



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 218 610 A5

4(51) C 03 B 5/16

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP C 03 B / 265 519 1	(22)	20. 07. 84	(44)	13. 02. 85
(31)	516,817	(32)	25. 07. 83	(33)	US
	519,949		03. 08. 83		
	519,950		03. 08. 83		

(71) siehe (73)

(72) jr. Demarest, Henry M.; Kunkle, Gerald E.; Matesa, Joseph, M., US

(73) PPG Industries, Inc., One PPG Place, Pittsburgh 22, Pennsylvania, US

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Verflüssigen pulverförmiger Chargenmaterialien

(57) Die Erfindung dient der Durchführung von Schmelzprozessen mit einem Zweistufen-Chargenverflüssigungsprozeß und wird beispielsweise vorteilhaft zum Schmelzen von Glas eingesetzt. Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Energieeinsatz bei gleichzeitiger Erhöhung des Ofendurchsatzes verringert wird, wobei eine genaue differenzierte und dosierte Zuführung von Chargenmaterial möglich ist und durch geeignete Wahl der Energieträger (Heizmaterial) eine höhere Qualität der Schmelze erreicht wird. Das Wesen der Erfindung besteht in einem zweistufigen Verfahren, wobei das Chargenmaterial in einem Vorwärmgefäß unter Bewegung erwärmt und anschließend in ein Verflüssigungsgefäß geleitet wird, wo es auf eine beständige Chargenschicht trifft. Die Geschwindigkeiten werden so geregelt, daß die beständige Chargenschicht erhalten bleibt und die Verbrennungsprodukte in das Vorwärmgefäß abgeführt werden. Zur Durchführung des Verfahrens dienen Öfen, die sich um eine horizontale Achse (Vorwärmgefäß) bzw. senkrechte Achse (Verflüssigungsgefäß) drehen. Fig. 3

Verfahren und Vorrichtung zum Verflüssigen pulver-
förmiger Chargenmaterialien

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft die Umwandlung pulverförmiger Rohstoffe in den flüssigen Zustand als ersten Schritt bei einem Schmelzprozeß. Die Erfindung ist besonders für das Schmelzen von Glas, einschließlich Flachglas, Behälterglas, Faserglas und Natrium-silicatglas anwendbar. Die Erfindung ist aber auch für andere Verfahren geeignet, die die thermische Umwandlung eines im allgemeinen fließfähigen, im wesentlichen in festem Zustand vorliegenden Einsatzmaterials in ein geschmolzenes Medium umfassen. Diese anderen Prozesse können metallurgische Schmelzverfahren und das Schmelzen von Ein- oder Mehrkomponenten-Keramikstoffen, Metallen oder anderen Werkstoffen betreffen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Es ist seit langem bekannt, daß aus einem durch Verbrennungswärme erhitzten Glasschmelzofen oder einem für einen anderen Schmelzprozeß eingesetzten Ofen stammendes Abgas große Mengen von Wärmeenergie enthält, die zur Erhöhung der Gesamtleistungsfähigkeit des Prozesses zurückgewonnen werden kann. Normalerweise wurden Regeneratoren und Rekuperatoren zur Rückgewinnung der Wärme aus Ofen für Schmelzprozesse eingesetzt, aber ihr Wirkungsgrad ist geringer als erwünscht. Außerdem sind Regeneratoren und Rekuperatoren groß, teuer und dem Verschleiß ausgesetzt. Es ist vorgeschlagen worden, die Abwärme mit Hilfe des Einsatzgutes zurückzugewinnen, anstatt die Verbrennungsluft durch Regeneratoren und Rekuperatoren vorzuwärmen. Diese Vorschläge hatten den Nachteil, daß einige feinverteilte Einsatzstoffe möglicherweise von dem Abgasstrom mitgerissen werden können. Zur Lösung dieses Problems

wurde vorgeschlagen, feine Einsatzstoffe zu agglomerieren (z. B. pelletisieren, und die agglomerierten Einsatzstoffe mit dem Abgasstrom in Kontakt zu bringen. Es wurde aber gefunden, daß die Kosten für das Agglomerieren von Einsatzstoffen die wirtschaftlichen Vorteile der Wärmerückgewinnung ganz erheblich beeinträchtigen können, und in einigen Fällen wird das Mitreißen von Partikelmaterial durch den Einsatz von agglomerierten Chargenstoffen nicht vollkommen ausgeschaltet. Daher betrifft die Erfindung in einem Aspekt die Rückgewinnung von Abwärme durch Vorwärmen der Einsatzstoffe, wobei die oben erläuterten Nachteile vermieden werden.

Die Staubentwicklung bei trockenen pulverförmigen Einsatzstoffen ist gleichfalls ein Problem, wenn die Chargenstoffe in einen gewöhnlichen Schmelzofen eingesetzt werden. Eine übliche Maßnahme zur Beseitigung dieser Schwierigkeit ist das Anfeuchten des Einsatzmaterials (z. B. mit Wasser). Durch das Vorwärmen der Charge bis auf einen angemessenen Wert wird dagegen ausgeschlossen, daß das Einsatzgut in einem feuchten Zustand gehalten werden muß.

Obwohl die Abwärme von Schmelzöfen oftmals mit Temperaturen zur Verfügung steht, die die beabsichtigten Reaktionen in den Einsatzstoffen beeinflussen könnten, ist das Vorwärmen von Einsatzstoffen häufig auf geringere Temperaturen begrenzt, weil der Beginn des Schmelzens einiger Einsatzstoffe bei den höheren Temperaturen zum Verstopfen der Vorwärmeinrichtungen führen könnte. Beispielsweise könnte es erwünscht sein, die typisch bei großtechnischen Glasschmelzverfahren eingesetzten Carbonateinsatzstoffe in die entsprechenden Oxide umzuwandeln, indem die Charge auf die Kalzinierungstemperatur der Stoffe erhitzt wird, aber bisher war man allgemein der Ansicht, daß das Vorwärmen auf die verhältnismäßig niedrige Schmelztemperatur des Natriumcarbonatbestandteiles der Charge beschränkt sei, wodurch die Kalzinierung der Calciumcarbonat- und Magnesiumcarbonatbestandteile aus-

geschlossen wurde. Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Lösung dieses Problems.

In der US-PS 4.331.934 wird ein intensivierter Chargenverflüssigungsprozeß dargelegt, bei dem große Chargenmengen in einem verhältnismäßig kleinen Raum wirksam verflüssigt werden. Durch diese Art von Verfahren werden, vor allem beim Einsatz stärkerer Wärmequellen, verhältnismäßig geringe Mengen Abgase erzeugt, es wäre aber wünschenswert, die Wärme von den Abgasen zurückzugewinnen, um die Leistungsfähigkeit derartiger Prozesse noch weiter zu verbessern. Es wäre vor allem erstrebenswert, wenn die Wärme direkt in den Chargeneinsatzstrom geführt werden könnte.

Beim Schmelzen von pulverförmigen Stoffen können Gase in dem geschmolzenen Produkt festgehalten werden, und das Vorhandensein von Gaseinschlüssen kann als unerwünscht angesehen werden, vor allem bei transparentem Glas. Die Beseitigung von bestimmten Gasen aus dem geschmolzenen Material kann bei einigen Gasen schwieriger sein als bei anderen (z. B. Stickstoff bei flüssigem Glas). Es wäre sehr zu begrüßen, wenn diese Gase aus der Charge als Teil einer Chargenvorbehandlung entfernt werden könnten, so daß sie anschließend nicht in der Schmelze eingeschlossen werden können.

In den US-PS'n 3.503.742 und 3.607.190 wird die direkte Vorwärmung von Glaschargenstoffen beschrieben. Bei beiden bleibt man unter den Temperaturen, bei denen die Kalzinierung erfolgt. In der US-PS 3.082.102 wird das Vorwärmen von Pellets der Glascharge erläutert und empfohlen, die Temperaturen unter denen zu halten, bei denen das Sintern der Stoffe erfolgt.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Erfindungsgemäß wird die Abwärme von einem durch Verbrennungswärme geführten Schmelzprozeß dadurch zurückgewonnen, daß der Abgasstrom in direkten Kontakt mit losen Chargenstoffen, die in den Schmelzprozeß eingesetzt werden, gebracht wird. Nach einem erfindungsgemäßen Aspekt werden Carbonat enthaltende Einsatzstoffe auf eine Kalzinierungstemperatur vorgewärmt, um die Carbonate in Abwesenheit von Bestandteilen der Charge, die bei verhältnismäßig niedriger Temperatur schmelzen und die in einem gesonderten Strom dem Schmelzofen zugeführt werden, in Oxide umzuwandeln. Bei einem Sodakalkglas-Schmelzvorgang enthalten die der Kalzinierungsvorwärmung unterzogenen Stoffe Kalkstein und/oder Dolomit, während der Sodaaustragsstoff wie kalzinierte Soda und/oder Atznatron um die Kalzinierungsvorwärmung herumgeführt werden. Sand kann gleichfalls in dem Teil der Charge, der auf Kalzinierungstemperaturen vorgewärmt wird, enthalten sein. Bei den bevorzugten Ausführungsbeispielen erfolgt die Vereinigung der Chargenteile in einem Schmelzgefäß, in dem das aktive Vermischen der einzelnen Einsatzströme vor sich geht.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Aspekt befaßt sich mit dem Problem, daß Partikelchargenstoffe in einem Abgasstrom mitgerissen werden, wenn die Wärme durch direkten Kontakt zwischen diesen zurückgewonnen wird. Durch die Schaffung eines ausreichenden Gegenstromkontaktes zwischen dem Abgas und den Chargenstoffen kann die Temperatur des Abgases bis auf den Kondensationspunkt des Wassers in den Verbrennungsprodukten gesenkt werden, wodurch ein feuchter Zustand am kalten Ende des Wärmerückgewinnungsgefäßes geschaffen wird. Man hat festgestellt, daß durch diesen feuchten Zustand ein erheblicher Teil von Partikeln in dem Abgasstrom mitgerissen wird. Dazu gehört Partikelmaterial vom Schmelzgefäß sowie aus der Charge beim Vorwärmen mitgeführtes Partikelmaterial. Es wird die Verwendung von Sauerstoff als gesamter oder teilweiser Ersatz für Luft in der das Schmelzgefäß erheizenden Verbrennungs-

einrichtung bevorzugt, wodurch das Volumen des Abgasstromes reduziert wird. Das geringere Abgasvolumen resultiert seinerseits in einer höheren Konzentration von Wasserdampf je Einheitsvolumen Abgas, in geringerem Mitreißen von Charge infolge geringerer Geschwindigkeit des Abgasstromes und einer wirksameren Anfeuchtung der Charge aufgrund des höheren Kondensationspunktes bei der höheren Wasserdampfkonzentration.

Wenn die Verbrennungseinrichtung des Schmelzgefäßes mit Sauerstoff anstelle von Luft beheizt wird, ergibt sich eine erhebliche Ausschaltung von Stickstoff aus dem Abgasstrom. Da Stickstoffblasen verhältnismäßig schwer aus flüssigem Glas zu entfernen sind, ist die Ausschaltung von Stickstoff aus dem Schmelzgefäß sehr günstig. Ein weiterer erfindungsgemäßer Aspekt führt zu einem zusätzlichen Vorteil, der sich aus einem im wesentlichen stickstoff-freien Abgasstrom ergibt, wobei das Vorwärmen von Chargenstoffen durch direkten Kontakt mit dem im wesentlichen stickstoff-freien Abgasstrom im Abtreiben von Luft aus den Chargenstoffen resultiert, so daß die Einleitung von mitgerissem Stickstoff in den Schmelzofen verhindert wird.

Das erfindungsgemäße Vorwärmen von Chargenstoffen ist besonders in Kombination mit den in der oben genannten US-PS 4.381.934 beschriebenen, das Abschmelzen erhöhenden Chargenverflüssigungsmaßnahmen vorteilhaft. Durch Vorwärmen der Charge wird der für das Verflüssigen der Charge erforderliche Wärmebedarf reduziert, wodurch sich theoretisch ein größerer Durchsatz des Schmelzofens ergeben müßte. Dieser theoretische Vorteil kann aber in einem herkömmlichen Schmelzofen nicht voll erzielt werden, weil sich herausgestellt hat, daß ein wichtiger, die Gesamtleistungsfähigkeit begrenzender Schritt das Ablaufen von verflüssigter Charge von der Masse der im Schmelzzustand befindlichen Charge ist. Die Maßnahmen zur Chargenverflüssigung der US-PS 4.381.934 werden angewendet, um dieses Ablaufen oder "Abschmelzen" von verflüssigter Charge zu verstärken, indem ei-

ne geneigte Schmelzfläche geschaffen wird und das verflüssigte Material schnell ablaufen kann, und daher sind diese Maßnahmen besonders geeignet, um den Vorteil, der sich aus den höheren Durchsätzen durch Chargenvorwärmen ergibt, voll nutzen zu können. Für die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele mit Verbrennung durch Sauerstoff sind die Chargenverflüssigungsmaßnahmen der US-PS 4.381.934 besonders vorteilhaft. Vor allem sind die Ausführungsformen, bei denen eine Schicht der Charge die Wärmequelle umgibt, gut für die durch Sauerstoffverbrennung erzeugten hohen Temperaturen geeignet. Durch Sauerstoffbeheizung wird in einer solchen Anlage ein Abgasstrom mit einem verhältnismäßig kleinen Volumen und hoher Temperatur im Gegensatz zu einem herkömmlichen Glasschmelzofen erzeugt, und dieser Abgasstrom mit geringem Volumen und hoher Temperatur ist besonders gut für die Wärmerückgewinnungs- und Emissionsregulierungszwecke der Erfindung geeignet. Auch andere Wärmequellen mit hoher Temperatur, durch die das Stickstoffvolumen im Abgasstrom erheblich reduziert wird, sind erfindungsgemäß gut geeignet.

Die Chargenverflüssigungsanlagen der US-PS 4.381.934 sind für die Aufnahme von trockenen pulverförmigen Chargenstoffen geeignet. Daher kann erfindungsgemäß trockenes vorgewärmtes Einsatzgut direkt in die Verflüssigungsstufe gegeben werden.

Die Erfindung kann auch als ein Zweistufen-Chargenverflüssigungsprozeß charakterisiert werden, bei dem Charge verhältnismäßig langsam in einer ersten Zone transportiert wird, wobei sie auf eine beginnende Verflüssigung annähernd entsprechende Temperatur vorgewärmt wird, und die Charge danach in eine zweite Zone befördert wird, in der die vorgewärmte Charge auf eine geneigte Fläche gelangt und schnell durch intensives Erhitzen verflüssigt wird und die verflüssigte Charge aus der zweiten Zone ausfließt. Bei diesem Prozeß ist der Chargenverflüssigungsvorgang in eine Vor-Verflüssigungs-Stufe und eine Verflüssigungsstufe unterteilt und in jeder Stufe herrschen Bedingungen, durch die der Wirkungs-

grad jeder Stufe ein Maximum aufweist. In der ersten Zone bestehen keine wesentlichen Zeitbeschränkungen für die Wärmeübertragung an die Charge, so lange die Charge freifließend bleibt. Daher kann die erste Zone ziemlich große Abmessungen aufweisen, kann in ihr Wärme mit verhältnismäßig geringem Heizwert herrschen und die Charge vorzugsweise bewegt werden, um die Charge durchweg zu erwärmen. In der zweiten Stufe soll der Charge in einem verhältnismäßig kleinen Raum intensive Hitze zugeführt werden, um die Charge schnell in einen verflüssigten Zustand zu überführen. Die Auflage für die Charge in der zweiten Stufe ist stark geneigt, um das rasche Abfließen und hohen Durchsatz zu fördern, so daß die Größe der intensiv beheizten Zone auf ein Mindestmaß reduziert ist. Andererseits wird für die erste Zone vorzugsweise Abwärme aus der zweiten Zone verwendet, und daher wird die Charge durch die erste Zone mit einer verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit befördert, um die Wärmeübertragung aus dem Abgas an die Charge zu maximieren. Der verhältnismäßig langsame Materialtransport in der ersten Stufe kann aber nur so lange aufrechterhalten werden, wie die Charge freifließend bleibt, weil, wenn die Chargentemperatur den Schmelzpunkt eines der Chargenbestandteile erreicht, die Entstehung einer flüssigen Phase zur Kohäsion zwischen Chargenpartikeln führt, die ihrerseits in nachteiliger Agglomeration der Charge resultiert, die zur Verstopfung der ersten Zone und zu ungleichmäßigem Schmelzen in der zweiten Zone führen kann. Daher wird die Charge, wenn sie sich diesem Zustand annähert, auf die stark geneigte Unterlage der zweiten Stufe befördert und rasch in den verflüssigten Zustand überführt.

In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden beide Stufen durch rotierende Behälter gebildet. Die zweite Stufe ist durch eine Drehgeschwindigkeit in einer solchen Größe gekennzeichnet, daß eine beträchtliche Zentrifugalkraft auf die Charge einwirkt und dazu führt, daß sich die Charge als Auskleidung an der Innenseite des Gefäßes der zweiten Stufe befindet. Andererseits

ist die Drehgeschwindigkeit des Gefäßes der ersten Stufe geringer als die, bei der die auf die Charge wirkende Zentrifugalkraft erheblich ist, sie erzeugt lediglich ein Umwälzen der Charge. Weitere unterscheidende Merkmale der beiden Stufen liegen zumindest bei einigen der Ausführungsbeispiele darin, daß die erste Stufe hauptsächlich durch Konvektion erhitzt wird und daß die zweite Stufe vorwiegend durch Strahlung erhitzt wird.

Ausführungsbeispiele:

In den Zeichnungen stellen dar:

Fig. 1: eine Seitenansicht, teilweise weggebrochen, eines bevorzugten Ausführungsbeispieles einer erfindungsgemäßen Zwei-Stufen-Chargenverflüssigungs-Anlage;

Fig. 2: einen Querschnitt auf Linie 2-2 von Fig. 1;

Fig. 3: eine vergrößerte Querschnittsansicht des Überganges zwischen erster und zweiter Stufe der in Fig. 1 gezeigten Anlage;

Fig. 4: eine Draufsicht der Anlage von Fig. 3, mit zur besseren Übersicht entfernten Elementen.

Zum besseren Verständnis der Erfindung soll ein spezifisches bevorzugtes Ausführungsbeispiel ausführlich beschrieben werden, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel ein Drehrohrfenvorwärmer in Verbindung mit einem Drehverflüssigungsgefäß eingesetzt wird. Es ist vorgesehen, daß die Erfindung in ihrer Konzeption nicht auf die spezifische beschriebene Anlage beschränkt sein soll und daß andere Vorwärmeinrichtungen und Verflüssigungseinrichtungen angewandt werden können. Wenn sich auch herausgestellt hat, daß die Erfindung besonders vorteilhaft für das Schmelzen von Glas ist und sich die ausführliche Beschreibung speziell auf das Schmelzen von Glas bezieht, so kann die Erfindung auch bei ande-

ren Stoffen, die von einem pulverförmigen Einsatzmaterial thermisch verflüssigt werden können, angewandt werden.

In Fig. 1 wird gezeigt, daß durch einen Drehrohrofen 10 eine Charge und Abgase im Gegenstrom dazu hindurchgehen und die vorgewärmte Charge zu einem Verflüssigungsgefäß 12 befördert wird. Chargenbestandteile werden dem Einlaß oder "kalten" Ende des Drehrohrofens 10 von einer kontinuierlichen Wiege- oder Dosiereinrichtung 13 durch ein Zuleitungsrohr 14 zugeführt. Ein einzelner vorgemischter Strom von Chargenstoffen kann der Dosiereinrichtung zugeführt werden, oder die einzelnen Bestandteile können getrennt dosiert und dem Einlaß des Drehrohrofens zugeleitet werden, weil der Drehrohrofen selbst als Chargenmischer dient. Ein Beispiel für eine Chargenformel, die bei der kommerziellen Herstellung von Flachglas angewandt wird, ist folgende:

Sand	1000 Gewichtsteile
Kalzinierte Soda	313,5
Kalkstein	84
Dolomit	242
Polierrot	0,75

Andere Mineralausgangsstoffe werden manchmal als Alternativen oder Zuschlagstoffe verwendet. Normalerweise enthält die Charge auch eine beträchtliche Menge Scherben (Bruchglas) in einer typischen Größenordnung von 20 bis 40 Prozent der Gesamtmasse der Charge. Für das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anlage kann aber jede beliebige Menge Bruchglas, bis zu 100 Prozent Bruchglas, eingesetzt werden. Die obige Chargenformel liefert annähernd das folgende Glas:

SiO_2	73,10 Masse%
Na_2O	13,75 %
CaO	8,85 %
MgO	3,85 %

Al_2O_3	0,10 %
Fe_2O_3	0,10 %

Das offene Ende des Drehrohrofens ist am kalten Ende von einer Austrittskammer 15 umgeben, die den Drehrohrofen verlassende Abgase in einen Kanal 16 leitet. Der Kanal 16 kann zu einem (nicht gezeigten) Gebläse führen, der die Saugwirkung für das Leiten der Abgase durch den Drehrohrofen und das Ausstoßen der Abgase durch einen (nicht gezeigten) Schornstein an die Atmosphäre erzeugt.

Bei den Ausführungsbeispielen, bei denen die Kalzinierung im Drehrohrofen erfolgen muß, werden die Bestandteile der Charge mit verhältnismäßig niedriger Temperatur wie die kalzinierte Soda und das Bruchglas nicht in den Drehrohrofen eingesetzt, sondern direkt dem Verflüssigungsgefäß 12 zugeführt. Im Handel erhältlicher Kalkstein und Dolomit sind chemisch nicht rein oder gleichmäßig, und daher erfolgt die Kalzinierung von Kalkstein und Dolomit in einem Bereich von Temperaturen, eine über 870°C liegende Temperatur hat sich aber für eine gründliche Kalzinierung als brauchbar erwiesen. Kalzinierte Soda mit einer Schmelztemperatur von 851°C wird nicht mit den anderen Stoffen durch den Drehrohrofen geschickt, wenn nach dem Kalzinierprinzip gearbeitet wird, um das Schmelzen der kalzinierten Soda zu vermeiden, das dazu führen könnte, daß einzelne Chargenteilchen aneinander haften. Ätznatron, das manchmal anstelle kalzinierten Soda als Natriumausgangsstoff bei der Glasherstellung verwendet wird, hat ebenfalls eine unter den bevorzugten Kalzinierungstemperaturen liegende Schmelztemperatur und wird daher von den durch den Drehrohrofen geschickten Stoffen ausgeschlossen, um die Bildung einer heißen Phase an dessen heißem Ende beim Kalzinieren zu verhindern. Kalzinieren hat den Vorteil, daß die Wärmebelastung für das Verflüssigungsgefäß vermindert wird, Kalzinieren ist aber auch insofern vorteilhaft, als es aus den Schmelzmaterialien chemisch gebundenes Kohlendioxid entfernt, bevor die Chargenstoffe verflüssigt werden, so daß die Erzeugung von Koh-

lendioxidblasen im flüssigen Glas ausgeschlossen wird. Bei der getrennten Zuführung des Natriumausgangsmaterials in das Verflüssigungsgefäß ist es daher besser, das kohlendioxid-freie Ätznatron anstelle der kalzinierten Soda als Natriumausgangsstoff zu verwenden. Flachglasbruch beginnt bei etwa 650 °C zu erweichen, und daher sollte es auch vom Kalzinierungsprozeß fern gehalten werden. Andererseits kann Sand, der Hauptbestandteil der Chargenrohstoffe, ohne weiteres mit dem Kalkstein und Dolomit bei den Kalzinierungstemperaturen durch den Drehrohrofen laufen. Er wird nicht nur vorgewärmt, sondern man hat festgestellt, daß der Sand dazu beiträgt, den Kalkstein und Dolomit in einem frei-fließenden Zustand zu halten. Ohne vorhandenen Natriumausgangsstoff kann eine Glascharge auf etwa 1300 °C ohne Agglomeration der Charge erhitzt werden.

Der Drehrohrofen 10 weist im allgemeinen die herkömmliche Bauweise auf und besteht aus einem zylindrischen Stahlmantel 20, der so montiert ist, daß er sich um die zylindrische Achse dreht, die zur Horizontalen leicht geneigt ist, um das Chargenmaterial durch Schwerkraft und Umwälzen vom kalten Ende zum heißen Ende zu befördern. Die Verweildauer des Materials im Drehrohrofen kann in Übereinstimmung mit der folgenden empirischen Beziehung den grundlegenden Ofenparametern angepaßt werden:

$$t = 2,28 \frac{L}{NDS}$$

worin bedeuten:

t = Verweildauer, Minuten

D = Durchmesser, Fuß

L = Länge, Fuß

N = Drehgeschwindigkeit, U/min

S = Neigung, Zoll pro Fuß

Die Verweildauer im Drehrohrofen wird von dem verlangten Durch-

satz des Schmelzvorganges und der Wärmemenge, die von den Abgasen auf die festen Stoffe übertragen werden soll, abhängen. Aufgrund dieser Voraussetzungen und der obigen Beziehung kann ein geeigneter Drehrohrofen für die erfindungsgemäßen Zwecke konstruiert werden.

Zur Vermeidung von Wärmeverlusten ist der Drehrohrofen 10 vorzugsweise isoliert. Als Isolierung kann eine außen auf dem Stahlmantel 20 angebrachte Schicht feuerfester Wolle dienen, oder die Isolierung kann in Form einer keramischen Auskleidung an der Innenseite des Mantels 20 angebracht sein, wie bei Teilen des in Fig. 1 dargestellten Drehrohrofens gezeigt wird. Der nahe dem heißen Ende gelegene Teil des Drehrohrofens ist mit einer feuerfesten Auskleidung 21 dargestellt, die für die Haltbarkeit bei Hochtemperaturen in den heißeren Bereichen des Ofens, vor allem wenn bei Kalzinierungstemperaturen gearbeitet wird, zu bevorzugen ist. Andererseits empfiehlt es sich, eine Schicht Isolierung 22 zwischen dem äußeren Stahlgehäuse 20 und einer inneren Stahlauskleidung 23 anzubringen, wie im Mittelteil des Drehrohrofens von Fig. 1 gezeigt wird. Wenn die thermische Haltbarkeit keine Rolle spielt, wird die Stahlauskleidung für die Glasherstellung bevorzugt, weil sie eine geringere Tendenz zeigt, Verschmutzungsstoffe an den Durchsatzstrom abzugeben als es bei einer feuerfesten Auskleidung der Fall ist.

Die Wärmeübertragung im Drehrohrofen wird durch das Bewegen der Chargenstoffe beeinflusst, das seinerseits von der Drehgeschwindigkeit des Ofens abhängig ist und durch die innere Konstruktion des Ofens verstärkt werden kann. Den Fachleuten des Drehrohrofens sind die verschiedensten Trennwandausführungen zur Verbesserung der Wärmeübertragung bekannt, die mit Erfolg erfindungsgemäß eingesetzt werden können. Verschiedene Beispiele sind in Fig. 1 dargestellt. Spiralförmig sind an der Innenseite des Ofens nahe dem heißen Ende zahlreiche Heber 25 angebracht, bei denen es sich um keramische Vorsprünge (metalli-

sche, im Falle eines mit Metall ausgekleideten Abschnittes) handelt, die radial nach innen von den Innenwandungen des Ofens verlaufen und die Aufgabe haben, das Chargenmaterial hochzuheben und durch die heißen Gase herunterfallen zu lassen. Ein anderes Beispiel für eine durch den Kontaktbereich verlaufende Anordnung wird im Mittelabschnitt von Ofen 10 gezeigt, in dem zahlreiche Metallplatten 26 radial zwischen der Metallauskleidung 23 und einem mittleren Rohr 27 verlaufen, wie aus der Querschnittsansicht von Fig. 2 hervorgeht. Am kalten Ende des Ofens befinden sich vorzugsweise mehrere girlandenförmig angebrachte Ketten 28, deren Aufgabe im Aufbrechen etwaiger Agglomerationen der Charge, die in dem Abschnitt durch Kondensation von Wasserdampf entstehen können, besteht, um die Fläche für den Wärmeaustausch zu vergrößern, und die als Sammler für nasse mitgerissene Stoffe dienen. Die durch die Trennwandanordnung oder die Drehgeschwindigkeit erzeugte Bewegung sollte nicht so stark sein, daß erhebliche Mengen der Charge im Abgasstrom mitgerissen werden. Ein weiterer Faktor zur Verringerung des Mitreißens auf ein Mindestmaß ist der Durchmesser des Drehrohr-Ofens, der so groß sein sollte, daß bei einem bestimmten Arbeitsvorgang unangebrachte Gasgeschwindigkeiten bei den beabsichtigten Durchsatzmengen des Abgases vermieden werden.

Die Verflüssigungsstufe 12 weist den in der US-PS 4.381.934 dargelegten Typ auf, deren Offenbarung hier unter Bezugnahme einbezogen wird. Die bevorzugte Ausführungsform ist diejenige, in der eine beständige Schicht von Chargenmaterial um eine erhitzte zentrale Vertiefung mit einer im wesentlichen horizontalen Drehachse gedreht wird. Die hier in der Zeichnung gezeigte Verflüssigungseinrichtung 12 ist eine verbesserte Ausführung. Das Verflüssigungsgefäß besteht aus einer Stahltrommel 35, die nach der Darstellung in Fig. 3 mit abgestuften Seiten versehen sein kann, um die zu drehende Menge der Masse zu verringern. Die Trommel könnte aber auch gerade zylindrische Seiten haben oder sie könnte eine konische Form aufweisen. Die Trommel 35

sitzt auf einem kreisförmigen Rahmen 36, der seinerseits zur Drehung um eine im allgemeinen vertikale Achse, die der Mittellinie der Trommel entspricht, auf zahlreichen Stützrollen 37 und Ausgleichsrollen 38 angebracht ist. In einem Bodenabschnitt 39 befindet sich ein Auslaßbauteil, das von der übrigen Trommel abgenommen werden kann. Das Bauteil 39 kann mit einem Ring feuerfesten Materials 40 wie gießbarem feuerfestem Zement ausgekleidet sein, in dem eine ringartige Buchse 41 aus erosionsbeständigem Feuerfestmaterial sitzt. Die Buchse 41 kann aus zahlreichen geschnittenen Keramikstücken bestehen. Eine offene Mitte 42 in der Buchse 41 bildet die Auslaßöffnung aus der Verflüssigungskammer. Für einen nach oben gewölbten feuerfesten Deckel 43 bildet durch ein kreisförmiges Rahmenteil 44 eine feststehende Unterlage. Der Deckel ist mit einer Öffnung 45 für das Einführen eines Brenners 46 versehen. Der Brenner 46 ist vorzugsweise ein Weitwinkelbrenner mit zahlreichen Öffnungen, der vorzugsweise mit Sauerstoff und einem gasförmigen Brennstoff wie Methan beheizt wird. Zur Ausschaltung von Kohlendioxid aus dem System könnte der Brenner 46 mit Sauerstoff und Wasserstoff betrieben werden.

Abgase entweichen nach oben durch eine durch den Deckel führende Öffnung 47 und gelangen in einen Abgaskanal 48. Chargenstoffe können durch die Öffnung 47 in das Verflüssigungsgefäß eingesetzt werden, und für diesen Zweck ist eine Beschickungsrutsche 50 vorgesehen. Eine obere und untere Wasserabdichtung 51 bzw. 52 kann vorhanden sein, um das Innere der Verflüssigungskammer gegenüber den äußeren Umgebungsbedingungen zu isolieren und um möglicherweise aus dem Gefäß austretenden Staub oder Dampf aufzufangen.

Innerhalb des Verflüssigungsgefäßes wird eine beständige Schicht von ungeschmolzener Charge 53 an den Wandungen der Trommel 35 aufrechterhalten, die die mittlere Öffnung umgibt, in der die Verbrennung erfolgt. Die beständige Schicht 53 kann

anfangs in der beabsichtigten Paraboloidform geschaffen werden, indem die Charge in die sich ohne Erwärmung drehende Trommel eingesetzt wird. Die anfängliche Charge kann mit Wasser angefeuchtet werden, um die Bildung der beständigen Schicht zu unterstützen. Durch die kontinuierliche Zuführung der Charge durch die Rutsche 50 wird die Charge während des Schmelzens über die Oberfläche der beständigen Chargenschicht beim Drehen der Trommel verteilt. Die von dem Brenner 46 erzeugte Hitze führt dazu, daß eine Übergangsschicht 54 der Charge verflüssigt wird und auf der beständigen Schicht 53 nach unten durch die Bodenöffnung 42 fließt. Die verflüssigte Charge fließt danach aus dem Verflüssigungsgefäß aus und kann in einem Gefäß 55 unter der Verflüssigungskammer zur weiteren Verarbeitung gesammelt werden.

Zumindest in den oberen Abschnitten der Verflüssigungskammer wird die Übergangsschicht der schmelzenden Charge in einem spitzen Winkel zur Vertikalen gehalten. Das feinverteilte Chargenmaterial weist einen Reibungswiderstand gegen das Herunterfließen auf der Schräge auf, aber sobald die Stoffe durch die Wärmeenergie flüssig werden, wird dieser Widerstand erheblich vermindert, und das verflüssigte Material läuft sofort nach unten, und frisch eingesetztes Chargenmaterial nimmt seine Stellung in der Übergangsschicht ein. Die Drehung des Verflüssigungsgefäßes trägt zur Beibehaltung der geneigten Schmelzfläche bei. Die Kontur der Oberfläche der beständigen Schicht 53 kann aus der theoretischen Beziehung zwischen der Drehgeschwindigkeit und der Form, die bei loser trockener Charge angenommen wird, wie folgt ermittelt werden:

$$H = \sqrt{uR + (2\pi^2 \Omega^2 R^2)/g}$$

worin bedeuten:

H = die Erhöhung eines Punktes auf der Chargenoberfläche in der Richtung parallel zur Drehachse;

R = der radiale Abstand dieses Punktes auf der Drehachse;

μ = ein Reibungsfaktor;

Ω = Winkelgeschwindigkeit; und

g = die Schwerkraftbeschleunigung.

Als Reibungsfaktor kann die Tangente des Gleitwinkels angenommen werden, der bei trockener Glascharge praktisch etwa 35° beträgt. Die obige Gleichung kann zur Wahl der entsprechenden Abmessungen des Drehgefäßes bei einer bestimmten Drehgeschwindigkeit herangezogen werden, oder umgekehrt zur Bestimmung einer geeigneten Drehgeschwindigkeit eines bestimmten Gefäßes.

Die verflüssigte Charge der Übergangsschicht 54 fließt auf einer Auflagefläche, die im wesentlichen nur durch zusätzliche Chargenstoffe gebildet wird, so daß ein verschmutzender Kontakt mit Feuerfestmaterial vermieden wird. Da die Glascharge eine gute Wärmeisolierung darstellt, wird außerdem, wenn die beständige Chargenschicht 53 eine ausreichende Dicke hat, jede darunterliegende Auflagestruktur vor Hitzeschäden geschützt. Da das Gefäß auf diese Weise sowohl thermisch als auch vor Kontakt mit aggressiven geschmolzenen Stoffen geschützt werden kann, können die Materialanforderungen beträchtlich gesenkt werden, so daß sogar der Einsatz von Flußstahl für die Trommel 35 möglich ist. Die Einsparungen, die dadurch bei der Ofenkonstruktion erzielt werden können, können erheblich sein. Da die Trommel 35 durch die Isolierung der beständigen Chargenschicht geschützt wird, ist außerdem keine Kühlung der Außenseite erforderlich, wodurch der Abzug nützlicher Wärme vom Schmelzprozeß verhindert wird. Außerdem können, weil die isolierende, nicht-verunreinigende Chargenauskleidung die erhitzte Vertiefung umgibt, Wärmequellen eingesetzt werden, die mit viel höheren Temperaturen arbeiten als die bei herkömmlichen feuerfesten Schmelzöfen angewandten, z. B. mit Sauerstoff beheizte Brenner, Plasmabrenner oder Elektrolichtbögen.

Die Temperatur, bei der die Charge fließfähig wird, wird von der speziellen Chargenformel abhängen, vor allem von der Menge und der Schmelztemperatur der Bestandteile, die bei der niedrigsten Temperatur schmelzen. Es wurde festgestellt, daß eine herkömmliche Flachglascharge, die kalzinierte Soda enthält, bei etwa 1090 °C bis 1150 °C flüssig wird. Das verflüssigte Material läuft aus dem Verflüssigungsgefäß aus, sobald es den Fließzustand erreicht hat, daher hat die aus der Verflüssigungszone ausfließende Flüssigkeit eine der Verflüssigungstemperatur der speziellen Chargenformel naheliegende einheitliche Temperatur. Etwas zusätzliche Wärme geht gewöhnlich in das verflüssigte Material, wenn es aus dem Gefäß ausfließt, und daher fließt eine herkömmliche Flachglascharge mit einer Temperatur von etwa 1150 °C bis etwa 1260 °C aus dem Gefäß aus. Weil die Wärme aus dem Verflüssigungsgefäß mit der Verflüssigungstemperatur, die erheblich niedriger als die in einem herkömmlichen Glasschmelzofen erzielten Temperaturen ist, herausgeführt wird, kann die Temperatur des Verflüssigungsgefäßes ungeachtet der Temperatur der Wärmequelle verhältnismäßig niedrig gehalten werden. Daher kann der Vorteil stärkerer Wärmeströme, die durch Wärmequellen mit höherer Temperatur möglich sind, mit Erfolg genutzt werden, ohne daß besondere Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden müssen. Die Anwendung der oben beschriebenen Wärmequellen hoher Temperatur ist auch insofern vorteilhaft, als das Volumen der Abgase durch die Ausschaltung von aus der Luft stammendem Stickstoff reduziert wird. Das Fehlen von Stickstoff trägt auch dazu bei, daß Stickstoffblasen im Glas verhindert werden. Wahlweise kann durch den Einsatz eines Plasmabrenners mit einem geeigneten Trägergas eine von Kohlendioxid freie Umgebung in der Verflüssigungskammer geschaffen werden, vor allem in Verbindung mit dem Einsatz einer kalzinierten Charge. Der Einsatz eines Plasmabrenners ist Gegenstand der gemeinsam eingereichten US-Patentanmeldung 500.542, eingereicht am 2. Juni 1983. Eine kohlendioxid-freie Umgebung kann auch durch die Verbrennung von Sauerstoff und Wasserstoff geschaffen werden. Ein

weiterer Vorteil, der sich aus der Ausschaltung von Stickstoff ergibt, besteht darin, daß die Emissionsfähigkeit (d. h. der Wirkungsgrad, mit dem ein Gas seine Wärmeenergie abstrahlt) von Stickstoff viel geringer als die Emissionsfähigkeit von Kohlendioxid und Wasser ist. Daher wird durch den Ausschluß von Stickstoff das Verdünnen des Kohlendioxids und/oder Wassers, die durch die Verbrennung entstehen, verhindert und die Abgabe von Energie verstärkt. Es ist so zu verstehen, daß die Vorteile der Stickstoffausschaltung in Stufen erzielt werden können und daß die teilweise Ausschaltung wertvolle Verbesserungen ergeben kann.

Es ist günstig, wenn die Wärmeleitfähigkeit des als beständige Schicht 53 verwendeten Materials verhältnismäßig niedrig ist, so daß praktische Dicken der Schicht herangezogen werden können und die Notwendigkeit einer unwirtschaftlichen Zwangskühlung der Gefäßaußenseite entfällt. Im allgemeinen bieten granuläre oder pulverförmige mineralische Rohstoffe eine gute Wärmeisolierung, aber in einigen Fällen kann es möglich sein, eine Zwischenverbindung oder ein Produkt des Schmelzvorganges als nicht-verunreinigende beständige Schicht zu verwenden, z. B. könnte pulverisiertes Bruchglas (Abfallglas) bei einem Glasherstellungsverfahren die beständige Schicht bilden, obwohl eine dickere Schicht infolge der höheren Wärmeleitfähigkeit von Glas im Vergleich zur Glascharge erforderlich sein würde. Dagegen würden bei metallurgischen Prozessen, bei denen ein metallisches Produkt als die beständige Schicht dienen würde, unangemessen starke Dicken für die Schaffung des Wärmeschutzes für das Gefäß erforderlich sein, aber einige Erzmaterialien können als Isolierschichten zufriedenstellend sein. Die beständige Schicht hat vorzugsweise im wesentlichen die gleiche Zusammensetzung wie das zu verarbeitende Material. In diesem Zusammenhang würden jedoch die Vorläufer- oder Derivatstoffe als mit "im wesentlichen der gleichen Zusammensetzung" betrachtet. Mit anderen Worten, die beständige Schicht könnte das Rohmaterial,

das Produktmaterial, eine Zwischenverbindung oder eine andere Form oder ein Gemisch davon sein, so lange es schmilzt oder reagiert und eine Substanz bildet, die keine nennenswerten Mengen an Fremdbestandteilen in den Durchsatzstrom einführt. Es dürfte ebenfalls deutlich geworden sein, daß diese Bedingungen für die Zusammensetzung der beständigen Schicht nur für Oberflächenbereiche gelten, die tatsächlich mit dem Durchsatzstrom in Berührung kommen, und für Bereiche unmittelbar unter der Oberfläche, die gelegentlich in den Durchsatzstrom erodieren können. Daher kann bei einer äquivalenten Anordnung ein anderes Material in Bereichen der beständigen Schicht unter dem Niveau, an dem möglicherweise Erosion stattfindet, verwendet werden. Da dieser unter der Oberfläche liegende Bereich hauptsächlich als Isolierung zum Schutz des Gefäßes dient, könnte er aus einem Material bestehen, das aufgrund seiner Wärmeisoliereigenschaften gewählt wurde (z. B. Sand oder Keramikteilchen), allerdings müßte es von der Zusammensetzung her ausreichend verträglich sein, damit die Oberflächenschicht bei den herrschenden Temperaturen nicht verunreinigt wird.

Man sollte auch bedenken, daß die Begriffe "Übergang" und "beständig" relativ sind und daß eine strikte physikalische Grenze zwischen der Übergangs- und beständigen Schicht nicht immer zu erkennen ist. Durch die Anwendung der Begriffe "Übergang" und "beständig" soll die Möglichkeit nicht ausgeschaltet werden, daß geringfügige Fluktuationen der Grenzfläche zwischen ihnen auftreten können. Die grundlegende Unterscheidung liegt darin, daß der als Übergangsschicht bezeichnete Bereich durch Schmelzen und Fließen gekennzeichnet ist, während der als beständige Schicht bezeichnete Bereich zumindest in seinem Hauptteil nicht am Schmelzen und Fließen des Durchsatzstromes beteiligt ist. Obwohl von der Übergangsschicht behauptet wird, daß sie sich auf der beständigen Schicht befinde, könnte man theoretisch eine dazwischenliegende Zwischenschicht definieren, und es ist verständ-

lich, daß eine solche Möglichkeit mit in Betracht gezogen werden soll.

In einigen Fällen könnte die vorgewärmte Charge direkt vom Ausgang des Drehrohrofens 10 in die Verflüssigungskammer 12 befördert werden, aber die Anordnung von Fig. 3, bei der der Drehrohrofen und das Verflüssigungsgefäß etwas voneinander getrennt sind, wird bevorzugt. Durch eine direkte Verbindung zwischen dem Ende des Drehrohrofens und der Öffnung 47 des Verflüssigungsgefäßes hat sich Zusammenbacken der Charge im Drehrohrofen ergeben, vermutlich durch Strahlungsenergie vom Verflüssigungsgefäß, durch die die Chargenstoffe im Drehrohrofen überhitzt wurden. Dieses Problem wird ausgeschaltet, indem ein Übergang zwischen dem Drehrohrofen und der Verflüssigungskammer in Form der Rutsche 50, die die Charge dazwischen befördert, und eines verlängerten Ansatzstückes 61 des Abgaskanals 48 geschaffen wurde. Das Verlängerungsstück 61 führt die Abgase in einen oberen, von der Glascharge 60 entfernten Teil des Drehrohrofens und dient als Abschirmung für den Drehrohrofen gegen die Übertragung von Strahlungswärme aus dem Verflüssigungsgefäß. Ein Stellschieber 62 kann in dem Abgaskanal des Übergangsabschnittes zur Regelung des Druckes in der Verflüssigungskammer vorhanden sein. Falls eine Temperaturerhöhung des Abgases zur Kalzinierung der Chargenmaterialien in dem Drehrohrofen erforderlich ist, kann das Ansatzstück 61 mit (in Fig. 3 gestrichelt gezeigten) Öffnungen 63 für die Einführung zusätzlicher (in Fig. 4 gezeigter) Brenner⁶⁴ versehen werden.

Die Chargenrutsche 50 kann mit einer kalten Stirnplatte 70 ausgestattet sein, die dem Abgasstrom gegenüberliegt und verhindern soll, daß die Charge überhitzt wird und die Rutsche verstopft. Andere Merkmale der Chargenrutsche 50 sind eine wassergekühlte drehbare Trennwand 71 am Auslaufende der Rutsche, deren Aufgabe es ist, die fallende Charge einstellbar auf den vorgesehenen Abschnitt der beständigen Chargenschicht 53 in der Verflüssigungs-

kammer zu lenken. Am Ausgangsende der Rutsche 50 kann auch eine Keramikplatte 72 angebracht werden, um die fallende Charge vom oberen Randbereich der Trommel 55 fern zu halten. Wenn in einem Notfall die Zuführung von Chargenmaterial in die Verflüssigungskammer unterbrochen werden muß, dann dient ein drehbarer Verteilungsschieber 73 am Eingang zur Chargenrutsche 50 zur Ableitung der von dem Drehrohrföfen kommenden Charge in eine Austragsrutsche 74. Eine Abdichtung zwischen dem Drehrohrföfen und dem Übergangsabschnitt kann durch synthetisches Polymer Teflon oder Graphitdichtungen 75 geschaffen werden, die an einer radial vom Drehrohrföfenmantel 20 verlaufenden ringförmigen Rippe 76 anliegen. Die Dichtungsvorrichtung kann sich in einem runden Gehäuse 77 befinden.

In Fig. 4 wird eine zusätzliche Beschickungsvorrichtung 80 gezeigt, die zur Zuführung von Stoffen in die Verflüssigungskammer 12 dient, die nicht vorgewärmt wurden oder unabhängig von der Charge, die im Drehrohrföfen 10 vorgewärmt wird, vorgewärmt worden sind. Zum Beispiel kann die zusätzliche Beschickungsvorrichtung 80 für die Zuführung von kalzinierter Soda, Ätznatron oder Glasbruch in die Verflüssigungskammer verwendet werden, vor allem dann, wenn der Ofen zum Kalzinieren der Calcium- und/oder Magnesiumcarbonate verwendet wird. Die zusätzliche Beschickungsvorrichtung 80 kann eine herkömmliche Schneckenbeschickungsvorrichtung sein, bestehend aus einem Aufgabetrichter 81, Motor 82 und Schneckenwalze 83, und sie kann Stoffe durch die Öffnung 47 im Verflüssigungskammerdeckel auf den oberen Rand der beständigen Chargenschicht 53 befördern. Es können mehrere zusätzliche Beschickungsvorrichtungen, die der Beschickungsvorrichtung 80 gleichen, verwendet werden, wenn beabsichtigt ist, zahlreiche verschiedene Stoffe getrennt am Eingang der Verflüssigungskammer zuzuführen.

Die Neigung des Drehrohrföfens kann in Abhängigkeit von der ver-

langten Verweildauer des Materials im Drehrohrofen gewählt werden, und entsprechende Haltevorrichtungen können vorgesehen werden, damit der Winkel verändert werden kann. Es wird jedoch bevorzugt, eine feste Neigung von etwa 2° (1° bis 5°) in bezug auf die Horizontale festzulegen und die Verweildauer durch Verändern der Drehgeschwindigkeit des Drehrohrofens zu regulieren. Die Drehgeschwindigkeit des Drehrohrofens liegt in dem Bereich, in dem das Chargenmaterial in einem unteren Abschnitt des Drehrohrofens gewälzt wird, ohne daß erhebliche Mengen der Charge durch Zentrifugalkraft um die Innenseite des Ofens herumgeführt werden.

Eine Glascharge am heißen Ende des Drehrohrofens zeigt bei Vorwärmung auf etwa 480°C einen halb-klebrigen Zustand, der dem Stauben widersteht. Bis zu einer Temperatur von etwa 760°C führt diese Klebrigkeit zu keinerlei unerwünschter Agglomeration oder Verstopfung. Glaschargen ohne kalzinierte Soda oder einen äquivalenten Sodaausgangsstoff nehmen einen ähnlichen Zustand an, wenn sie bis in die Nähe der Kalzinierungstemperatur von Kalkstein oder Dolomit erhitzt werden. Dieser klebrige Zustand ist für die Zuführung der Charge in die Verflüssigungskammer mit sehr geringfügiger Staubentwicklung günstig. Vorteilhaft ist auch, daß der Beginn dieses klebrigen Zustandes mit der Beförderung der Charge von einer im wesentlichen horizontalen Unterlage im Drehrohrofen auf eine nahezu vertikale Unterlage in der Verflüssigungskammer zusammenfällt, wodurch ein kontinuierliches und gleichmäßiges Fließen von Material durch das System gesichert ist.

Es folgt ein Beispiel einer Anlage, die im wesentlichen der Darstellung in den Zeichnungen und der obigen Beschreibung entspricht, in der eine übliche, kalzinierte Soda enthaltende Flachglascharge mit einer Leistung von 27 Tonnen pro Tag verarbeitet wurde. Der Drehrohrofen war 15 m lang und hatte einen Innendurchmesser von 76 Zentimetern. Die Innenfläche des Ofens betrug $46,6\text{ m}^2$. Der Drehrohrofen wurde mit einer Geschwindigkeit von 3 U/min gedreht und hatte eine Neigung von 2° . Der Innendurch-

messer des Verflüssigungsgefäßes betrug 130 Zentimeter und es wurde mit etwa 32 U/min gedreht. Die Verflüssigungskammer wurde durch einen mit Methan und Sauerstoff beheizten Brenner erhitzt, um eine Wärmezufuhr von etwa 0,878 Millionen Watt zu erzeugen, wodurch sich ein Abgasvolumen bei Standardtemperatur und dem üblichen Druck von 957 Kubikmeter pro Stunde ergab. Das Abgas gelangte mit 888 °C in den Drehrohrofen und verließ ihn mit 246 °C. Die Glascharge wurde in den Drehrohrofen mit 16 °C eingesetzt und wurde darin auf 593 °C erhitzt. Die aus der Verflüssigungskammer ausfließende verflüssigte Charge hatte eine Temperatur von 1236 °C.

Andere Fachleuten einleuchtende Modifikationen und Veränderungen sind möglich, ohne vom erfindungsgemäßen, in den Ansprüchen definierten Inhalt abzuweichen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Verflüssigung von Chargenstoffen, gekennzeichnet dadurch, daß pulverförmige Chargenbestandteile in ein Vorwärmgefäß eingespeist werden, die Chargenbestandteile in dem Vorwärmgefäß unter Bewegen der Chargenstoffe heißen Gasen ausgesetzt werden, um sie zu erhitzen, die erhitzten Chargenstoffe aus dem Vorwärmgefäß in ein Verflüssigungsgefäß befördert und die Chargenstoffe auf eine beständige Chargenschicht, die eine Vertiefung in dem Verflüssigungsgefäß umgibt, aufgebracht werden, Verbrennungswärme der Vertiefung zur Verflüssigung der aufgebrachten Chargenstoffe zugeführt wird, damit die verflüssigte Charge über die beständige Schicht zu einer Ausgangsöffnung des Verflüssigungsgefäßes fließen kann, die Geschwindigkeit, mit der die Chargenstoffe in das Verflüssigungsgefäß befördert werden, so reguliert wird, daß die beständige Chargenschicht im wesentlichen konstant erhalten bleibt, und Verbrennungsprodukte aus dem Verflüssigungsgefäß zu dem Vorwärmgefäß befördert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Bewegung der Chargenstoffe in dem Vorwärmgefäß durch Umwälzen der Chargenstoffe an der Innenseite eines geneigten Drehrohrofens erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß das Chargenmaterial in einem spitzen Winkel in bezug auf die Horizontale durch das Vorwärmgefäß befördert wird und die auf der beständigen Chargenschicht innerhalb des Verflüssigungsgefäßes abgesetzten Chargenstoffe zumindest anfangs in einem spitzen Winkel in bezug auf die Vertikale gehalten werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet dadurch, daß der Transport von Chargenmaterial aus dem Vorwärmgefäß zu dem Verflüssigungsgefäß erfolgt, wenn das Schmelzen der Charge begonnen hat, jedoch bevor ein sich deutliches Aneinanderhaften der Chargenteilchen entwickelt hat.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß die beständige Schicht eine Drehfläche ist und um die Vertiefung gedreht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Drehung der beständigen Schicht um eine im wesentlichen vertikale Achse erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß es sich bei den pulverförmigen Chargenbestandteilen um Glaschargestoffe handelt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, daß die Chargestoffe Bruchglas umfassen.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet dadurch, daß die Glascharge kalzinierte Soda enthält und der Transport aus dem Vorwärmgefäß zum Verflüssigungsgefäß erfolgt, wenn die Charge eine Temperatur von etwa 480 °C bis 760 °C erreicht hat.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß das Bewegen des Chargenmaterials in dem Vorwärmgefäß durch Drehen des Gefäßes mit einer Geschwindigkeit erfolgt, die eine unzureichende Zentrifugalkraft auf das Chargenmaterial zur Überwindung der Schwerkraft ausübt, und das Verflüssigungsgefäß mit einer Geschwindigkeit gedreht wird, die ausreicht, um durch Zentrifugalkraft eine Auskleidung von Chargestoffen an den Innenwandungen des Verflüssigungsgefäßes zu schaffen.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß Calciumcarbonat-Ausgangsmaterial in das Vorwärmgefäß eingesetzt und erhitzt wird, um zumindest einen Teil des Carbonats zu kalzinieren, das heiße kalzinierte Material aus dem Vorwärmgefäß in das Verflüssigungsgefäß trans-

portiert und mit einem Siliciumdioxid-Ausgangsstoff und einem Natrium-Ausgangsstoff in dem Verflüssigungsgefäß erhitzt wird, um die Chargenstoffe zu verflüssigen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet dadurch, daß das Siliciumdioxid-Ausgangsmaterial so durch das Vorwärmgefäß geleitet wird, daß es zusammen mit dem Calciumcarbonat-Ausgangsmaterial erhitzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet dadurch, daß das Calciumcarbonat-Ausgangsmaterial Kalkstein enthält.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß das Calciumcarbonat-Ausgangsmaterial auch Dolomit enthält.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, gekennzeichnet dadurch, daß ein Natrium-Ausgangsmaterial direkt in das Verflüssigungsgefäß befördert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet dadurch, daß Ätznatron dem Verflüssigungsgefäß zumindest als ein Teil des Natrium-Ausgangsmaterials zugeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet dadurch, daß geschmolzenes Ätznatron in das Verflüssigungsgefäß eingesetzt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, gekennzeichnet dadurch, daß in dem Vorwärmgefäß befindliche Stoffe auf mindestens 870 °C erhitzt werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, gekennzeichnet dadurch, daß zusätzliches Bruchglas in das Verflüssigungsgefäß eingesetzt und dort verflüssigt wird.

20. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß die durch das Vorwärmgefäß geleiteten Gase im wesentlichen frei von Stickstoff sind und festgehaltenen Stickstoff aus den durch das Vorwärmgefäß gehenden Stoffen entfernen.

21. Verfahren nach Anspruch 20, gekennzeichnet dadurch, daß die dem Vorwärmgefäß zugeführten Gase im wesentlichen frei von Kohlendioxid sind.

22. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß die Verbrennungswärme der Vertiefung des Verflüssigungsgefäßes durch die im wesentlichen stickstofffreie Verbrennung von Brennstoff mit Sauerstoff zugeführt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, gekennzeichnet dadurch, daß die Verbrennungsprodukte aus dem Vorwärmgefäß entfernt werden, nachdem die Abgastemperatur unter dem Kondensationspunkt des darin enthaltenen Wasserdampfes liegt.

24. Verfahren nach Anspruch 23, gekennzeichnet dadurch, daß die zum Vorwärmgefäß geleiteten Verbrennungsprodukte durch die Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff in dem Verflüssigungsgefäß erzeugt werden.

25. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß dem Vorwärmgefäß zusätzliche Wärme mit Hilfe einer in dem Vorwärmgefäß vorhandenen Wärmequelle zugeführt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, gekennzeichnet dadurch, daß die zusätzliche Wärme im Vorwärmgefäß durch die Verbrennung von Brennstoff mit Sauerstoff im wesentlichen ohne anwesenden Stickstoff geschaffen wird.

27. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß die Chargenbestandteile in einem im wesentlichen trockenen, frei-fließenden Zustand in das Vorwärmgefäß befördert werden.

28. Vorrichtung zur Verflüssigung von Chargenbestandteilen, gekennzeichnet dadurch, daß sie besteht aus einer Drehrohrfenvorrichtung aus einem länglichen geneigten zylindrischen Gefäß, das sich um seine zylindrische Achse drehen kann, Vorrichtung zur Zuführung von Chargenstoffen zu einem ersten Ende des Drehrohrfens, Vorrichtung zur Verflüssigung der Charge am gegenüberliegenden Ende des Drehrohrfens, wobei die Verflüssigungsvorrichtung eine erhitzte, durch eine Auskleidung von Chargenmaterial umgebene Vertiefung sowie eine obere Einlaßöffnung für das Absetzen von Charge aus dem Drehrohrfenvorrichtung auf die Auskleidung und eine untere Auslauföffnung für das Abziehen von verflüssigter Charge aus der Verflüssigungsvorrichtung besitzt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 26, gekennzeichnet dadurch, daß die Chargen-Verflüssigungsanlage zur Drehung um eine im wesentlichen vertikale Achse angebracht ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen.

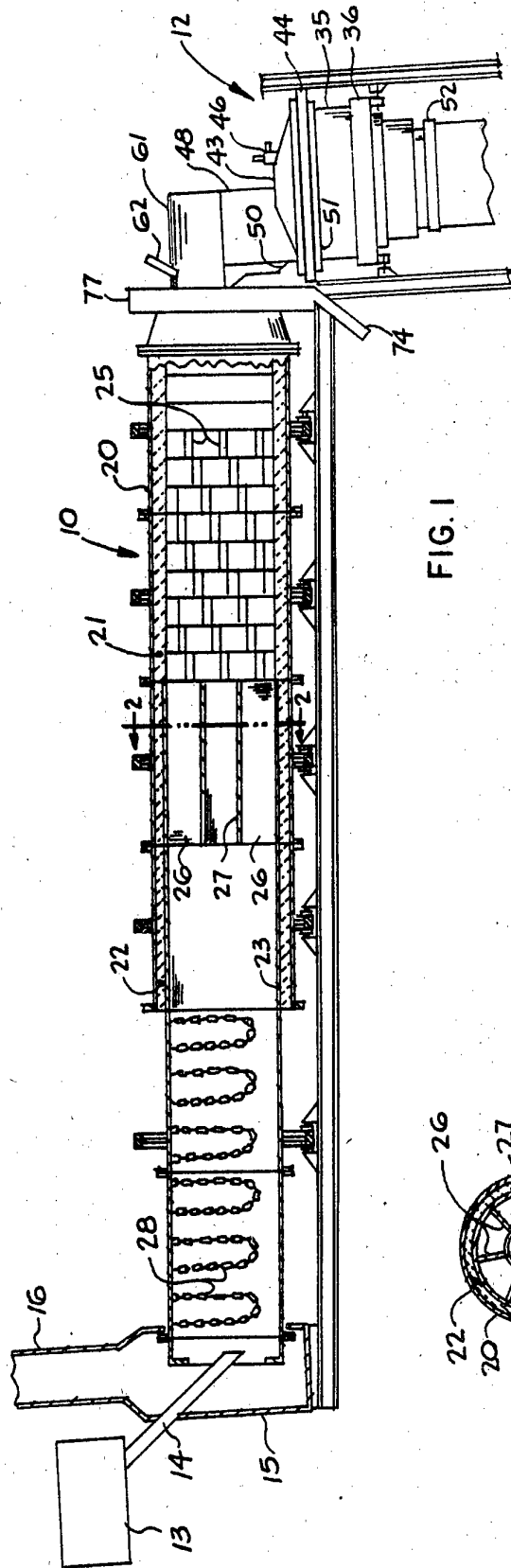


FIG. 1

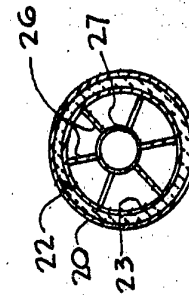


FIG. 2

