



Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) F 27 B 9/12

DEUTSCHES PATENTAMT

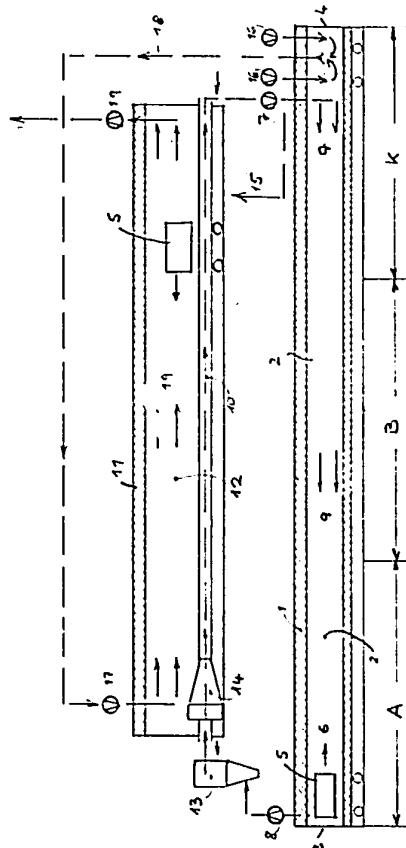
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD F 27 B / 341 468 1	(22)	08.06.90	(44)	17.10.91
(31)	P3918746.2	(32)	08.07.89	(33)	DE

(71) siehe (73)
(72) Riedel, Rudolf; Schule, Siegfried, DE
(73) Riedel, Rudolf, Haferkamp 3, W - 2106 Bendestorf; Braas & Co. GmbH, Frankfurter Landstraße 2-4, W - 1370 Oberursel, DE
(74) Eikenberg & Brümmerstedt, Patentanwälte, Schackstraße 1, W - 3000 Hannover 1, DE

(54) Tunnelofen

(57) Die Erfindung betrifft einen Tunnelofen zur Wärmebehandlung von Produkten, bei dem sich im Behandlungskanal zwischen Ofeneinfahrt und Ofenausfahrt eine Aufheizzone, eine Brennzone und eine Kühlzone befinden, und bei dem Transportwagen mit darauf gestapelten Produkten und die an der Behandlung beteiligten Gase den Behandlungskanal im Gegenstrom durchlaufen. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten sieht die Erfindung vor, daß eine externe, als Wärmetauscher ausgebildete Leitung vorgesehen ist, durch die Umwälzgase aus der Aufheizzone zur Kühlzone in einem Kreislauf rückführbar sind, wobei die Leitung in einem Trockner, den die Produkte als Rohlinge durchlaufen, bevor sie in den Behandlungskanal eintreten, so angeordnet ist, daß die Umwälzgase im Gegenstrom zu den Rohlingen verlaufen. Durch die Erfindung werden Abgaswärmeverluste und Wärmeverluste durch die den Behandlungskanal verlassenden Produkte erheblich vermindert. Figur



Patentansprüche:

1. Tunnelofen zur Wärmebehandlung von Produkten, bei dem sich im Behandlungskanal zwischen Ofeneinfahrt und Ofenausfahrt eine Aufheizzone, eine Brennzone und eine Kühlzone befinden, und bei dem Transportwagen mit darauf gestapelten Produkten und die an der Behandlung beteiligten Gase den Behandlungskanal im Gegenstrom durchlaufen, dadurch gekennzeichnet, daß eine externe, als Wärmetauscher ausgebildete Leitung (10) in einem Trockner (11), den die Produkte als Rohlinge durchlaufen, bevor sie in den Behandlungskanal (2) eintreten, so angeordnet ist, daß die Umwälgase im Gegenstrom zu den Rohlingen verlaufen.
2. Tunnelofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Ventilationsmittel (7, 8) vorgesehen sind, mit denen die rückführbare Gasmenge so einstellbar ist, daß etwa 90% der Gasmenge in die Kühlzone (K) aus dem Kreislauf als Abgas austreten.
3. Tunnelofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zuführung zu der externen Leitung (10) eine Rauchgasreinigungsvorrichtung (13) angeordnet ist.
4. Tunnelofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rauchgasreinigungsvorrichtung (13) vor dem Eingang in die externe Leitung (10) eine Nachverbrennungskammer (14) nachgeschaltet ist.
5. Tunnelofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Tunnelofen (1) und der Trockner (11) in einem gemeinsamen Baukörper angeordnet sind.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Zur Wärmebehandlung von Produkten, z. B. zum Brennen von Ziegeln, haben sich Tunnelöfen durchgesetzt, die einen durchgehenden Behandlungskanal in Form eines Tunnels besitzen, wobei sich im Behandlungskanal zwischen Ofeneinfahrt und Ofenausfahrt eine Aufheizzone, eine Brennzone und eine Kühlzone befinden. Die zu brennenden Gegenstände werden von der Ofeneinfahrt auf Wagen mit feuerfester Plattform und Dichtung stehend zur Ofenausfahrt transportiert, wobei in der Brennzone durch Energiezufuhr das für den Ablauf des Verfahrens notwendige Temperaturniveau hergestellt wird. Im Gegenstrom zu den Gegenständen wird ein an der Ofenausfahrt eingeblassener oder eingesaugter Luftstrom durch den Behandlungskanal hindurchgeleitet, der einen Teil der Verbrennungsluft liefert und in der Brennzone in einen Rauchgasstrom übergeht. Dieser Rauchgasstrom erwärmt den zur Brennzone geführten Produktstrom, wodurch sich innerhalb der Produkte von der Tunneleinfahrt bis zur Brennzone eine stetig ansteigende Temperatur ergibt. Der Luftstrom von der Ofenausfahrt zur Brennzone kühlt den ausgehenden, also fertig gebrannten Produktstrom, stetig ab, wobei die freiwerdenden Wärmemengen eine Vorwärmung dieses Luftstroms bewirken. Ziel dieses Gegenlaufs von Produktstrom und Gasen ist es, den Wärmehalt aus den gebrannten Produkten hinter der Brennzone auf die ungebrannten Produkte vor der Brennzone zu übertragen, um den erforderlichen Energieverbrauch des Ofens zu minimieren.

Dieses Ziel wird jedoch nur unvollkommen erreicht. Die Praxis an solchen Gegenstrom-Tunnelöfen zeigt, daß etwa ein Drittel der zugeführten Energie an der Ofeneinfahrt als Abgasverlust entweicht und ein weiteres Drittel mit der Restwärme der gebrannten Ware nach Verlassen der Ofenausfahrt verloren geht, so daß nur etwa ein Drittel der Energie für den Prozeß nutzbar ist.

Zur Vermeidung dieser Verluste bei Gegenstrom-Tunnelöfen mit einem Behandlungskanal sind Tunnelöfen mit zwei Behandlungskanälen, sogenannte Gegenlauföfen, entwickelt worden (DE-OS 2551811, DE-OS 3042708). Bei diesen Gegenlauföfen werden die beiden Behandlungskanäle nebeneinander so angeordnet, daß die Aufheizzone des einen Behandlungskanals der Kühlzone des anderen Kanals benachbart ist, wobei die in der Kühlzone des einen Kanals freiwerdende Wärme in einem quer zur Längsachse der Kanäle verlaufenden Strom auf die Aufheizzone des anderen Kanals übertragen wird, so daß ein Großteil der zur Aufheizung auf die Behandlungstemperatur innerhalb der Brennzone verwendeten Wärmemengen wiedergewonnen wird.

Gegenlauföfen sind jedoch nur dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn eine entsprechende Auslastung möglich ist. Ist diese nicht gegeben, lohnt sich nicht der Ersatz eines Einkanalofens durch einen Gegenlaufofen. Ein Umbau eines Einkanalofens, selbst wenn er sich noch in einem guten technischen und baulichen Zustand befindet, ist ohnehin nicht möglich.

Für den Betreiber eines Einkanal-Tunnelofens verbleibt also das Problem der hohen Wärmeverluste.

Ausgehend von einem Tunnelofen zur Wärmebehandlung von Produkten, bei dem sich im Behandlungskanal zwischen Ofeneinfahrt und Ofenausfahrt eine Aufheizzone, eine Brennzone und eine Kühlzone befinden, und bei dem Transportwagen mit darauf gestapelten Produkten und die an der Behandlung beteiligten Gase den Behandlungskanal im Gegenstrom durchlaufen, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Tunnelofen zu schaffen, der sich nicht nur durch eine optimale Wärmeausnutzung, sondern auch durch gute Abgaswerte auszeichnet.

Die gestellte Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß eine externe, als Wärmetauscher ausgebildete Leitung vorgesehen ist, über die Umwälgase aus der Aufheizzone zur Kühlzone in einem Kreislauf rückführbar sind, und daß die Leitung in einem Trockner, den die Produkte durchlaufen, bevor sie in den Behandlungskanal eintreten, so angeordnet ist, daß die Umwälgase im Gegenstrom zu den Rohlingen verlaufen.

Die erfindungsgemäße Maßnahme hat den Vorteil, daß ein großer Teil der sonst verlorenen Energie zum Trocknen der Rohlinge eingesetzt werden kann und damit Energie eingespart wird, die man sonst zusätzlich zum Trocknen der Rohlinge zuführen müßte. Dadurch, daß den zurückgeführten Umwälgasen ein großer Teil ihrer Wärme im Wärmetauscher entzogen wird, ist ihre Temperatur erheblich niedriger als die der Gegenstände in der Kühlzone, so daß sie als Kühlmedium auf die Gegenstände wirkt und entsprechend weniger Frischluft für die Kühlung der den Behandlungskanal verlassenden Gegenstände benötigt wird.

Durch die Rückführleitung bleiben die Umwälgase von der Atmosphäre im Trockner getrennt. Hierdurch wird vermieden, daß Volumen und Zusammensetzung der Umwälgase durch Wasserdampf oder Warmluft aus dem Trockenprozeß verfälscht werden, oder daß Schadstoffe aus den Umwälgasen sich durch Kondensation auf der nassen, kalten Oberfläche der Rohlinge absetzen können. Die im Trockenkanal liegende Umwälgas-Rückführleitung wirkt ferner wie eine Innenheizung, bei der also die zur Trocknung erforderliche Energie ganz oder teilweise im Inneren des Trockners erzeugt wird. Eine solche Innenheizung hat den Vorteil, daß dann die Trocknung sehr energiesparend verläuft und besonders gut geregelt werden kann.

Ein sehr wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt aber darin, daß die Umwälgase in einem Kreislauf zurückgeführt werden, so daß nur ein Bruchteil der Umwälgase als Abgas an die Atmosphäre abgegeben wird und durch eine entsprechend geringere Menge an Frischluft ersetzt werden muß.

Dabei ist es zweckmäßig, Ventilationsmittel vorzusehen, mit denen die rückführbare Gasmenge so einstellbar ist, daß etwa 90% der Gasmenge in die Kühlzone gelangen und etwa 10% der Gasmenge hinter dem Wärmetauscher und vor Erreichen der Kühlzone aus dem Kreislauf als Abgas austreten. Im Durchschnitt wird somit jeder Kubikmeter Gas zehnmal im Kreislauf umgewälzt, bevor er als Abgas abfließt. Das Abgas wird ferner an der kühlpsten Stelle des Kreislaufs abgeführt, so daß auch die Abgaswärmeverluste klein gehalten werden.

Wenn dann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung in der Zuführung vor der Aufheizzone in die externe Leitung noch eine Rauchgas-Reinigungsvorrichtung angeordnet wird, passiert das Umwälgas auch zehnmal vor dem Austritt die Abgasreinigung, so daß die emittierte Schadstoffmenge extrem reduziert wird und ohne Schwierigkeiten die behördlichen Abgasvorschriften eingehalten werden können.

Von Vorteil ist es ferner, wenn der Rauchgas-Reinigungsvorrichtung vor dem Eingang in die externe Leitung eine Nachverbrennungskammer nachgeschaltet wird. Normalerweise wird nämlich der Abgasstrom auf dem Weg von der Brennzzone bis zum Kamin mit Schadstoffen, die beim Brennen aus organischen und anorganischen Stoffen der Gegenstände entstehen, und in der Aufheizzone mit flüchtigen brennbaren Anteilen, wie Kohlenwasserstoffen, angereichert, so daß die Atmosphäre entsprechend belastet wird und dem Ofen potentielle Verbrennungsenergie verloren geht. Nicht nur dies wird durch die Nachverbrennungskammer verhindert, sondern es wird zusätzlich dafür gesorgt, daß die bei der Nachverbrennung freiwerdende Wärme dem Trockenprozeß zugeführt wird.

Ein vorhandener Tunnelofen läßt sich ohne Schwierigkeiten in der erfindungsgemäßen Weise nachrüsten. Dabei kann der Trockner als Tunneltrockner mit einem oder mehreren Kanälen oder als Kammetrockner mit mehreren Kammern ausgebildet sein. Die als Wärmetauscher ausgebildete Leitung sollte dann so geführt werden, daß sie alle Kanäle bzw. Kammern beheizt, wobei die Führung zickzackförmig in einer Linie erfolgen kann oder die Leitung in mehrere Stränge aufgeteilt wird.

Vorzugsweise werden Tunnelöfen und Trockner in einem gemeinsamen Baukörper angeordnet. Daraus ergeben sich als zusätzliche Vorteile ein geringerer Wandverlust, ein niedrigerer Wärmeverbrauch bei beiden Einheiten, kürzeste Wege für den Wärmetransport vom Ofen zum Trockner, ein geringstmöglicher Platzbedarf und niedrige Baukosten für beide Einheiten.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Der dargestellte Tunnelofen 1 enthält einen Behandlungskanal 2, der zwischen der Ofeneinfahrt 3 und der Ofenausfahrt 4 eine Aufheizzone A, eine Brennzzone B und eine Kühlzone K enthält. Die zu behandelnden Produkte werden auf zu Produktstapeln zusammengefaßten Einheiten auf Transportwagen 5 von der Ofeneinfahrt 3 in Richtung des Pfeiles 6 zur Ofenausfahrt befördert. Im Gegenstrom zu den Transportwagen verlaufen in Richtung der Pfeile 9 Umwälgase, die in der Kühlzone durch einen Ventilator 7 angesaugt und in der Aufheizzone durch einen Ventilator 8 abgesaugt werden.

Während bei einem üblichen Gegenlauf-Tunnelofen die abgesaugten Umwälgase in den Kamin geleitet werden und dadurch mit verhältnismäßig hoher Temperatur in die Atmosphäre entweichen, sieht die Erfindung vor, diese Umwälgase aus der Aufheizzone über eine Leitung 10 zur Kühlzone K in einem Kreislauf über den Ventilator 7 zurückzuführen, wobei nicht dargestellte Einstellmittel vorgesehen sind, mit denen die rückführbare Gasmenge so einstellbar ist, daß etwa 90% der Gasmenge in die Kühlzone gelangen und etwa 10% vor Eintritt in die Kühlzone aus dem Kreislauf als Abgas abgeführt wird, was durch den Pfeil 15 angedeutet ist. Die Leitung 10 ist als Wärmetauscher ausgebildet und befindet sich in einem Trockner 11, durch dessen Trockenkanal 12 die mit nassen Rohlingen bestückten Transportwagen 5 von rechts nach links befördert werden, von wo sie in die Aufheizzone des Tunnelofens 1 überführt werden. Der Wärmetauscher gibt die Restwärme der Umwälgase durch Strahlung und Konvektion an den Trockner ab. Die Heizfläche des Wärmetauschers kann durch bekannte Mittel, wie Rippen, Nadeln, Noppen, Sicken und dergl. vergrößert werden. Durch die Rohrleitung bleiben die Umwälgase von der Trockneratmosphäre getrennt.

Die Umwälgase, die den Trockner im Gegenstrom zu den Transportwagen durchlaufen, werden beim Durchgang durch den Trockner abgekühlt, so daß sie anschließend durch den Ventilator 7 als wirksames Kühlmedium in die Kühlzone K nahe der Ofenausfahrt eingeblasen werden können.

Vor dem Eintritt in den Trockner 11 passieren die Umwälgase eine Rauchgasreinigung 13, z. B. einen Kalk-Schütttschicht-Filter. Die Reinigung vor dem Eintritt in den Trockner vermindert die Kondensatbildung aggressiver Stoffe wie Schwefelsäure, schweflige Säure, Flußsäure und das Auftreten von Korrosionsschäden an der Leitung 10 und den Ventilatoren bei der Abkühlung der Umwälgase während des Durchgangs durch den Trockner. Ferner enthalten die an der Ofenausfahrt als Kühlmedium wieder eingeblasenen Umwälgase keine Bestandteile, die sich auf der Oberfläche der gebrannten Ware niederschlagen und diese verfärben oder beschädigen könnten. Durch die Kreislaufbewegung der Umwälgase und die Abführung nur jeweils des zehnten Teils in den Kamin passiert das Rauchgas im Durchschnitt zehnmal die Rauchgasreinigung, bevor der Austritt erfolgt. Damit wird die emittierte Schadstoffmenge extrem reduziert.

Die Abgasmenge ergibt sich aus der zugeführten Brennstoffmenge, der hierfür notwendigen Verbrennungsluftmenge und der erzeugten Verbrennungsprodukte. Ein Luftüberschuß ist nicht notwendig. Im Gegensatz dazu erfordert das Gegenstromverfahren in normalen Tunnelöfen einen ca. sechsfachen Luftüberschuß. Dort ergibt sich nämlich der Luftdurchsatz nicht aus der zu verbrennenden Brennstoffmenge, sondern aus der für den Gegenstrom-Wärmetausch notwendigen

Wärmetransportkapazität der Luft. Da die spezifischen Wärmen von Luft und Keramik etwa gleich sind, müssen theoretisch je kg Brenngut ein kg Luft im Gegenstrom bewegt werden. In der Praxis werden wegen der unvermeidlichen Falschluf zwei und mehr kg durchgesetzt. In der gleichen Größenordnung strömt im erfindungsgemäßen Ofen das Umwälzgas als Gegenstrom-Wärmetauschermedium, hier aber nicht vorn herein und hinten heraus, sondern im geschlossenen Kreislauf. Dadurch ergibt sich eine Abgasmenge, die etwa einem Zehntel der Abgasmenge eines normalen Tunnelofens entspricht. Entsprechend niedrig ist der Abgasverlust. Beim normalen Tunnelofen gehen ca. 35% der eingebrachten Energie verloren. Beim erfindungsgemäßen Ofen sind es 3,3%, wenn man von gleichen Abgastemperaturen von ca. 150°C ausgeht. Dadurch, daß die Abgase an der kältesten Stelle des Kreislaufs, also nach Passieren des Trockners und vor Wiedereintritt in den Ofen entnommen werden, wo die Abgastemperatur bei etwa 30°C liegt, beträgt der Abgasverlust dann weniger als 1% der eingesetzten Energie und ist damit außergewöhnlich niedrig.

Vorzugsweise wird der Rauchgasreinigung 13 noch eine Nachverbrennungskammer 14 nachgeschaltet, die zwei Funktionen ausübt, nämlich einmal die im Umwälzgas vorhandenen unverbrannten Bestandteile, die normalerweise mit dem Abgas den Ofen verlassen, nachzubrennen, und zum anderen die durch die Verbrennung gewonnene Energie im Wärmetauscher als Trockenwärme nutzbar zu machen.

Sofern der Trockenwärmebedarf aus dem Umwälzgas nicht ausreichen sollte, kann das noch bestehende Wärmedefizit durch Zufuhr von Heißluft von außen, z. B. von einer Zusatzheizung, durch eine Innenheizung im Trockner oder durch Einspeisen eines oder mehrerer Heizgasströme aus der Brennzone oder den heißen Bereichen des Ofens gedeckt werden.

Zweckmäßig ist es jedoch, am Ende der Kühlzone K Ventilationsmittel 16 vorzusehen, mit denen dort Frischluft eingeblasen wird, so daß dort die gebrannten Produkte weiter abgekühlt werden und die zugeführte Frischluft erwärmt wird. Durch Ventilationsmittel 17 wird ferner aus dem Bereich der zugeführten Frischluft am Ofenausgang 4 die erwärmte Ofenluft in Richtung des Pfeils 18 abgesaugt und in den Ausgang des Trockners 11 eingeleitet, dessen Kanal 12 sie im Gegenstrom zu den Transportwagen 5 in Richtung der Pfeile 19 durchläuft, um so beim Trocknen der Rohlinge entstandenen Wasserdampf abzuführen. Ventilationsmittel 15 sorgen dafür, daß die mit Wasserdampf angereicherte Luft am Trocknereingang aus dem Behandlungskanal 12 abgesaugt und an die Umwelt abgegeben wird.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel verläuft der Trockner 11 parallel zum Tunnelofen 1, wobei beide Einheiten in einem gemeinsamen Baukörper angeordnet werden, um Wärmeverluste zu vermeiden.

Die zu trocknenden Rohlinge können schon bei der Formgebung an der Presse auf Ofenwagen gesetzt werden und sodann den Trockner und den Ofen ohne Umladung durchfahren. Dabei entfallen die Transport-, Umsetz- und Stapelautomaten, die man normalerweise zwischen Trockner und Ofen einsetzen muß. Diese Maschinen sind teuer, kompliziert und störanfällig.

