



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 407 263 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 719/99
(22) Anmeldetag: 22.04.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.06.2000
(45) Ausgabetag: 26.02.2001

(51) Int. Cl.⁷: **C22B 7/04**
C21B 3/04

(73) Patentinhaber:
"HOLDERBANK" FINANCIERE GLARUS AG
CH-8750 GLARUS (CH).

(54) VERFAHREN ZUM AUFARBEITEN VON STAHLSCHLACKEN

AT 407 263 B

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum Aufarbeiten von Stahlschlacken und gegebenenfalls Eisenträgern, wie z.B. Elektroofen-, Konverterschlacken, Stäuben aus der Stahlherstellung, Walzwerkzunder oder sekundärmetallurgischen Rückständen, bei welchen die flüssigen Stahlschlacken bzw. Eisenträger mit Chromerzen oder chrom- und/oder nickelhaltigen Stäuben zur Einstellung einer Schlackenbasizität von 1,2 bis 1,6 versetzt werden, wobei die Badtemperatur auf über 1600° C, insbesondere zwischen 1650° C und 1800° C, gehalten wird und ein kohlenstoffhaltiges Fe-Bad vorgelegt oder ausgebildet wird. Neben umweltverträglicher Schlacke kann eine hochwertige Ferrochromlegierung gewonnen werden, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens verbessert wird.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufarbeiten von Stahlschlacken und gegebenenfalls Eisenträgern, wie z.B. Elektroofen-, Konverterschlacken, Stäuben aus der Stahlherstellung, Walzwerkzunder oder sekundärmetallurgischen Rückständen.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist beispielsweise in der WO 99/14381 A1 beschrieben. Bei diesem bekannten Verfahren wurden Stahlschlacken gemeinsam mit Eisenträgern und insbesondere gemeinsam mit Feinerz über einem Eisenbad reduziert, um auf diese Weise umweltverträgliche Schlacken auszubilden. Zu diesem Zweck wurde unter anderem auch SiO_2 zur Einstellung einer vorteilhaften Schlackenbasizität oder Al_2O_3 zugesetzt, wobei der Zusatz von Eisenträgern, wie beispielsweise von Feinerzen in erster Linie dazu diente, derartige schwer aufzuarbeitende und mit konventionellen Verfahren schwer zu reduzierende Ausgangsstoffe sinnvoll einzusetzen, um die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu verbessern. Bedingt durch die relativ geringe Wärmeleitfähigkeit von Schlacken und eine gegenüber Eisen etwa 1,5 bis 2-fache Wärmekapazität ist für die Wirtschaftlichkeit derartiger Verfahren die erzielbare Wärmeübertragung bzw. der Nachverbrennungsgrad von wesentlicher Bedeutung. In jedem Fall ist aber für eine derartige Aufarbeitung von Stahlschlacken zur Erzielung umweltverträglicher Schlacken mit einem relativ hohen Energieaufwand zu rechnen.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß gleichzeitig mit der Aufarbeitung von Schlacken wertvolle Rohstoffe gewonnen werden, welche die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens trotz erhöhten Energieaufwandes gewährleisten. Zur Lösung dieser Aufgabe besteht das erfindungsgemäße Verfahren im wesentlichen darin, daß die flüssigen Stahlschlacken bzw. Eisenträger mit Chromerzen oder chrom- und/oder nickelhaltigen Stäuben zur Einstellung einer Schlackenbasizität von 1,2 bis 1,6 versetzt werden, wobei die Badtemperatur auf über 1600°C , insbesondere zwischen 1650°C und 1800°C , gehalten wird und ein kohlenstoffhaltiges Fe-Bad vorgelegt oder ausgebildet wird und daß die Schlacke und die gebildete Ferrochromlegierung gesondert abgestochen werden. Dadurch, daß Chromerze oder chrom- und/oder nickelhaltige Stäube eingesetzt werden, besteht zwar prinzipiell die Gefahr eines überhöhten Chromoxidgehaltes in der Schlacke, welcher die Umweltverträglichkeit der auf diese Weise aufgearbeiteten Stahlschlacken wiederum ernsthaft in Frage stellen könnte. Dadurch, daß aber nun bei Badtemperaturen von über 1600°C gearbeitet wird, gelingt es überraschenderweise Schlackenendchromgehalte von weit unter 500 ppm zu erreichen und gleichzeitig Chrom aus derartigen Chromerzen nahezu quantitativ in das zur Reduktion eingesetzte Eisenbad überzuführen. Die Aktivität des Chroms im Eisenbad wird durch Chromcarbidbildung entscheidend herabgesetzt, wofür entsprechend kohlenstoffhaltiges Eisenbad vorgelegt oder ausgebildet sein muß. Der Kohlenstoffgehalt des Eisenbades soll hierbei in aller Regel über 3 Gew.% C gehalten werden, um sicherzustellen, daß die gewünschte Chromcarbidbildung erfolgt, sodaß keine Rückverschlackung des reduzierten Chromoxides stattfindet. Endchromkonzentrationen eines derartig vorgelegten kohlenstoffhaltigen Eisenbades können bis zu 60 Gew.% Chrom betragen, sodaß ein hochwertiger Metallregulus in Form von sogenannten Ferro-Chrom-Carbure, in welchem der Kohlenstoffanteil bis zu 9 Gew.% betragen kann. Trotz des geforderten hohen Temperaturniveaus ist die Wirtschaftlichkeit einer derartigen Verfahrensweise aufgrund der Hochwertigkeit des Metallregulus gewährleistet, wobei die auf diese Weise gebildete Vorlegierung, welche im Edelstahlwerk eingesetzt werden kann, die Gesamtenergiekosten und Produktionskosten der entsprechend umweltverträglicher gewordenen Schlacken deckt.

Für das erfindungsgemäße Verfahren wesentlich ist das hohe Temperaturniveau von über 1600°C , welches nur durch entsprechende Nachverbrennung gewährleistet werden kann. Weiters muß ein entsprechend rascher Stoffaustausch gewährleistet werden. Diese Bedingungen können in vorteilhafter Weise dadurch eingehalten werden, daß die Chromerze oder chrom- und/oder nickelhaltigen Stäube über eine Heißwindlanze mit Korngrößen von unter 4 mm, vorzugsweise 0,5 bis 2 mm, auf das Bad aufgeblasen werden. Durch das Einblasen der Chromerze mit derartiger Körnung mit einem Strahl entsprechender Geschwindigkeit können hohe Turbulenzen ausgebildet werden, wodurch das Bad einer intensiven Rührwirkung ausgesetzt wird. Die aufgrund der Körnung gegebene große relative Oberfläche und die großen Scherkräfte zwischen den einzelnen Phasen und im besonderen, zwischen der Gasphase, den Chromerzen, der Schlackenschmelze und der Metallschmelze führen zu entsprechend hohen Energie- und Stoffaustauschraten. Das geforderte Temperaturniveau kann in einfacher Weise dadurch sichergestellt werden, daß

Heißwind mit Temperaturen zwischen 1200° und 1600° C eingesetzt wird.

Um eine entsprechende Nachverbrennung sicherzustellen, ist mit Vorteil der Heißwind auf einen Sauerstoffgehalt von 25 bis 40 Gew.% mit Sauerstoff angereichert, wobei ein frühzeitiges Ansteifen der Schlacke durch den fortschreitenden Reduktionsvorgang in vorteilhafter Weise durch Vermischen der Stahlschlacken mit dem Chromerz in einem eigenen Mischgefäß erfolgen kann. In einem derartigen Mischgefäß kann die entsprechende Basizität und die Mischschlackentemperatur eingestellt werden, wobei die Schlackenmischung beispielsweise mit Temperaturen von etwa 1750° C abgestochen und dem nachfolgenden Reduktionsaggregat zugeführt werden kann. Bei derartig hohen Schlackeneingangstemperaturen im Reduktionskonverter kann sogar auf Sauerstoffanreicherung des Heißluftstrahles verzichtet werden.

Mit Vorteil wird hier so vorgegangen, daß die flüssige Stahlschlacke und die Chromerze in einer Schlackenpfanne gemischt und insbesondere unter Verwendung von Graphitelektroden elektrisch beheizt werden und mit Temperaturen von über 1700° C, vorzugsweise über 1750° C, auf das Eisenbad aufgebracht werden, worauf das Eisenbad aufgekühlt und Heißwind aufgeblasen wird. Das Eisenbad soll hier zur Verringerung der Anfangsreduktionsgeschwindigkeit niedriggeköhlt bzw. mit Heißwind gefrischt vorliegen, wobei gleichzeitig hohe Badtemperaturen sichergestellt werden. Ausgehend von C-Gehalten von beispielsweise 0,8 - 1,5 Gew.% C im Fe-Bad wird der für die quantitative Abtrennung von Cr erforderliche C-Gehalt erst in der Folge durch Aufkühlung des Bades eingestellt.

Zur Erzielung besonders hoher Umweltverträglichkeit der behandelten Stahlschlacke wird mit Vorteil die Basizität auf 1,4 bis 1,55 eingestellt.

Eine entsprechend sichere Durchmischung des Bades gelingt in besonders einfacher Weise dadurch, daß der Heißwind mit den Chromerzen bzw. chrom- und/oder nickelhaltigen Stäuben mit Strahlgeschwindigkeiten von über 500 m/sec, insbesondere 700 m/sec, auf das Bad gerichtet wird.

Als Stahlschlacken kommen in Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt Edelstahlschlacken zum Einsatz, wobei jedoch auch LD-, OBM-, Elektroofenschlacken sowie sekundärmetallurgische Rückstände als Einsatzmaterial in Frage kommen. Chromerze können wenigstens teilweise durch Hochchrom- und nickelbelastete Stäube ersetzt werden, wobei in jedem Fall der Phosphoreintrag minimiert werden muß.

Insgesamt hat das erfindungsgemäße Verfahren, bei welchem Kohlenstoffgehalte bis zu 9 Gew.% im Bad erzielt werden können, den Vorteil, daß eine Rückverschlackung von Chrom in die Schlacke weitestgehend ausgeschlossen werden kann, wobei bei Temperaturen von 1650° C Restchromoxidgehalte in der Schlacke von unter 360 ppm beobachtet wurden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Stahlschlacke der nachfolgenden Zusammensetzung

Stahlschlacke	
Komponente	Anteil (%)
CaO	52
SiO ₂	31
Al ₂ O ₃	3
FeO	4,5
Cr ₂ O ₃	9
CaO/SiO ₂ = 1,67	

wurde mit Chromerz der nachfolgenden Zusammensetzung

Chromerz (Transwaal)	
Komponente	Anteil (%)
Cr ₂ O ₃	44,4
FeO	25,05
SiO ₂	8,2

Chromerz (Transvaal)	
Komponente	Anteil (%)
MgO	5,3
Al ₂ O ₃	16,62

solange versetzt, bis eine Zielbasizität von ungefähr 1,5 erreicht wurde. Chromerze sind in der Regel sauer, sodaß durch den Zusatz von Chromerzen die entsprechende Basizität eingestellt werden kann.

Das Chromerz wurde über eine Heißgaslanze auf die Schmelze aufgeblasen, wobei als geschwindigkeitsbestimmender Schritt die Erzförderate ermittelt wurde. Die Reduktion selbst verlief innerhalb von Sekunden und war lediglich abhängig von der Auflösekinetik und damit von der Körnung der Chromerze. Es wurde Chromerz mit einer Körnung von 0,5 bis 2 mm eingesetzt, wobei zur Erzielung der Zielbasizität von etwa 1,5 (CaO/SiO₂), 1 Gew.Teil Stahlschlacke mit 0,442 Gew.Teilen Chromerz beschossen wurde. Die erzielte Mischschlacke setzte sich aus 69,35 Gew.% Stahlschlacke und 30,65 Gew.% Chromerz zusammen und hatte die nachfolgende Zusammensetzung

Mischschlacke	
Komponente	Anteil (%)
CaO	36
SiO ₂	24
Al ₂ O ₃	7,2
FeO	10,8
Cr ₂ O ₃	19,85
MgO	1,63
CaO/SiO ₂ = 1,5	

Diese Mischschlacke wurde fortlaufend auf ein kohlenstoffhaltiges Eisenbad gebracht und reduziert, worauf in der Folge eine Schlacke der nachfolgenden Zusammensetzung

Komponente	Anteil (%)
CaO	52,3
SiO ₂	34,8
Al ₂ O ₃	10,5
MgO	2,4

erzielt wurde. Aus 1 t Mischschlacke entstanden 0,688 t einer derartigen Zielschlacke. Gleichzeitig wurde ein hochwertiger Metallregulus mit der nachfolgenden Zusammensetzung

Fe	35 %
Cr	55 %
C	8 %

gebildet. Derartiges Ferro-Chrom-Carbure konnte in der Folge direkt als Vorlegierung im Edelstahlwerk eingesetzt werden.

Zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Behandlungstemperatur der Schlacke mit über 1600° C hatte sich als vorteilhaft herausgestellt, zum Heißwindstrahl Kohlestaub und Kohle zuzugeben. Die Energiebilanz kann auf diese Weise durch sehr billige thermische Kohle, aber auch durch Zugabe von Schweröl oder Erdgas ökonomisch verbessert werden.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Aufarbeiten von Stahlschlacken und gegebenenfalls Eisenträgern, wie z.B. Elektroofen-, Konverterschlacken, Stäuben aus der Stahlherstellung, Walzwerkzunder oder sekundärmetallurgischen Rückständen, dadurch gekennzeichnet, daß die flüssigen Stahlschlacken bzw. Eisenträger mit Chromerzen oder chrom- und/oder nickelhaltigen Stäuben zur Einstellung einer Schlackenbasizität von 1,2 bis 1,6 versetzt werden, wobei die Badtemperatur auf über 1600° C, insbesondere zwischen 1650° C und 1800° C, gehalten wird und ein kohlenstoffhaltiges Fe-Bad vorgelegt oder ausgebildet wird und daß die Schlacke und die gebildete Ferrochromlegierung gesondert abgestochen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Chromerze oder chrom- und/oder nickelhaltigen Stäube über eine Heißwindlanze mit Korngrößen von unter 4 mm, vorzugsweise 0,5 bis 2 mm, auf das Bad aufgeblasen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Heißwind mit Temperaturen zwischen 1200° und 1600° C eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Heißwind auf einen Sauerstoffgehalt von 25 bis 40 Gew.% mit Sauerstoff angereichert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Basizität auf 1,4 bis 1,55 eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Heißwind mit den Chromerzen bzw. chrom- und/oder nickelhaltigen Stäuben mit Strahlgeschwindigkeiten von über 500 m/sec, insbesondere 700 m/sec, auf das Bad gerichtet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der C-Gehalt des Fe-Bades auf über 3 Gew.% C gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die flüssige Stahlschlacke und die Chromerze in einer Schlackenpfanne gemischt und insbesondere unter Verwendung von Graphitelektroden elektrisch beheizt werden und mit Temperaturen von über 1700° C, vorzugsweise über 1750° C, auf das Eisenbad aufgebracht werden, worauf das Eisenbad aufgekühlt und Heißwind aufgeblasen wird.

KEINE ZEICHNUNG