

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 723 106 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.07.1996 Patentblatt 1996/30

(51) Int. Cl.⁶: **F17C 9/02**, F25D 3/10

(21) Anmeldenummer: **95108739.4**

(22) Anmeldetag: **07.06.1995**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL

(72) Erfinder: **Veranneman, Georg**
D-82049 Pullach (DE)

(30) Priorität: **23.01.1995 DE 19501872**

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

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
D-65189 Wiesbaden (DE)

(54) Verfahren zur Herstellung von kaltem Gas

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von temperaturdefiniertem, kaltem Gas durch indirekten Wärmetausch mit einem tiefkalten, verflüssigt vorliegenden Medium. Das Verfahren weist das Kennzeichen auf, daß das herzustellende, kalte Gas durch indirekten Wärmetausch insbesondere mit seiner tiefkalt verflüssigten Form abgekühlt wird, wobei das Gas vorab auf einen festgelegten Basisdruck p_B eingestellt wird und auf eben diesem Druckniveau in indirekten Wärmetausch mit der verflüssigten Form gebracht wird, wobei wiederum die flüssige Zustandsform auf einem zweiten, im Vergleich zum Basisdruck erhöhten Druck p_2 und der zugehörigen Siedetemperatur gehalten wird.

EP 0 723 106 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von temperaturdefiniertem, kaltem Gas durch indirekten Wärmetausch mit einem tiefkalten, verflüssigt vorliegenden Medium.

Es ist beispielsweise bekannt, kaltes Gas aus dem zugehörigen tiefkalten Flüssiggas durch verdampfen und partielles Anwärmen bereitzustellen (siehe DE-PS 41 34 108, insbes. Figur). Hierbei ist es schwierig, die Temperatur des erhaltenen Gases in engeren Grenzen einzustellen, da sich beispielsweise abhängig von der Verbrauchsmenge oder der Umgebungstemperatur die Verdampfungs- und Erwärmungsbedingungen ändern. Ebenso bekannt ist es, kaltes Gas durch Vermischen mit tiefkaltem Flüssiggas herzustellen (DE-OS 32 42 881). Eine bekannte Möglichkeit insbesondere auch zur Erzeugung tiefkalter Gasströme besteht auch in einer Abkühlung in indirektem Wärmetausch mit einem tiefkalten Flüssiggas (vgl. DE-PS 38 27 417). Ein Problem dabei besteht darin, daß gerade bei der Anwendung von besonders preiswert verfügbarem, tiefkaltem Flüssigstickstoff als Kühlmedium - die Flüssigstickstofftemperatur bei 2 bar Druck beträgt ca. - 190°C - andere Gase (Ar, O₂, Luft,..) und auch Stickstoff selbst in ungünstigen Betriebssituationen, z.B. bei höheren Verbrauchsgasdrücken oder zeitweise ruhendem Gasverbrauch, verflüssigt werden und somit darauf begründete Störungen im Betrieb auftreten können.

Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung war es daher, ein Verfahren zur Herstellung von kaltem Gas auf der Basis eines indirekten Wärmetausches mit einem tiefkalten Flüssiggas anzugeben, das auf möglichst aufwandsarme und einfache Weise eine betriebssichere und auch temperaturgenaue Bereitstellung von Kaltgas ergibt.

Diese Aufgabenstellung wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das herzustellende, kalte Gas durch indirekten Wärmetausch insbesondere mit seiner tiefkalt verflüssigten Form abgekühlt wird, wobei das Gas vorab auf einen festgelegten Basisdruck p_B eingestellt wird und auf eben diesem Druckniveau in indirekten Wärmetausch mit der verflüssigten Form gebracht wird, wobei wiederum die flüssige Zustandsform auf einem zweiten, im Vergleich zum Basisdruck erhöhten Druck p_2 und der zugehörigen Siedetemperatur gehalten wird.

Durch die erfindungsgemäße Maßgabe für die Drücke von Gas und Flüssiggas der selben Art wird verhindert, daß in irgendeiner Betriebssituation eine Verflüssigung des gasförmigen Mediums beim Wärmetausch auftreten kann. Solange der flüssige Zustand des Mediums auf einem höheren Druckniveau als der gasförmige ist, kann das entsprechende, am Siedepunkt befindliche Flüssiggas das niedriger gespannte Gas nicht kondensieren. Beispielsweise befindet sich auf 12 bar eingestellter Flüssigsauerstoff bei 123 K (-150°C) am Siedepunkt, während auf 10 bar

eingestelltes O₂-Gas sich erst bei 120 K (-153°C) verflüssigt.

Bevorzugt wird erfindungsgemäß die Abkühlung soweit geführt, daß das Gas die Temperatur der kühleren Flüssigphase annimmt. Auf diese Weise wird eine sehr genaue Einhaltung der beabsichtigten Kaltgastemperatur erzielt.

Generell ergibt sich gemäß der Erfindung der Umstand, daß als Kühlmittel dasjenige Flüssiggas eingesetzt wird, das auch als Kaltgas zur Anwendung kommt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, das Kühlmittel nach seinem Einsatz beim Abkühlen des Gases und letztlich seiner Verdampfung dem abzukühlenden Gas hinzuzufügen und so eine Doppelnutzung zu erzielen.

Handelt es sich um ein Gasgemisch aus dem Kaltgas gebildet werden soll, so ist für den Abkühlprozeß durch indirekten Wärmetausch dasjenige Flüssiggas einzusetzen, das im Gemisch den höchsten Verflüssigungspunkt besitzt. Im Falle eines Stickstoff-Sauerstoff-Gemisches also beispielsweise Sauerstoff.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß es mit ihr problemlos gelingt, ein Kaltgas, das hinsichtlich seiner Temperatur unmittelbar benachbart zur Dampfdruckkurve des jeweiligen Mediums liegt, herzustellen. Hierzu ist das p_2 -Druckniveau beispielsweise lediglich 0,5 bar, vorzugsweise jedoch 1 bis 3 bar, über dem Basisdruckniveau einzustellen. Auch in dieser Betriebssituation ist keinerlei Gefahr einer Verflüssigung des abzukühlenden Gases vorhanden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist gekennzeichnet durch

- einen Flüssiggasspeichertank, der über eine Flüssiggasleitung mit einer, aus einem Behälter mit innenliegendem Wärmetauscher bestehenden, Wärmetauscheinheit verbunden ist,
- einen Pegelstandsregler für Flüssiggas am Behälter der Wärmetauscheinheit,
- einem am Behälter der Wärmetauscheinheit kopfseitig angeschlossenen Druckregler,
- eine Gaszuleitung, die den innenliegenden Wärmetauscher mit einer Gasquelle verbindet, und durch einen Druckregler, der sich in dieser Gaszuleitung befindet.

Im folgenden wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel und in Verbindung mit den Figuren näher erläutert. Es zeigt:

- Figur 1 eine erfindungsgemäße Anlage zur Herstellung von tiefkaltem Sauerstoffgas;
 Figur 2 einen Ausschnitt aus der Dampfdruckkurve von Sauerstoff.

Die in Figur 1 gezeigte O₂-Kaltgasversorgungsanlage besitzt einen Flüssigsauerstofftank 1, der über eine bodenseitig angeschlossene Verbindungsleitung 2 mit einer Wärmetauscheinheit 4, bestehend aus einem Behälter mit innenliegender Rohrschlange 7, verbun-

den ist. In der Verbindungsleitung 2 ist ein Ventil 3 zur Schaltung des Flüssigsauerstoffzuflusses vom Speichertank 1 zur Wärmetauscheinheit 4 angeordnet. Das Ventil 3 steht in Verbindung mit einem am Behälter der Wärmetauscheinheit 4 befindlichen Pegelstandsmesser 5 und beide Elemente, also Ventil 3 und Pegelstandsmesser 5, halten den Pegel des Flüssigsauerstoffs in der Wärmetauscheinheit 4 auf einem gewünschten Niveau.

Am oben entstehenden Gasraum der Wärmetauscheinheit 4 ist ein Druckregler 6 angeschlossen, der den Druck in der Wärmetauscheinheit 4 regelt. Das bei Überdruck aus der Wärmetauscheinheit 4 abzuführende Gas wird der Rohrschlange 7 zugeführt, wozu eine Verbindungsleitung 9 zwischen dem Druckregler 6 und der Rohrschlange 7 vorgesehen ist. Die Rohrschlange 7 wird andererseits über eine Zuleitung 10 mit gasförmigem (!) Sauerstoff versorgt, wobei ein darin angeordneter Druckregler 8 den erfindungsgemäß geforderten, im Vergleich zum Druck in der Wärmetauscheinheit niedrigeren Basisdruck p_B einstellt. Das über die Leitung 10 zugeführte Sauerstoffgas kann gemäß gezeigtem Anlagenschema unterschiedlicher Herkunft sein; es kann entweder ebenfalls aus dem Speichertank 1 entnommen und mittels eines Verdampfers 11 in den gasförmigen Zustand gebracht worden sein, oder es kann auch aus einer sonstigen Sauerstoffquelle - beispielsweise einem adsorptiven oder permeativen Luftzerleger - stammen.

Zur weiteren Verdeutlichung der Erfindung werden im folgenden Zahlenbeispiele für die geschilderte Anlage vorgestellt, wobei die als Figur 2 beigefügte Dampfdruckkurve von Sauerstoff weitere Informationen liefert.

Besteht also beispielsweise die Zielsetzung darin, ein kaltes O_2 -Gas auf einem Druckniveau von etwa 2 bar bereitzustellen, so resultiert, daß in der Rohrschlange 7 mittels des Druckreglers 8 ein Druckniveau von 2 bar eingestellt wird. Dieser Druck wird erfindungsgemäß als Basisdruck p_B bezeichnet. Bei 2 bar liegt der Verflüssigungspunkt von Sauerstoff bei einer Temperatur von 97 K (-176°C). Eine geeignete Druckeinstellung für die Wärmetauscheinheit 4 besteht, ausgehend von diesem Basisdruck p_B in einem 1 bis ca. 20 bar höheren Druck p_2 , also beispielsweise in einer Druckeinstellung von 12 bar. Diese Druckeinstellung wird mittels des Regelventils 6 vorgenommen.

Die Verflüssigungs- bzw. Siedetemperatur von Sauerstoff bei 12 bar liegt höher als bei 2 bar, nämlich bei 123 K (= -150 °C - siehe Punkt B in Figur 2). Daraus folgt, daß das Temperaturniveau in der Wärmetauscheinheit 4 so ist, daß keine Verflüssigung des 2-bar-Verbrauchsgases in der Rohrschlange 7 auch bei einem zeitweise auf Null sinkenden Gasverbrauch eintreten kann (siehe Punkt C in Fig. 2). Die Verflüssigungstemperatur von Sauerstoff bei 2 bar Druck beträgt - wie bereits ausgeführt - 97 K, und es kann bei dieser Einstellung der Wärmetauscheinheit 7 also lediglich

eine Temperatur von 123 K (-150°C) erreicht werden (123 K ist die Kühlgrenze bei 12 bar).

Vergleicht man damit die naheliegendste Ausgestaltung einer derartigen Kaltgasbereitstellung, nämlich daß das Verbrauchsgas auf dem höherliegenden Druckniveau p_1 des Speicherbehälters 1 bereitgestellt wird, also beispielsweise etwa mit 14 bar, so läge die Verflüssigungstemperatur des Sauerstoffs bei 125 K und das so bereitgestellte Verbrauchsgas könnte bei einer Wärmetauscherntemperatur von 123 K also kondensiert und somit eine Betriebsstörung verursacht werden. Dies wird mit der hier vorgestellten Anlage und den genannten Einstellungen sehr vorteilhaft vermieden.

Mit der beschriebenen Anlage ist es ferner problemlos möglich, auch andere, deutlich höher liegende Verbrauchsgasdrücke als 2 bar anzubieten, so lange nur der Basisgasdruck wenigstens 0,5 bar, vorzugsweise 1 bis 3 bar, unterhalb der Druckeinstellung in der Wärmetauscheinheit 4 - also dem Druck p_2 - verbleibt. Es ist im oben geschilderten Beispiel also ohne weiteres möglich, Verbrauchsgas mit ca. 10 bar anzubieten. Bei 10 bar weist Sauerstoff eine Verflüssigungstemperatur von 120 K auf und dieser kann daher - obwohl bereits sehr nahe an der Dampfdruckkurve des Sauerstoffs liegend - bei einer Wärmetauscherneinstellung von 12 bar und einer daraus folgenden Temperatureinstellung der Wärmetauscheinheit 4 von 123 K noch völlig betriebssicher geliefert werden (siehe Punkt A in Figur 2).

Somit ist - bei der in der Praxis ohne Schwierigkeiten möglichen Bereitstellung von Flüssiggas in einem Speichertank auf einem Druckniveau von bis zu 25 bar - erfindungsgemäß die Zurverfügungstellung von Kaltgas auch auf höheren Drücken und mit Temperaturen unterhalb von -130 °C - unter sehr genauer Einhaltung des Temperaturniveaus - problemlos möglich.

Selbstverständlich ist die Anwendung des Verfahrens auch bei anderen Reinmedien als Sauerstoff möglich, z.B. bei Stickstoff und Argon. Darüber hinaus liegt es auch im Rahmen der Erfindung, daß beim Einsatz von beispielsweise Sauerstoff als Kühlmedium neben Sauerstoff auch jedes andere, tiefer als Sauerstoff siedende Gas und insbesondere auch tiefersiedende, sauerstoffhaltige Gasgemische mit Einstellungen, wie sie zu Sauerstoff gehören, vorteilhaft und betriebssicher abgekühlt werden können. Entsprechende Medien sind beispielsweise Stickstoff, Argon, aber auch trockene Luft, Helium, Wasserstoff und Gemische davon. Eben solche Möglichkeiten wie mit Sauerstoff - jedoch auf höherem Temperaturniveau - ergeben sich ferner auch mit tiefkaltem und flüssigem Kohlendioxid. Der erreichbare Temperaturbereich ist hierbei -25 bis -56°C.

So gewonnenes Kaltgas kann für alle bekannten Anwendungen wie Blasfolien- und Bandkühlen, Kaltgaspolieren und Therapiezwecke eingesetzt werden (siehe eingangs genannte Dokumente) sowie auch für neue Möglichkeiten - etwa das gleichzeitig zum zu vorliegender Erfindung zum Patent angemeldete Kaltgas-

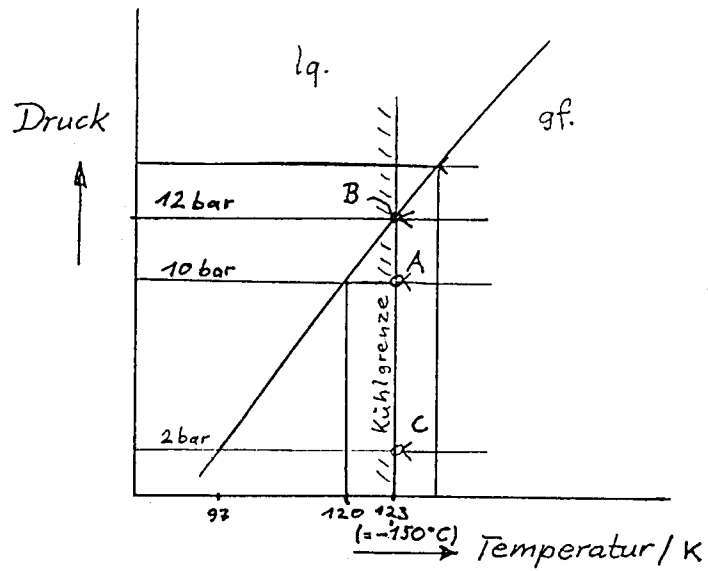
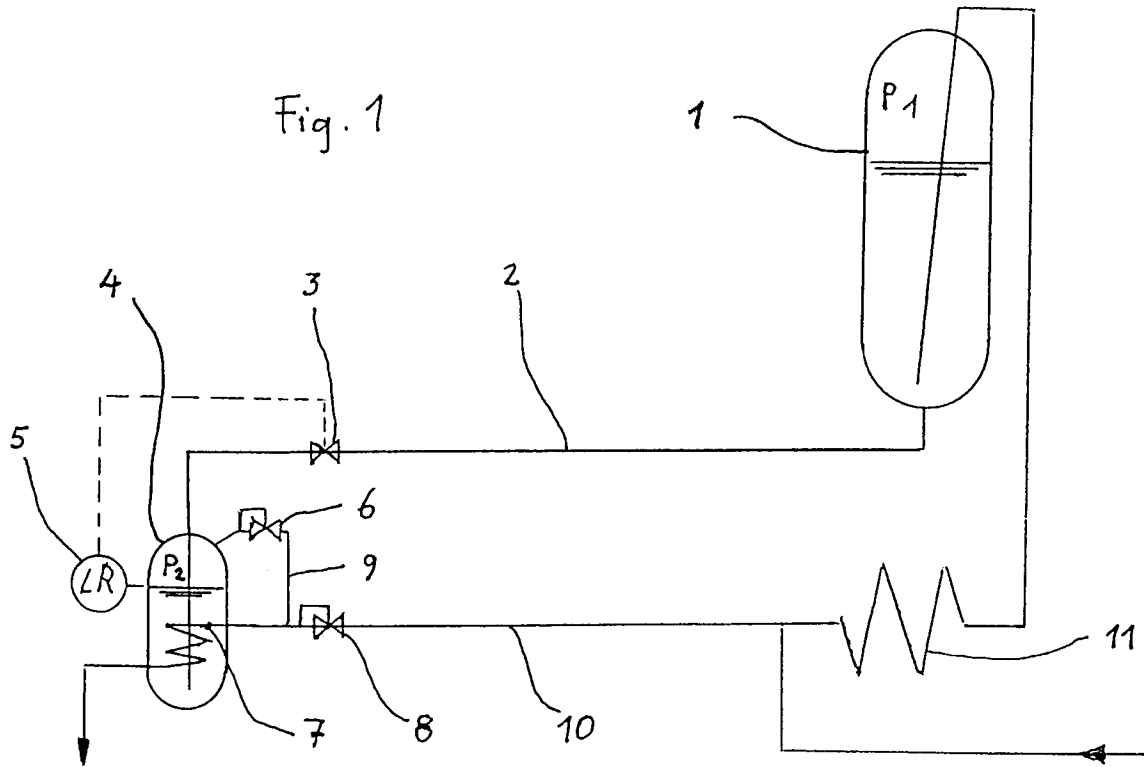
frischen oder zum Brennschneiden von Werkstücken mit Kaltsauerstoff.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von temperaturdefiniertem, kaltem Gas durch indirekten Wärmetausch mit einem tiefkalten, verflüssigt vorliegenden Medium, dadurch gekennzeichnet, daß das herzustellende, kalte Gas durch indirekten Wärmetausch insbesondere mit seiner tiefkalt verflüssigten Form abgekühlt wird, wobei das Gas vorab auf einen festgelegten Basisdruck p_B eingestellt wird und auf eben diesem Druckniveau in indirekten Wärmetausch mit der verflüssigten Form gebracht wird, wobei wiederum die flüssige Zustandsform auf einem zweiten, im Vergleich zum Basisdruck erhöhten Druck p_2 und der zugehörigen Siedetemperatur gehalten wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung soweit geführt wird, daß das Gas die Temperatur der kühlenden Flüssigphase annimmt 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das p_2 -Druckniveau lediglich 1 bis 3 bar höher als das Basisdruckniveau eingestellt wird. 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das verflüssigte Medium nach seinem Einsatz beim Abkühlen des Gases und letztlich seiner Verdampfung dem abzukühlenden Gas hinzugefügt wird. 20
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß - wenn aus einem Gasgemisch ein Kaltgas gebildet werden soll - für den indirekten Wärmetausch dasjenige Flüssiggas eingesetzt wird, das im Gemisch den höchsten Verflüssigungspunkt besitzt. 25
6. Vorrichtung zur Herstellung von kaltem Gas, gekennzeichnet durch 30
 - einen Flüssiggasspeichertank (1), der über eine Flüssiggasleitung mit einer, aus einem Behälter mit innenliegendem Wärmetauscher (7) bestehenden, Wärmetauscheinheit (4) verbunden ist, 35
 - einem Pegelstandsregler (5) für Flüssiggas am Behälter der Wärmetauscheinheit, 40
 - einem am Behälter der Wärmetauscheinheit oben angeschlossenen Druckregler (6), 45
 - eine Gaszuleitung (10), die den innenliegenden Wärmetauscher mit einer oder mehreren Gasquellen verbindet, 50

und durch einen Druckregler (8), der sich in dieser Gaszuleitung befindet.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckregler (6) an der Wärmetauscheinheit (4) auf einen höheren Druck als der Druckregler (8) in der Gaszuleitung (10) eingestellt ist. 55
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuleitung (10) mit dem Flüssiggasspeichertank (1) verbunden ist, wobei in der Verbindung ein Verdampfer (11) angeordnet ist. 60
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsseite des Druckreglers (6) an der Wärmetauscheinheit mit dem Wärmetauscher (7) verbunden ist. 65





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 8739

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US-A-5 255 525 (WIELAND) ---	1-8	F17C9/02 F25D3/10
A	FR-A-2 120 475 (L'AIR LIQUIDE) ---	1-8	
A	DE-A-24 38 194 (MESSER GRIESHEIM) ---	1-8	
A,D	EP-A-0 354 350 (MESSER GRIESHEIM) -----	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			F17C F25D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. Oktober 1995	Prüfer Meertens, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (3.12.92) (POM/CO)