



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP C 22 B / 279 682 0	(22)	14.08.85	(44)	16.07.86
(31)	A2639/84	(32)	16.08.84	(33)	AT
	A2640/84		16.08.84		
(71)	siehe (73)				
(72)	Sulzbacher, Horst, Dipl.-Ing.; Kepplinger, Werner, Dipl.-Ing.; Ottenschläger, Erich, Dipl.-Ing., AT				
(73)	Voest Alpine AG, 4020 Linz, AT				
(54)	Verfahren zum Erschmelzen von Metallen aus oxidischen und/oder feinkörnigen sulfidischen Nichteisenmetallerzen bzw. -konzentraten sowie Einrichtungen zur Durchführung dieses Verfahrens				

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erschmelzen von Metallen aus oxidischen und/oder feinkörnigen sulfidischen Nichteisenmetallerzen bzw. -konzentraten sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens. Das Verfahren zum Erschmelzen von Metallen aus oxidischen und/oder feinkörnigen sulfidischen Nichteisenmetallerzen bzw. -konzentraten, insbesondere sulfidischen Buntmetallerzen bzw. -konzentraten sieht im Falle von sulfidischen Erzen vor, daß diese zunächst oxidiert werden. In der Folge werden die Erze bzw. Konzentrate in die Kohlewirbelschicht eines Einschmelzvergasers aufgegeben, wobei eine bestimmte Korngröße eingehalten wird. Sulfidische Erze werden einem Schmelzbrenner zugeführt, dessen Flammstrahl auf die Kohlewirbelschicht gerichtet wird. Fig. 1

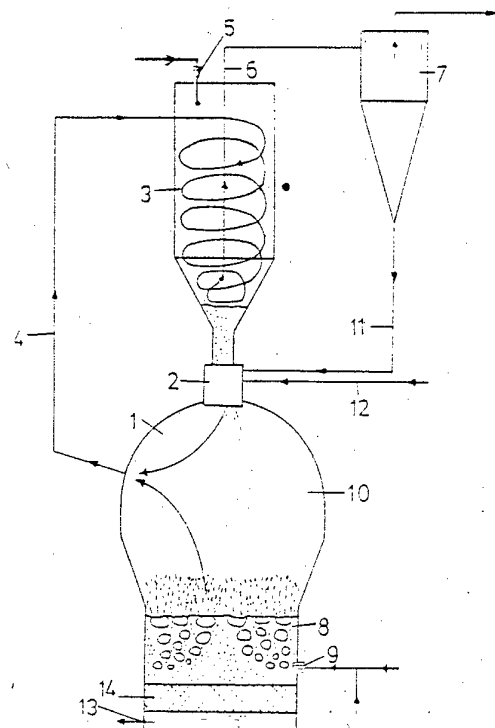


FIG. 1

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum Erschmelzen von Metallen aus oxidischen und/oder feinkörnigen sulfidischen Nichteisenmetallerzen bzw. -konzentraten, insbesondere sulfidischen Buntmetallerzen bzw. -konzentraten, bei welchem sulfidische Erze unter Luft- bzw. Sauerstoffzufuhr oxidiert werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Erze bzw. Konzentrate in stückiger und/oder körniger Form in einem Einschmelzvergaser (1; 35) eine Kohlewirbelschicht (8; 38) eingebracht werden.
2. Verfahren nach Punkt 1, bei welchem die sulfidischen Erze einem Schmelzbrenner (2) zugeführt werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Flammstrahl auf die Kohlewirbelschicht (8) gerichtet wird und die Schmelzprodukte unterhalb des Kohlebettes abgezogen werden.
3. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Korngröße der aufzubringenden Erze bzw. Konzentrate zwischen 1 mm und 50 mm, vorzugsweise 3 bis 30 mm, gewählt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, 2 oder 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß für die Korngröße kohlenstoffhaltiger Partikel in der Wirbelschicht 1 bis 50 mm, vorzugsweise 1 bis 25 mm, gewählt wird.
5. Verfahren nach Punkt 1, 3 oder 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Erze vor der Aufgabe in die Kohlewirbelschicht (8; 38) auf Temperaturen zwischen 500°C und 900°C vorgewärmt und erforderlichenfalls bei Temperaturen zwischen 700 bis 900°C geröstet werden.
6. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 3 bis 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Kohlewirbelschicht (8; 38) auf Temperaturen zwischen 1200°C und 1800°C, vorzugsweise zwischen 1300°C und 1700°C, gehalten wird.
7. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 3 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß das aus dem Einschmelzvergaser (1; 35) abgezogene Reduktionsgas zur Vorreduktion und Aufwärmung der Rohstoffe herangezogen wird.
8. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 3 bis 7, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Temperatur des Kohlewirbelbettes durch Einblasen von Heißluft und/oder Sauerstoff geregelt wird.
9. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 3 bis 8, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Reaktionsgase des Einschmelzvergasers (1; 35) in einem Heißzyklon (7; 18; 43) gereinigt werden.
10. Verfahren nach einem der Punkte 1 oder 3 bis 9, **gekennzeichnet dadurch**, daß den Reaktionsgasen des Einschmelzvergasers (1; 35) gegebenenfalls bereits im Kohlewirbelbett Röstgase zugesetzt werden und gegebenenfalls erhaltenes SO₂ zu S reduziert wird.
11. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß aus dem Einschmelzvergaser (1; 35) austretenden heißen Reaktionsgase oberhalb der Kohlewirbelschicht (8; 38) abgezogen zur Vorwärmung der dem Schmelzbrenner (2) zuzuführenden Ausgangsmaterialien herangezogen werden.
12. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 11, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Temperatur des Kohlewirbelbettes durch Einstellung der Heißlufttemperatur und die Reduktionsgasmenge über die Heißluftmenge, Luft-Sauerstoffmenge und Kohlezugabe gesteuert wird.
13. Verfahren nach einem der Punkte 1, 2, 11 oder 12, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Temperatur des Kohlewirbelbettes zwischen 1200°C und 1600°C, vorzugsweise etwa 1400°C, gehalten wird.
15. Verfahren nach einem der Punkte 1, 2, 11, 12 oder 13, **gekennzeichnet dadurch**, daß die im Einschmelzvergaser (1; 35) gebildete Reduktionsgasmenge und -temperatur so geregelt wird, daß die vollständige Reduktion des im Schmelzbrenner (2) entstehenden SO₂ zu S sichergestellt ist und daß der Schwefel aus der Gasphase, insbesondere durch Kondensieren, abgetrennt wird.
15. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 14, **gekennzeichnet dadurch**, daß mit den gegebenenfalls vorgewärmten sauerstoffhaltigen Gasen Kohlenstoffträger eingeblasen werden.
16. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 15, **gekennzeichnet dadurch**, daß den Nichteisenmetallerzen Eisenerze zum unmittelbaren Erschmelzen von Ferrolegierungen, wie z. B. Ferrochrom oder Ferromangan, zugesetzt werden.
17. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Punkte 1, 2 oder 11 bis 16 mit einem Schmelzbrenner, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Schmelzbrenner (2) unmittelbar an den Kopf eines Einschmelzvergasers (1) angeschlossen ist und daß an den Einschmelzvergaser (1; 35) Leitungen (4; 9; 36; 39; 41) für die Zugabe von Kohlenstoffpartikeln und gegebenenfalls vorgewärmten sauerstoffhaltigen Gasen sowie für den Abzug von Reaktionsgasen angeschlossen sind.
18. Einrichtung nach Punkt 17, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Schmelzbrenner (2) im unteren Teil eines gasdichten Gehäuses angeordnet ist, an welches die Leitung (4) für den Abzug der Reaktionsgase aus dem Einschmelzvergaser (1), vorzugsweise mit im wesentlichen tangentialer Mündung zum Inneren des Gehäuses, und eine zu einer Gasreinigungseinrichtung (7; 18) führende Leitung (6) angeschlossen ist.
19. Einrichtung nach Punkt 17 oder 18, **gekennzeichnet dadurch**, daß an die Gasreinigungsvorrichtung (7; 18) eine Leitung (11) zum Abziehen von Feststoffen angeschlossen ist, welche mit dem Schmelzbrenner (2) verbunden ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erschmelzen von Metallen aus oxidischen und/oder feinkörnigen sulfidischen Nichteisenmetallerzen bzw. -konzentraten, insbesondere sulfidischen Buntmetallerzen bzw. -konzentraten, bei welchem sulfidische Erze unter Luft- bzw. Sauerstoffzufuhr oxidiert werden, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Derartige oxidische Nichteisenmetallerze können in körniger und stückiger Form anfallen, werden aber in der Regel aus sulfidischen Erzen durch oxidierendes Rösten erzeugt. Im Falle der Röstprozesse entstehen große Mengen an Schwefeldioxid, welche einer gesonderten Aufarbeitung unterworfen werden müssen, beispielsweise zu Schwefelsäure verarbeitet werden können. Die pyrometallurgische Behandlung stückiger oxidischer Ausgangsmaterialien wurde bisher in der Regel in Niederschachtofen vorgenommen, in welchen Blister- bzw. Schwarzkupfer erzeugt wurde. Das bei reduzierenden Bedingungen in einem Niederschachtofen gebildete Gas besteht in der Regel aus Stickstoff, Kohlendioxid und verschiedenen Schwefelverbindungen wie SO_2 , H_2S , COS und CS_2 . Der CO-Gehalt derartiger Abgase ist in den meisten Fällen relativ niedrig, so daß ein Abgas mit geringem Heizwert erzielt wird. Oxidische Buntmetallerze sind in der Regel wesentlich leichter zu reduzieren als oxidische Eisenerze.

In der US-PS 3948639 wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erschmelzen von sulfidischen Erzen bzw. Konzentraten beschrieben, in welchen die aus dem Schmelzofen austretenden Gase zusammen mit dem sulfidischen Erz oder Konzentrat einer Vorbehandlungszone zugeführt werden, von wo die abgekühlten Gase zur Gewinnung von Schwefel und dem vorbehandelten sulfidischen Erz oder Konzentrat dem oberen Ende der Reaktionszone des Schmelzofens zugeführt werden.

Die FR-PS 2 128 053 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gewinnung von Metallen, insbesondere Nickel, aus Erzen, in welchen die Seigerung des Metalls in einem Wirbelbett durch Verbrennung mit Luft und einem wasserstoffarmen Brennstoff, wie Koks, erfolgt.

Für die Reduktion von Eisenerzen unter Verwendung von billigen Brennstoffen ist bereits bekannt, Eisenerz nach einer Vorreduktion in Form von Eisenschwamm unmittelbar einem Einschmelzvergaser aufzugeben, in welchem eine Kohlewirbelschicht mit relativ minderwertiger Einsatzkohle gebildet wird, um Restoxide abzubauen und die nötige Schmelzwärme aufzubringen.

In der Kupfermetallurgie sind bereits eine Reihe von Verfahren bekannt, bei welchen Sulfidkonzentrate unmittelbar in einem Schmelzbrenner unter hoher Energieabgabe oxidiert wurden, wobei dieser Feststoffbrenner dem gleichzeitigen Rösten und Schmelzen der Konzentrate zu sogenannten Stein oder Matte diene. In nachfolgenden Absetzherden wurde der Stein von der Schlacke getrennt, wobei als Nachteil dieses Verfahrens die Tatsache anzuführen ist, daß als gasförmiges Verbrennungsprodukt SO_2 anfällt und dieses SO_2 beispielsweise in einer Schwefelsäureerzeugungsanlage verwertet werden muß. Außerdem entstehen bei diesen Verfahren hohe Metallverluste in der Schlacke, weil durch die im Schmelzgefäß vorherrschenden oxidierenden Bedingungen sich ein hoher Anteil als Cu_2O in der Schlacke löst. Andere Verfahren zur Aufarbeitung von Nichteisenmetallerzen setzen bereits oxidische Erze voraus, und es ist in diesem Zusammenhang in erster Linie der Niederschachtofen als gängigste Schmelzanlage mit reduzierenden Prozeßbedingungen zu nennen.

Es ist auch bereits bekannt, an Schwefelbeschmelzverfahren reduzierende Prozeßstufen anzuschließen, wobei allerdings eine komplizierte Abgasführung zur gesonderten Abführung der oxidierenden Zyklonabgase und der reduzierenden Abgase aus nachfolgenden Schmelzkammern oder Öfen vorgesehen ist.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung zielt darauf ab, die bekannten Technologien dahingehend weiterzubilden, daß sie besonders vorteilhaft, insbesondere energiesparend auch für Nichteisenmetallerze, insbesondere Buntmetallerze, eingesetzt werden können, wobei die Verluste in der Schlacke zu minimieren sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend von sulfidischen Erzen unmittelbar elementaren Schwefel und hochwertige Metallschmelze herzustellen und eine Einrichtung für die Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe besteht die Erfindung im wesentlichen darin, daß die Erze bzw. Konzentrate in stückiger und/oder körniger Form in einem Einschmelzvergaser auf eine Kohlewirbelschicht aufgebracht werden. Voraussetzung für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit, daß das in der Regel feinkörnig bis staubförmig vorliegende Erz entsprechend agglomeriert wird, was beispielsweise durch Pelletieren, Brikettieren oder Sintern erfolgen kann. Mit derartigen Ausgangsmaterialien läßt sich eine dem jeweiligen Erz und unterschiedlichen Konzentrationen und Zusammensetzungen leicht anpaßbare Verfahrenssteuerung verwirklichen, wobei vorzugsweise die Korngröße der aufzubringenden Erze bzw. Konzentrate zwischen 1 mm und 50 mm, vorzugsweise 3 bis 30 mm, gewählt wird. Gegenüber der bekannten Verfahrensweise bei Eisenerzen kann somit hier unmittelbar das oxidische Material in den Einschmelzvergaser eingebracht werden, und aufgrund der Kohlewirbelschicht läßt sich durch Steuerung der Luft- bzw. Sauerstoff- und Kohlezufuhr rasch eine Anpassung an das jeweilige zu reduzierende Erz erzielen. Die Verwendung eines Einschmelzvergasers im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens erlaubt es auch, vor den Einschmelzvergaser einen Reduktionsschacht oder ein anderes Reduktionsaggregat (Drehrohröfen) zu schalten, welchem unmittelbar ein Teil der Abgase des Einschmelzvergasers zugeführt werden kann. Zum Unterschied von den bekannten Einrichtungen entsteht im Einschmelzvergaser ein stark reduzierendes Gas, welches einen hohen Heizwert aufweist und daher in hohem Maße für eine Vorreduktion geeignet ist. Darüber hinaus hat der Einschmelzvergaser aufgrund der steuerbaren Bedingungen seiner Ofenatmosphäre die Möglichkeiten, Schwefeldioxid zu elementarem Schwefel zu reduzieren und auf die Art und Weise eine Gewinnung von Schwefel durch Kondensieren aus den Abgasen zu ermöglichen. In vorteilhafter Weise wird die Korngröße der Kohle in der Kohlewirbelschicht zwischen 1 und 50 mm, vorzugsweise 1–25 mm, gewählt.

In vorteilhafter Weise werden die oxidischen Erze vor der Aufgabe in die Kohlewirbelschicht entweder auf Temperaturen zwischen 500°C und 900°C vorgewärmt und erforderlichenfalls bei Temperaturen zwischen 700°C und 900°C geröstet. Ein Rösten ist insbesondere erforderlich, wenn es sich bei den Ausgangsmaterialien um Materialien mit einem höheren sulfidischen Anteil handelt. Bei feinkörnigem Erz muß jedoch beim Rösten eine Agglomeration erfolgen.

Die im Wirbelbett erzeugten heißen Gase und die Kohlepartikel treten beim Durchgang der stückigen Erze durch das Wirbelbett mit den Metalloxiden in Reaktion, wobei das Metalloxid sich mit Kohlenstoff bzw. Kohlenmonoxid zu Metall, Kohlenmonoxid bzw. Kohlendioxid umsetzt. Aufgrund der im Wirbelbett erzielbaren hohen Temperaturen läßt sich das Gleichgewicht im Sinn der Gleichung $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ in Richtung der Erzeugung von Kohlenmonoxid verschieben, wodurch ein reduzierendes Abgas erzielt wird. In vorteilhafter Weise wird hierbei die Kohlewirbelschicht auf Temperaturen zwischen 1200°C bis 1800°C , vorzugsweise zwischen 1300°C und 1700°C , gehalten, wodurch ein sicheres Niederschmelzen der meisten interessierenden Buntmetalle gewährleistet ist. Das Verfahren ist hierbei in erster Linie für die Gewinnung von Kupfer-, Blei-, Zink-, Nickel-, Kobalt- und Zinnerzen sowie deren komplexen Verbindungen geeignet, wobei ein Teil der niedrig siedenden bzw. niedrig flüchtigen Elemente über die Gasphase ausgetragen werden kann.

Zur Verbesserung der Energiebilanz wird in vorteilhafter Weise ein Teil des aus dem Einschmelzvergaser abgezogenen Reduktionsgases zur Vorreduktion und Aufwärmung der Rohstoffe herangezogen. Die Regelbarkeit der Temperatur des Kohlewirbelbettes ergibt sich hierbei insbesondere durch geregeltes Einblasen von Heißluft und/oder Sauerstoff in der Düsenzone des Einschmelzvergasers.

Die Reduktionsgase des Einschmelzvergasers, welche in der Regel noch einen hohen Heizwert aufweisen, können in einem Heißzyklon gereinigt werden.

Für den Fall, daß das oxidische Ausgangsmaterial durch einen oxidierenden Röstprozeß aus ursprünglich sulfidischen Erzen gewonnen wurde, erlaubt die erfindungsgemäße Verfahrensführung das Einbringen der Röstgase gemeinsam mit den oxidischen Erzen in den Einschmelzvergaser, wobei die entstandenen SO_2 -haltigen Gase in Kontakt mit der reduzierenden Atmosphäre mit dem Kohlenstoff des Einschmelzvergasers zu elementarem Schwefel reduziert werden. Analog ist es aber auch möglich, die Röstgase den Reaktionsabgasen des Einschmelzvergasers beizumengen, da aufgrund der hohen Temperatur der Reaktionsabgase auch hier noch die gewünschte Umsetzung zu elementarem Schwefel gegeben ist.

Das Kohlefließbett im Einschmelzvergaser wird in bevorzugter Weise mit Kohle in einem Korngrößenbereich von 1–20 mm kontinuierlich beschickt. Die Kohle wird hierbei durch die im Vergaser herrschenden hohen Temperaturen schlagartig getrocknet und entgast, wobei sie verkocht. Die Entgasungsprodukte setzen sich mit Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid und Wasserstoffgas um, welches sich mit dem aus dem Wirbelbett austretenden Kohlenmonoxidgas vermischt und aus dem Vergaser abgezogen wird. Der Großteil der verkockten Kohleteilchen bildet die Wirbelschicht aus. Eine geringe Menge Feinstkoks wird mit dem Gas ausgetragen. Im unteren Bereich des Einschmelzvergasers und über Düsen wird das Verbrennungsmittel in die Wirbelschicht eingeblasen. In der Düsenzone des Wirbelbettes herrscht in der Regel eine höhere Temperatur als im übrigen Wirbelbett, wobei der glühende Feinkoks aus dem Wirbelbett mit dem Sauerstoff zu CO_2 verbrennt. Die Flammentemperaturen können deutlich über 2000°C liegen. Die Wirbelschicht wird neben dem Stickstoff aus dem Heißwind von Kohlenmonoxidgas durchströmt, welches durch die Umsetzung des von den Düsen entstehenden CO_2 mit C entsteht. Dabei gibt das Gas einen Teil seiner Wärme an die Kokspartikel ab und heizt dadurch das Wirbelbett auf. In der Regel wird mit einer Wirbelbetthöhe von etwa 2–4 m gearbeitet, wobei das Wirbelbett eine heftig bewegte Schicht aus glühendem Feinkoks darstellt, in welcher Temperaturen zwischen 1400°C bis 1700°C herrschen. Die oxidischen Nichteisenmetallerze werden unmittelbar in den Kopf eines Einschmelzvergasers chargiert und sinken durch das Wirbelbett durch, wobei sie reduziert und aufgeschmolzen werden. An der Grenzfläche zwischen Koksbed und Schlackenbad kommt es zu einer Homogenisierung der flüssigen und teigigen Komponenten, wobei aus Erz, Kohlenasche und gegebenenfalls Zuschlägen eine Schlacke entsteht. Die entstehenden Metalltropfen nehmen beim Durchgang durch die Schlacke noch weitere Wärme auf. Oxidische Erze können sowohl durch den heißen Koks als auch durch das aufsteigende Gas unter Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidbildung reduziert werden. Eine derartige Reduktion ist allerdings nur bei den leichter reduzierbaren Erzen, insbesondere bestimmten Nichteisenmetallerzen und Buntmetallerzen möglich, da bei Eisenerz der Energieaufwand für eine derartige Reduktion zu hoch wäre.

Das Gas, welches an der Oberfläche der Wirbelschicht austritt, liefert zum einen die Wärme für die Verkokungsarbeit des in die Wirbelschicht einzubringenden Kohlenstoffträgers. Bei der Entgasung kommt es zu einer Erwärmung der Kohle sowie zu einer Verdampfung des Wassers und Austreibung der flüchtigen Bestandteile sowie deren Umsetzung zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Das hochwertige Heizgas verläßt zusammen mit den Reaktionsgasen den Einschmelzvergaser. Üblicherweise liegt die Gaszusammensetzung je nach Anteil der flüchtigen Kohlenbestandteile zwischen 50 % und 90 % CO und 10 % bis 40 % Wasserstoff. Der CO_2 -Gehalt ist eine Funktion der Temperatur, wobei bei steigender Gastemperatur der CO_2 -Gehalt sinkt. Im besonderen Fall der Kupfererze ergibt sich im Vergleich zur Eisenpyrometallurgie der Vorteil, daß die Verhüttung geringere Schmelztemperaturen und einen geringen Energieaufwand erfordert.

Im Falle des Einsatzes von sulfidischen Erzen oder Konzentraten wird ein Schmelzbrenner vorgeschaltet und der Flammstrahl aus dem Suspensionsbrenner auf die Kohlewirbelschicht gerichtet, wobei die Schmelzprodukte unterhalb des Kohlebettes abgezogen werden. Die im Schmelzbrenner entstehenden flüssigen bzw. teigigen Produkte fallen in ein Kohlefließbett, wobei der Schmelzbrenner mit feinkörnigem sulfidischem Erzkonzentrat, Schlackenbildnern und Kreislaufmaterial und vorgewärmter Luft, Sauerstoff-Luftgemisch oder reinem Sauerstoff betrieben werden kann. Üblicherweise werden Temperaturen für die Verbrennungsluft in der Größenordnung von 300°C bis 1000°C gewählt, wobei die sulfidischen Erzkonzentrate zumindest teilweise oxidiert werden. Die beispielsweise im bezug auf Kupfer ablaufenden Umsetzungen lassen sich wie folgt in Gleichungen kleiden:

$\text{Cu}_2\text{FeS}_3 + \text{FeS} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{S}$ (endothermer Vorgang), $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ (exothermer Prozeß), $\text{FeS} + 3/2 \text{O}_2 = \text{FeO} + \text{SO}_2$ (exotherm),
 $\text{Cu}_2\text{S} + 3/2 \text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{O} + \text{SO}_2$ (exotherm).

Die aufgrund des Überwiegens an exothermen Prozessen entstehende Wärme reicht aus, die feinkörnigen Erzkonzentrate aufzuschmelzen. Die Prozeßtemperatur liegt typischerweise über 1100°C . Nach dieser im Schmelzbrenner ablaufenden Reaktion werden die erhaltenen Reaktionsprodukte in das Kohlewirbelbett geschleudert. Dabei ist der Strahl unmittelbar auf die Oberfläche der Kohlewirbelschicht gerichtet. Diese unmittelbare Ankoppelung des Schmelzbrennerprozesses an ein reduzierendes Verfahren in der Kohlewirbelschicht bringt auch energetisch bedeutende Vorteile mit sich. Bei den im Schmelzbrenner entstehenden schmelzflüssigen Produkten handelt es sich im wesentlichen um Metallsulfide, Oxide und Schlackenprodukte, die in Tröpfchenform in ein durch Einblasen von Sauerstoff-Heißluft- oder Heißluft-Sauerstoff-Gemischen gewirbeltes Feinkohlebett eingebracht werden. Im Kohlewirbelbett entsteht durch Verbrennung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff zuerst CO_2 und in weiterer Folge Kohlenmonoxid, welches blasenbildend durch das Feinkohlebett nach oben steigt und eine Durchwirbelung des Bettes begünstigt. Die Höhe des Kohlewirbelbettes selbst wird durch Zugabe von dosierten

Kohlemengen konstant gehalten. Die Schmelzprodukte und die dabei entstehenden SO_2 -haltigen Gase aus dem Schmelzbrenner treffen unmittelbar auf die Wirbelschichtoberfläche auf. Dabei sickert die Schmelze durch das Wirbelbett hindurch und sammelt sich am Boden des Schmelzgefäßes, wobei ein Schmelzsumpf aus Metall und/oder Stein und Schlacke entsteht. Die SO_2 -haltigen Gase reagieren entweder mit dem Kohlenstoff des Wirbelbettes oder mit dem aus dem Wirbelbett austretenden Kohlenmonoxid bzw. im Gasstrom mitgerissenen feinen Kohlenstoffteilchen nach der Gleichung $\text{SO}_2 + 2\text{C} = \text{S} + 2\text{CO}$ bzw.

$\text{SO}_2 + 2\text{CO} = \text{S} + 2\text{CO}_2$. Es wird somit der Schwefel aus dem Schwefeldioxid zu elementarem Schwefel reduziert und kann aus der Gasphase durch Kondensieren abgetrennt werden.

Die aus dem Wirbelbett austretenden Gase setzen sich zusammen mit jenen aus dem Schmelzbrenner in erster Linie zu Schwefeldampf, Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Stickstoff um. Die fühlbare Wärme des Abgases kann zur Vorwärmung des sulfidischen Konzentrates ausgenützt werden, wobei vorzugsweise die heißen Reaktionsgase oberhalb der Kohlewirbelschicht abgezogen und zur Vorwärmung der dem Schmelzbrenner zuzuführenden Ausgangsmaterialien herangezogen werden.

Um eine intensive Reaktion sicherzustellen, wird das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise so durchgeführt, daß die Kohlewirbelschicht in einem Einschmelzvergaser ausgebildet wird und durch Heißluft und/oder Sauerstoff und Kohlepartikel einer Korngröße von 1–50 mm, vorzugsweise 3–20 mm, aufrechterhalten wird.

Um die Umsetzung in der Gasphase quantitativ in Richtung elementaren Schwefel sicherzustellen, wird in besonders vorteilhafter Weise die Temperatur des Kohlewirbelbettes durch Einstellung der Heißlufttemperatur und die Reduktionsgasmenge über die Heißluftmenge gesteuert. Es wird vorzugsweise die im Einschmelzvergaser gebildete Reduktionsgasmenge so geregelt, daß eine vollständige Reduktion von SO_2 zu S sichergestellt ist und daß der gesamte Schwefel aus der Gasphase, durch Kondensieren, abgetrennt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine exakte Steuerbarkeit wesentlicher Parameter aus und es lassen sich z. B. die Kupferverluste im Vergleich zu bekannten Suspensionsschmelzverfahren wesentlich herabsetzen. Insbesondere läßt sich durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung bei Temperaturen des Kohlewirbelbettes zwischen 1200 und 1600°C, vorzugsweise etwa 1400°C, z. B. Cu-Stein bzw. Matte mit etwa 80% Kupfer ohne Eisensulfid in der Schmelze oder sogar Blisterkupfer, in welchem auch kaum mehr Kupfersulfid enthalten ist, herstellen. Analog ist die erfindungsgemäße Verfahrensweise auch für die Aufarbeitung weiterer sulfidischer Erze und deren komplexer Verbindungen, wie beispielsweise Nickel, Blei, Zink und Kobaltkonzentrate geeignet.

Die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagene Einrichtung umfaßt einen Schmelzbrenner und ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß der Schmelzbrenner unmittelbar am Kopf eines Einschmelzvergasers montiert ist und daß an den Einschmelzvergaser Leitungen für das Einblasen von Heißluft und die Zugabe von Kohlenstoffpartikeln sowie für den Abzug von Reaktionsgasen angeschlossen sind. In vorteilhafter Weise können diese Reaktionsgase für eine Vorwärmung des zu oxidierenden Ausgangsmaterials eingesetzt werden. Dafür ist vorzugsweise ein über dem Schmelzbrenner angeordnetes gasdichtes Gefäß vorgesehen, welches die Form eines Fliehkraftstaubscheiders hat. Die heißen Reaktionsgase werden tangential in den Behälter eingeführt und bilden einen wirbelartigen Gasstrom. In diesen Gasstrom werden die Erzpartikel zugegeben und in Kontakt mit dem heißen Gas erwärmt. Durch die Fliehkraft werden sie an die Wand des Behälters geschleudert und sammeln sich am Boden des Zyklons, von wo sie in dem darunterliegenden Schmelzbrenner über eine Dosiereinrichtung abgezogen werden. Das Reaktionsgas kann nach der Vorwärmung in einfacher Weise über ein Tauchrohr aus dem Gefäß abgezogen werden und geht in eine Trockengasreinigung. Die Vorwärmung wird in jedem Falle nur soweit vorgenommen, daß das Reaktionsgas nicht so weitgehend abkühlt, daß Schwefel kondensieren kann. Anschließend an die Gasreinigung wird der im Abgas enthaltene Schwefel durch Kondensieren abgetrennt, wofür dieses gekühlt werden muß.

Die Schmelzprodukte (Metall, Stein und Schlacke) können entweder kontinuierlich oder in Abstichintervallen aus dem Schmelzaggregat entnommen werden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich in einfacher Weise unmittelbar Ferrolegierungen mit geringem C-Gehalt erschmelzen, wobei lediglich Eisenerze zusätzlich aufgegeben werden. Für Ferrochrom kann hierbei beispielsweise eine Chrom-Erz-Zusammensetzung

46,40% Cr_2O_3

20,52% FeO

0,26% Fe_2O_3

0,30% CaO

9,58% MgO

14,58% Al_2O_3

4,10% SiO_2

0,002% SO_3

0,023% P_2O_5

Rest oxidische Verunreinigungen und Alkalien und für Ferromangan indisches Manganerz mit

78 bis 85% MnO_2

2 bis 4% Fe

bis 6% Mn_3O_4

1 bis 4% SiO_2

1 bis 5% Al_2O_3

und bis 0,2% P

eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen von für die Durchführung des Verfahrens besonders geeigneten Einrichtungen und anhand eines Ausführungsbeispiels unter Berücksichtigung der Wärmebilanz näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1: eine schematische Darstellung der Kombination eines Schmelzbrennverfahrens mit einem Einschmelzvergaser,
Fig. 2: eine erweiterte Anlage zur Rückgewinnung von elementarem Schwefel
Fig. 3: eine für den Einsatz von oxidischen Erzen besonders geeignete Anlage

Beispiel 1

In Fig. 1 ist am Kopf eines Einschmelzvergasers 1 in der senkrechten Ofenachse ein Schmelzbrenner 2 angeordnet. Das Konzentrat wird über einen geschlossenen Aufgabebunker 3 zugeführt, in welchem es durch die über die Leitung 4 zugeführten heißen Reaktorabgase vorgewärmt wird. Die Konzentrataufgabe ist mit 5 bezeichnet. Die heißen Reaktionsgase des Einschmelzvergasers 1 werden tangential in den Aufgabebunker 3 eingeleitet und nach dem Durchströmen des Aufgabebunkers und gleichzeitiger Erwärmung des zu verbrennenden Materials über ein Tauchrohr 6 abgezogen und einem Heißgaszyklon 7 zugeführt. Die vorgewärmten Ausgangsmaterialien werden im Zündraum des Schmelzbrenners 2 unter tangential einströmenden Sauerstoff bzw. Sauerstoff-Heißluft-Gemisch suspendiert und gezündet. Bei der Verbrennung entstehen entsprechend hohe Temperaturen, so daß sich aus dem Konzentrat sehr bald kleine Schmelztröpfchen bilden, welche zusammen mit der SO_2 -Flamme auf die Oberfläche einer Kohlenstoffwirbelschicht auftreffen. Die Kohle wird hierbei gesondert, vorzugsweise kontinuierlich, chargiert.

Das Kohlewirbelbett 8, dessen Temperatur über den Wärmeinhalt der bei den Düsen 9 eingeblasenen Heißluft bzw. des Heißluft-Sauerstoff-Gemisches gesteuert werden kann, hat die Aufgabe, Cu_2O und Fe_3O_4 zu Cu und FeO zu reduzieren, die Kohle zu entgasen, die Schmelzprodukte auf die gewünschte Endtemperatur zu bringen, einen Teil des SO_2 zu Schwefel zu reduzieren und das aus dem Wirbelbett austretende stickstoff- und CO-haltige Gas auf etwa 1400°C aufzuheizen. Alle diese physikalischen und chemischen Prozesse haben, abgesehen von der SO_2 -Reduktion, einen relativ geringen Wärmebedarf, so daß dafür der Brennstoffverbrauch nicht allzu groß ist. Der Großteil der Kohle wird für die Reduktion des SO_2 verwendet. Im Raum über dem Wirbelbett, dem Beruhigungsraum 10, in welchem die austretenden Gasblasen fontänenartig zerplatzen, wird die vom Einschmelzbrenner kommende SO_2 -Schmelzproduktsuspension durch das gegenströmende CO bzw. Stickstoffgas abgebremst, aufgeheizt und reduziert. Dabei kommt es zu einer optimalen Vermischung zwischen den Gasen und festem Kohlenstaub, während die Schmelztröpfchen nur unwesentlich gebremst werden und in die Wirbelschicht eintauchen. Im Beruhigungsraum 10 und in den Gasabzügen soll der Großteil des anfallenden SO_2 durch den CO und den Kohlenstoff des aus dem Wirbelbett mitgerissenen Koksstaubes reduziert werden. Die Gastemperaturen, welche im Mittel bei ungefähr 1300°C liegen, reichen dazu aus, wobei die Reduktionskraft des Gases über die im Wirbelbett verbrannte Feinkoksmenge gesteuert werden kann. Eine Umsetzung von SO_2 mit dem Kohlenstoff in den Gasabzügen vermindert die C-Verluste im mitgerissenen Staub wesentlich und führt gleichzeitig wegen des endothermen Reaktionsablaufes zu einer Absenkung der Gastemperatur.

Die fühlbare Wärme des entstehenden Reaktionsgases nach diesen Umsetzungen wird zur Vorwärmung des Konzentrates verwendet.

In der Heißgaszyklonabgasreinigungsstufe werden die mitgerissenen Feststoffe abgeschieden und können als Staub über eine Leitung 11 dem Schmelzbrenner zugeführt werden. Die Heißluft- bzw. Sauerstoffzuleitung zum Schmelzbrenner ist mit 12 bezeichnet.

Am unteren Teil des Einschmelzvergasers kann Blister oder Matte und die Schlacke 14 über eine Abstichöffnung 13 abgezogen werden.

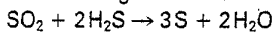
Bei diesem Verfahren ändert sich die Gaszusammensetzung laufend aufgrund unterschiedlicher Reaktionsbedingungen und zwar im besonderen aufgrund der Umsetzung in der Wirbelschicht von SO_2 mit C zu CO und S_2 . Im Raum oberhalb der Wirbelschicht entsteht in erster Linie eine Gasatmosphäre aus Schwefel, Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Kohlenstoff in Staubform suspendiert, SO_2 und Stickstoff. Die totale Umsetzung des restlichen Schwefeldioxids mit Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Kohlenstoff in den Gasabzügen führt zu einem Gas, welches Schwefel, Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Stickstoff enthält. Je stärker sich das Gas abkühlt, um so eher wird es zur Bildung von H_2S , COS und CS_2 kommen. Die Gewinnung von elementarem Schwefel aus diesen Verbindungen ist Stand der Technik. Nach der Schwefelabscheidung enthält das Abgas in erster Linie CO, H_2 und N_2 , neben geringen Anteilen an CO_2 . Dieses Abgas hat somit einen hohen Heizwert und kann z. B. für die Luftvorwärmung bzw. als hochwertiger Energieträger weiterverwendet werden.

Im besonderen hat die Kombination des Suspensionsschmelzverfahrens, welches auch als Flash-Smelting in den Stand der Technik Eingang gefunden hat und des Kohlewirbelbettschmelzens den Vorteil der Zusammenfassung eines oxidierenden und eines reduzierenden Prozesses in einem Aggregat bei gleichzeitiger Gewinnung von energiereichem Gas, wobei für den speziellen Fall der Kupfererzeugung sich als Vorteil die Tatsache auswirkt, daß die ganze Produktpalette von der Matte bis zum Blisterkupfer produziert werden kann, ohne daß dadurch höhere Kupferverluste in der Schlacke zu befürchten sind. Die Energiezufuhr läßt sich sowohl über den Schmelzbrenner als auch über die Luftdüsen unterhalb des Kohlewirbelbettes steuern, wodurch der Einfluß der Konzentratqualität auf den Ablauf des Prozesses gering wird. An Regelgrößen bzw. Steuerparametern stehen der Sauerstoffzusatz, die Heißlufttemperatur und -menge, die Fließbetthöhe, der Mattegrad und der Brennstoffverbrauch zur Verfügung, so daß in bezug auf die Rohstoffqualität sowohl bei Konzentraten als auch bei Kohlen keine besonders hohen Maßstäbe angesetzt werden müssen. Es ist weiters möglich, unerwünschte Begleitelemente, wie z. B. Blei, Zink, Antimon od. dgl. aufgrund der hohen Reaktionstemperaturen zu verdampfen und aus der Gasphase abzutrennen.

Die gleichzeitige Gewinnung von elementarem Schwefel, hochwertiger Matte bzw. Blisterkupfer und eines energiereichen Gases bei Einsatz von minderwertigen Steinkohlen führt hierbei zu einer starken Verbilligung der Produktionskosten.

Beispiel 2

Bei der in Fig. 2 dargestellten Anlage wird der zusätzliche apparative Aufwand für die Gewinnung von elementarem Schwefel näher erläutert. Der Einschmelzvergaser wird wiederum mit 1 bezeichnet und coaxial zu diesem befindet sich wieder der Schmelzbrenner 2. Der Aufgabebunker ist wiederum mit 3 bezeichnet, wobei hier dem Schmelzbrenner 2 Sauerstoff und Luft über gesonderte Leitungen 15 und 16 zugeführt wird. Die Luft wird hierbei in einer Vorwärmstufe 17 unter Verwendung der Abgasenergie vorgewärmt. Das aus dem Vorwärmstufenbunker 3 abgezogene Gas gelangt über die Leitung 6 in einen ersten Heißzyklon 7, in welchem die Feststoffe abgetrennt und über die Leitung 11 zum Schmelzbrenner 2 rückgeführt werden. Zusätzlich ist hier ein zweiter Heißzyklon 18 vorgesehen, und das diesen zweiten Heißzyklon 18 verlassende Gas wird über einen Wärmetauscher 19 geführt, um Prozeßabwärme zurückzugewinnen. In der Folge wird Kühlgas über eine Leitung 20 zugeführt und in einer Kondensationseinrichtung 21 der Schwefel kondensiert. Der Kondensationskammer 21 ist eine Claussanlage 22 nachgeschaltet, der wiederum ein Gaswäscher 23 nachgeschaltet ist. In der Claussanlage 22 wird Schwefelwasserstoff oxidativ zu Schwefel umgesetzt, wobei zu diesem Zweck eine Verbrennungskammer 24 vorgeschaltet ist. Die Reaktion im Clausofen läßt sich wie folgt darstellen:



Sowohl der Verbrennungskammer 24 als auch den Düsen 9 des Einschmelzvergasers 1 als auch dem Schmelzbrenner 2 wird heiße Luft über Leitungen 16 zugeführt, wobei die Vorwärmung in die Vorwärmereinrichtung 17 erfolgt. In den Abgasstrom ist noch ein weiterer Wärmetauscher bzw. Abhitzekeßel 25 eingeschaltet und das verbleibende Abgas kann in einer Feststofftrocknungsstufe 26 zur Trocknung des Einsatzgutes herangezogen werden. Da diese Trocknungsstufe 26 verlassende Gas wird wiederum über einen Staubabscheider 27 geführt, wobei der abgeschiedene Feststoffanteil über eine Leitung 28 dem Konzentratsbunker 29 aufgegeben wird. Die Kohle wird hierbei gesondert, vorzugsweise kontinuierlich, aus einem Kohlebunker 30 chargiert.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels weiter erläutert. Es wurde ein Kupferkonzentrat, welches sich aus 90% Kupferkies (CuFeS_2) und 10% Gangart (SO_2) zusammengesetzt, eingesetzt. Das Konzentrat wurde getrocknet und auf 600°C vorgewärmt. Als Endprodukt wurde ein Spürstein mit 80% Kupfer und 20% Schwefel und eine Schlacke mit 40% FeO erzeugt. Die Kohleanalyse der Einsatzkohle lautete wie folgt:

H_2O	= 3 %
Asche	= 12 %
F.Best.	= 25 %
C_{fix}	= 60 %
O	= 8,5 %
H	= 3,7 %
N	= 1,4 %
S	= 1,2 %
$\text{C}_{\text{ges.}}$	= 85,2 %
H_u	= 6000 kcal
	= 25100 kJ

— Die Verstaubungsverluste an Kohle betrugen 20%.
 — Der gesamte unvergaste Kohlenstoff setzte sich mit SO_2 um.
 — Die Temperatur der flüssigen Produkte lag bei 1200°C , die mittlere Fließbett- sowie Gasaustrittstemperatur aus der Wirbelschicht bei 1400°C . Die Temperatur des Gases nach dem Einschmelzvergaser betrug 1300°C . — Als Verbrennungsmittel im Schmelzbrenner wurde reiner Sauerstoff verwendet. — Der Wirbelschichtkoks wurde mit Heißluft von 500°C vergast. Die Kohle wurde mit einer Korngröße zwischen 3 und 25 mm eingesetzt, wobei durch Variation des Feinstkornanteiles die vollständige Umsetzung des SO_2 sichergestellt wurde. Bei der nachfolgenden Energiebilanz wurde insofern idealisiert, als die endgültige Gaszusammensetzung mit CO , H_2 , N_2 und S_2 angenommen wurde. Die Wärmebilanz wurde für die verschiedenen Stufen durchgerechnet und vor allem im einzelnen für das Schmelzen im Schmelzbrenner und SO_2 -Teilreduktion an der Wirbelbettoberfläche, weiters die Wärmebilanz des Wirbelbettes, die Gasbilanz im Beruhigungsraum, die Gasbilanz nach Umsetzung des Kohlenstaubes und die Wärmebilanz für den Bereich Beruhigungsraum und Konzentratsvorwärmung erstellt. Für diese Betrachtungsweise ergeben sich die nachfolgenden Werte.

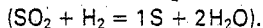
Schmelzen im Brenner und SO_2 -Teilreduktion im Wirbelbett

1000 kg Konzentrat besteht aus 900 kg Kupferkies und 100 kg Gangart.

Aus 900 kg Kupferkies entstehen 387 kg Spürstein (Cu_2S), 432 kg FeS und 81 kg S.

Für die Oxidation des FeS und S_2 werden $222\text{ Nm}^3\text{O}_2$ benötigt, dabei bilden sich 352 kg FeO und $167\text{ Nm}^3\text{SO}_2$. An Zuschlägen werden 428 kg eingesetzt, das ergibt eine Gesamtschlackenmenge von 880 kg.

Das restliche SO_2 wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Wasserstoff zu S und H_2O umsetzen



Die Restgaszusammensetzung lautet:

S_2	CO	H_2	N_2	H_2O
$\text{Nm}^3 83,3$	478,8	62,6	33,6	83,8

Nach Kondensation des Schwefels und des Wasserdampfes lautet die endgültige Gaszusammensetzung:

	CO	H_2	N_2	Σ
Nm^3	478,8	62,6	336	877,4
%	54,6	7,2	38,3	

Der Heizwert des Gases beträgt $1870\text{ kcal/Nm}^3 (= 7835\text{ kJ})$. Das gesamte Restgas hat einen Wärmeinhalt von $1600000\text{ kcal} (= 6700000\text{ kJ})$.

Pro 1000 kg Konzentrat werden im behandelten Fall
 317 kg Kohle ($H_u = 6000 \text{ kcal} = 25\,100 \text{ kJ}$)
 430 kg Zuschläge
 222 $\text{Nm}^3 \text{O}_2$
 426 Nm^3 Heißluft
 benötigt.

Die Gesamtenergiebilanz sieht folgendermaßen aus:

Wärmeeinnahmen:	kcal	kJ
Luftvorwärmung	64 800	271 500
317 kg Kohle $H_u = 6000 \text{ kcal}$ = 25 100 kJ	1 902 000	7 969 400
1 000 kg Konzentrat	1 003 200	4 203 400
Gesamt	2 970 000	12 444 300
Wärmeausgaben:		
Fühlbare Wärme Stein	67 800	248 100
Fühlbare Wärme Schlacke	288 600	1 209 200
Fühlbare Wärme Gas	215 800	904 200
Chemische Wärme Gas	1 600 000	6 704 000
Chemische Wärme im elementaren Schwefel	524 000	2 197 700
Verluste	273 300	1 145 100
Gesamt	2 970 000	12 444 300

Einem Energieeintrag von 7,96 GJ an fossiler Energie steht ein Output an hochwertiger Gaswärme von 1,6 Gcal = 6,7 GJ gegenüber, so daß der einheitliche Energieaufwand pro Tonne Konzentrat ca. 300 000 kcal (= 1 257 000 kJ) beträgt. Dies würde bedeuten, daß auf die Tonne Cu-Metall gerechnet ca. 1 Gcal (= 4,2 GJ) an Brennstoff benötigt wird. Rechnet man den Bedarf für die Sauerstofferzeugung dazu, so werden weitere 400 000 kcal (= 1 676 000 kJ) gebraucht, so daß der Gesamtenergieverbrauch pro Tonne Rohrkupfer zwischen 5 bis 6 GJ liegt.

Beispiel 3

In Fig. 3 ist mit 31 ein Wirbelschichtröstopfen bezeichnet, in den z. B. körniges Erz und Zuschläge eingebracht werden. Im Falle des Vorliegens von rein oxidischen Erzen, wie dies selten der Fall sein wird, genügt es, in diesem Aggregat eine Vorwärmung der zu chargierenden Materialien vorzunehmen. Im Falle von sulfidischen Erzen erfolgt hier eine Oxidation unter Bildung von SO_2 -haltigen Röstgasen, die aus dem Wirbelschichtröstopfen ausgebracht oder aber gemeinsam mit dem Röstkonzentrat über eine Leitung 32 und entsprechende Fördereinrichtungen 33 und 34 in einem Einschmelzvergaser 35 eingetragen werden können. Der Vergaserkopf des Einschmelzvergasers 35 ist mit 37 bezeichnet. Im Einschmelzvergaser 35 wird über eine Leitung 36 Kohle eingebracht, wobei relativ billige Kohle zum Einsatz gelangen kann. Im unteren Bereich des Einschmelzvergasers wird eine stabile Kohlewirbelschicht 38 aufgebaut, wobei Heißluft bzw. Sauerstoff über Düsen 39 in den Einschmelzvergaser eingeblasen werden. Nahe dem Boden des Einschmelzvergasers ist eine Abstichöffnung 40 vorgesehen, über welche Metall und Schlacke abgezogen werden können. Die reduzierenden Reaktorgase des Einschmelzvergasers werden über eine Leitung 41 abgezogen, und es können aus dem Wirbelschichtröstopfen abgezogene schwefeldioxidhaltige Gase in diese Abgasleitung über eine Leitung 42 zugeführt werden. Die Abgase aus dem Einschmelzvergaser haben noch eine hinreichend hohe Temperatur und tragen in der Regel aufgrund des Feinkornanteiles bzw. Staubanteiles aus der Kohlenstoffwirbelschicht auch noch genügende Mengen Kohlenstoffs mit sich, um eine Umsetzung von SO_2 zu elementarem Schwefel zu ermöglichen. Das Reaktorgas wird einem Heißzyklon 43 zugeführt, in welchem es von Feststoffen gereinigt wird, wobei der über die Leitung 44 abgezogene Staub entweder gemeinsam mit der Kohle dem Einschmelzvergaser 35 oder aber dem Röstgut zugemengt werden kann. Das gereinigte Abgas enthält in der Regel Kohlenstoff, Schwefel, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff, COS, CS_2 , H_2S und geringe Mengen an SO_2 . Eine Rückgewinnung von Schwefel aus diesen Gasen ist Kondensation und Behandlung in einer Clauss-Anlage möglich.

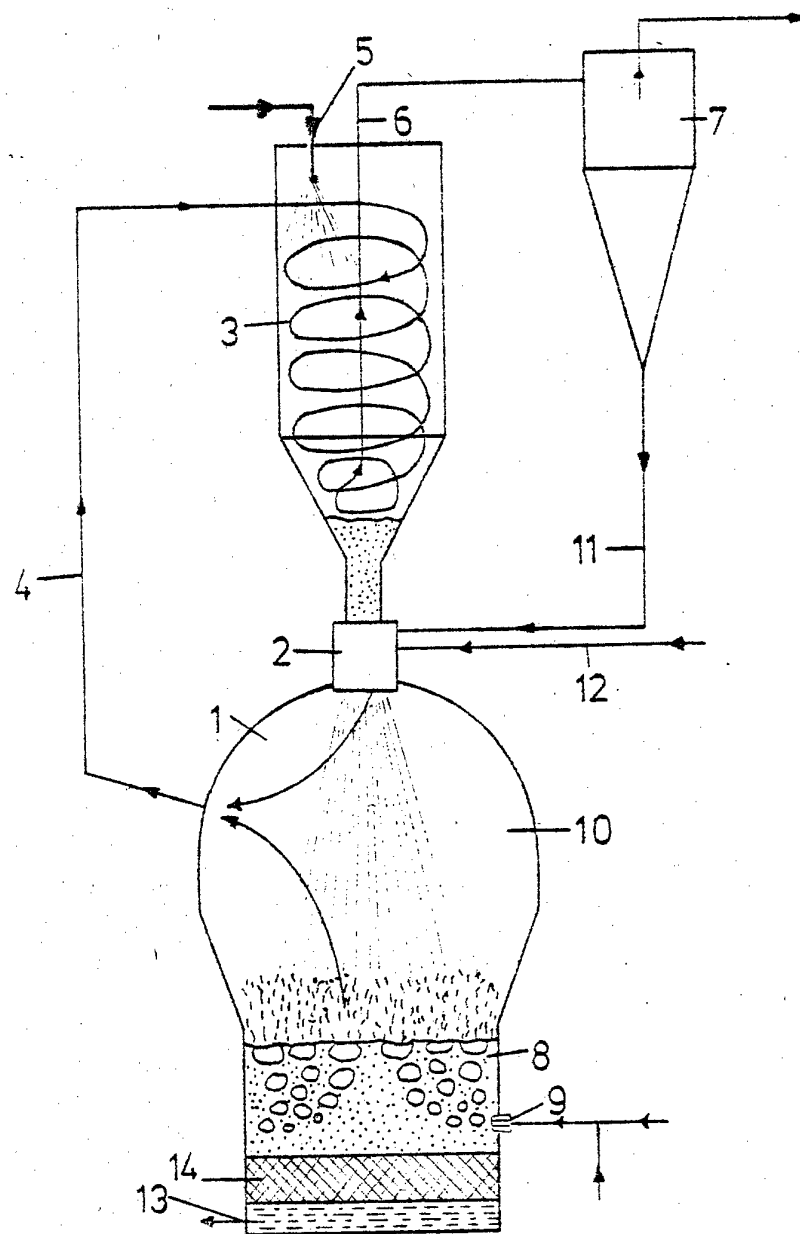


FIG. 1

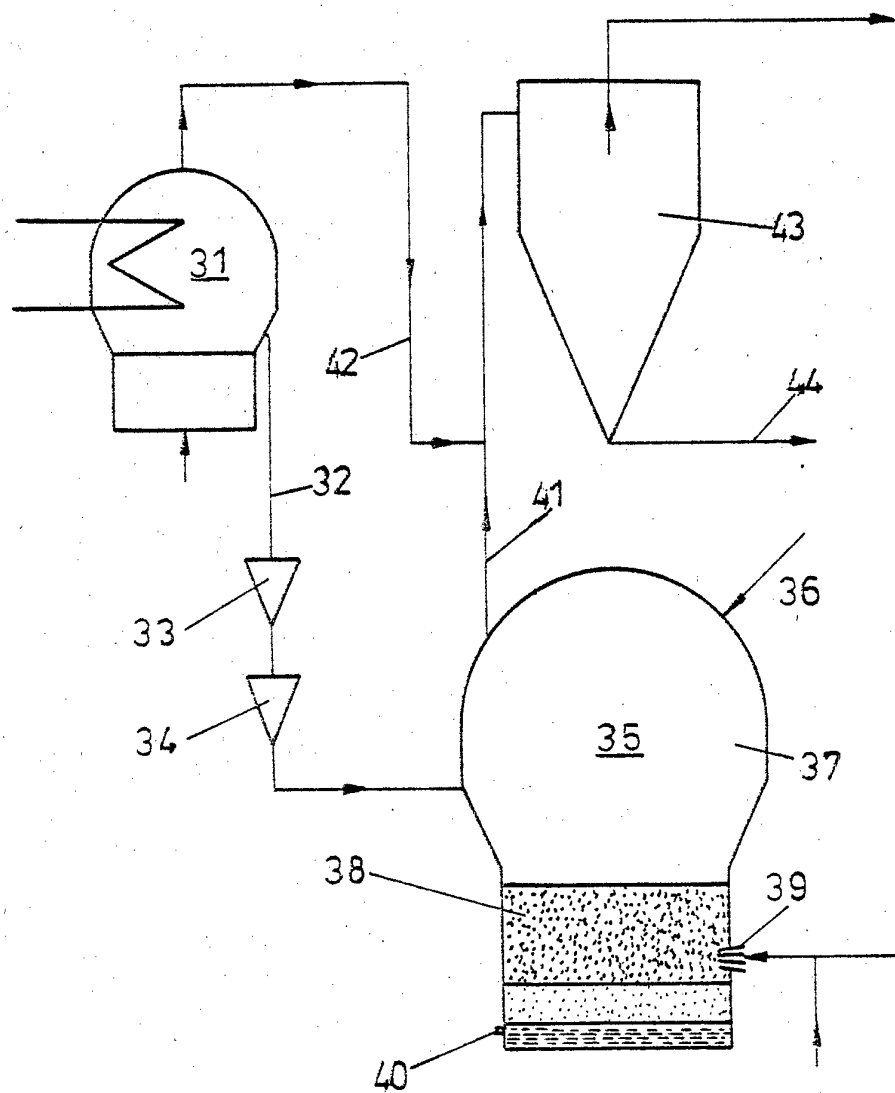


FIG. 3