

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 262/2018
(22) Anmeldetag: 28.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: **C03B 5/033** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 519235 B1
DE 69211446 T2
DD 226868 A1
GB 1430382 A
GB 1487446 A
US 4450333 A
US 4471488 A

(71) Patentanmelder:
IB Engineering GmbH
1190 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) **Schmelzofen**

(57) Bei einem Schmelzofen zur Herstellung einer Schmelze, insbesondere einer Steinschmelze, umfassend eine Ofenwand (1), die eine Ofenkammer (2) begrenzt, und eine Heizeinrichtung zum Beheizen der Ofenkammer (2), wobei die Heizeinrichtung einen induktiv erwärmbaren Suszeptor (4) umfasst, welcher in der Ofenkammer (2) der Ofenwand (1) benachbart angeordnet ist, weist der Suszeptor (4) einen der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich und einen der Ofenwand (1) abgewandten Querschnittsbereich auf, wobei in dem der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich eine Mehrzahl von Schlitzen (5) ausgebildet ist.

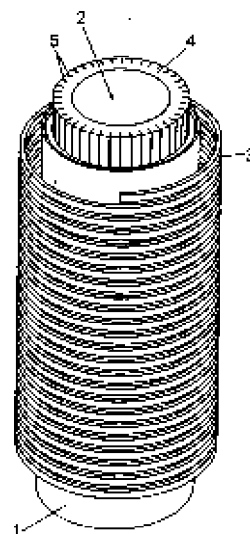
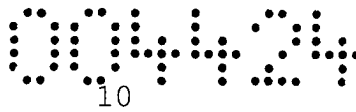


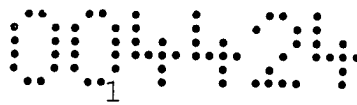
Fig. 1



Zusammenfassung:

Bei einem Schmelzofen zur Herstellung einer Schmelze, insbesondere einer Steinschmelze, umfassend eine Ofenwand (1), die eine Ofenkammer (2) begrenzt, und eine Heizeinrichtung zum Beheizen der Ofenkammer (2), wobei die Heizeinrichtung einen induktiv erwärmbaren Suszeptor (4) umfasst, welcher in der Ofenkammer (2) der Ofenwand (1) benachbart angeordnet ist, weist der Suszeptor (4) einen der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich und einen der Ofenwand (1) abgewandten Querschnittsbereich auf, wobei in dem der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich eine Mehrzahl von Schlitzten (5) ausgebildet ist.

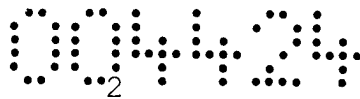
Fig. 1



Die Erfindung betrifft einen Schmelzofen zur Herstellung einer Schmelze, umfassend eine Ofenwand, die eine Ofenkammer begrenzt, und eine Heizeinrichtung zum Beheizen der Ofenkammer, wobei die Heizeinrichtung einen induktiv erwärmbaren Suszeptor umfasst, welcher in der Ofenkammer der Ofenwand benachbart angeordnet ist.

Aus dem Stand der Technik sind Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von mineralischen Schmelzen für die Produktion von Mineralfaserprodukten bekannt. Die Mineralfaserprodukte, insbesondere Mineralwolle, wie z.B. Steinwolle oder Glaswolle, bestehen aus glasig erstarrten anorganischen Mineralfasern, die mit Hilfe eines Schmelzprozesses hergestellt werden. In diesem Schmelzprozess werden geeignete Rohstoffe geschmolzen und anschließend die derart entstandene Schmelze in einem Zerfaserungsaggregat zerfasert. Das Zerfasern der Schmelze erfolgt beispielsweise in einem sogenannten Zieh-, Schleuder- oder Blasverfahren. Unmittelbar nach dem Zerfasern werden die Mineralfasern entweder tröpfchenweise mit Binde- und/oder Imprägniermitteln benetzt oder erhalten einen Überzug aus Binde- und/oder Imprägniermitteln, so dass sie nachfolgend punktweise miteinander verbindbar sind. Die auf diese Weise behandelte Fasermasse kann nachfolgend aufgesammelt, verformt und die resultierende Struktur durch Aushärtung der Bindemittel fixiert werden.

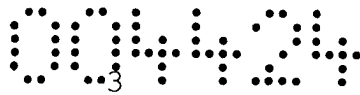
Zur Herstellung von Steinwolle-Dämmstoffen werden Gesteine, wie z.B. Basalt, Diabas, Kalkstein und/oder Dolomit erschmolzen. Das Einschmelzen erfolgt in der Regel in Kupol- oder Schachtofen, denen das grobstückige Rohmaterial zusammen mit grobstückigem Koks als Primärenergieträger aufgegeben wird. Der Verbrennungsprozess der



Primärenergieträger erzeugt Temperaturen von mindestens 1.500°C, wodurch die schmelzbaren Bestandteile der Rohmaterials schmelzflüssig werden und auf den Boden des Ofens absinken, wo die Schmelze abgestochen bzw. abgelassen wird.

Aus dem Stand der Technik, bspw. der AT 516735 A4 sind auch bereits elektrisch beheizbare Schmelzöfen bekannt geworden. Derartigen Schmelzöfen weisen eine einen Suszeptor umfassende Heizeinrichtung auf, der mithilfe einer Induktionsspule induktiv erwärmt wird. Unter einem Suszeptor wird hierbei ein Heizelement aus einem Material verstanden, das die Eigenschaft besitzt, elektromagnetische Energie aufnehmen zu können und diese in Hitze umzuwandeln. Suszeptoren werden oft aus Graphit gefertigt, weil dieses Material äußerst verschleißfest ist, gut bearbeitet werden kann und eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist.

Bei herkömmlichen induktiv beheizbaren Öfen besteht das Problem, dass die Eindringtiefe der Energie in den Suszeptor auf Grund des Skin-Effekts mit ansteigender Frequenz des angelegten Wechselstroms abnimmt. Der Skin-Effekt bewirkt, dass elektrischer Strom nur in der Randschicht des Suszeptors fließt, sodass die von der Randschicht entfernten Bereiche nicht induktiv erwärmt werden. Nur bei sehr niedriger Wechselstromfrequenz kann die aufgewendete Energie tiefer in den Querschnitt des Suszeptors eindringen und damit eine gleichmäßige induktive Erwärmung gewährleisten. Um eine für das Schmelzen von z.B. Gestein ausreichend hohe Temperatur zu erreichen, ist jedoch eine relativ hohe Wechselstromfrequenz erforderlich, bei der folglich lediglich der äußere Randbereich des Suszeptors induktiv erwärmt wird. Die Wärmeübertragung auf

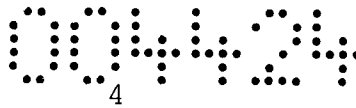


das zu schmelzende Gut, welches sich an der der Ofenwand abgewandten Seite des Suszeptors befindet, erfolgt dann durch Wärmeleitung vom äußeren Randbereich des Suszeptors zu dessen inneren Bereich und von dort auf das zu schmelzende Gut, was energetisch ineffizient ist.

Ein weiterer Nachteil des Skin-Effekts liegt darin, dass mit Rücksicht auf die im äußeren Randbereich des Suszeptors auftretende hohe Energiedichte eine besonders hitzebeständige Feuerfestauskleidung des Schmelzofens erforderlich ist.

Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, einen Schmelzofen der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass die oben genannten Nachteile überwunden werden können, wobei insbesondere die Energieeffizienz verbessert werden soll und die Ansprüche an die Hitzebeständigkeit der Feuerfestverkleidung reduziert werden sollen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung bei einem Schmelzofen der eingangs genannten Art im Wesentlichen vor, dass der Suszeptor einen der Ofenwand zugewandten Querschnittsbereich und einen der Ofenwand abgewandten Querschnittsbereich aufweist, wobei in dem der Ofenwand zugewandten Querschnittsbereich eine Mehrzahl von Schlitzten ausgebildet ist. Dadurch, dass in demjenigen Bereich, in dem die Energiedichte auf Grund des Skin-Effektes am höchsten ist, nämlich in dem der Ofenwand zugewandten Querschnittsbereich des Suszeptors, Schlitzte ausgebildet sind, wird das Fließen von Wirbelströmen und damit eine induktive Erwärmung in diesem Bereich weitestgehend unterbunden. Die Schlitzte wirken hierbei als Unterbrecher

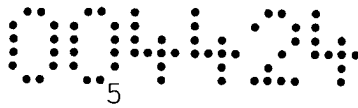


des Stromflusses, sodass ein Stromfluss lediglich in dem der Ofenwand abgewandten Querschnittsbereich, d.h. weiter innen, entstehen kann. Der Bereich der induktiven Erwärmung wird somit nach innen, in einen von dem die Ofenwand umgebenden Induktor weiter entfernten Bereich verlagert, mit dem das zu schmelzende Gut in Berührung steht. Es erfolgt daher eine direkte Wärmeübertragung von dem induktiv erwärmten Querschnittsbereich des Suszeptors auf das zu schmelzende Gut.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform verlaufen die Schlitze parallel zueinander oder radial zu einem gemeinsamen Mittelpunkt ausgerichtet und münden an der der Ofenwand zugewandten Oberfläche des Suszeptors.

Insbesondere sind die Schlitze in regelmäßigen Abständen zueinander angeordnet.

Wenn, wie dies einer bevorzugten Weiterbildung entspricht, der Suszeptor einen ringförmigen, insbesondere kreisringförmigen Querschnitt aufweist, erstrecken sich die Schlitze in bevorzugter Weise in radialer Richtung. Die Ofenwand ist in diesem Fall bevorzugt zylindrisch ausgebildet, wobei der Suszeptor so angeordnet ist, dass ein gleichförmiger Spalt zwischen dem Innenumfang der Ofenwand und dem Außenumfang des Suszeptors vorgesehen ist. Dadurch ist ein gleichmäßiger Energieeintrag in den Suszeptor gewährleistet, insbesondere dann, wenn die Heizeinrichtung einen die Ofenwand außen umgebenden, insbesondere spulenförmigen Induktor umfasst.



Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die radiale Länge der Schlitze 20-50% der Ringbreite des ringförmigen Suszeptors beträgt.

Der die Ofenwand außen umgebende, insbesondere spulenförmigen Induktor, ist vorzugsweise an eine Stromquelle anschließbar, die einen Wechselstrom einer vorgegebenen oder wählbaren Frequenz bereitstellt.

Der optimale Abstand zwischen den Schlitzen kann besonders bevorzugt in Abhängigkeit von der bevorzugt angelegten Wechselstromfrequenz festgelegt werden, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass der umfangsmäßige Abstand Δ zwischen zwei benachbarten radialen Schlitzen sich aus der Formel

$$\Delta = 2,6 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\rho / (\mu \cdot f \cdot D^{1/2})} \text{ [mm]},$$

ergibt, wobei

ρ = Spezifischer E-Widerstand des Suszeptor [$\Omega \cdot m$]

μ = relative magnetische Permeabilität

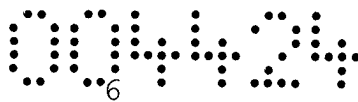
f = Frequenz [Hz]

D = Außendurchmesser des Suszeptor [m]

ist.

Wie an sich bekannt, besteht der Suszeptor bevorzugt aus Kohlenstoff, insbesondere Graphit, wobei Graphit äußerst verschleißfest ist, gut bearbeitet werden kann und eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist. Darüber hinaus weist Graphit eine gute Ankoppelbarkeit an das Feld des Induktors auf.

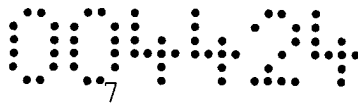
Dadurch, dass der Energieeintrag auf Grund der erfindungsgemäßen Ausbildung des Suszeptors nach innen verlagert werden kann, ist die Ofenwand einer geringeren thermischen Belastung ausgesetzt, was dahingehend



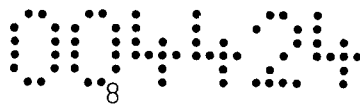
ausgenutzt werden kann, dass die Auswahl des Materials der Ofenwand oder der die Ofenwand auskleidenden Feuerfestschicht weniger im Hinblick auf die Temperaturbeständigkeit, sondern eher im Hinblick auf die thermischen Isolationseigenschaften erfolgen kann. Dadurch können Energieverluste, insbesondere Abstrahlungsverluste des Schmelzofens verringert werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 eine perspektivische Ansicht des erfindungsgemäßen Schmelzofens, Fig. 2 einen Querschnitt des Schmelzofens gemäß Fig. 1 und Fig. 3 einen Längsschnitt entlang der Linie III-III der Fig. 2.

In Fig. 1, 2 und 3 ist ein Schmelzofen mit einer zylindrischen Ofenwand 1 dargestellt, die eine Ofenkammer 2 umgibt. Die Ofenwand 1 kann innen ggf. mit einer Feuerfestschicht ausgekleidet sein. Ein spulenförmiger Induktor 3 umgibt die Ofenwand 2 und ist coaxial zu dieser angeordnet. Der Induktor 3 wird an eine Wechselstromquelle angeschlossen und erzeugt ein Wechselfeld, an welches der in der Ofenkammer 2 angeordnete Suszeptor 4 ankoppelt, um erwärmt zu werden. Der Suszeptor 4 ist mit einem kreisringförmigen Querschnitt ausgebildet und liegt innen an der Ofenwand 1 an. Ggf. kann auch ein kleiner Ringspalt zwischen dem Außenumfang des Suszeptors 4 und dem Innenumfang der Ofenwand 1 vorgesehen sein, wobei der Suszeptor 4 jedenfalls coaxial zur Ofenwand 1 angeordnet ist.

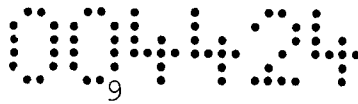


Der Suszeptor 4 ist nun mit einer Vielzahl von radialen, umfangsmäßig gleichmäßig verteilten Schlitzen 5 ausgebildet, die sich vom Außenumfang des Suszeptors 4 radial nach innen erstrecken. Der Suszeptor 4 weist hierbei einen der Ofenwand 1 zugewandten Querschnittsbereich und einen der Ofenwand 1 abgewandten Querschnittsbereich auf, wobei die Schlitze 5 in dem der Ofenwand 1 zugewandten Querschnittsbereich angeordnet sind. Dies führt dazu, dass in dem der Ofenwand 1 zugewandten Querschnittsbereich, in welchem die Schlitze 5 ausgebildet sind, eine deutlich geringere induktive Erwärmung des Suszeptors 4 erfolgt und der überwiegende Anteil der Energie in den inneren, der Ofenwand 1 abgewandten Querschnittsbereich eingetragen wird.



Patentansprüche:

1. Schmelzofen zur Herstellung einer Schmelze, insbesondere einer Steinschmelze, umfassend eine Ofenwand (1), die eine Ofenkammer (2) begrenzt, und eine Heizeinrichtung zum Beheizen der Ofenkammer (2), wobei die Heizeinrichtung einen induktiv erwärmbaren Suszeptor (4) umfasst, welcher in der Ofenkammer (2) der Ofenwand (1) benachbart angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor (4) einen der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich und einen der Ofenwand (1) abgewandten Querschnittsbereich aufweist, wobei in dem der Ofenwand (1) zugewandten Querschnittsbereich eine Mehrzahl von Schlitten (5) ausgebildet ist.
2. Schmelzofen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlitten (5) parallel zueinander oder radial zu einem gemeinsamen Mittelpunkt ausgerichtet verlaufen und an der der Ofenwand (1) zugewandten Oberfläche des Suszeptors (4) münden.
3. Schmelzofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlitten (5) in regelmäßigen Abständen zueinander angeordnet sind.
4. Schmelzofen nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor (4) einen ringförmigen, insbesondere kreisringförmigen Querschnitt aufweist und die Schlitten (5) sich in radialer Richtung erstrecken.



5. Schmelzofen nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die radiale Länge der Schlitze (5) 20-50% der Ringbreite des ringförmigen Suszeptors (4) beträgt.

6. Schmelzofen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung einen die Ofenwand (1) außen umgebenden, insbesondere spulenförmigen Induktor (3) umfasst, der an eine Stromquelle anschließbar ist, die einen Wechselstrom einer vorgegebenen oder wählbaren Frequenz bereitstellt.

7. Schmelzofen nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der umfangsmäßige Abstand Δ zwischen zwei benachbarten radialen Schlitzen (5) sich aus der Formel

$$\Delta = 2,6 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\rho / (\mu \cdot f \cdot D^{1/2})} \text{ [mm]},$$

ergibt, wobei

ρ = Spezifischer E-Widerstand des Suszeptor [$\Omega \cdot m$]

μ = relative magnetische Permeabilität

f = Frequenz [Hz]

D = Außendurchmesser des Suszeptor [m]

ist.

8. Schmelzofen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Suszeptor (4) aus Graphit besteht.

Wien, am 28. August 2018

Anmelder
durch:

Haffner und Keschmann
Patentanwälte GmbH

004424

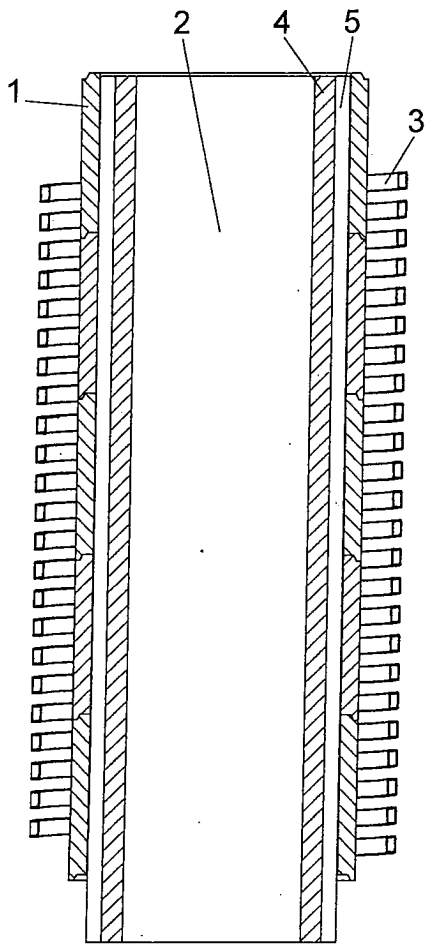


Fig. 3

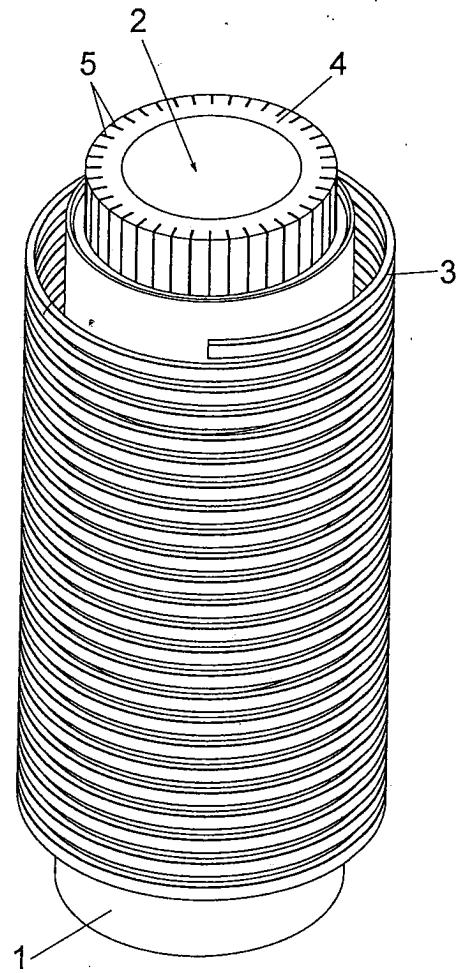


Fig. 1

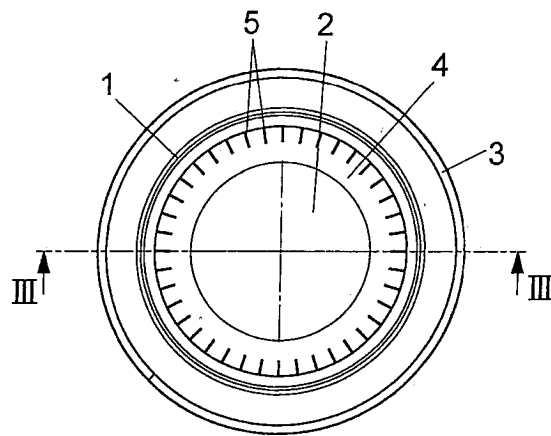


Fig. 2