



(10) **DE 10 2009 057 055 A1** 2011.06.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 057 055.1**

(51) Int Cl.: **F25J 3/00 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **04.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **09.06.2011**

(71) Anmelder:

Linde AG, 80331 München, DE

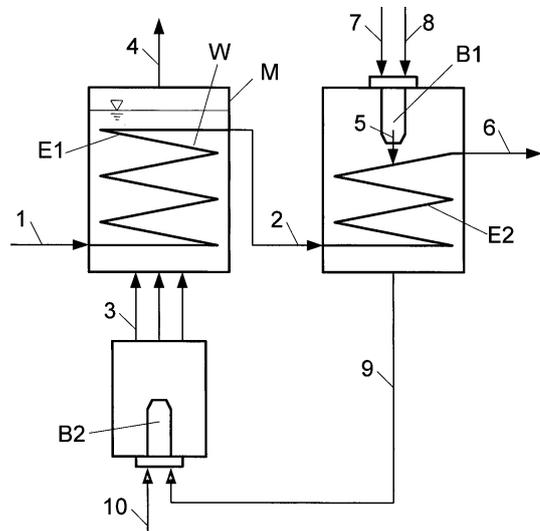
(72) Erfinder:

Bokker, Fokke, 81241 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Verdampfung kryogener Medien**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Erhöhung der Enthalpie eines Mediums, bei dem einem ersten, aus einem ersten Rauchgas (5) bestehenden und einem zweiten, Wasser und Rauchgas umfassenden Wärmeträger (W) Energie entzogen und jeweils durch indirekten Wärmetausch auf das Medium übertragen wird, wobei ein zweites Rauchgas (3) zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) in ein Wasser enthaltendes Stoffsystem eingedüst wird. Der gegen das Medium abgekühlte erste Wärmeträger (9) wird zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) verwendet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Enthalpie eines Mediums, bei dem einem ersten, aus einem ersten Rauchgas bestehenden und einem zweiten, Wasser und Rauchgas umfassenden Wärmeträger Energie entzogen und jeweils durch indirekten Wärmetausch auf das Medium übertragen wird, wobei ein zweites Rauchgas zur Bildung des zweiten Wärmeträgers in ein Wasser enthaltendes Stoffsystem eingedüst wird.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0003] Vorrichtungen, in denen ein aus Wasser und Rauchgas gebildeter Wärmeträger dazu genutzt wird, um die Enthalpie eines Mediums zu erhöhen, sind seit vielen Jahren Stand der Technik und dem Fachmann unter den Namen TX LNG-Verdampfer und Sub-X®-Wärmetauscher bekannt. Diese Technologie wird insbesondere dazu eingesetzt, um kryogene Medien wie Kohlendioxid, flüssiges Erdgas und flüssigen Stickstoff zu erwärmen und/oder zu verdampfen.

[0004] Das zu erwärmende und/oder zu verdampfende Medium wird durch die Rohre eines Rohrbündelwärmetauschers geführt, der in einem Behälter angeordnet und vollständig von einem aus Wasser und Rauchgas bestehenden Wärmeträger umgeben ist. Von einem Brenner wird dem Behälter heißes Rauchgas zugeführt und unterhalb des Wärmetauschers in den Wärmeträger eingedüst. Die sich hierbei bildenden Gasbläschen sorgen durch ihren Auftrieb für die Ausbildung einer turbulenten Strömung, so dass die Rohre des Wärmetauschers vom Wärmeträger mit hoher Strömungsgeschwindigkeit umspült werden. Über die große Oberfläche der Gasbläschen wird das Rauchgas sehr effektiv gekühlt, so dass seine Temperatur rasch auf Werte absinkt, bei denen kondensierbare Stoffe – insbesondere Wasser – auskondensieren. Hierdurch kann neben der fühlbaren auch die latent im Rauchgas gespeicherte Wärme für die Verdampfung bzw. die Erwärmung des kryogenen Mediums genutzt werden. Bedingt durch die Strömungsverhältnisse ergibt sich ein großer Wärmeübergangskoeffizient zwischen dem Wasser-Rauchgas-Gemisch und den Wärmetauscherrohren, wodurch es möglich ist, den Wärmetauscher sehr kompakt auszuführen.

[0005] Auch unter der Voraussetzung unendlich großer Wärmetauscherflächen kann mit der beschriebenen Methode die Temperatur des kryogenen Mediums höchstens bis auf die Temperatur des Wasser-Rauchgas-Gemisches angehoben werden. In der Praxis nimmt das Medium eine Temperatur an, die typischerweise ca. 10°C geringer ist als die Temperatur des Wärmeträgers. Mit steigender Tempera-

tur des Wasser-Rauchgas-Gemisches sinkt der Wirkungsgrad des Verfahrens, da immer mehr Wasser verdampft und mit dem abgekühlten Rauchgas in die Atmosphäre abgeführt wird. Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, das Wasser-Rauchgas-Gemisch auf einer Temperatur von weniger als 30°C, vorzugsweise jedoch sogar von weniger als 15°C zu halten. Aufgrund dieser Einschränkungen ist die maximale erreichbare Endtemperatur des Mediums somit auf ca. 20°C beschränkt.

[0006] Wird eine Endtemperatur des Mediums von mehr als 20°C gefordert, ist ein weiterer Verfahrensschritt erforderlich, bei dem das Medium in einem nachgeschalteten Wärmetauscher weiter erwärmt wird. Wenn hierbei ein Rauchgas als Wärmeträger verwendet wird, erfolgt die Erwärmung mit einem vergleichsweise schlechten Wirkungsgrad, da im Rauchgas enthaltener Wasserdampf in der Gasphase verbleibt und seine Kondensationswärme ungenutzt in die Atmosphäre abgeführt wird.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art sowie eine Vorrichtung zu dessen Durchführung anzugeben, durch die die Nachteile des Standes der Technik überwunden werden.

[0008] Die gestellte Aufgabe wird verfahrensseitig erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der gegen das Medium abgekühlte erste Wärmeträger zur Bildung des zweiten Wärmeträgers verwendet wird.

[0009] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es möglich, im abgekühlten ersten Wärmeträger gespeicherte Energie für die Enthalpieerhöhung des Mediums nutzbar zu machen. Insbesondere wird vorhandener Wasserdampf kondensiert und die dabei frei werdende Kondensationswärme an das Wasser des zweiten Wärmeträgers abgeführt. Da die Kondensationswärme in den Prozess zurückgeführt wird und nicht an die Atmosphäre verloren geht, kann ein gegen den zweiten Wärmeträger angewärmtes und/oder verdampftes Medium gegen den zweiten Wärmeträger weiter angewärmt werden, ohne dass dies, wie im Stand der Technik, mit einer Verringerung des thermischen Wirkungsgrades verbunden ist.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren weiterbildend wird vorgeschlagen, dass zur Bildung des zweiten Wärmeträgers das abgekühlte erste Rauchgas unabhängig vom zweiten Rauchgas oder gemeinsam mit diesem in das Wasser enthaltende Stoffsystem eingedüst wird.

[0011] Die für die beiden Wärmeträger benötigten Rauchgase werden durch die Verbrennung eines Brennstoffes in einem Brenner erzeugt, dem zweckmäßigerweise Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft oder ein anderes Sauerstoff enthaltendes Gas-

gemischt als Oxidationsmittel zugeführt wird. Abweichend von dem in der Chemie üblichen Sprachgebrauch werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung lediglich solche Stoffe oder Stoffgemische als Oxidationsmittel bezeichnet, die Sauerstoff enthalten und diesen bei einer Reaktion mit einem Brennstoff abgeben können. Vorzugsweise wird das erste Rauchgas in einem Brenner erzeugt, während zur Erzeugung des zweiten Rauchgases ein zweiter Brenner verwendet wird. Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht jedoch die Verwendung nur eines Brenners vor, in dem sowohl das erste als auch das zweite Rauchgas erzeugt werden.

[0012] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der erste Wärmeträger als Sauerstoff enthaltendes Rauchgas erzeugt, wozu ein erster Brennstoff unter Sauerstoffüberschuss verbrannt wird. Nach seiner Abkühlung gegen das Medium wird das Sauerstoff enthaltende Rauchgas sinnvollerweise vollständig dem Brenner als Oxidationsmittel zugeführt, in dem durch die Verbrennung eines zweiten Brennstoffes das zweite Rauchgas erzeugt wird. Idealerweise wird das erste Rauchgas so erzeugt, dass dem zweiten Brenner mit dem abgekühlten ersten Rauchgas Sauerstoff in einer Menge zugeführt wird, die für eine vollständige Oxidation des zweiten Brennstoffs ausreichend ist. Reicht die mit dem ersten Rauchgas zugeführte Sauerstoffmenge nicht für eine vollständige Oxidation des zweiten Brennstoffs aus, so sieht die Erfindung vor, dass dem zweiten Brenner zusätzlich ein weiteres Oxidationsmittel, bei dem es sich vorzugsweise um Luft handelt, zugeführt wird.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere dazu, eine kryogene Flüssigkeit, wie beispielsweise flüssiges Erdgas, flüssiges Ethylen, flüssiges Kohlendioxid oder flüssigen Stickstoff, zu verdampfen und die dabei gebildete Gasphase auf eine Temperatur von mehr als 20°C zu überhitzen. Sie kann aber auch dazu eingesetzt werden, um ein überkritisches Medium oder ein kryogenes Gas, wie beispielsweise Kohlendioxid, zu erwärmen.

[0014] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Erhöhung der Enthalpie eines Mediums mit einem Brenner zur Erzeugung eines ersten und einem Brenner zur Erzeugung eines zweiten Rauchgases, einem ersten und einem zweiten Wärmetauscher, wobei im ersten Wärmetauscher einem ersten, aus dem ersten Rauchgas bestehenden und im zweiten Wärmetauscher einem zweiten Wärmeträger Energie entzogen und jeweils durch indirekten Wärmetausch auf das Medium übertragen werden kann, sowie einer Mischeinrichtung, in der zur Bildung des zweiten Wärmeträgers Wasser mit Rauchgas gemischt werden kann, und in der der zweite Wärmetauscher angeordnet ist.

[0015] Die gestellte Aufgabe wird vorrichtungsseitig erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass sie eine Zuführeinrichtung umfasst, über die der gegen das Medium abgekühlte erste Wärmeträger zur Bildung des zweiten Wärmeträgers in die Mischeinrichtung eingeleitet werden kann.

[0016] Die Zuführeinrichtung kann dabei so ausgeführt sein, dass sie eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des abgekühlten ersten Wärmeträgers erlaubt, bevor dieser in die Mischeinrichtung eingeleitet wird.

[0017] Eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass die Mischeinrichtung mit einer Zuführeinrichtung oder Zuführeinrichtungen verbunden ist, über die das erste und das zweite Rauchgas gemeinsam oder getrennt in die Mischeinrichtung eingeleitet werden können.

[0018] Eine andere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass der Brenner zur Erzeugung des ersten Rauchgases identisch mit oder unterschiedlich von dem Brenner zur Erzeugung des zweiten Rauchgases ist.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, dass der Brenner zur Erzeugung des zweiten Rauchgases mit einer Einrichtung verbunden ist, über die ihm das gegen das Medium abgekühlte erste Rauchgas als Oxidationsmittel zuführbar ist.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich dazu, die Enthalpie jeder Art von Medium zu erhöhen. Mit besonderem Vorteil kann sie jedoch dazu eingesetzt werden, um eine kryogene Flüssigkeit zu verdampfen und die dabei entstehende Gasphase auf eine Temperatur von mehr als ca. 20°C zu erwärmen.

[0021] Im Folgenden soll die Erfindung anhand eines in der [Fig. 1](#) schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

[0022] Das Ausführungsbeispiel zeigt eine Vorrichtung zur Verdampfung einer kryogenen Flüssigkeit, wie beispielsweise flüssiges Erdgas oder flüssigen Stickstoff, sowie der Überhitzung der bei der Verdampfung entstehenden Gasphase.

[0023] Über Leitung 1 wird die kryogene Flüssigkeit in den Wärmetauscher E1 eingeleitet, der in der Mischeinrichtung M angeordnet und von dem Wärmeträger W umgeben ist, bei dem es sich um ein Wasser-Gas-Gemisch handelt. Durch indirekten Wärmetausch wird Wärme vom Wärmeträger W auf die kryogene Flüssigkeit übertragen, wodurch diese verdampft. Über Leitung 2 wird eine Gasphase aus der Mischeinrichtung M abgezogen, deren Tempera-

tur ca. 10°C geringer ist als die Temperatur des Wärmeträgers W, die typischerweise bei etwa 20°C liegt. Um dem Wärmeträger W Wärme zuzuführen, wird über die Leitungen 3 der Mischeinrichtung M Rauchgas zugeführt und unterhalb des Wärmetauschers E1 in den Wärmeträger W eingedüst, wo es sich in Form kleiner Blasen verteilt. Hierbei kühlt das Rauchgas 3 in direktem Kontakt mit dem Wasser rasch soweit ab, dass in ihm enthaltene kondensierbare Stoffe – in erster Linie Wasserdampf – kondensieren. Genauso wie seine fühlbare Wärme wird die dabei frei werdende Kondensationswärme an das Wasser abgegeben, wodurch es möglich ist, nicht nur den unteren, sondern auch den oberen Heizwert des Rauchgases 3 zu nutzen. Das abgekühlte Rauchgas wird über Leitung 4 abgezogen.

[0024] Die im Wärmetauscher E1 erzeugte Gasphase 2 wird in den Wärmetauscher E2 weitergeführt, wo es im indirekten Wärmetausch gegen ein im Brenner B1 erzeugtes Rauchgas 5 überhitzt wird. Die überhitzte Gasphase wird über Leitung 6 abgezogen. Im Brenner B1 wird ein Brennstoff 7, wie beispielsweise Erdgas, mit einem Oxidationsmittel 8, bei dem es sich normalerweise um Luft handelt, verbrannt. Die Verbrennung wird unter Sauerstoffüberschuss durchgeführt, wodurch das entstehende Rauchgas Sauerstoff enthält. Dieses Rauchgas wird nicht bis unter den Taupunkt des in ihm enthaltenen Wassers abgekühlt, so dass über Leitung 9 ein sauerstoffhaltiges Rauchgas abgezogen wird, das neben seiner fühlbaren auch noch latente Wärme enthält. Aufgrund seines Sauerstoffgehalts und seiner Menge kann das abgekühlte Rauchgas dem Brenner B2 als Oxidationsmittel zugeführt werden, mit dem der Brennstoff 10 vollständig oxidiert und zum Rauchgas 3 umgesetzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Enthalpie eines Mediums, bei dem einem ersten, aus einem ersten Rauchgas (5) bestehenden und einem zweiten, Wasser und Rauchgas umfassenden Wärmeträger (W) Energie entzogen und jeweils durch indirekten Wärmetausch auf das Medium übertragen wird, wobei ein zweites Rauchgas (3) zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) in ein Wasser enthaltendes Stoffsystem eingedüst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gegen das Medium abgekühlte erste Wärmeträger (9) zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) das abgekühlte erste Rauchgas (9) unabhängig vom zweiten Rauchgas (3) oder gemeinsam mit diesem in das Wasser enthaltende Stoffsystem eingedüst wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste (5) und das zweite Rauchgas (3) im selben Brenner oder in unterschiedlichen Brennern (B1, B2) erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rauchgas (5) mit Sauerstoffüberschuss erzeugt und nach Abkühlung gegen das Medium dem Brenner zur Erzeugung des zweiten Rauchgases (3) als Oxidationsmittel (9) zugeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Verdampfung und/oder Anwärmung von flüssigem Erdgas oder flüssigem Ethylen oder flüssigem Stickstoff oder Kohlendioxid eingesetzt wird.

6. Vorrichtung zur Erhöhung der Enthalpie eines Mediums (1) mit einem Brenner (B1) zur Erzeugung eines ersten (5) und einem Brenner (B2) zur Erzeugung eines zweiten Rauchgases (3), einem ersten (E2) und einem zweiten Wärmetauscher (E1), wobei im ersten Wärmetauscher (E2) einem ersten, aus dem ersten Rauchgas (5) bestehenden und im zweiten Wärmetauscher (E1) einem zweiten Wärmeträger (W) Energie entzogen und jeweils durch indirekten Wärmetausch auf das Medium (1, 2) übertragen werden kann, sowie einer Mischeinrichtung (M), in der zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) Wasser mit Rauchgas (3) gemischt werden kann, und in der der zweite Wärmetauscher (E1) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Zuführeinrichtung umfasst (9, B2, 3), über die der gegen das Medium abgekühlte erste Wärmeträger zur Bildung des zweiten Wärmeträgers (W) in die Mischeinrichtung (M) eingeleitet werden kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischeinrichtung (M) mit einer Zuführeinrichtung (3) verbunden ist, über die das erste und das zweite Rauchgas gemeinsam oder getrennt in die Mischeinrichtung (M) eingeleitet werden können.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (B1) zur Erzeugung des ersten Rauchgases (5) identisch mit oder unterschiedlich von dem Brenner (B2) zur Erzeugung des zweiten Rauchgases (3) ist.

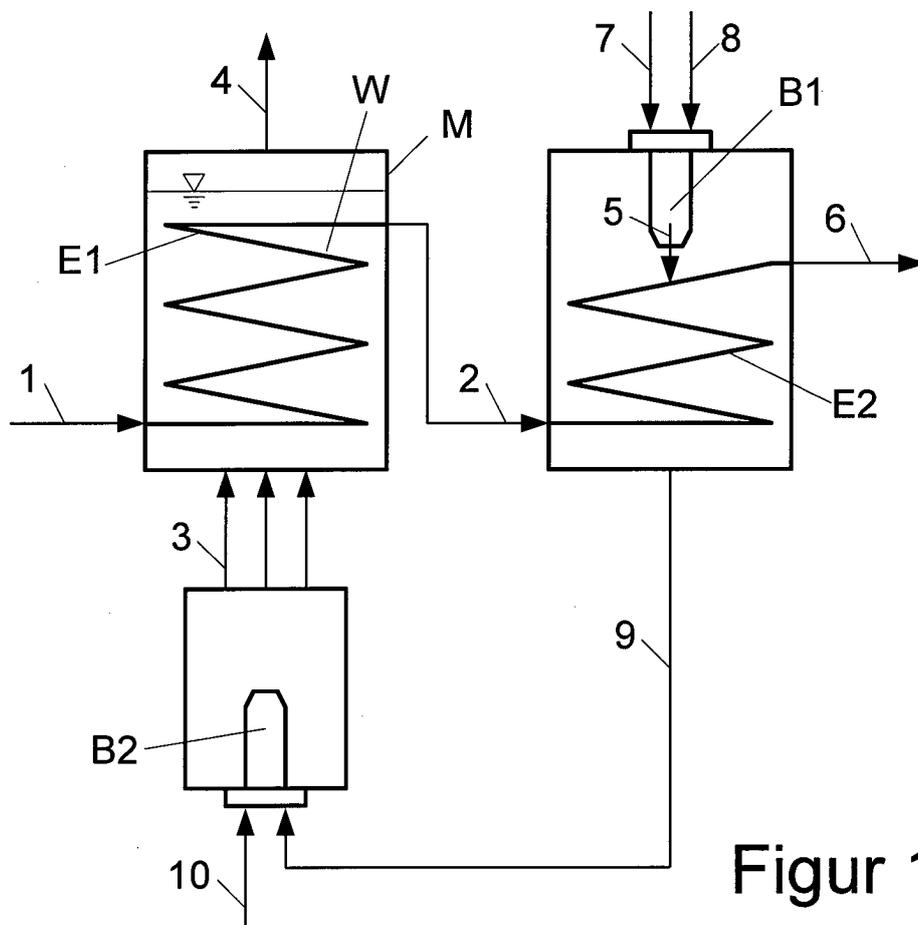
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (B2) zur Erzeugung des zweiten Rauchgases (3) mit einer Zuführeinrichtung (9) verbunden ist, über die ihm das gegen das Medium abgekühlte erste Rauchgas als Oxidationsmittel zuführbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur Verdampfung

und/oder Anwärmung von flüssigem Erdgas oder flüssigem Ethylen oder flüssigem Stickstoff oder Kohlendioxid eingesetzt werden kann.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1