Fall 4-2 bevorzugt wird, wenn die schwere Beschickung nicht ganz verdampft ist.

20 Die Erfindung ist auf diese Mischvorrichtungen und Typen von Rohrschlangen nicht begrenzt. Es können insbesondere alle Arten von Öfen (mit internem oder externem Übergangspunkt, mit innen oder außen angeordneter Mischzone), Rohrschlangen, Mischer, Verfahren zur Steuerung der Verfahrenstemperatur etc. verwendet werden, ohne daß der Rahmen der Erfindung verlassen wird.

25 Patentansprüche

25

1. Verfahren zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen in einem Spaltofen (10) mit einer Konvektionszone (A) und einer Strahlungszone (B), wobei das Verfahren eine erste Stufe des Vorcrackens einer Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) und eine zweite Stufe des abschließenden Co-Crackens des Gemisches aus dieser vorgecrackten Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (7) und einer Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

30

- a) Ein getrenntes Vorheizen der beiden Beschickungsströme (1, 2) in der Konvektionszone (A), wobei die Vorheiztemperatur jedes Beschickungsstromes unterhalb jeweils der anfänglichen Spalttemperatur bleibt,
- b) das Vorcracken (5) der vorgeheizten leichten Kohlenwasserstoffe,
- 35 c) das Mischen des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes (7) mit dem vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom (8) unter Bildung eines Mischstromes (9),
- d) ein starkes Aufheizen des Mischstromes (9) auf eine Temperatur, die höher ist als die anfängliche Spalttemperatur, indem die Mischung in die Strahlungszone (B) des Ofens (10) eingeleitet wird,
- e) das Durchführen eines abschließenden Co-Crackens in der Strahlungszone (B) des Ofens (10) und
- 40 f) das Abkühlen (15) der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase außerhalb des Ofens (10).

40

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schritte a) bis c) umfassen:

45

- a) Ein getrenntes Vorheizen der beiden Beschickungsströme (1, 2) in der Konvektionszone (A) auf Vorheiztemperaturen über 300°C,
- b) das Vorcracken (5) der vorgeheizten leichten Kohlenwasserstoffe bei einer Temperatur im Bereich zwischen 780 und 920°C, vorzugsweise zwischen 800 und 900°C, und
- c) das Mischen des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes (7) mit dem vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom (8) unter Bildung eines Mischstromes (9), wobei die Menge und die Temperatur jeder der beiden Ströme (7, 8) vor dem Mischen so festgelegt werden, daß die Temperatur des Mischstromes (9) höher als 400°C und niedriger als die anfängliche Spalttemperatur ist.

50

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Mischen der Mischstrom (9) in eine Vielzahl von Einzelströmen (12) aufgeteilt wird, unmittelbar bevor diese Einzelströme (12) in die Strahlungszone (B) eingeleitet werden, um den Mischstrom (13) abrupt auf seine anfängliche Spalttemperatur zu bringen.

55

4. Verfahren nach Anspruche 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischstrom (9) bei einer Temperatur, die niedriger

ist als die anfängliche Spalttemperatur eines der beiden Beschickungsströme (7, 8), in die Einzelströmen (12) aufgeteilt wird.

- 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) unter 50 %, vorzugsweise zwischen 4 und 45 %, besonders bevorzugt zwischen 5 und 35 %, der Gesamtmenge der kohlenwasserstoffhaltigen Fraktionen in beiden Beschickungen (1, 2) liegt.
- 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) ein mittleres Molekulargewicht zwischen 25 und 60 besitzt und zum überwiegenden Teil aus Kohlenwasserstoffen mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen besteht.
- 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) im wesentlichen eine Mischung von Kohlenwasserstoffen der Gruppe umfaßt, die aus Ethan und den rückgeführten ungesättigten Fraktionen besteht.
- 20
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) zum überwiegenden Teil aus Ethan, vorzugsweise aus rückgeführtem Ethan, besteht.
- 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) ein mittleres Molekulargewicht zwischen 70 und 500 besitzt.
- 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenwasserstoffhaltige Fraktion in der Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) zum überwiegenden Teil aus schweren Fraktionen der Gruppe der Vakuumgasöle und -destillate besteht.
- 35
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgecrackte leichte Kohlenwasserstoffstrom (7) in einer im wesentlichen adiabatischen Zone (6) einer leichten Alterung unterzogen wird, indem die Temperatur des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes (7) leicht, vorzugsweise um 10 bis 50°C, abgesenkt wird, bevor der vorgecrackte leichte Kohlenwasserstoffstrom (7) mit dem vorgeheizten schweren Kohlenwasserstoffstrom (8) gemischt wird.
- 40
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturen und Mengen der beiden Kohlenwasserstoffströme (7, 8) vor dem Mischen so bestimmt werden, daß der vorgeheizte schwere Kohlenwasserstoffstrom (8) vor dem Vermischen nicht vollständig verdampft wird, sondern daß die vollständige Verdampfung dieses Stromes durch Mischen mit mindestens einem Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes (7) erreicht wird.
- 45
13. Vorrichtung zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen, umfassend:
- a) einen Spaltofen (10) mit einer Konvektionszone (A) und einer Strahlungszone (B),
 - b) mindestens ein Vorheizrohr (3) für eine Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung, wobei dieses Rohr stromabwärts mit mindestens einem Crackrohr (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) zum Vorcracken derselben in der Strahlungszone (B) verbunden ist und
 - c) mindestens ein Vorheizrohr (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung,
- 50
- dadurch gekennzeichnet**, daß sie auch folgendes umfaßt:
- d) eine Mischzone zur Bildung eines Mischstromes (9) mit mindestens einer Einlaßleitung (7) für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung (8) für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) verbunden ist,
- 55

- e) eine Trennzone (11) zum Aufteilen der Mischung in eine Vielzahl von Einzelströmen,
- f) eine Vielzahl von parallel angeordneten Zirkulationsrohren (13) für die Einzelströme in der Strahlungszone (B) für einen starken Temperaturanstieg der Mischung und
- g) mindestens ein Crackrohr (14) für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre (13) für die Einzelströme und stromabwärts mit Einrichtungen (15) zum Abkühlen der Spaltgase verbunden ist.

14. Vorrichtung zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen, umfassend:

- a) einen Spaltofen (10) mit einer Konvektionszone (A) und einer Strahlungszone (B),
- b) mindestens ein Vorheizrohr (3) für eine Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung, wobei dieses Rohr stromabwärts mit mindestens einem Crackrohr (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) zum Vorcracken derselben in der Strahlungszone (B) verbunden ist und
- c) mindestens ein Vorheizrohr (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung,

dadurch gekennzeichnet, daß sie auch folgendes umfaßt:

- d) eine außerhalb des Ofens (10) gelegene Mischzone zur Bildung eines Mischstromes (9) mit mindestens einer Einlaßleitung (7) für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung (8) für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) verbunden ist,
- e) mindestens ein Transportrohr (12) zum Transport der Mischung von der Außenseite des Ofens (10) zum Inneren der Strahlungszone (B), wobei dieses Rohr (12) stromaufwärts mit der Mischzone und stromabwärts mit mindestens einem Zirkulationsrohr (13) für die Mischung in der Strahlungszone (B) verbunden ist und
- f) mindestens ein Crackrohr (14) für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre (13) für die Mischung und stromabwärts mit Einrichtungen (15) zum Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase verbunden ist.

15. Vorrichtung zum Dampfcracken von Kohlenwasserstoffen, umfassend:

- a) einen Spaltofen (10) mit einer Konvektionszone (A) und einer Strahlungszone (B),
- b) mindestens ein Vorheizrohr (3) für eine Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung, wobei dieses Rohr stromabwärts mit mindestens einem Crackrohr (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) zum Vorcracken derselben in der Strahlungszone (B) verbunden ist und
- c) mindestens ein Vorheizrohr (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) in der Konvektionszone (A) zum Vorheizen dieser Beschickung,

dadurch gekennzeichnet, daß sie auch folgendes umfaßt:

- d) eine außerhalb des Ofens (10) gelegene Mischzone zur Bildung eines Mischstromes (9) mit mindestens einer Einlaßleitung (7) für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Crackrohres (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) verbunden ist, und mit mindestens einer Einlaßleitung (8) für den vorgeheizten und nicht vorgecrackten schweren Kohlenwasserstoffstrom, die mit dem stromaufwärtigen Teil des Vorheizrohres (4) für eine Beschickung von schweren Kohlenwasserstoffen (2) verbunden ist,
- e) eine Trennzone (11) zum Aufteilen der Mischung in eine Vielzahl von Einzelströmen,
- f) Transportrohre (12) zum Transport der Einzelströme von der Außenseite des Ofens (10) zum Inneren der Strahlungszone (B), wobei diese Rohre (12) stromaufwärts mit der Trennzone (11) und stromabwärts mit Zirkulationsrohren (13) für die Mischung in der Strahlungszone (B) verbunden sind,
- g) eine Vielzahl von parallel angeordneten Zirkulationsrohren (13) für die Einzelströme in der Strahlungszone (B) für einen starken Temperaturanstieg der Mischung und
- h) mindestens ein Crackrohr (14) für die Mischung, das stromaufwärts mit mindestens einem der Zirkulationsrohre (13) für die Einzelströme und stromabwärts mit Einrichtungen (15) zum Abkühlen der beim Co-Cracken

entstehenden Spaltgase verbunden ist.

- 5
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in der Strahlungszone (B) des Ofens (10) zwei oder mehrere Zirkulationsrohre (13) mit mindestens einem Spaltrohr (14) verbunden sind.
- 10
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb der Strahlungszone (B) zwischen mindestens einem Crackrohr (5) für die Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) zum Vorcracken derselben und der Einlaßleitung (7) für mindestens einen Teil des vorgecrackten leichten Kohlenwasserstoffstromes eine adiabatische Zone (6) vorgesehen ist.
- 15
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Spaltrohre (14) mit einer Einrichtung (15) zum Abkühlen der beim Co-Cracken entstehenden Spaltgase verbunden sind.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das/die Vorheizrohr(e) (3) zum Vorheizen der Beschickung von leichten Kohlenwasserstoffen (1) in der Konvektionszone (A) innerhalb des Spalt-ofens (10) mit dem/den Crackrohr(en) (5) zum Vorcracken der leichten Kohlenwasserstoffe (1) in der Strahlungszone (B) verbunden ist/sind.

20 Claims

- 25
1. Process for steam cracking of hydrocarbons in a cracking furnace (10) with a convection zone (A) and a blast zone (B), the process exhibiting a first stage of pre-cracking of a charge of light hydrocarbons (1) and a second stage of final co-cracking of the mixture of this pre-cracked charge of light hydrocarbons (7) and a charge of heavy hydrocarbons (2), characterised in that the process comprises the following steps:
- 30
- a) separate pre-heating of the two charge streams (1, 2) in the convection zone (A), the pre-heating temperature of each charge stream remaining below the initial cracking temperature in each case,
- b) pre-cracking (5) of the pre-heated light hydrocarbons,
- c) mixing of the pre-cracked light hydrocarbon stream (7) with the pre-heated but not pre-cracked heavy hydrocarbon stream (8) forming a mixed stream (9),
- d) strong heating of the mixed stream (9) to a temperature which is higher than the initial cracking temperature by introducing the mixture into the blast zone (B) of the furnace (10),
- 35
- e) final co-cracking in the blast zone (B) of the furnace (10) and
- f) cooling of (15) the cracking gases formed during the co-cracking outside the furnace (10).
2. Process according to claim 1, characterised in that steps a) to c) comprise:
- 40
- a) separate pre-heating of the two charge streams (1, 2) in the convection zone (A) to pre-heating temperatures over 300°C,
- b) pre-cracking (5) of the pre-heated light hydrocarbons at a temperature in the range between 780 and 920°C, preferably between 800 and 900°C, and
- 45
- c) mixing of the pre-cracked light hydrocarbon stream (7) with the pre-heated but not pre-cracked heavy hydrocarbon stream (8) forming a mixed stream (9), the quantity and the temperature of each of the two streams (7, 8) prior to mixing being fixed so that the temperature of the mixed stream (9) is higher than 400°C and lower than the initial cracking temperature.
3. Process according to one of claims 1 or 2, characterised in that after mixing, the mixed stream (9) is divided into a plurality of separate streams (12) immediately before these separate streams (12) are introduced into the blast zone (B) in order to bring the mixed stream (13) abruptly to its initial cracking temperature.
- 50
4. Process according to claim 3, characterised in that the mixed stream (9) is divided into the separate streams (12) at a temperature which is lower than the initial cracking temperature of one of the two charge streams (7, 8).
- 55
5. Process according to one of claims 1 to 4, characterised in that the quantity of the fraction containing hydrocarbons in the charge of light hydrocarbons (1) lies below 50%, preferably between 4 and 45%, particularly preferably between 5 and 35% of the total quantity of the fractions containing hydrocarbons in both charges (1, 2).

6. Process according to one of claims 1 to 5, characterised in that the fraction containing hydrocarbons in the charge of light hydrocarbons (1) has a mean molecular weight between 25 and 60 and predominantly consists of hydrocarbons with 2 to 5 carbon atoms.
- 5 7. Process according to claim 6, characterised in that the fraction containing hydrocarbons in the charge of light hydrocarbons (1) essentially comprises a mixture of hydrocarbons of the group consisting of ethane and the recirculated unsaturated fractions.
- 10 8. Process according to claim 6 or 7, characterised in that the fraction containing hydrocarbons in the charge of light hydrocarbons (1) consists predominantly of ethane, preferably of recirculated ethane.
9. Process according to one of claims 1 to 8, characterised in that the fraction containing hydrocarbons in the charge of heavy hydrocarbons (2) has a mean molecular weight between 70 and 500.
- 15 10. Process according to one of claims 1 to 9, characterised in that the fraction containing hydrocarbons in the charge of heavy hydrocarbons (2) consists predominantly of heavy fractions of the group of vacuum gas oils and distillates.
- 20 11. Process according to one of claims 1 to 10, characterised in that the pre-cracked light hydrocarbon stream (7) is subjected to slight ageing in an essentially adiabatic zone (6) in that the temperature of the pre-cracked light hydrocarbon stream (7) is reduced slightly, preferably by 10 to 50°C, before the pre-cracked light hydrocarbon stream (7) is mixed with the pre-heated heavy hydrocarbon stream (8).
- 25 12. Process according to one of claims 1 to 11, characterised in that the temperatures and quantities of the two hydrocarbon streams (7, 8) prior to mixing are set so that the pre-heated heavy hydrocarbon stream (8) is not completely evaporated before mixing, but that the complete evaporation of this stream is achieved by mixing with at least one part of the pre-cracked light hydrocarbon stream (7).
- 30 13. Device for steam cracking of hydrocarbons comprising:
- a) a cracking furnace (10) with a convection zone (A) and a blast zone (B),
- b) at least one pre-heating pipe (3) for a charge of light hydrocarbons (1) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge, this pipe being connected downstream with at least one cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1) for pre-cracking of the same in the blast zone (B), and
- 35 c) at least one pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge,
- characterised in that it also comprises the following:
- 40 d) a mixing zone for formation of a mixed stream (9) with at least one inlet line (7) for at least one part of the pre-cracked light hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1), and with at least one inlet line (8) for the pre-heated but not pre-cracked heavy hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2),
- e) a separating zone (11) for division of the mixture into a plurality of separate streams,
- 45 f) a plurality of parallel circulating pipes (13) for the separate streams in the blast zone (B) for a sharp increase in the temperature of the mixture, and
- g) at least one cracking pipe (14) for the mixture which is connected upstream with at least one of the circulating pipes (13) for the separate streams and downstream with devices (15) for cooling of the cracking gases.
- 50 14. Device for steam cracking of hydrocarbons comprising:
- a) a cracking furnace (10) with a convection zone (A) and a blast zone (B),
- b) at least one pre-heating pipe (3) for a charge of light hydrocarbons (1) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge, this pipe being connected downstream with at least one cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1) for pre-cracking of the same in the blast zone (B), and
- 55 c) at least one pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge,

characterised in that it also comprises the following:

d) a mixing zone located outside the furnace (10) for formation of a mixed stream (9) with at least one inlet line (7) for at least one part of the pre-cracked light hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1), and with at least one inlet line (8) for the pre-heated but not pre-cracked heavy hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2),

e) at least one transporting pipe (12) for transportation of the mixture from the outside of the furnace (10) to the inside of the blast zone (B), this pipe (12) being connected upstream with the mixing zone and downstream with at least one circulating pipe (13) for the mixture in the blast zone (B), and

f) at least one cracking pipe (14) for the mixture which is connected upstream with at least one of the circulating pipes (13) for the mixture and downstream with devices (15) for cooling of the cracking gases forming during the co-cracking.

15. Device for steam-cracking of hydrocarbons comprising:

a) a cracking furnace (10) with a convection zone (A) and a blast zone (B),

b) at least one pre-heating pipe (3) for a charge of light hydrocarbons (1) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge, this pipe being connected downstream with at least one cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1) for pre-cracking of the same in the blast zone (B), and

c) at least one pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2) in the convection zone (A) for pre-heating of this charge,

characterised in that it also comprises the following:

d) a mixing zone located outside the furnace (10) for formation of a mixed stream (9) with at least one inlet line (7) for at least one part of the pre-cracked light hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1), and with at least one inlet line (8) for the pre-heated but not pre-cracked heavy hydrocarbon stream which is connected with the upstream part of the pre-heating pipe (4) for a charge of heavy hydrocarbons (2),

e) a separating zone (11) for division of the mixture into a plurality of separate streams,

f) transporting pipes (12) for transportation of the separate streams from the outside of the furnace (10) to the inside of the blast zone (B), these pipes (12) being connected upstream with the separating zone (11) and downstream with circulating pipes (13) for the mixture in the blast zone (B),

g) a plurality of parallel circulating pipes (13) for the separate streams in the blast zone (B) for a sharp increase in the temperature of the mixture, and

h) at least one cracking pipe (14) for the mixture which is connected upstream with at least one of the circulating pipes (13) for the separate streams and downstream with devices (15) for cooling of the cracking gases formed during the co-cracking.

16. Device according to one of claims 13 to 15, characterised in that in the blast zone (B) of the furnace (10) two or more circulating pipes (13) are connected with at least one cracking pipe (14).

17. Device according to one of claims 13 to 16, characterised in that outside the blast zone (B) an adiabatic zone (6) is provided between at least one cracking pipe (5) for the charge of light hydrocarbons (1) for pre-cracking of the same and the inlet line (7) for at least one part of the pre-cracked light hydrocarbon stream.

18. Device according to one of claims 13 to 17, characterised in that a plurality of cracking pipes (14) are connected with a device (15) for cooling of the cracking gases formed during the co-cracking.

19. Device according to one of claims 13 to 18, characterised in that the pre-heating pipe or pipes (3) for pre-heating of the charge of light hydrocarbons (1) in the convection zone (A) inside the cracking furnace (10) is or are connected with the cracking pipe or pipes (5) for pre-cracking of the light hydrocarbons (1) in the blast zone (B).

Revendications

1. Procédé de vapocraquage d'hydrocarbures dans un four de craquage (10) comportant une zone de convection

(A) et une zone de radiation (B), le procédé comportant un premier étage de précraquage d'une charge d'hydrocarbures légers (1) et un second étage de co-craquage final du mélange provenant de cette charge pré-craquée d'hydrocarbures légers (7) et d'une charge d'hydrocarbures lourds (2), caractérisé en ce que le procédé comprend les étapes suivantes :

- 5
- a) un préchauffage séparé des deux courants de charge (1, 2) dans la zone de convection (A), la température de préchauffage de chaque courant de charge restant au-dessous de la température de craquage initiale,
 - b) le précraquage (5) des hydrocarbures légers préchauffés,
 - 10 c) le mélange du courant d'hydrocarbures légers précraqués (7) avec le courant d'hydrocarbures lourds (8) préchauffés et non précraqués en formant ainsi un courant mixte (9),
 - d) un fort chauffage du courant mixte (9) à une température qui est supérieure à la température initiale de craquage, pour lequel le mélange est amené dans la zone de radiation (B) du four (10),
 - e) la mise en oeuvre d'un co-craquage final dans la zone de radiation (B) du four (10),
 - f) le refroidissement (15) des gaz de craquage, générés au cours du co-craquage, à l'extérieur du four (10).

15

2. Procédé, selon la revendication 1, caractérisé en ce que les étapes a) à c) comprennent

- a) un préchauffage séparé des deux courants de charge (1, 2) dans la zone de convection (A), à des températures de préchauffage supérieures à 300°C,
- 20 b) le précraquage (5) des hydrocarbures légers préchauffés, à une température dans le domaine compris entre 780 à 920°C, de préférence entre 800 et 900°C, et
- c) le mélange du courant d'hydrocarbures légers précraqués (7) avec le courant d'hydrocarbures lourds (8) préchauffés et non précraqués en formant ainsi un courant mixte (9), la quantité et la température de chacun des deux courants (7, 8) étant fixées avant le mélange de telle sorte que la température du courant mixte (9) soit supérieure à 400°C et inférieure à la température initiale de craquage.

25

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'après le mélange, le courant mixte (9) est divisé en un grand nombre de courants individuels (12), juste avant que ces courants individuels (12) soient introduits dans la zone de radiation (B) pour amener le courant mixte (13) brutalement à sa température initiale de craquage.

30

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le courant mixte (9) est divisé en courants individuels (12) à une température qui est au-dessous de la température initiale de craquage d'un des deux courants de charge (7, 8).

35

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la quantité de la fraction hydrocarbonée, dans la charge d'hydrocarbures légers (1) représente de préférence moins de 50 % de préférence entre 4 et 45 %, de préférence en particulier entre 5 et 35 % de la quantité totale des fractions hydrocarbonées dans les deux charges (1, 2).

40

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la fraction hydrocarbonée, dans la charge d'hydrocarbures légers (1) présente un poids moléculaire moyen compris entre 25 et 60 et comprend, principalement, des hydrocarbures à 2 à 5 atomes de carbone.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la fraction hydrocarbonée dans la charge d'hydrocarbures légers (1), comprend essentiellement un mélange d'hydrocarbures du groupe constitué par de l'éthane et des fractions insaturées, recyclées.

45

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que la fraction hydrocarbonée dans la charge d'hydrocarbures légers (1) se compose principalement d'éthane, de préférence d'éthane recyclé.

50

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la fraction hydrocarbonée, dans la charge d'hydrocarbures lourds (2) présente un poids moléculaire moyen compris entre 70 et 500.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la fraction hydrocarbonée dans la charge d'hydrocarbures lourds (2) se compose principalement de fractions lourdes du groupe des distillats et des gazoles, obtenus par distillation sous vide.

55

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le courant d'hydrocarbures légers précraqués (7) est soumis, dans une zone essentiellement adiabatique (6), à une légère maturation, dans lequel la température du courant d'hydrocarbures légers, précraqués (7) est abaissée de préférence de 10° à 50°C, avant que le courant d'hydrocarbures légers précraqués (7) soit mélangé au courant d'hydrocarbures lourds préchauffés (8).

5
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les températures et les quantités des deux courants d'hydrocarbures (7, 8) sont déterminés avant le mélange, de telle sorte que le courant d'hydrocarbures lourds préchauffés (8) ne soit pas complètement vaporisé avant le mélange mais que la vaporisation complète de ce courant soit obtenue par mélange avec au moins une partie du courant d'hydrocarbures légers, précraqués (7).

10
13. Dispositif pour le vapocraquage d'hydrocarbures, comprenant:

- 15
a) un four de craquage (10) avec une zone de convection (A) et une zone de radiation (B),
b) au moins un tube de préchauffage (3) pour une charge d'hydrocarbures légers (1) dans la zone de convection (A) pour le préchauffage de cette charge, ce tube étant relié en aval avec au moins un tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1) en vue de son précraquage dans la zone de radiation (B), et
c) au moins un tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2) dans la zone de convection (A) en vue du préchauffage de cette charge,

20 caractérisé en ce qu'il comprend également ce qui suit:

- 25
d) une zone de mélange pour la formation d'un courant mixte (9), présentant au moins une conduite d'admission (7) pour au moins une partie du courant d'hydrocarbures légers précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1), et au moins une conduite d'admission (8) pour le courant d'hydrocarbures lourds préchauffés et non précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2),
e) une zone de division (11) pour la division du mélange en une pluralité de courants individuels,
f) une pluralité de tubes de circulations (13), disposés parallèlement pour les courants individuels dans la zone de radiation (B) en vue d'une forte augmentation de la température du mélange et
30
g) au moins un tube de craquage (14) pour le mélange, tube qui est relié, en amont, avec au moins l'un des tubes de circulation (13) pour les courants individuels et, en aval, aux dispositifs (15) pour le refroidissement des gaz de craquage.

35
14. Dispositif pour le vapocraquage d'hydrocarbures, comprenant:

- 40
a) un four de craquage (10) avec une zone de convection (A) et une zone de radiation (B),
b) au moins une conduite de préchauffage (3) pour une charge d'hydrocarbures légers (1) dans la zone de convection (A) pour le préchauffage de cette charge, cette conduite étant relié en aval avec au moins un tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1) en vue du précraquage de cette dernière dans la zone de radiation (B), et
c) au moins un tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2) dans la zone de convection (A) en vue du préchauffage de cette charge,

45 caractérisé en ce qu'il comprend également ce qui suit:

- 50
d) une zone de mélange située à l'extérieur du four (10) pour la formation d'un courant mixte (9), comportant au moins une conduite d'admission (7) pour au moins une partie du courant d'hydrocarbures légers, précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1), et au moins une conduite d'admission (8) pour le courant d'hydrocarbures lourds préchauffés et non précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2),
e) au moins une conduite de transport (12) pour le transport du mélange depuis l'extérieur du four (10) vers l'intérieur de la zone de radiation (B), cette conduite (12) étant relié, en amont, à la zone de mélange et, en aval, à une conduite de circulation (13) pour le mélange dans la zone de radiation (B), et
55
f) au moins un tube de craquage (14) pour le mélange, tube qui est relié, en amont, avec au moins l'une des conduites de circulation (13) pour le mélange et, en aval, aux dispositifs (15) de refroidissement des gaz de craquage générés lors du co-craquage.

15. Dispositif pour le vapocraquage d'hydrocarbures, comprenant:

- a) un four de craquage (10) avec une zone de convection (A) et une zone de radiation (B),
- b) au moins un tube de préchauffage (3) pour une charge d'hydrocarbures légers (1) dans la zone de convection (A) pour le préchauffage de cette charge, ce tube étant relié en aval avec au moins un tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1) en vue du précraquage de cette dernière dans la zone de radiation (B), et
- c) au moins un tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2) dans la zone de convection (A) en vue du préchauffage de cette charge,

caractérisé en ce qu'il comprend également ce qui suit:

- d) une zone de mélange située à l'extérieur du four (10) pour la formation d'un courant mixte (9), présentant au moins une conduite d'admission (7) pour au moins une partie du courant d'hydrocarbures légers précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1), et au moins une conduite d'admission (8) pour le courant d'hydrocarbures lourds préchauffés et non précraqués, conduite qui est reliée à la partie en amont du tube de préchauffage (4) pour une charge d'hydrocarbures lourds (2),
- e) une zone de séparation (11) pour la division du mélange en une pluralité de courants individuels,
- f) des conduites de transport (12) pour le transport des courants individuels depuis l'extérieur du four (10) vers l'intérieur de la zone de radiation (B), ces conduites (12) étant reliés, en amont, à la zone de séparation (11) et, en aval, à des conduites de circulation (13) pour le mélange dans la zone de radiation (B),
- g) une pluralité de conduites de circulation (13) pour les courants individuels dans la zone de radiation (B) pour augmenter fortement la température du mélange, et
- h) au moins un tube de craquage (14) pour le mélange, tube qui est relié, en amont, avec au moins l'une des conduites de circulation (13) pour les courants individuels et, en aval, aux dispositifs (15) de refroidissement des gaz de craquage générés lors du co-craquage.

16. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que deux ou plusieurs conduites de circulation (13) peuvent être reliés, dans la zone de radiation (B) du four (10), à au moins un tube de craquage (14).

17. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé en ce qu'une zone adiabatique (6) est disposée à l'extérieur de la zone de radiation (B) entre au moins un tube de craquage (5) pour la charge d'hydrocarbures légers (1) en vue du précraquage de ces derniers et la conduite d'admission (7) pour au moins une partie du courant d'hydrocarbures légers précraqués.

18. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que plusieurs tubes de craquage (14) peuvent être reliés à un dispositif (15) de refroidissement des gaz de craquage générés pendant le co-craquage.

19. Dispositif selon l'une des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que le/les tube(s) de préchauffage (3), pour le préchauffage de la charge d'hydrocarbures légers (1) à dans la zone de convection (A), à l'intérieur du four de craquage (10), est/sont relié(s), dans la zone de radiation, avec le/les tube(s) de craquage (5) pour le précraquage des hydrocarbures légers (1) dans la zone de radiation (B).

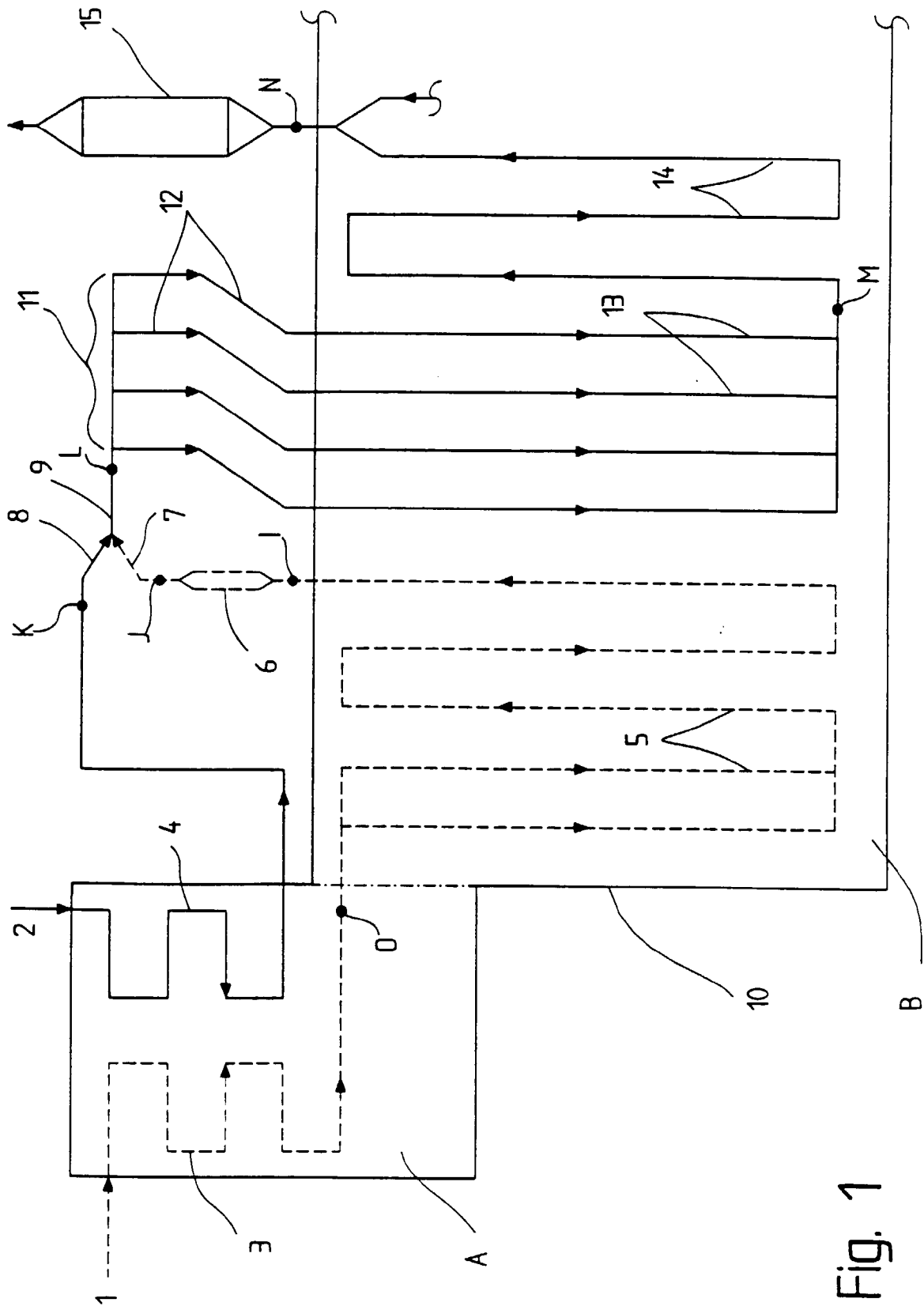


Fig. 1

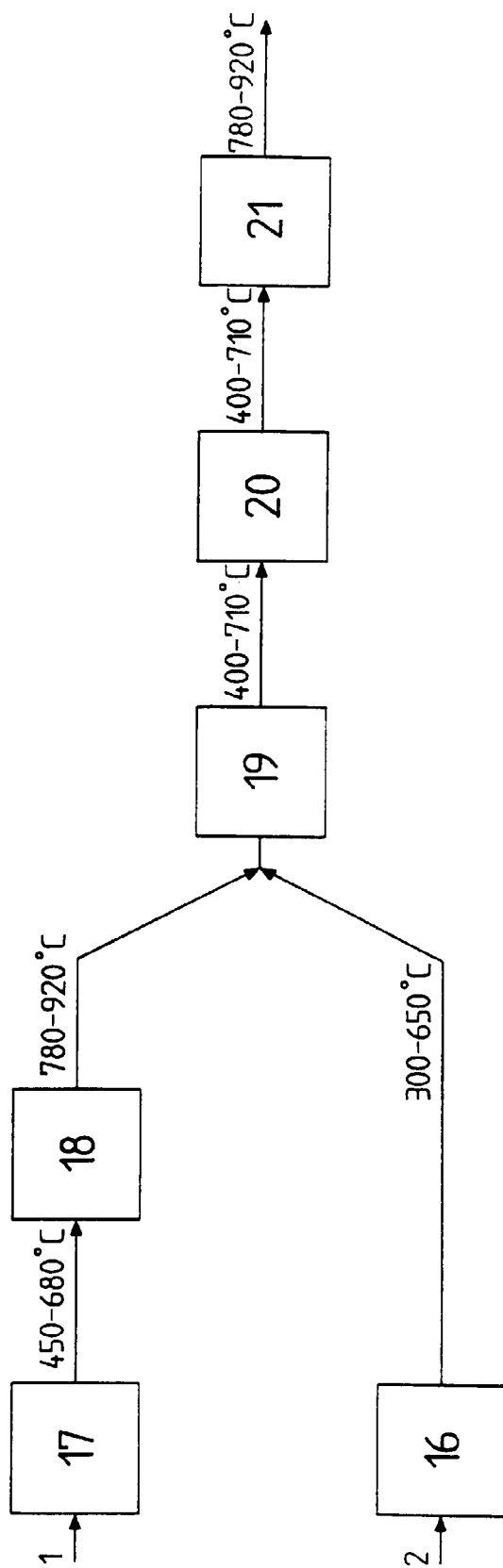


Fig. 2

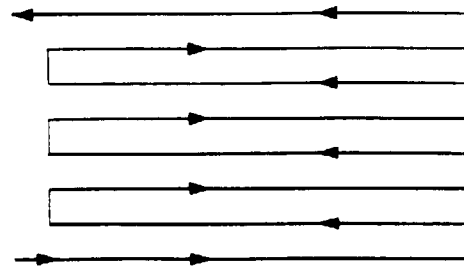
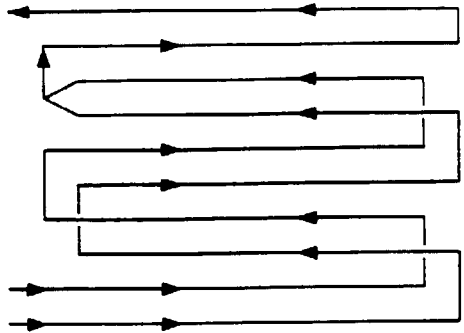
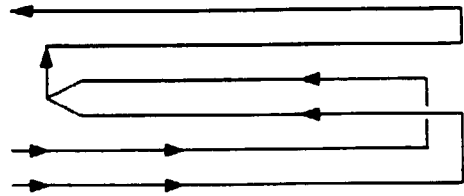
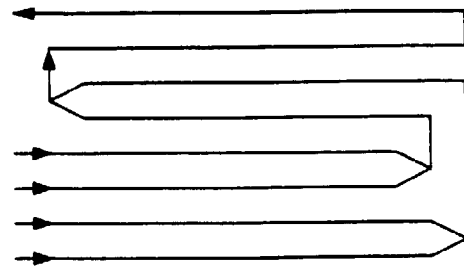
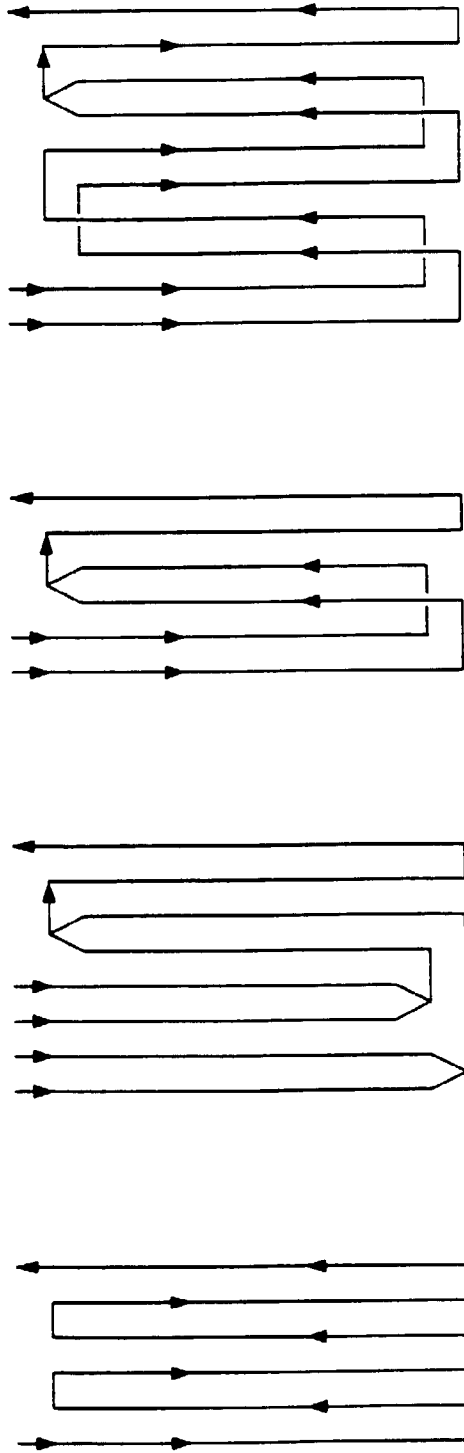


Fig. 3

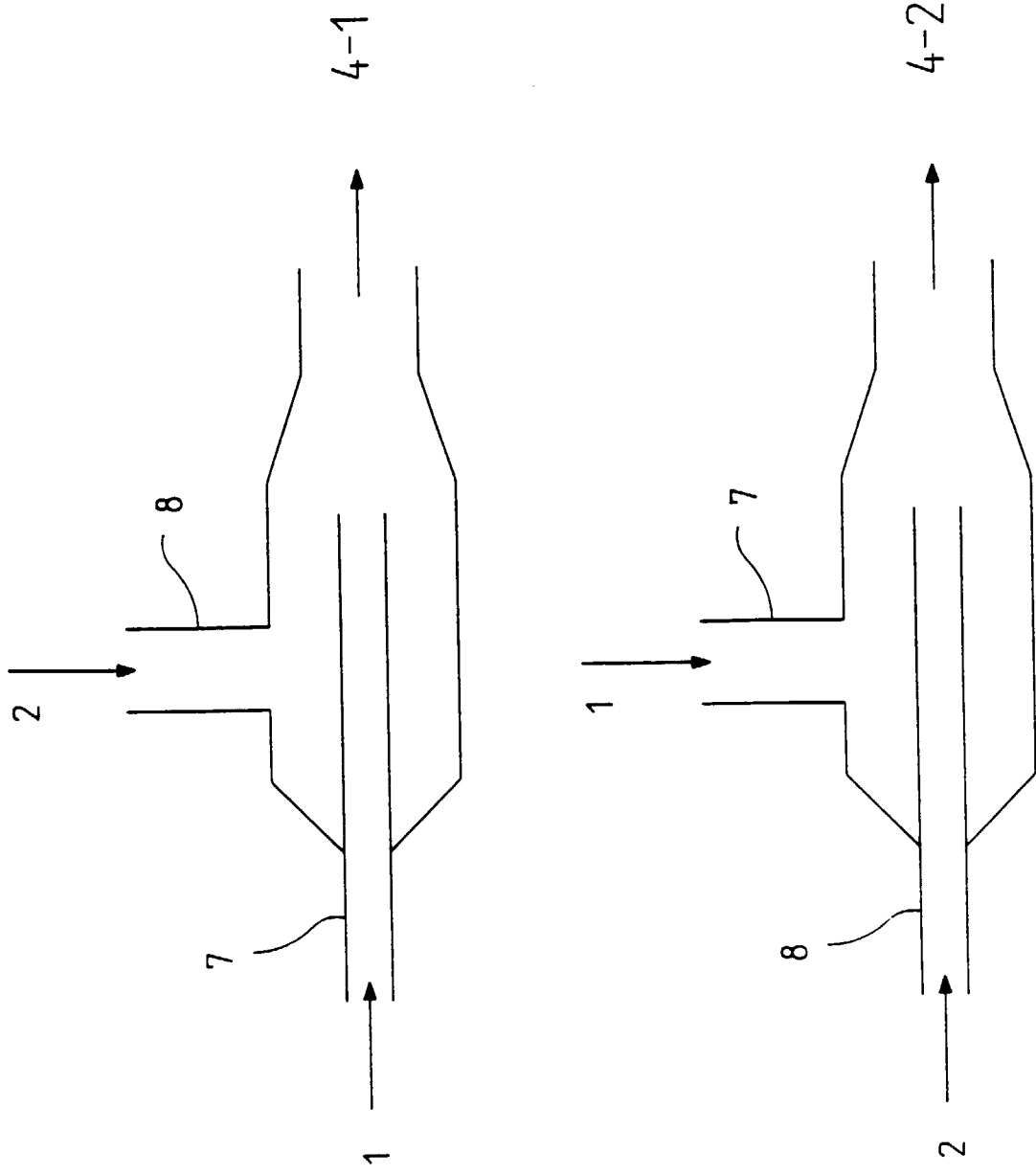


Fig. 4