



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 690 280 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.01.1996 Patentblatt 1996/01

(51) Int. Cl.⁶: **F27B 9/30**

(21) Anmeldenummer: **95108333.6**

(22) Anmeldetag: **26.05.1995**

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

(71) Anmelder: **Hans Lingl Anlagenbau und
Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG
D-89206 Neu-Ulm (DE)**

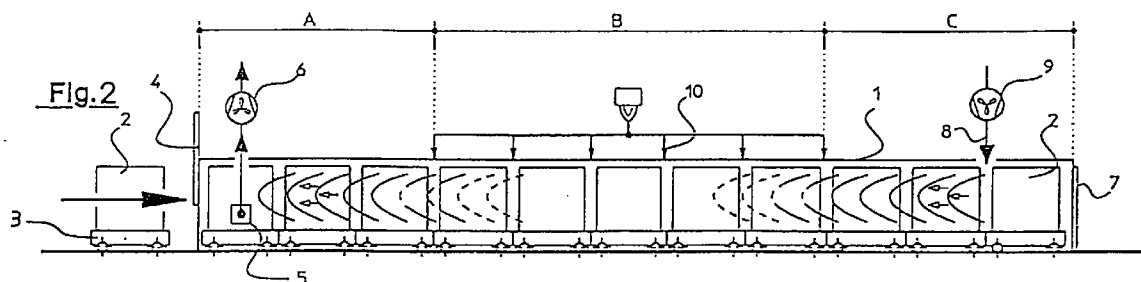
(30) Priorität: **01.07.1994 DE 4423221**

(72) Erfinder: **Lingl, Hans
D-89231 Neu-Ulm (DE)**

(54) Wärmeübergang im Tunnelofen

(57) Bei einem Verfahren zum Brennen von Keramikprodukten in einem Tunnelofen aufweisend eine Aufheizzone (A), eine Brennzonen (B) und eine Abkühlzone (C) wird der von einer Belüftungsvorrichtung (9) in der Abkühlzone (C) zu einer Absaugvorrichtung (6) in der Aufwärmzone (A) strömende Gasstrom pulsartig

moduliert. Dadurch wird insbesondere in der Aufheizzone (A) und der Abkühlzone (C) der Konvektions-Wärmeübergang auf das Brenngut erhöht und damit ein über die gesamte Ofenlänge gleichmäßigerer Wärmeübergang erzielt.



EP 0 690 280 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Brennen von Keramikprodukten oder ähnlichen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie einen Tunnelofen zur Durchführung eines solchen Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 3.

Tunnelöfen, insbesondere in der keramischen Industrie, sind in drei Zonen eingeteilt: die Aufheiz-, die Brenn- und die Kühlzone. Das Brenngut durchläuft, auf Brennwagen oder ähnlichem gelagert, diese Zonen nacheinander, wobei durch Belüftungseinrichtungen in der Kühlzone und Absaugeinrichtungen in der Aufheizzone ein der Durchschubrichtung des Brennguts entgegengesetzter Gasstrom erzeugt wird. Dieser sorgt dafür, daß die in der Brennzone von Brennern erzeugte Wärme das Brenngut in der Aufheizzone kontinuierlich aufheizt und die am Ende der Kühlzone zugeführte Kaltluft das Brenngut kontinuierlich wieder abkühlt.

Die Wärmeübertragung auf das Brenngut (Wärmeübergang) erfolgt sowohl beim Aufheizen als auch beim Abkühlen im wesentlichen durch die beiden Mechanismen Strahlungswärmeübertragung und erzwungene Konvektion durch die im Tunnelofen erzeugte Strömung. Der gesamte Wärmeübergang auf das Brenngut in der Aufheizzone A, der Brennzone B, die mit Gasbrennern oder ähnlichem ausgestattet ist, und der Abkühlzone C ist in Figur 1A, der jeweilige Anteil der Wärmeübertragung durch Strahlung bzw. Wärmeübertragung durch Konvektion in Figur 1B dargestellt. Man erkennt, daß im Bereich der Brennzone B der gesamte Wärmeübergang am größten ist und der Anteil der Strahlung deutlich überwiegt. Um die Durchlaufgeschwindigkeit des Tunnelofens zu erhöhen, ist es daher notwendig, den Wärmeübergang in der Aufheizzone und der Kühlzone zu erhöhen und damit über die gesamte Länge des Tunnelofens einen gleichmäßigen Wärmeübergang zu erhalten.

Es ist bekannt, separat in der Aufheizzone (Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1992, Seite 92) oder in der Abkühlzone (europäische Patentanmeldung Nr. 0 348 603 A3) installierte Luftumwälzungen vorzusehen, um den Wärmeübergang aufgrund der erzwungenen Konvektion zu erhöhen. Nachteilig hierbei ist jedoch, daß der Wärmeübergang von der Strahlrichtung der zusätzlichen Einblasvorrichtungen abhängig ist. Es entstehen dadurch Zonen mit hohem Wärmeübergang in der direkten Nähe des Luftstrahls der Einblasvorrichtung und Zonen niedrigeren Wärmeübergangs in den Teilen des Brenngutbesatzes, die durch den Strahl nicht erreicht werden. Außerdem ist der erforderliche Aufwand an die Umwälzung bewirkenden Einrichtungen relativ hoch.

Eine weitere Maßnahme zur Erhöhung der erzwungenen Konvektion ist der Einsatz von Hochgeschwindigkeitsbrennern mit hohen Impulsströmen (Ziegeleitechnisches Jahrbuch 1982, Seite 94). Jedoch wird hierdurch die Konvektion insbesondere in der Brennzone erhöht anstatt in der Aufheiz- und Kühlzone.

Eine weitere Methode, den Wärmeübergang im Ofen zu erhöhen, ist der Einsatz pulsierender Brenner, die beispielsweise aus Müllverbrennungsanlagen bekannt sind (Chip R. Stewart et. al. "Application of Pulse Combustion to Solid and Hazardous Waste Incineration", 1991; Brenchly, D. L., et. al, Battelle Report PNL-5301/UC-95, Dezember 1984; Prospekt Cello Hi-Efficiency Burners, Atlanta 1992). Pulsierende Brenner sind geeignet, die Ofengase im Bereich der Brennzone in Schwingung zu versetzen. Diese Methode ist in einem Ofen mit großem, vorwiegend flüssigem, pulverförmigem oder gasförmigem Brenngut gefülltem Brennraum, zum Beispiel in einer Müllverbrennungsanlage, sehr wirkungsvoll, nicht aber in einem Tunnelofen, dessen Brennkanal in der gesamten Länge durch das als die Druckschwingungen dämpfendes Filter wirkendes Brenngut weitgehend ausgefüllt ist. Außerdem sind in Tunnelöfen, besonders in der keramischen Industrie und anders als bei Müllverbrennungsanlagen oder Zementrohr-Öfen, jeweils eine Vielzahl von Brennern mit relativ kleiner Leistung, die in Gruppen zusammengefaßt sind, in Betrieb. Ein Pulsieren ist nur dann wirkungsvoll, wenn wenigstens eine ganze Brennergruppe pulsierend arbeitet.

Nachteilig beim Einsatz pulsierender Brenner in Tunnelöfen ist auch, daß sich der Puls aufgrund der Dämpfungswirkung des Brenngutbesatzes nicht ausreichend in die Aufheiz- und Kühlzone fortsetzt. Die Erhöhung des Wärmeübergangs findet deshalb nicht dort statt, wo sie am meisten gebraucht wird.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen der Wärmeübergang über die gesamte Länge des Tunnelofens gleichmäßiger erfolgt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das in Anspruch 1 beschriebene Verfahren und den in Anspruch 3 beschriebenen Tunnelofen.

Durch die pulsartig modulierte Gasströmung in der Aufheizzone und in der Abkühlzone wird dort durch eine Steigerung der erzwungenen Konvektion eine Erhöhung des Wärmeübergangs erzielt.

Der erfindungsgemäße Tunnelofen weist zur Erzeugung einer solchen pulsartig modulierten Gasströmung im Bereich der Abkühlzone wenigstens eine Belüftungsvorrichtung auf, deren Leistung pulsartig modulierbar ist. Je nach Länge des Tunnelofens und der Dämpfung durch den Besatz ist vorteilhaft in der Aufheizzone eine Absaugvorrichtung vorgesehen, deren Leistung ebenfalls pulsartig modulierbar ist.

Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, daß der Wärmeübergang über den gesamten Tunnelofen gleichmäßiger erfolgt und somit der Ofendurchsatz erhöht werden kann.

Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die Erhöhung der Geschwindigkeit, mit denen die Ofengase an den Formlingen vorbeiströmen, im Ofenquerschnitt gleichmäßiger verteilt ist.

Weitere Ausbildungen der Erfindung betreffen ein Brennverfahren und einen Tunnelofen, bei denen die Ofengase im Tunnelofen mit einer solchen Frequenz angeregt werden, daß sie in eine Eigenschwingung versetzt werden. Dies kann sowohl eine Schwingung längs des Tunnelofens als auch quer zum Tunnelofen sein.

Gemäß weiteren Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Tunnelofens kann die Gasströmung durch eine Veränderung des Strömungsquerschnitts der Belüftungsvorrichtung, der Absaugvorrichtung oder des Tunnelofens selbst moduliert werden.

Weitere Ausbildungen des erfindungsgemäßen Tunnelofens betreffen den Einsatz von Brennern, die pulsartig moduliert betrieben werden können sowie zusätzlich den Einsatz von Hochgeschwindigkeitsbrennern.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindungen anhand der Zeichnungen beschrieben, in denen

Figur 1A den Wärmeübergang auf das Brenngut in der Aufheizzone A, der Brennzone B und der Kühlzone C zeigt,

Figur 1B jeweils den Strahlungsanteil und den Konvektionsanteil am Wärmeübergang aus Figur 1A zeigt,

Figur 2 einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Tunnelofens zeigt,

Figur 3 einen Ausschnitt der Kühlzone des Tunnelofens aus Figur 2 zeigt, und

Figur 4 schematisch die erfindungsgemäße Erhöhung des Wärmeübergangs zeigt.

Durch einen in Figur 2 im Längsschnitt dargestellten Tunnelofen 1 wird das Brenngut 2 beispielsweise auf Wagen 3 in Richtung des ausgefüllten Pfeiles hindurchbewegt. Das Brenngut gelangt durch ein Tor 4 auf der Einfahrseite zuerst in die Aufheizzone A, dann in die mit Brennern 10 versehene Brennzone B und schließlich in die Abkühlzone C. Durch eine im Bereich der Abkühlzone C angeordnete Belüftungsvorrichtung 9 und eine im Bereich der Aufheizzone A angeordnete Absaugvorrichtung 6 wird eine der Durchschubrichtung des Brennguts entgegengesetzte Gasströmung (offene Pfeile) erzeugt. Das Brenngut wird in Zone A durch die erwärmten Brenngase erwärmt, erreicht im Bereich der Brennzone B, hauptsächlich aufgrund des Strahlungswärmeübergangs von den in der Ofendecke und den Seitenwänden angeordneten Brennern 10, seine Maximaltemperatur und wird in der Kühlzone C durch entgegenströmende Luft wieder abgekühlt. Die Belüftungsvorrichtung 9 und die Absaugvorrichtung 6 können pulsartig moduliert betrieben werden.

Eine Möglichkeit hierzu ist in Figur 3 dargestellt. Die Leistung eines Gebläses 13 wird durch eine Drehklappe 11 mit drehzahlgeregeltem Antrieb 12 moduliert. Anstatt der Drehklappe 11 ist jedoch auch ein Druckgefäß denkbar, das periodisch bei Erreichen eines gewissen Überdrucks öffnet und so für eine Modulation des Gasstromes sorgt. Es können auch mehrere Belüftungs- und Absaugvorrichtungen vorgesehen sein, die je nach gewünschter Frequenz der Pulse, die sich mit Schallgeschwindigkeit im Tunnelofen fortpflanzen, geeignet synchronisiert sind.

Eine weitere Möglichkeit zur Modulation des Gasstromes liegt darin, den Durchflußquerschnitt des Gases zu verändern. Die Belüftungsvorrichtung 9 besteht dann aus einem Gebläse mit konstanter Leistung sowie einer im Luftweg dahinter angeordneten Blendenvorrichtung zu Veränderung des Strömungsquerschnitts. Es ist auch möglich, den Strömungsquerschnitt innerhalb des Tunnelofens durch entsprechende Vorrichtungen zu variieren. Ebenso kann die Leistung der Absaugvorrichtung (6) durch Veränderung des Ansaugquerschnittes verändert werden.

In Figur 4 ist entsprechend Figur 1A der Wärmeübergang auf das Brenngut in der Aufheizzone A, der Brennzone B und der Abkühlzone C eines herkömmlichen Tunnelofens (durchgezogene Linie) und eines erfindungsgemäßen Tunnelofens (gestrichelte Linie) schematisch dargestellt. Man erkennt, daß im Bereich der Aufheizzone und der Abkühlzone, in denen nach Figur 1B der Konvektions-Wärmeübergang am größten ist, der Wärmeübergang erfindungsgemäß am stärksten zunimmt. Dadurch erzielt man eine gleichmäßigere Verteilung des Wärmeübergangs entlang des gesamten Tunnelofens.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Brennen von Keramikprodukten oder ähnlichem, wobei das Brenngut in einem Tunnelofen nacheinander eine Aufheizzone (A), eine mit Brennern (10) versehene Brennzone (B) und eine Abkühlzone (C) durchläuft und wobei von der Abkühlzone (C) zur Aufheizzone (A) eine der Durchschubrichtung des Brennguts entgegengerichtete Gasströmung aufrechterhalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gasströmung wenigstens im Bereich der Aufheizzone (A) und im Bereich der Abkühlzone (C) pulsartig moduliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gasströmung mit einer solchen Frequenz moduliert wird, daß das Ofengas in eine Eigenschwingung versetzt wird.
3. Tunnelofen, insbesondere für die keramische Industrie, aufweisend eine Aufheizzone (A), eine Brennzone (B) mit Brennern (10) und eine Abkühlzone (C), in dem zur Aufrechterhaltung einer der Durchschubrichtung des Brennguts

entgegengesetzten Gasströmung im Bereich der Abkühlzone (C) wenigstens eine Belüftungsvorrichtung (9) und im Bereich der Aufheizzone (A) wenigstens eine Absaugvorrichtung (6) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens eine Belüftungsvorrichtung (9) eine pulsartig modulierbare Belüftungsleistung aufweist.

- 5 4. Tunnelofen nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Belüftungsvorrichtung (9) ein Gebläse aufweist und daß im Strömungsweg hinter dem Gebläse eine Einrichtung zu gesteuerten rhythmischen Veränderung des Strömungsquerschnittes vorgesehen ist.
- 10 5. Tunnelofen nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung zur Veränderung des Strömungsquerschnitts innerhalb des Tunnelofens vorgesehen ist.
- 15 6. Tunnelofen nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Belüftungsvorrichtung (9) ein Gebläse (13) und eine im Strömungsweg hinter dem Gebläse (13) angeordnete drehzahlgesteuerte Drehklappe (11) zu Veränderung der Belüftungsleistung aufweist.
- 20 7. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß auch die Absaugleistung der Absaugvorrichtung (6) pulsartig modulierbar ist.
8. Tunnelofen nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Absaugvorrichtung (6) einen veränderbaren Ansaugquerschnitt aufweist.
- 25 9. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens einer der Brenner (10) in der Brennzone (B) einen pulsartig modulierbaren Gasstrom erzeugt.
- 30 10. Tunnelofen nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brenner (10) Hochgeschwindigkeitsbrenner sind.

30

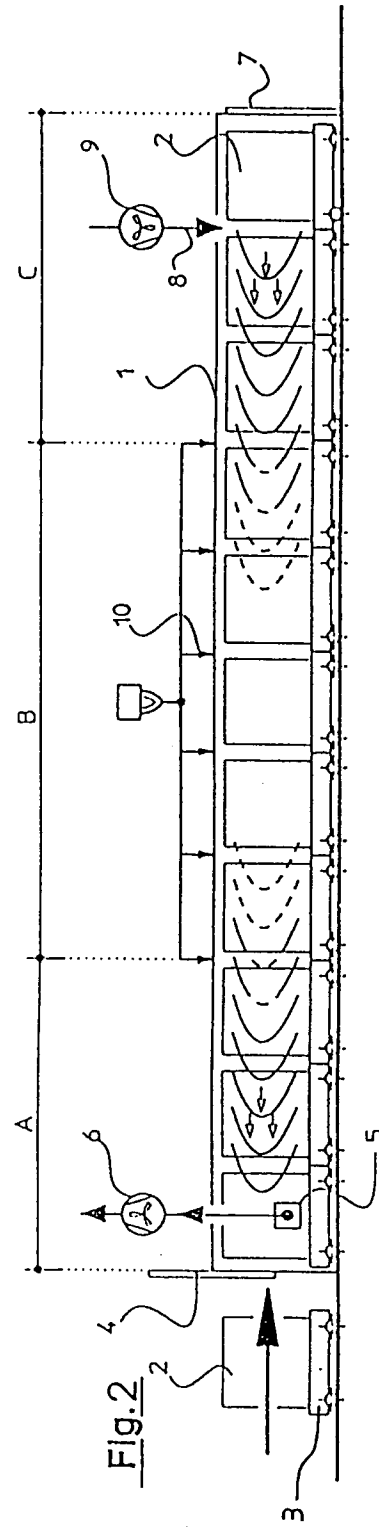
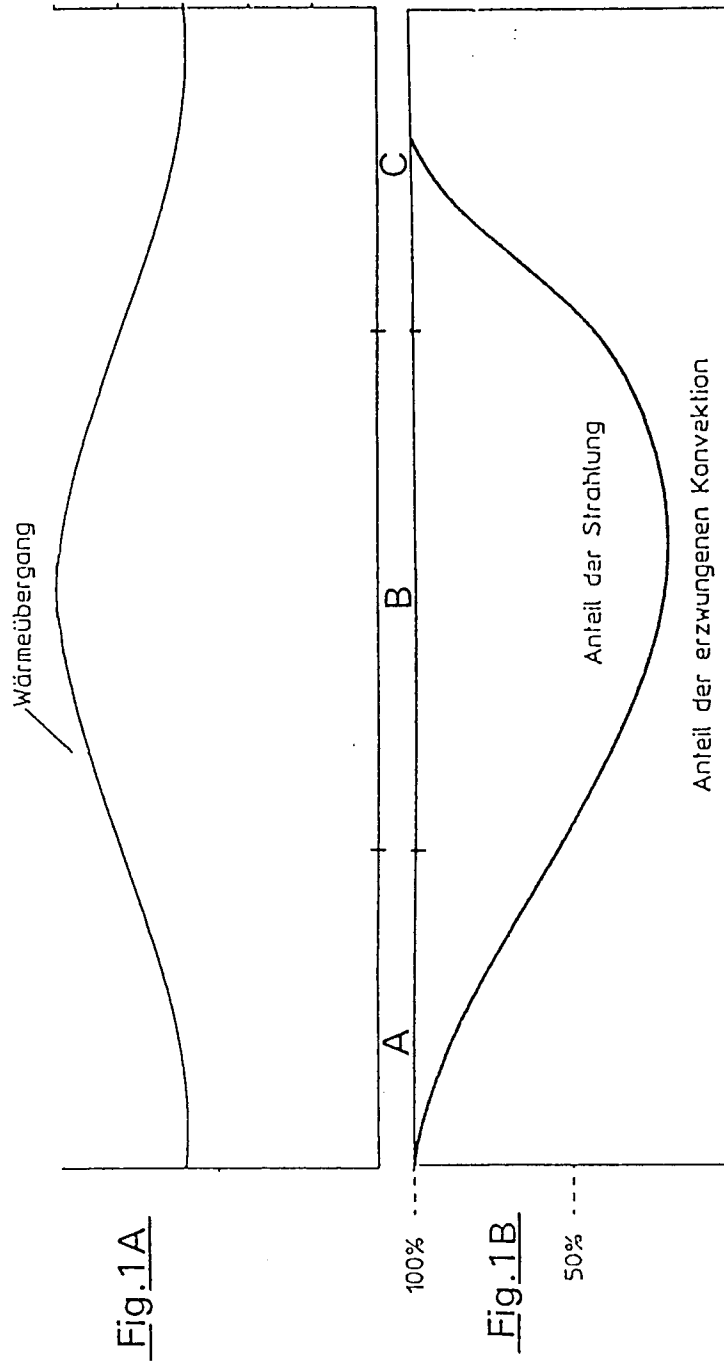
35

40

45

50

55



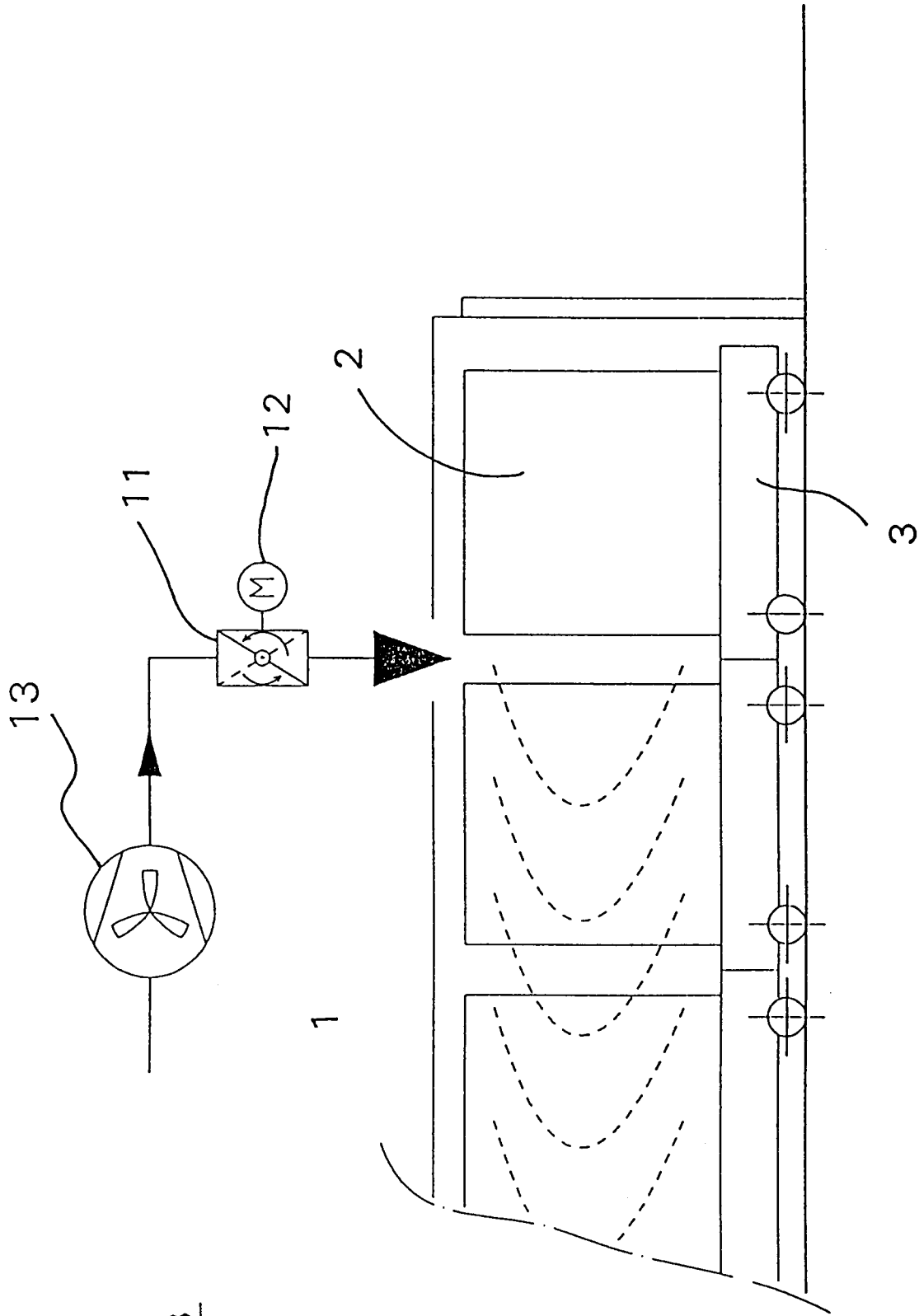


Fig.3

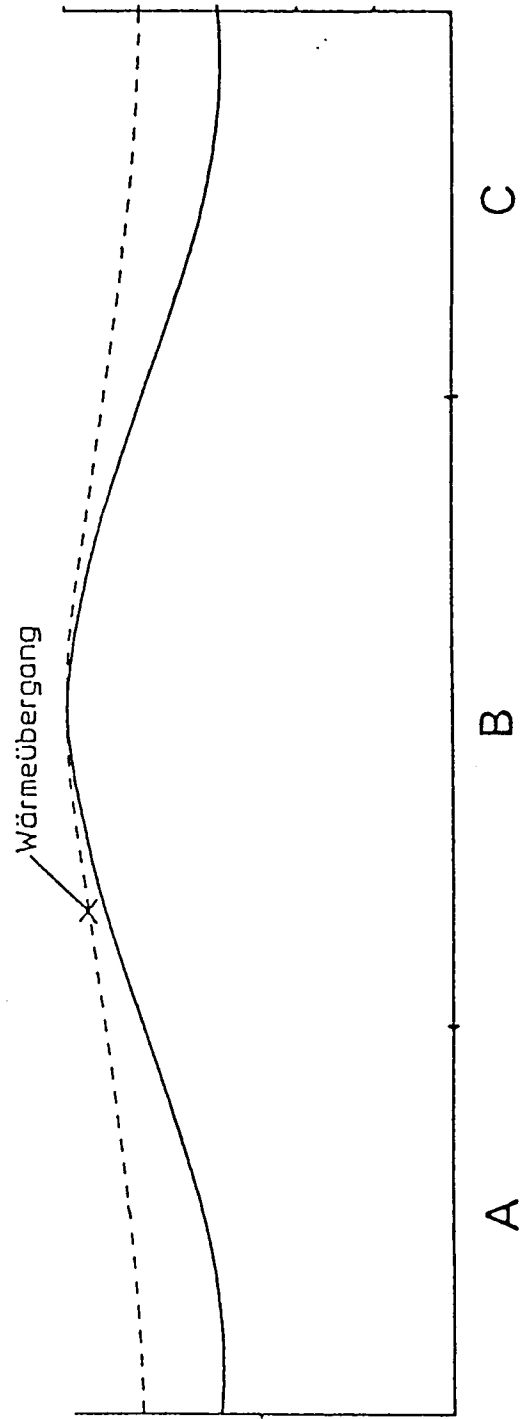


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 95 10 8333

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	DE-A-12 88 752 (ANDREAS HÄSSLER) * Ansprüche; Abbildungen * ---	1,3	F27B9/30
X	DE-B-13 01 436 (ANDREAS HÄSSLER) * Ansprüche; Abbildungen * ---	1,3	
X	DE-A-33 24 050 (W.LEISENBERG) * Ansprüche; Abbildungen * ---	1,3-5	
A	Derwent Publications Ltd., London, GB; AN DW8006 & SU-A-663 735 (MOME) 28. Mai 1979 * Zusammenfassung * ---	2,9,10	
A	AMERICAN CERAMIC SOC BUL, Nr.73, 1. März 1994 Seiten 93 - 96, XP433012 G BICKLEY REMMEY JR 'jet firing with pulse/proportional control' ---	9,10	
A	DE-A-38 35 360 (KELLER SPEZIALTECHNIK-PYRO-WERK GMBH) * Ansprüche; Abbildungen * ---	9,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A,D	EP-A-0 348 603 (HANS LINGL) * Ansprüche; Abbildungen * -----	9,10	F27B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 14. August 1995	Prüfer Coulomb, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	
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			

EPO FORM 1503 01.82 (P04C03)