

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 738 856 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.10.1996 Patentblatt 1996/43

(51) Int. Cl.⁶: **F23L 9/02**

(21) Anmeldenummer: **96103606.8**

(22) Anmeldetag: **08.03.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(30) Priorität: **30.03.1995 DE 19511609**

(71) Anmelder: **Müllkraftwerk Schwandorf**

**Betriebsgesellschaft mbH
D-92421 Schwandorf (DE)**

(72) Erfinder:

- **Metschke, Jörg, Dr.
92421 Schwandorf (DE)**
- **Krüger, Jörg, Dr.
92421 Schwandorf (DE)**

(74) Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas, Dipl.-Ing. et al**

**HARWARDT NEUMANN
Patent- und Rechtsanwälte,
Brandstrasse 10
53721 Siegburg (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Verbrennung von Feststoffen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbrennung von Feststoffen in einem Verbrennungskessel (1), der zumindest einen Feuerraum (2) und eine Nachbrennkammer (4) umfaßt, wobei Luft mit Überschallgeschwindigkeit in eine Übergangszone I zwischen Feuerraum (2) und Nachbrennkammer (4) eingedüst wird sowie eine Vorrichtung zur Verbrennung von Feststoffen bestehend aus einem Verbrennungskessel (1) mit einem Feuerraum (2) und einer Nachbrennkammer (4), wobei am Austritt der Verbrennungsgase aus dem Feuerraum (2) Lavaldüsen (13 u. 14) angeordnet sind, über die von einem Verdichter (20) erzeugte und in einem Wärmetauscher (21) erhitzte Luft mit Überschallgeschwindigkeit in die Rauchgase eingedüst werden.

EP 0 738 856 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbrennung von Feststoffen in einem Verbrennungskessel 1, der zumindest einen Feuerraum 2 und eine Nachbrennkammer 4 umfaßt, wobei in den Verbrennungskessel 1 Luft nach dem Austritt der Verbrennungsgase aus dem Feuerraum 2 unter erhöhtem Druck eingedüst wird.

Aus der WO 93 07 422 ist bekannt, zur Verbrennung von Feststoffen Wasserdampf unter erhöhtem Druck einzudüsen. Dabei wird neben der Primärluft keine weitere Verbrennungsluft wie z.B. Sekundär- und/oder Tertiärluft in den Verbrennungskessel eingebracht.

Für die Erzeugung von Dampf ist neben der notwendigen Energie vollentsalztes Wasser erforderlich. Bei der oben genannten WO-Anmeldung wird Dampf in die Rauchgase eingedüst und mit den Abgasen abgeleitet. Es geht somit vollentsalztes Wasser verloren. Die entsprechenden Mengen müssen in einer Wasseraufbereitungsanlage mit erheblichen Kosten neu erzeugt werden. Hierbei werden Chemikalien eingesetzt, die die Umwelt zusätzlich belasten.

Aus der DE-PS 628089 und der DE-4206825 ist es ferner bekannt, Luft und zirkulierte Rauchgase mit hoher Geschwindigkeit in den Verbrennungskessel an einer Stelle zwischen dem Feuerraum und einer Nachbrennkammer einzublasen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine gute Durchmischung der Brenngase zu erzielen.

Es hat sich gezeigt, daß durch das Erhitzen der Druckluft vor der Eindüsung höhere absolute Geschwindigkeiten in den Lavaldüsen erzeugt werden können und damit die spezifische Energie des Treibmediums ohne zusätzlichen elektrischen Energieaufwand bei geringfügig höheren Investitionskosten für einen Wärmetauscher im Verdichter gesteigert werden kann. Dies sei mit der nachfolgenden Berechnung verdeutlicht:

Es werden 1500 kg/h Druckluft mit einem Druck von 7 bar absolut bei einer Temperatur von 293 K entspannt. Dabei wird eine Mischenergie von ca. 52 KW frei. Durch Aufwärmung der gleichen Luftmenge auf 523 K kann bei der Entspannung eine Mischleistung von ca. 92 KW erreicht werden! Die Austrittsgeschwindigkeit des Treibmediums Luft steigt dadurch von 500 auf 670 m/s.

Die im Kessel vorliegenden Bedingungen sind durch eine hohe Gastemperatur der Brenngase von 1273 K bei einer geringen Dichte und durch eine hohe Viskosität der Gase gekennzeichnet. Durch die erhöhte Viskosität sind die Verluste direkt nach der Lavaldüse infolge der verringerten Carnots Stoßverluste wesentlich geringer als dies bei Normalbedingungen zu erwarten wäre. Infolge der geringeren Stoßverluste treten die Freistrahlen sehr tief in den zu durchmischenden Bereich ein und sichern eine gute Durchmischung der Feuerungsgase auch über größere Distanzen von 4-6 m.

Da die über Lavaldüsen 13, 14 und 15 zugeführte Druckluftmenge bezogen auf die Primärluftmenge 9 unter 2 % liegt und praktisch vernachlässigt werden kann, steigt die Sauerstoffkonzentration im Freistrahle nicht mehr an, so daß erfindungsgemäß keine zusätzliche Bildung von NO_x resultiert. Dies ist ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verbrennung von Feststoffen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Prinzipieller Querschnitt durch eine Feuerungsanlage

Figur 2: Ausschnitt I gemäß Fig. 1 in Höhe der Lavaldüsen.

Die linke Hälfte der Figur 1 zeigt den Querschnitt durch einen erfindungsgemäß ausgebildeten Verbrennungskessel. In den Bereichen 10 und 11 wird Druckluft über die Zuführung 12 zu den erfindungsgemäß ausgestalteten Lavaldüsen 13 und 14 in den Übergang zum Nachverbrennungsraum 4 eingedüst.

Fig. 2 zeigt die Entwicklung des Freistrahls F_1 und F_2 von den Lavaldüsen 13 und 14 im Übergang von dem Feuerraum 2 zur Nachbrennkammer 4. Die Darstellung ist gültig für Druckluft, die vor der Entspannung durch Lavaldüsen auf 523 K erwärmt wurde. Die mittlere Geschwindigkeit der Brenngase am Rost 9 beträgt in diesem Beispiel 3 m/s bei einer Temperatur von 1273 K.

Die Diagramme der Fig. 3 zeigen den Einfluß verschiedener Parameter im Freistrahle über den Weg des Freistrahls. Die Ausgangsbedingungen wurden so gewählt, daß in allen Fällen nach 5 Meter Freistrahle eine mittlere Geschwindigkeit von ca. 5,2 m/s in diesem Beispiel vorliegt.

Druck bar (a)	vor Lavaldüse	7	1	7
Temperatur K	vor Lavaldüse	523	293	293
Temperatur K	nach Lavaldüse	300	293	168
Geschwindigkeit m/s n.	Lavaldüse	670	40	502
Austrittsquerschnitt mm		6	100	8
Luftmenge aus den Düsen: Treibmasse kg/h		80	1450	182

Fig. 3a zeigt die Entwicklung der Massenverhältnisse von Treibmasse zu angesaugtem Rauchgas über den Weg des Freistrahls. Hierdurch wird deutlich, daß das Massenverhältnis bei Temperaturen über 473 K erheblich ansteigt.

Fig. 3b zeigt die Entwicklung der mittleren Gastemperatur des Freistrahls über den Weg des Freistrahls. Man erkennt, daß auch hier bei einer Drucklufttemperatur um 473 K die Mischtemperatur im Freistrahls bereits nach sehr kurzem Weg gleich der Feuerungstemperatur ist.

Fig. 3c zeigt die Entwicklung der mittleren Freistrahlgeschwindigkeit über den Weg des Freistrahls. Alle Treibmedien führen in einer Entfernung von 5 m vom Düsenausgang zu einer mittleren Geschwindigkeit von ca. 5,2 m/s.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können die beschriebenen Verbrennungsprozesse sehr variabel und beispielsweise dicht bei dem stöchiometrischen Luftbedarf betrieben werden. Je nach den Vorschriften lassen sich beliebige Luftmengen in den Verbrennungsprozeß eindüsen. Falls verlangt, kann mit überstöchiometrischen Verhältnis gefahren werden, z. B. mit einem Stöchiometriefaktor von 1,4; dies bedeutet, daß mit 40 % Luftüberschuß verbrannt wird. Es sind auch Stöchiometriefaktoren von kleiner 1,4 bis zu 1,1 einstellbar.

In Folge dieser annähernd stöchiometrischen Verbrennung steigen die Verbrennungstemperaturen erheblich an und es besteht die Gefahr zusätzlicher NO_x Bildung. Die hohen Temperaturen können auch zu unerwünschtem Schmelzfluß im Feuerraum führen. Durch die Rauchgasrückführung mittels der Treibdüsen 15 im Rückführkanal 19 kann die Verbrennungstemperatur auf den gewünschten Wert eingestellt werden.

Mit einer intensiven Vermischung der Rauchgasbestandteile wird ein guter Ausbrand der Rauchgase sichergestellt. Dieser zeigt sich durch CO Konzentrationen von unter 10mg/Nm bei Sauerstoffgehalten von ca. 6%. Die NO_x Konzentrationen fallen von 350-400 mg/Nm³ auf ca. 200-250 mg/Nm³ ab.

Durch die Reduzierung des Sauerstoffgehaltes fiel die Rauchgasmenge entsprechend der eingangs genannten Anmeldung ab. Durch Absenkung der Luftzahl von 2,2 auf 1,5 - entsprechend einem Sauerstoffpartialdruck von 0,103 bar und 0.06 bar - fiel die Rauchgasmenge von 95000 Nm³/h auf 55000 Nm³/h um 42 % ab. Die Verbrennungstemperatur stieg dabei von 1200 K auf 1460 K um 260 K an.

Der Verbrennungskessel und die nachgeschaltete Rauchgasreinigung kann bei Neuanlagen entsprechend der reduzierten Rauchgasmenge kleiner ausgelegt werden. Bei Nachrüstungen gehen die Betriebskosten durch geringe Pressung der Saugzüge und geringere Volumenströme überproportional zur Rauchgasmenge zurück.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbrennung von Feststoffen in einem Verbrennungskessel (1), der zumindest einen Feuerraum (2) und eine Nachbrennkammer (4) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß Sekundärluft mit Überschallgeschwindigkeit in eine Übergangszone I zwischen Feuerraum (2) und Nachbrennkammer (4) eingedüst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärluft vor dem Eindüsen einen überkritischen Druck hat und sich in der Übergangszone I eine mittlere Geschwindigkeit in dem von der Druckluft erzeugten Freistrahls zwischen 5 und 6 m/s einstellt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluft vor dem Eindüsen auf erhöhte Temperatur - vorzugsweise über 473 K - erwärmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Teil der Sekundärluft verwendet wird, um einen Teil der abgekühlten Rauchgase aus dem 2. Zug über den Feuerraum (2) in die Nachbrennkammer (4) und/oder direkt in die Nachbrennkammer (4) zurückzuführen.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Anteil der rückgeführten Rauchgase zwischen 5 und 50% vorzugsweise 30% der gesamten Rauchgas-
menge beträgt.
- 10 6. Verfahren nach Anspruch 4 und 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Rauchgas mit einer Temperatur über 873 K zurückgeführt wird.
- 15 7. Vorrichtung zur Verbrennung von Feststoffen bestehend aus einem Verbrennungskessel (1) mit einem Feuerraum
(2) und einer Nachbrennkammer (4),
dadurch gekennzeichnet,
daß am Austritt der Verbrennungsgase aus dem Feuerraum (2) Lavaldüsen (13 u. 14) angeordnet sind, über die
von einem Verdichter (20) erzeugte und in einem Wärmetauscher (21) erhitzte Luft mit Überschallgeschwindigkeit
in die Rauchgase eingedüst werden.
- 20 8. Vorrichtung zur Verbrennung von Feststoffen bestehend aus einem Verbrennungskessel (1) mit einem Feuerraum
(2) und einer Nachbrennkammer (4),
dadurch gekennzeichnet,
daß über konisch zulaufende Kanäle (19) Rauchgas durch konzentrisch in den Kanälen (19) angeordnete Lavaldü-
sen (15) mit dem Impuls der ausströmenden Druckluft vom 2. Zug (5) in den Feuerraum und damit in die Nachver-
brennungskammer (4) zurückgeführt wird.
- 25

30

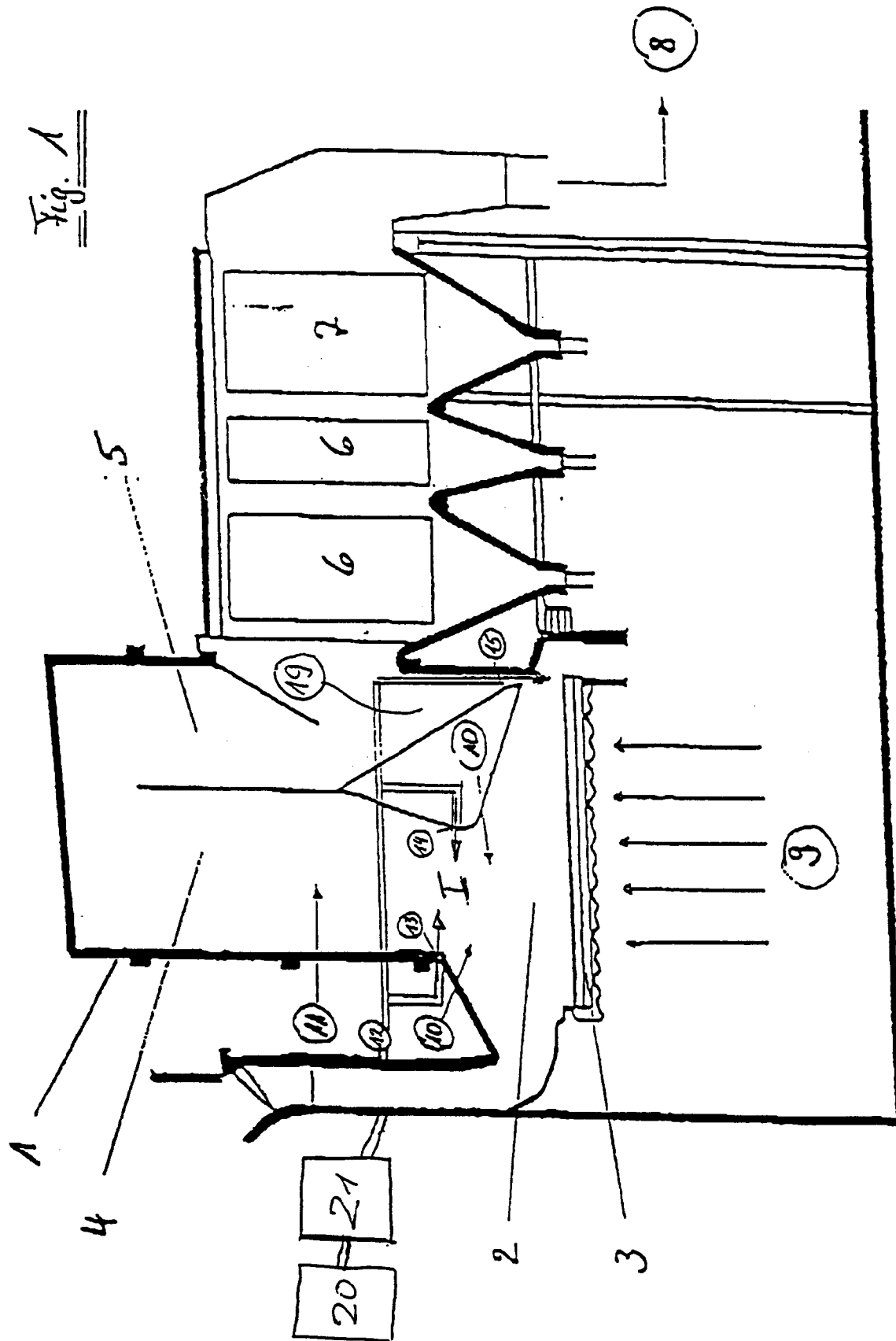
35

40

45

50

55



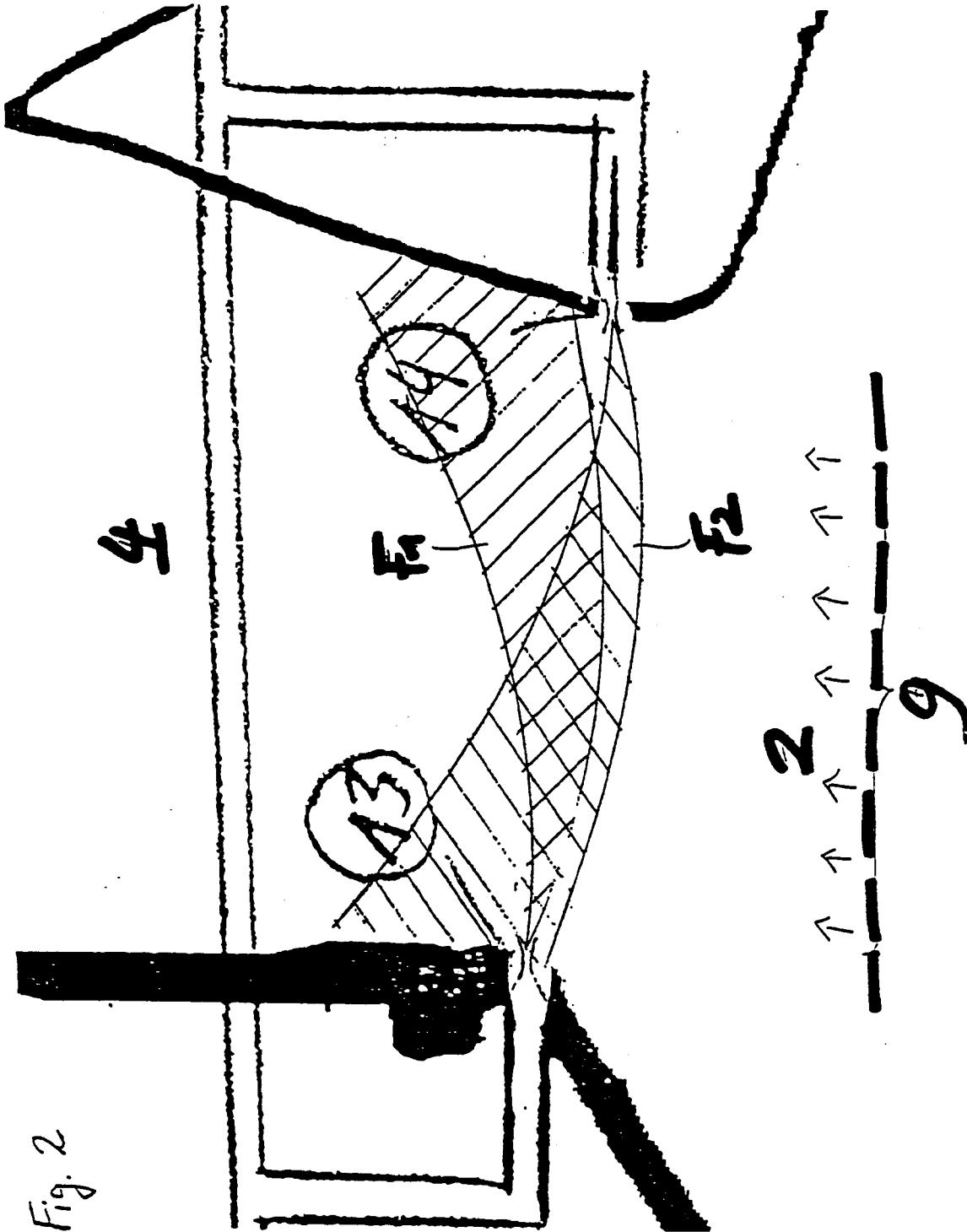


Fig 3a

Einfluß des Treibmedium Luft auf das Massenverhältnis im Freistahl

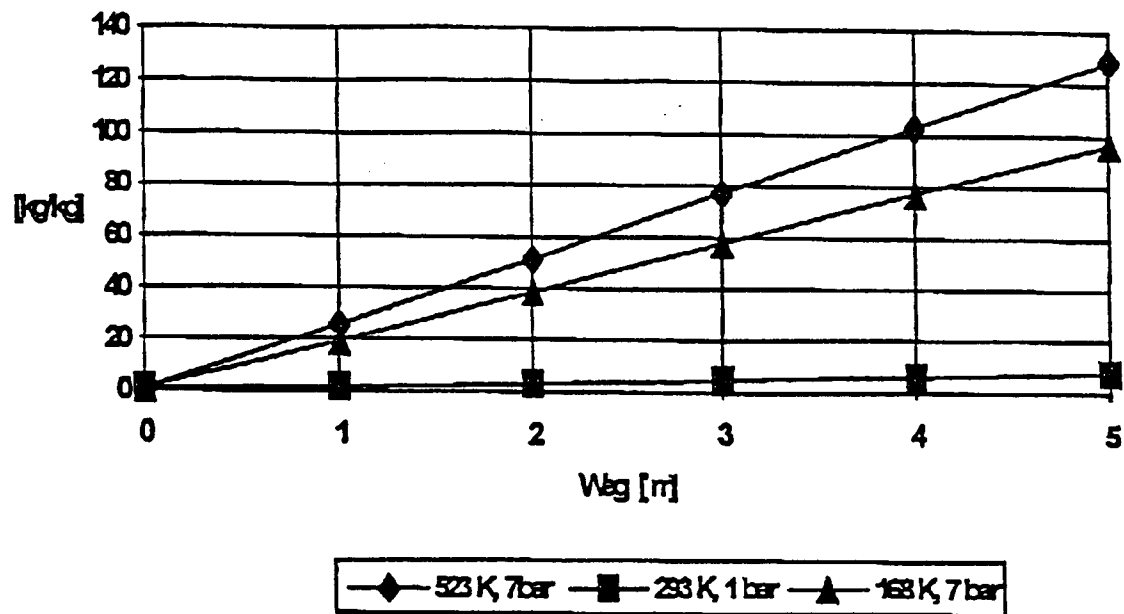


Fig 3 b

Einfluß des Treibmedium Luft auf die Mischtemperatur im Freistahl

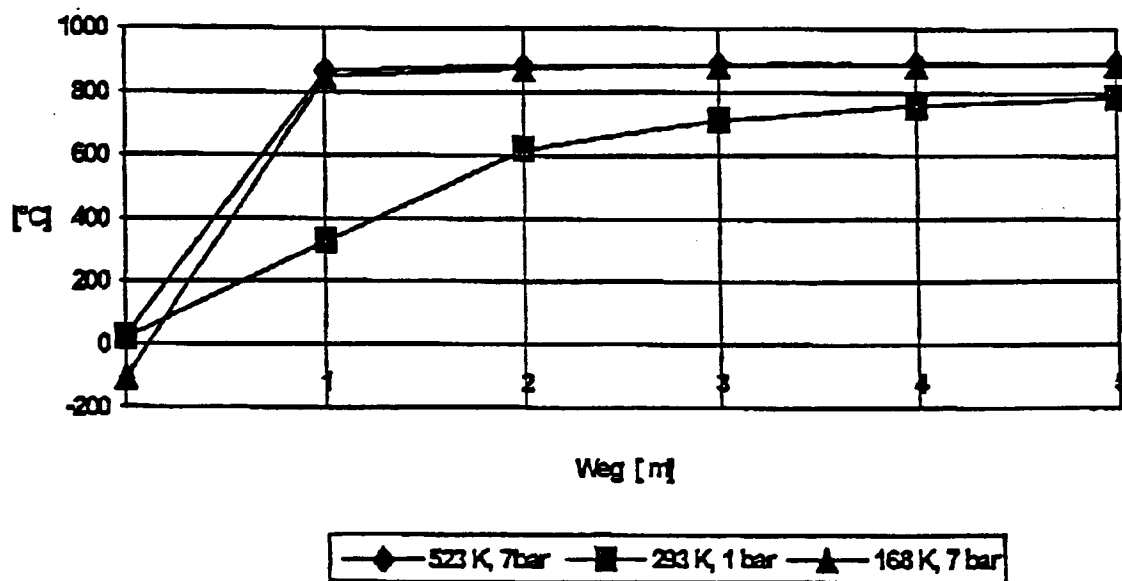


Fig 3c

Einfluß des Treibmedium Luft auf die mittlere Geschwindigkeit des Freistrahls

