

①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤1 Int. Cl.³: C 10 B

19/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

646 992

②1 Gesuchsnummer: 1516/80

⑦3 Inhaber:
Ing. A. Maurer S.A., Bern

②2 Anmeldungsdatum: 26.02.1980

②4 Patent erteilt: 28.12.1984

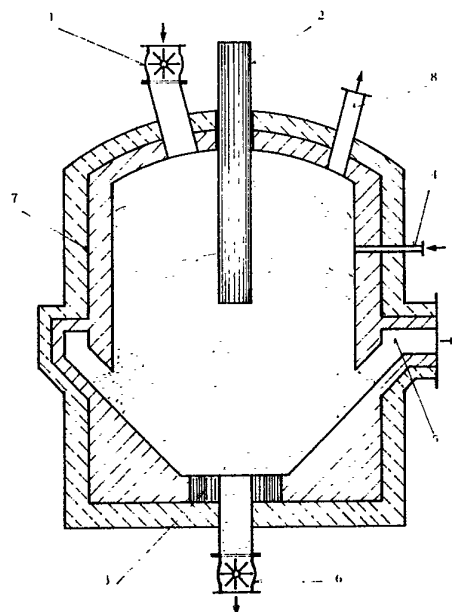
④5 Patentschrift
veröffentlicht: 28.12.1984

⑦2 Erfinder:
Halm, Eduard, Hünibach

⑤4 Verfahren zur kontinuierlichen thermischen Behandlung von verkohlbarem Ausgangsmaterial.

⑤7 Das Verfahren ermöglicht die Erhitzung auf hohe Temperaturen, die Pyrolyse oder Vergasung von Materialien, die bei hohen Temperaturen verkohlen, wie Holz, Zellstoff, Haushaltsmüll, Altreifen, Kunststoff, Teersand, Ölschiefer usw., in einem elektrischen Schachtofen. Bisher konnte solches Material in elektrischen Schachtofen, bei denen Strom über Elektroden durch das Ofengut geleitet wird, nicht erhitzt werden, da es an sich den elektrischen Strom nicht leitet.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das Material oben (1) in einen elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird. Das Absinken des oben eingefüllten Materials kann z.B. dadurch bewirkt werden, dass entsprechende Mengen festes Material unten (6) aus dem Ofen ausgeschleust werden, oder auch dadurch, dass das Material mit Wasserdampf (4) vergast wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur kontinuierlichen thermischen Behandlung von verkohlbarem Ausgangsmaterial, dadurch gekennzeichnet, dass das Material oben in einen elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird.

2. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem elektrischen Schachtofen zwischen Elektroden vorerst Kohle erhitzt und das zu behandelnde Material oben auf die Kohle aufgeschüttet wird, die Kohle hierauf kontinuierlich aus dem Ofen entfernt wird, so dass sich das zu behandelnde Material so langsam durch den Ofen nach unten bewegt, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass die Kohle kontinuierlich durch mindestens teilweise verkohltes zu behandelndes Material ersetzt wird, wobei dieses auf mindestens 600°C erwärmt und kontinuierlich nur so schnell aus dem Ofen entfernt wird, dass dem Ofen oben neu zugeführtes Material wenigstens soweit verkohlt, dass der elektrische Strom nicht abreisst.

3. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material auf mindestens 600°C erhitzt wird, so dass es sich zu Koks und gasförmigen Spaltprodukten zersetzt.

4. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material auf mindestens 800°C erhitzt und zusammen mit Wasserdampf vergast wird.

5. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Holz oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, und dass ferner die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass das Holz weiterverkohlt, bevor es am unteren Ende des Ofens als Holzkohle kontinuierlich mit regulierbarer Geschwindigkeit ausgetragen wird.

6. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass feuchtes Holz oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass das Holz weiterverkohlt und mit dem aus dem Holz ausgetriebenen Wasserdampf und den anderen gasförmigen Holzzerfallsprodukten vergast und die Gase den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezogen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass eine Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit des Holzes im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

7. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass feuchter Müll oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass er infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass er elektrisch leitend wird, bevor er in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass der Müll weiterverkohlt und mit dem aus dem Müll ausgetriebenen Wasserdampf und den anderen gasförmigen Müll-Zerfallsprodukten vergast und die Gase den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezogen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass eine Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit des Mülls im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

8. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Kunststoffabfälle oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt werden, dass sie infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt werden und soweit verkohlen, dass sie elektrisch leitend werden, bevor sie in den Bereich zwischen den Elektroden kommen, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass die Abfälle weiterverkohlen, wobei die gasförmigen Zerfallsprodukte oben aus dem Ofen abgezogen werden und der verkohlte feste Rückstand unter aus dem Ofen ausgetragen wird, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die zusammen mit der von der Stromzufuhr abhängigen Entgasungsgeschwindigkeit eine Sinkgeschwindigkeit der Abfälle im oberen Ofenteil ergibt, die nicht so gross ist, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

9. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Altreifen oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt werden, dass sie infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt werden und soweit verkohlen, dass sie elektrisch leitend werden, bevor sie in den Bereich zwischen den Elektroden kommen, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass die Altreifen weiter verkohlen, wobei die gasförmigen Zerfallsprodukte oben aus dem Ofen abgezogen werden und der verkohlte feste Rückstand unten aus dem Ofen ausgetragen wird, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die zusammen mit der von der Stromzufuhr abhängigen Entgasungsgeschwindigkeit eine Sinkgeschwindigkeit der Altreifen im oberen Ofenteil ergibt, die nicht so gross ist, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

10. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Kunststoffabfälle oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt werden, dass sie infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt werden und soweit verkohlen, dass sie elektrisch leitend werden, bevor sie in den Bereich zwischen den Elektroden kommen, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass die Abfälle weiterverkohlen und zusammen mit oben in den Ofen von aussen eingeleitetem Wasserdampf vergasen und die Gase einschliesslich der gasförmigen Zerfallsprodukte der Kunststoffabfälle den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezo-

gen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass eine Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit der Kunststoffabfälle im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

11. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass trockenes Holz oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass es infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass das Holz weiterverkohlt und zusammen mit oben in den Ofen von aussen eingeleitetem Wasserdampf vergast und die Gase einschliesslich der gasförmigen Zersetzungsprodukte des Holzes den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezogen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass eine Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit des Holzes im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

12. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass getrockneter Müll oben in den elektrischen Ofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt wird, dass er infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und soweit verkohlt, dass er elektrisch leitend wird, bevor er in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass der Müll weiter verkohlt und zusammen mit oben in den Ofen von aussen eingeleitetem Wasserdampf vergast und die Gase einschliesslich der gasförmigen Zersetzungsprodukte des Mülls den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezogen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass eine Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit des Mülls im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

13. Verfahren gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Altreifen oben in den elektrischen Schachtofen eingefüllt und kontinuierlich so langsam durch den Ofen nach unten bewegt werden, dass sie infolge von Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt werden und soweit verkohlen, dass sie elektrisch leitend werden, bevor sie in den Bereich zwischen den Elektroden kommen, über die elektrischer Strom durch das Material geleitet wird, so dass die Altreifen weiterverkohlen und zusammen mit oben in den Ofen von aussen eingeleitetem Wasserdampf vergasen und die Gase einschliesslich der gasförmigen Zersetzungsprodukte der Altreifen den Ofen nach unten durchströmen, um im unteren Teil abgezogen zu werden, wobei die Stromzufuhr und damit die Wärmeerzeugung so eingestellt wird, dass die Vergasungstemperatur von mindestens 800°C eingehalten wird und die von der Vergasungsgeschwindigkeit abhängige Sinkgeschwindigkeit der Altreifen im oberen Ofenteil nicht so gross wird, dass der elektrische Strom zwischen den Elektroden abreisst.

Verkohlbare Material, z.B. Holz, Zellulose, Papier, Kunststoff, Gummi, kohlenwasserstoffhaltige Gesteine, wurde bisher fast ausschliesslich indirekt in Retorten mit Aussenbeheizung oder durch Teilverbrennung des Materials selbst oder auch durch direkte Wärmeübertragung mit den das zu erhitzende Material durchströmenden heissen Gasen erhitzt. Eine Erhitzung mittels Durchleitung von elektrischem Strom war bisher nicht möglich, weil das unverkohlte Material eine zu geringe elektrische Leitfähigkeit aufwies.

Wir haben nun gefunden, dass es möglich ist, solches Material mittels Durchleitung von elektrischem Strom zu erhitzen, wenn durch richtige Bemessung der Sinkgeschwindigkeit des Materials in einem elektrischen Schachtofen dafür gesorgt wird, dass das Material auf seinem Weg von oben nach unten durch den Ofen durch Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Elektrodenpartien erwärmt wird und so weit verkohlt, dass es elektrisch leitend wird, bevor es in den Bereich zwischen den Elektroden kommt, welche den Strom durch das Material leiten. Die Sinkgeschwindigkeit des Materials im Schachtofen kann z.B. dadurch geregelt werden, dass eine entsprechende Menge Material unten aus dem Ofen ausgetragen wird oder auch dadurch, dass eine entsprechende Menge Material in der Heizzone des Ofens mittels eines Vergasungsmittels, z.B. Wasser oder Kohlendioxid, vergast wird. Wenn die Sinkgeschwindigkeit zu gross ist, kann das Material auch nicht wenigstens teilweise an der Oberfläche verkohlen. Somit wird es nicht elektrisch leitfähig und der von den Elektroden zugeführte Strom wird unterbrochen und damit auch der Erhitzungsprozess. Bei zu kleiner Sinkgeschwindigkeit des Materials wird andererseits die Leistungsfähigkeit des Ofens nicht optimal ausgenützt.

Zum Anfahren des Ofens ist es zweckmässig, den Raum zwischen den Elektroden vorerst mit elektrisch leitender Kohle zu füllen und das zu erhitzende verkohlbare Material im oberen Ofenteil langsam vorzuwärmen; nach Erreichung der Betriebstemperatur im unteren Teil des Ofens kann das Inangsetzen der Abwärtsbewegung des Materials im Ofen beginnen, indem z.B. entweder unten eine entsprechende Menge Material aus dem Ofen abgezogen wird oder auch dadurch, dass die Vergasung in der Heizzone eingeleitet wird.

Der hier verwendete Begriff der thermischen Behandlung umfasst im Sinne der vorliegenden Erfindung die Erhitzung, thermische Entgasung und Vergasung.

Die thermische Behandlung kann u.a. auch von der Pyrolyse oder Vergasung der zu Beginn der Beschreibung angeführten Materialien begleitet sein, also etwa zur Holzverkohlung, zur pyrolytischen Zersetzung von Zellstoff, Papier, Haushaltsmüll, Kunststoffabfall, Altreifen, zum Ölschiefern oder -sanden usw. dienen, oder falls ein Vergasungsmittel wie etwa Wasser oder Kohlendioxid eingeführt wird, zur Erzeugung von Heiz- oder Synthesegas.

Zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens eignen sich grundsätzlich sowohl Einphasen- als auch Dreiphasen-Elektro-Schachtofen, in denen das wenigstens teilweise verkohlte Material zwischen Elektroden mit direktem Stromdurchgang erhitzt wird.

Das erfindungsgemässe Verfahren soll an folgenden Beispielen näher erläutert werden:

Beispiel 1

Zur vollständigen Vergasung von Holz zwecks Herstellung eines Gases, das nahezu 50% H₂ und 50% CO enthält und sich z.B. als Synthesegas zur Herstellung von Methanol eignet, wird getrocknetes Holz in dem in Fig. 1 dargestellten elektrischen Schachtofen durch die Schleuse 1 eingefüllt. Das Holz hat eine Stückgrösse von ca. 3-5 cm Kantenlänge. Zwischen der oberen Elektrode 2 und der Bodenelektrode 3

fließt Gleichstrom durch das mindestens teilweise verkohlte Holz, wobei Wärme erzeugt wird. Die Temperatur im unteren Teil des Ofens wird auf mindestens 800°C gehalten. Durch den Stutzen 4 wird Wasserdampf in den Ofen einge-
 leitet, der im unteren Teil des Ofens mit der Holzkohle unter Bildung von H_2 und CO reagiert. Durch diese Reaktion wird Holzkohle verbraucht, so dass das oben in den Ofen eingefüllte Holz kontinuierlich gegen unten sinkt und sich dabei durch Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Teilen der oberen Elektrode erwärmt und wenigstens teilweise oberflächlich soweit verkohlt, dass es spätestens dann elektrisch leitend wird, wenn es in Kontakt mit dem stromabgebenden Ende der oberen Elektrode kommt. Die Gase, einschliesslich der gasförmigen Zersetzungsprodukte des Holzes, strömen nach unten durch die auf mindestens 800°C erhitzte Holzkohle und verlassen den Ofen durch den ringförmigen Gaskanal 5 als ein Gasgemisch von etwa 50% H_2 und 50% CO. Die Holzasche kann unten bei 6 aus dem Ofen ausgeschleust werden.

Ein Ofen von ca. 2'200 mm Innendurchmesser und ca. 3'500 mm Elektrodenabstand kann bei einer Spannung von ca. 100 Volt mit ca. 30'000 Ampere belastet werden, was einer elektrischen Leistung von 3'000 kW entspricht. Dabei werden etwa 4'000 kg Holz pro Stunde verbraucht und etwa 3'000 Nm³ Gas erzeugt. Bei dieser Leistung ist die Absinkgeschwindigkeit des Holzes im oberen Ofenteil nicht so klein, dass es durch teilweise Verkohlungen genügend elektrisch leitend ist, wenn es in Kontakt mit dem stromabgebenden Ende der Elektrode kommt.

Beispiel 2

Zur vollständigen Vergasung von Haushaltsmüll mit Gewinnung eines Gases, das nahezu 50% H_2 und 50% CO enthält und sich z.B. als Synthesegas zur Herstellung von Methanol eignet, wird getrockneter Müll folgender Zusammensetzung oben in den Ofen gemäss Fig. 1 eingefüllt:

Zeitungspapier	38,5
Magazinpapier	12,8
Küchenabfälle	2,6
Kunststoffe	5,1
Textilien	2,5
Sand	18,0
Glas	2,05

Zwischen der oberen Elektrode 2 und der Bodenelektrode 3 fliesst Gleichstrom oder Einphasen-Wechselstrom durch den mindestens teilweise verkohlten Müll, wobei Wärme erzeugt wird. Die Temperatur im unteren Teil des

Ofens wird auf mindestens 800°C gehalten. Durch den Stutzen 4 wird Wasserdampf in den Ofen einge-
 leitet, der im unteren Teil des Ofens mit dem Kohlenstoff des Mülls unter Bildung von H_2 und CO reagiert. Die Schlacke kann in fester oder flüssiger Form vom Ofenboden abgelassen werden. Der oben in den Ofen eingefüllte Müll sinkt kontinuierlich nach unten und erwärmt sich dabei sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Teilen der oberen Elektrode und verkohlt dabei so weit, dass er elektrisch leitend wird, wenn er in Kontakt mit dem stromabgebenden Ende der oberen Elektrode kommt. Die Gase, einschliesslich der gasförmigen Zersetzungsprodukte des Mülls, strömen nach unten durch den auf mindestens 800°C erhitzten und mindestens teilweise verkohlten Müll und verlassen den Ofen durch den ringförmigen Gaskanal 5 als ein Gasgemisch von etwa 50% H_2 und 50% CO.

Ein Ofen von ca. 2'200 mm Innendurchmesser und ca. 3'500 mm Elektrodenabstand kann bei einer Spannung von ca. 100 Volt mit ca. 30'000 Ampere belastet werden, was einer elektrischen Leistung von ca. 3'000 kW entspricht. Dabei werden etwa 8 Tonnen trockener Müll pro Stunde vergast.

Beispiel 3

Zur Pyrolyse von Altreifen werden diese oben in den Ofen gemäss Fig. 1 eingefüllt. Zwischen der oberen Elektrode 2 und der Bodenelektrode 3 fliesst Gleichstrom oder Einphasenwechselstrom durch den bei der Pyrolyse entstandenen Koks, wobei Wärme erzeugt wird. Die Temperatur im unteren Teil des Ofens wird auf mindestens 600°C gehalten. Der entstandene Pyrolysekoks wird zusammen mit der Asche unten bei 6 aus dem Ofen ausgeschleust. Der Ofen ist mit keramischem Isoliermaterial 7 ausgemauert. Durch die Pyrolyse und die Ausschleusung des Kokes werden die oben eingefüllten Altreifen kontinuierlich zum Absinken gebracht, wobei sie sich durch Wärmeübertragung sowohl von dem darunterliegenden heisseren Material als auch von den heisseren Teilen der oberen Elektrode erwärmen und wenigstens teilweise soweit verkohlen, dass sie spätestens dann elektrisch leitend werden, wenn sie in Kontakt mit dem stromabgebenden Ende der oberen Elektrode kommen. Die gasförmigen Zersetzungsprodukte strömen nach oben und verlassen den Ofen durch den Stutzen 8.

Ein Ofen von ca. 2'000 mm Innendurchmesser und ca. 3'000 mm Elektrodenabstand kann bei einer Spannung von 80 Volt mit etwa 20'000 Ampere belastet werden, was einer elektrischen Leistung von 1'600 kW entspricht. In diesem Ofen können etwa 2 Tonnen Altreifen pro Stunde pyrolysiert werden.

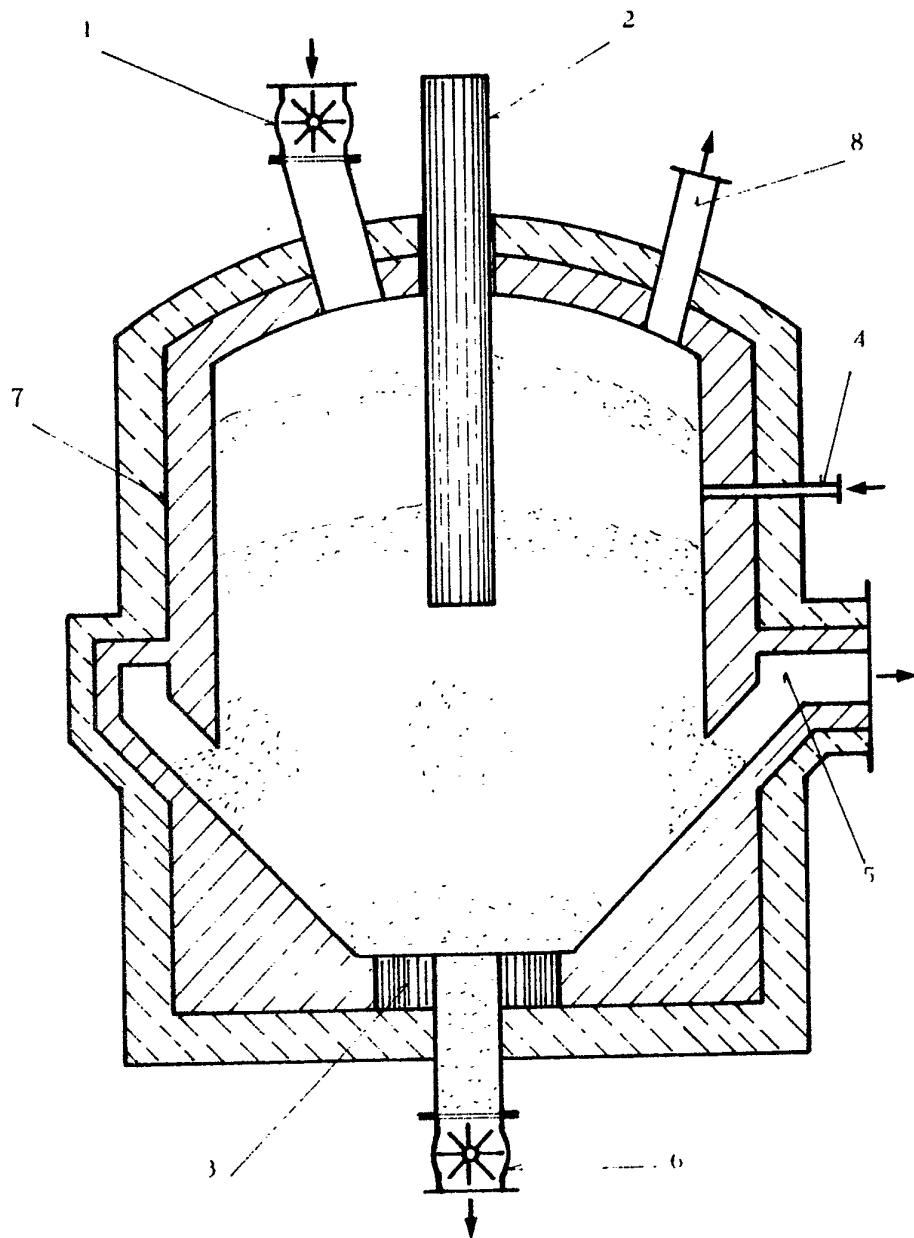


Fig. 1