

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer:	A 9107/2004	(51) Int. Cl. ⁸ :	C22C 38/00	(2006.01)
(86) PCT-Anmeldenummer	PCT/RU2004/000099		C22C 33/00	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	16.03.2004		C22C 1/02	(2006.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.03.2010		C21C 5/28	(2006.01)

(30) Priorität:
20.03.2003 RU 2003107578 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
RU 2212453C1 US 5401464A1
US 5085691A1 US 4731112A1
US 4662937A1 JP 57-149413A

(73) Patentinhaber:
OBSHESTVO S OGRANICHENNOI
OTVETSTVENNOSTYU
"ISSEDOVATELSKO-TEKHOLOGICHESK
Y TSENTR "AUSFERR"
455023 MAGNITOGORSK (RU)

(54) VERFAHREN ZUR DIREKTEN STAHLLEGIERUNG

(57) Erfindungsgemäß wird im Verfahren zur direkten Stahllegierung umfassend das Metallschmelzen in einer Stahlschmelzanlage, Stahllegieren mit Mangan durch die Reduktion desselben aus Oxiden bei der Zufuhr des Manganoxide enthaltenden Materials zusammen mit einem Reduktionsmittel sowie bei der Wechselwirkung derselben, die Manganreduktion aus Oxiden mit der Reduktion anderer Legierungselemente aus einem auf die Oberfläche des flüssigen Metalls zugeführten Material durchgeführt, wobei das zugeführte Material nichtmetallische Verbindungen dieser Elemente enthält, und/oder mit der Reduktion von Mangan aus zusätzlich zugeführten Material, das andere nichtmetallische Verbindungen von Mangan enthält, wobei mit der Einführung von Reduktionsmittel erst dann begonnen wird, wenn die Schichthöhe des zugeführten Materials den 0,1- bis 0,15-fachen Wert von der Gesamthöhe der Schicht erreicht, wobei die Temperatur des Reduktionsprozesses so gehalten wird, dass sie der Schmelztemperatur der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel gleich ist, wobei der ständige Kontakt des geschmolzenen Teils vom Reduktionsmittel und des geschmolzenen Teils der zugeführten nichtmetallischen Verbindungen des Legierungselemente enthaltenden Materials sichergestellt wird und wobei Reduktionsmittel in einer Menge zugeführt wird, die den erforderlichen

Wärmegehalt der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel sicherstellt.

Beschreibung

VERFAHREN ZUR DIREKTEN STAHLLEGIERUNG

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Eisenmetallurgie und findet Verwendung bei der Stahlerzeugung unter Ausnutzung des Verfahrens des direkten Legierens.

[0002] In der Praxis überwiegen zur Zeit Tendenzen, die auf die Verbesserung der Stahlgüte gerichtet sind, insbesondere auf die Stahlerzeugung mit einem niedrigen und extrem niedrigen Gehalt an Kohlenstoff, Gasen und schädlichen Beimengungen, was die bekannten Technologien der Verhüttung, vorzugsweise der Stahlbehandlung außerhalb des Ofens - in Hinblick auf die Nachbehandlung des Stahls unter Erreichung der notwendigen Parameter vor dem Gießen desselben - verbessert. In diesem Zusammenhang werden hohe Anforderungen an die chemische Zusammensetzung des Stahls unter gleichzeitiger Einengung der Grenzwerte eines jeden Elementes gestellt. Deshalb gewinnen die Methoden und die technologischen Verfahrensweisen eine besondere Bedeutung, welche einen kontrollierbaren Aufnahmegrad der Legierungszusätze und Modifizierungsmittel durch den Stahl sich erstellen.

[0003] Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass in der bekannten Praxis der Stahlschmelzproduktion in den Stahlschmelzanlagen ein kohlenstoffarmes Produkt unabhängig von der zu erzeugenden Stahlmarke geschmolzen wird, das danach zwecks Erzielung der erforderlichen Parameter in den Stahlnachbehandlungsanlagen nachbehandelt wird, entsteht die Notwendigkeit, das niederkohlenstoffhaltige Zwischenprodukt vor seiner Legierung zu desoxydieren. Dabei nimmt das Metall unvermeidlich nichtmetallische Einschlüsse, oxydische Produkte aus der Desoxydationsreaktion auf, deren Modifizierung bzw. Entfernung die Durchführung zusätzlicher Maßnahmen verursacht, welche mit Energieaufwand und Materialverbrauch verknüpft sind. Bei der nachfolgenden Behandlung außerhalb des Ofens wird die Stahllegierung ebenso durch die Bildung einer gewissen Menge an nichtmetallischen Einschlüssen verunreinigt. Die Anwendung von Materialien, die keine nichtmetallischen Einschlüsse bilden, beispielsweise von Koks oder Kohle, ohne Vordesoxydation des Stahls ist mit den großen Wärmeverlusten verbunden, deren Ausgleich eine Überhitzung des kohlenstoffhaltigen Zwischenprodukts vor dem Abstich erfordert, was unnötige Kosten und eine Verschlechterung der Stahlgüte mit sich bringt.

[0004] Aus dem Dokument SU 1044641 ist ein Verfahren zum Stahllegieren durch Mangan bekannt, das eine Metallherstellung durch Schmelzen in einer Stahlschmelzanlage, Abstich des Metalls in die Gießpfanne, Zuführung der Legierungszusätze sowie Durchspülen mit einem inerten Gas umfasst, wobei man nach dem Abstich des Metalls in die Gießpfanne auf die Oberfläche der Schmelze eine manganhaltige Schlacke mit einem geringen Phosphorgehalt aus der Ferrolegierungsproduktion, ein Reduktionsmittel und den Kalk in einer Menge zuführt, die eine Schlackenbasizität im Bereich von 2,0 bis 3,5 sicherstellt, sowie der Oberfläche des schmelzflüssigen Bades den Sauerstoff im Laufe von 3 bis 30 Sek. zusätzlich zuführt.

[0005] Mit diesem Verfahrens scheint es unmöglich, Stahl in einer guten Qualität herzustellen, weil eine gemeinsame Zuführung eines oxydischen Materials, welches ein Legierungselement (Mangan), ein Reduktionsmittel und den Kalk enthält, in die Stahlgießpfanne auf die Oberfläche eines kohlenstoffhaltigen Zwischenproduktes nach seinem Abstich aus der Stahlschmelzanlage und das anschließende Sauerstoffblasen die Steuerung des Legierungsprozesses des Stahls durch Mangan erschwert. Dies ist der Sicherstellung einer hochgradigen Manganaufnahme durch den Stahl hinderlich. Zudem ist ein hoher Grad an Desulfurierung nicht sichergestellt.

[0006] Die Verminderung des Schwefelgehaltes im Stahl wird bei der Behandlung mit den desulfierenden Materialien nach einer vorläufigen tiefen Metalldesoxydation erreicht. Hierbei ist maximaler Kontakt zwischen den desulfierenden Materialien und dem Metall erforderlich, was beispielsweise durch ein intensives Durchrühren derselben erzielt wird.

[0007] In dem bekannten Verfahren stellt die nach der direkten Stahllegierung durch Mangan entstehende hochbasische Schlacke infolge des Nichtvorhandenseins eines intensiven Durchrührens eine tiefe Desulfurierung des Stahls nicht sicher, obwohl diese Schlacke auch eine be-

stimmte sulfidische Kapazität aufweist.

[0008] Aus diesem Grunde ist es schwierig, bei der Verwendung des bekannten Verfahrens einen niedrigen Schwefelgehalt im Stahl zu erzielen.

[0009] Die Zufuhr von Sauerstoff auf die Metalloberfläche führt zur Erhöhung des Gehaltes von Sauerstoff im Metall bei der Durchführung einer direkten Stahllegierung durch Mangan, was den Verbrauch eines Reduktionsmittels erhöht, die Manganaufnahme durch das flüssige Metall reduziert, die Bedingungen der Desulfurierung verschlechtert sowie den Verschmutzungsgrad des Stahls mit oxidischen und sulfidischen nichtmetallischen Einschlüssen erhöht. D.h. die Stahlqualität verschlechtert sich durch diesen Prozess.

[0010] Eine gemeinsame Zufuhr der Materialien in die Stahlgießpfanne nach der Beendigung des Abstiches eines kohlenstoffhaltigen Zwischenproduktes bringt eine Verminderung der Extrahierbarkeit des Legierungselementes Mangan mit sich, was zusammen mit der Unmöglichkeit der Steuerung der Geschwindigkeit des Legierungsprozesses zur Verschlechterung der Stahlqualität führt.

[0011] Bei der Stahlherstellung nach dem bekannten Verfahren wird die Leistung der Stahlschmelzanlage im Vergleich mit der Stahllegierung durch die Ferrolegierungen reduziert, denn die Zufuhr aller Materialien in die Stahlgießpfanne erfolgt nach der Beendigung des Abstiches eines kohlenstoffhaltigen Zwischenproduktes, was eine Verlängerung des Legierungsprozesses wegen des Verbrauchs der Zeit für die Schmelzung der eingebrachten Materialien zur Folge hat.

[0012] Mangan ist in der einen geringen Phosphorgehalt aufweisenden manganhaltigen Schlacke aus der Ferrolegierungsproduktion in Form einer chemisch festen Verbindung MnSiO_3 anwesend. Bei der Zufuhr einer Kalkmenge, welche die Schlackenbasizität von 2,0 bis 3,5 sicherstellt, in eine Stahlgießpfanne samt der einen geringen Phosphorgehalt aufweisenden, manganhaltigen Schlacke vor dem Beginn des Manganreduktion, bilden sich in der Schlacke neben den Kalziumsilikaten feste Verbindungen mit einer hohen Schmelztemperatur von über 1400°C , sowie freier Kalk. Obwohl die Anwesenheit des Kalkes eine Zerstörung der chemischen Bindungen im Mangansilikat bei der Reduktion desselben durch Silizium fördert, bilden sich in der Schlacke schwerschmelzbare Kalziumsilikate Ca_2SiO_4 und Ca_3SiO_5 , durch die eine hohe Schmelztemperatur der Schlacke bedingt wird, was zur Erhöhung der Viskosität derselben, zur Verminderung des Grades der Extrahierbarkeit von Mangan, zur Erhöhung des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen und zur Verschlechterung der Stahlqualität führt.

[0013] Darüber hinaus ist das in dem bekannten Verfahren eingesetzte oxidische Material, das das Legierungsmaterial Mangan enthält, kostspielig und energieintensiv, weil für dessen Herstellung eine große Mengen elektrischer Energie aufwendet werden muss.

[0014] Weiterhin ist aus dem Dokument RU 2096491 ein Verfahren zur Stahlproduktion bekannt, das die Metallerzeugung in einer Stahlschmelzanlage, Desoxydieren, Legieren, Erzeugung der Metallschmelze, welche die Reduktionsmittel Silizium und Aluminium enthält, Einführen eines Oxidgemisches in die Metallschmelze, welches Mangan- und Kalziumoxide in einem Verhältnis von $\text{CaO}/\text{Mn}_x\text{O}_y=0,6-1,2$ enthält und Behandlung der Metallschmelze in der Stahlgießpfanne. Die bei der Manganreduktion durch die im Metall gelösten Elemente Silizium und Aluminium entstehende Schlacke weist eine Basizität von $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0,7-1,8$ auf, wobei zusammen mit dem Oxidgemisch in die Metallschmelze zusätzlich ein Silizium enthaltendes Reduktionsmittel eingeführt wird.

[0015] Die vorläufige Desoxydation und Legierung des Metalls erfolgen in dem bekannten Verfahren in einer Stahlschmelzanlage in Anwesenheit einer oxidierenden Schlacke und bei einer hohen Metalloxydierung. Das führt nicht nur zum Mehrverbrauch der Desoxydations- und Legierungsmittel, welche sich in der Schlacke mit Eisenoxiden umsetzen, sondern auch zu einer erhöhten Verunreinigung des Metalls mit schwer entfernbaren nichtmetallischen Einschlüssen wie Silikaten, Aluminaten und Sulfiden von Mangan und Eisen. Eine weitere Metallbehandlung in der Stahlgießpfanne wird gemäß dem bekannten Verfahren durch die Reduktion

von Mangan aus seinen Oxiden bei der Einführung eines Silizium enthaltenden Reduktionsmittels in die Pflanne, beispielsweise von Ferrosilizium, durchgeführt. Der Prozess der Manganreduktion ist durch Diffusion geregelt, was unvermeidlich zusätzlich Zeit für den Ablauf braucht. Darüber hinaus wird die in der Stahlschmelzanlage vorher gebildete Menge an Silikaten, Aluminaten und Sulfiden durch die sich als Folge der Reduktion von Mangan erneut bildenden Silikate weiter erhöht. Im Falle, dass keine Mittel für die Globulisierung der Einschlüsse vorhanden sind, sowie bei Vorhandensein von auf der Metalloberfläche entstandenen hoch siliziumdioxidhaltigen Schlacke, wird durch das bekannte Verfahren die Entfernung von nichtmetallischen Einschlüssen aus dem Metallvolumen in die Schlacke nicht sichergestellt, was eine Erhöhung der Metallverunreinigung mit Oxid- und Sulfideinschlüssen sowie eine Verschlechterung der Stahlqualität mit sich bringt.

[0016] In dem vorbekannten Verfahren bildet sich ein ungünstiges Verhältnis für die Manganreduktion heraus, weil die Zufuhr eines Oxidgemisches in das flüssige Metall, in dem das Ballastzusatzmittel (CaO) von 1/2 bis 2/3 von der Gesamtmenge des Gemisches beträgt, zur Verschlechterung der Bedingungen des Schmelzens desselben beiträgt, was zu einer Verlängerung der benötigten Zeit und zu einer Erhöhung des Wärmeverbrauchs für das Schmelzen des Gemischs führt, was bei der Ausnutzung des zusammen mit dem oxidischen Gemisch zuzuführenden Materials mit der beispielsweise im Vergleich mit Aluminium niedrigeren Wirksamkeit einhergeht, was bei Silizium als Reduktionsmittel besonders wichtig ist. Die Verwendung des Silizium enthaltenden Reduktionsmittels ist mit der Möglichkeit der lokalen Überhitzungen des Gemisches mit dem Reduktionsmittel und in Folge dessen mit dessen Aufschwimmen auf die Oberfläche der Schlackenschmelze sowie mit der intensiven Wechselwirkung mit dem Luftsauerstoff verbunden. Ungeachtet dessen, dass die Verluste des Silizium enthaltenden Reduktionsmittels in der Gasphase geringfügig sind, verschlechtern die im Laufe der Reduktionsreaktion von Mangan entstehenden Siliziumoxide die thermodynamischen Bedingungen der Manganreduktion, was zu einem erhöhten Verbrauch der kalziumhaltigen Oxide bzw. des Kalkes und zu einer Erhöhung des Energieverbrauches für das Vorwärmen des Oxidgemisches führt. Der Wärmegehalt des Oxidgemisches stellt dabei sogar in der Gesamtheit mit Aluminium und Silizium, die dem flüssigen Metall vorläufig zugesetzt wurden, den spontanen Verlauf des Reduktionsprozesses nicht sicher, und der in Form der chemischen Wärme kompensierende zusätzliche Verbrauch des siliziumhaltigen Reduktionsmittels führt zur Verschlechterung der Kennwerte der Manganreduktion als Folge der Erhöhung des SiO_2 -Gehaltes in der Schlacke.

[0017] Der Erfindung wurde die Aufgabe der Vervollkommnung des Verfahrens zur direkten Stahllegierung durch die Optimierung des technologischen Prozesses zugrunde gelegt. Das zu erwartende technische Resultat ist die Schaffung von günstigen physikalisch-chemischen Bedingungen und Temperaturbedingungen, welche den synchronen Verlauf des Schmelzprozesses der zugeführten Materialien und des Reduktionsprozesses sicherstellen, was zur Erhöhung der Aufnahme der Legierungselemente durch das Metall, zur Verminderung der Stahlverunreinigung mit den nichtmetallischen Einschlüssen sowie zur Erhöhung der Stahlgüte führt.

[0018] Das technische Resultat wird dadurch erzielt, dass im Verfahren zur direkten Stahllegierung umfassend das Metallschmelzen in einer Stahlschmelzanlage, Stahllegieren mit Mangan durch die Reduktion desselben aus Oxiden bei der Zufuhr des Manganoxide enthaltenden Materials zusammen mit einem Reduktionsmittel sowie bei der Wechselwirkung derselben, erfindungsgemäß die Manganreduktion aus Oxiden mit der Reduktion anderer Legierungselemente aus einem auf die Oberfläche des flüssigen Metalls zugeführten Material durchgeführt wird, wobei das zugeführte Material nichtmetallische Verbindungen dieser Elemente enthält, und/oder mit der Reduktion von Mangan aus zusätzlich zugeführten Material, das andere nichtmetallische Verbindungen von Mangan enthält, wobei mit der Einführung von Reduktionsmittel erst dann begonnen wird, wenn die Schichthöhe des zugeführten Materials den 0,1- bis 0,15-fachen Wert von der Gesamthöhe der Schicht erreicht, wobei die Temperatur des Reduktionsprozesses so gehalten wird, dass sie der Schmelztemperatur der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel gleich ist, wobei der ständige Kontakt des geschmolzenen Teils vom Reduktionsmittel und des geschmolzenen Teils der zugeführten nichtmetalli-

schen Verbindungen des Legierungselemente enthaltenden Materials sichergestellt wird und wobei Reduktionsmittel in einer Menge zugeführt wird, die den erforderlichen Wärmegehalt der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel sicherstellt.

[0019] Es ist zweckmäßig, als Material, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, Oxide und Karbonate der Legierungselemente oder deren Kombinationen einzusetzen.

[0020] Es ist zweckmäßig, als Reduktionsmittel ein aluminiumhaltiges, siliziumhaltiges oder kohlenstoffhaltiges Material bzw. ein Material einzusetzen, das ein Element aus der Gruppe der Erdalkalimetalle oder deren Kombinationen enthält.

[0021] Es ist zweckmäßig, die Zufuhr des Materials, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, ununterbrochen oder portionsweise in einer Portionsgröße von mindestens 0,1 vom Gesamtverbrauch durchzuführen.

[0022] Es ist zweckmäßig, bei der Durchführung des Prozesses der direkten Stahllegierung in einer Stahlschmelzanlage diese zusätzlich mit den Schlackenbildnern zu beschicken, und das als Reduktionsmittel einzusetzende kohlenstoffhaltige Material in einer derartigen Menge zuzuführen, dass das Verhältnis zwischen dem Material, welches nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, zu den Schlackenbildnern und zu dem kohlenstoffhaltigen Material 1:(0,18-0,20):(0,10-0,12) beträgt, und zwar jeweils nach Erreichen der Temperatur des flüssigen Metalls, die die Abstichtemperatur um einen Betrag übersteigt, der aus dem Ausdruck $\Delta t = 33 [\text{Mn}]$ bestimmt wird, wobei Δt der Wert ist, um welchen die Abstichtemperatur überstiegen wird, in °C ist und [Mn] die Menge von reduzierten Mangan in Masse-% bedeutet, wobei 33 ein empirischer Koeffizient ist und wobei die Zuführung des kohlenstoffhaltigen Materials erst nach Entfernung der Oxydationsschlacke aus der Stahlschmelzanlage erfolgt.

[0023] Es ist zweckmäßig, bei der Stahllegierung in der Stahlschmelzanlage das Material, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, die Schlackenbildner und das kohlenstoffhaltige Material portionsweise zuzuführen, wobei die Masse einer jeden Portion, welche aus allen zuzuführenden Materialien besteht, das 0,01- bis 0,02-fache der Masse des flüssigen Metalls beträgt.

[0024] Es ist zweckmäßig, bei der Durchführung der direkten Stahllegierung in der Stahlgießpfanne der Stahlschmelzanlage zusätzlich mit einem kohlenstoffhaltigen Material zu beschicken, als Reduktionsmittel Aluminium einzusetzen und im Laufe des Legierungsprozesses zusätzlich Schlackenbildner in Form vom Kalk zuzuführen, beim folgenden Verhältnis der Komponenten in %: Materialien, die die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthalten: 56-65; Aluminium: 12-16; das kohlenstoffhaltige Material: 5-7; Kalk: Restmenge.

[0025] Es ist zweckmäßig, bei der Stahllegierung durch Chrom in der Stahlgießpfanne der Stahlschmelzanlage als nichtmetallische Verbindungen der anderen Elemente Chromoxide einzusetzen, welche in die Pfanne während des Abstichprozesses des flüssigen Metalls gebracht werden sollen, wobei zwecks Vergrößerung des Mangan- und Chromgehaltes im fertigen Stahl pro jedes 0,1% Chromoxide in einer Menge zugeführt werden müssen, die aus dem Verhältnis zwischen dem Mangangehalt und dem Chromgehalt in dem nichtmetallischen Verbindungen dieser Elemente enthaltenden Material gewählt ist, welches gleich 1,1 bis 1,2 ist; Aluminium, das als Reduktionsmittel eingeführt wird, ist zweckmäßigerweise zusammen mit Kalziumkarbid in einem Verhältnis von 1: (2,9-3,2) zuzuführen.

[0026] Es ist zweckmäßig, bei der Stahllegierung durch Chrom in der Stahlgießpfanne der Stahlschmelzanlage als Material, das Chromoxide enthält, die Konverterschlacke aus der Produktion von mittelkohlenstoffhaltigem Ferrochrom einzusetzen.

[0027] Dem vorgeschlagenen Verfahren wurde die Idee zugrunde gelegt, dass die Absenkung der Temperatur in der Reaktionszone zur Erhöhung der Gleichgewichtskonstante der Reaktion beiträgt und sich dadurch die Vollständigkeit ihres Ablaufes erhöht, wofür in dem erfindungsgemäßen Verfahren die nachfolgenden Bedingungen eingestellt sind:

[0028] Die minimale Temperatur des Prozesses der direkten Legierung in der Zone der Reduktionsreaktion der Legierungselemente bei einer minimalen Viskosität der entstehenden Schlacke mit ihrer hohen Sorptionsfähigkeit in Bezug auf die oxidischen Produkte der Reduktionsreaktion bzw. Oxide der wirksamen Elemente, die ein Bestandteil des Reduktionsmittels sind.

[0029] Die ständige Anwesenheit der Ausgangskomponenten der Reaktion in der Reaktionszone im Laufe des ganzen Prozesses der Reduktion, also des Materials, welches ein Manganoxid und nichtmetallische Verbindungen der anderen Legierungselemente und/oder die anderen nichtmetallischen Verbindungen von Mangan und Reduktionsmittel umfasst.

[0030] Die wirksame Abfuhr der Reaktionsprodukte aus der Reaktionszone, also des reduzierten Legierungselementes ins Metallvolumen sowie die der sich bildenden Oxide der wirksamen Reduktionselemente in die Schlackenphase.

[0031] Da die Legierungselemente im flüssigen Eisen lösbar sind, beispielsweise ist Mangan im flüssigen Eisen unbegrenzt lösbar, erfolgt die Aufnahme der reduzierbaren Manganmikroteilchen durch das flüssige Eisen augenblicklich, und die Konvektionsströme, die im Volumen des flüssigen Metalls immer anwesend sind, bringen die mit dem reduzierten Element bereicherten Schichten ins Innere des flüssigen Metalls, indem sie die chemische Zusammensetzung im Hinblick auf das Legierungselement Mangan gleichmäßig machen. Die anderen reduzierbaren Legierungselemente werden in der Anwesenheit der Mikroteilchen vom reduzierten Mangan im Metallvolumen ebenso intensiv gelöst, weil die Reduktion derselben unter den Betriebsbedingungen der flüssigen Phase erfolgt, es fehlen also die Hindernisse für das Auflösen derselben im flüssigen Metall.

[0032] Das Reduktionsmittel wird in der Menge zugeführt, die die erforderliche gespeicherte Wärme (thermicity) der Mischung vom zuführbaren Material sicherstellt, welches Material Manganoxide, die nichtmetallischen Verbindungen der anderen Legierungselemente und/oder die anderen nichtmetallischen Verbindungen von Mangan und dem Reduktionsmittel enthält.

[0033] Für einen spontanen Verlauf der Reduktionsreaktion der Elemente aus ihren Oxiden und Karbonaten ist eine Reserve an potenzieller Wärme der konkreten Mischung des Materials erforderlich, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente und des Reduktionsmittels enthält, welche nicht nur das Schmelzen der Ausgangsmaterialien und die Reduktion der Legierungselemente, sondern auch die effektive Trennung der entstehenden Phasen, der metallischen Phase und der Schlackenphase, sicherstellen kann. Bei der direkten Stahllegierung unter Ausnutzung von Materialien, welche nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente in Form von Oxiden und Karbonaten der Legierungselemente enthalten, und eines Reduktionsmittels, entstehen günstige Wärmeverhältnisse für den Reduktionsprozess, weil neben der Wärme der exothermen Reduktionsreaktionen als zusätzliche Wärmequelle das flüssige Metall, die inneren Flächen der Stahlschmelzanlage u.a.m. vorhanden sind. In diesem Fall werden neben der Zufuhr einer bestimmten Wärmemenge in die Reaktionszone solche Verhältnisse sichergestellt, bei denen die Entflammung der hochaktiven Elemente bzw. Reduktionsmittel und die Entfernung derselben in die Gasphase ausgeschlossen ist. Deshalb wird der gespeicherte Wärmezustand jeder konkreten Mischung experimentell unter Berücksichtigung der Sicherstellung eines spontanen Verlaufes der Reduktionsreaktion unter der Minimalisierung der Verluste vom Reduktionsmittel bestimmt.

[0034] Bei der Zuführung des Reduktionsmittels erfolgt am Anfang das Anhaften der Schlacke und des Metalls an seine Oberfläche. Da aber die Schmelztemperatur des Reduktionsmittels unter der Temperatur von dem Metall und der Schlacke liegt, erfolgt das Schmelzen des Reduktionsmittels, das vom Durchbruch der anhaftenden Schicht begleitet wird, was auch den ständigen Kontakt des entstehenden geschmolzenen Teils des Reduktionsmittels mit der homogenen Komponente der schmelzenden Legierungsmittel sicherstellt, der durch die Wärme der exothermen Reduktionsreaktionen der Legierungsmittel aufrechterhalten wird. Auf diese Weise wird das gleichzeitige Schmelzen der zuführbaren Materialien und der Reduktionsprozess der Legierungselemente sichergestellt.

[0035] Das Verfahren zur direkten Stahllegierung wird wie folgt durchgeführt. In die Stahlschmelzanlage, beispielsweise in einen Sauerstoffkonverter, einen Lichtbogenschachtofen u.a.m., werden zuerst das flüssige Roheisen und danach die Schlackenbildner (Kalk, Dolomit, Flussspat) zugeführt, wonach die Schmelze mit Sauerstoff beblasen wird. Nach der Entfernung der Frischschlacke wird auf die Oberfläche des flüssigen Metalls das Material zugeführt, welches Manganoxide, nichtmetallische Verbindungen der anderen Legierungselemente und/oder die anderen nichtmetallischen Manganverbindungen enthält. Als Material, das die nichtmetallischen Manganverbindungen enthält, verwendet man Manganerz, Konzentrat, Agglomerat, Schlacken aus der Ferrolegierungsproduktion u.a. Als nichtmetallische Verbindungen der anderen Legierungselemente können Oxide der Legierungselemente, beispielsweise Nioboxide, Titanoxide, Molybdänoxide, Chromoxide der Erdalkalimetalle u.a. oder Karbonate der Legierungselemente, beispielsweise Titanhydroxykarbonitrid, Niobkarbonate u.a. enthalten oder deren Kombinationen eingesetzt werden. Die Zufuhr des Materials, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, erfolgt ununterbrochen oder portionsweise mit einer Portion von mindestens der 0,1-fachen Menge vom Gesamtverbrauch je nach der vorgegebenen chemischen Zusammensetzung des Stahls. Die portionsweise Zufuhr des die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthaltenden Materials ist durch die Notwendigkeit der Synchronisierung des Schmelzprozesses des zuführbaren Materials und des Prozesses der Reduktion der Legierungselemente bedingt. Die Verkleinerung der Portion, i.e. des 0,1-fachen vom Gesamtverbrauch des zuführbaren Materials, verschlechtert den Schmelzprozeß der Materialien wegen deren Verschlackung, was zur Verlängerung der Schmelzzeit, zu einer schlechten Ausnutzung des Reduktionsmittels sowie zur Herabsetzung der Kennwerte für die Aufnahme durch das flüssige Metall der aus dem die Verbindungen der Legierungselemente enthaltenden reduzierten Material führt.

[0036] Wenn die Höhe der Schicht des zugeführten Materials, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, 0,1 bis 0,15 von der Gesamthöhe der Schicht erreicht hat, beginnt man mit der Zufuhr des Reduktionsmittels und setzt diesen Prozess der Zufuhr desselben während der weiteren Materialzufuhr fort.

[0037] Als Reduktionsmittel wird ein aluminiumhaltiges oder siliziumhaltiges oder kohlenstoffhaltiges Material bzw. eine Gruppe der Erdalkalimetalle oder deren Kombinationen eingesetzt. Je nach dem gewählten Reduktionsmittel kann sich seine Korngröße im Bereich von 1,0-3,0 mm bis 20-50 mm und mehr ändern. Das Reduktionsmittel wird in einer Menge zugeführt, welche die erforderliche gespeicherte Wärme der Mischung, bestehend aus dem zuführbaren Material und dem Reduktionsmittel, sicherstellt.

[0038] Die Zufuhr des Materials, das Manganoxide, nichtmetallische Verbindungen der anderen Legierungselemente und/oder andere nichtmetallische Manganverbindungen enthält, ist durch die Notwendigkeit bedingt, eine Schmelztemperatur des Materials unter der Temperatur des flüssigen Metalls sicherzustellen.

[0039] Das ermöglicht bei der Bildung einer homogenen Komponente des schmelzenden Materials und bei rechtzeitiger Zufuhr des Reduktionsmittels einen sofortigen Beginn des Reduktionsprozesses zu ermöglichen sowie den synchronen Verlauf der Schmelzprozesse der zugeführten Materialien und des Reduktionsprozesses der Legierungselemente sicherzustellen, was zur Erhöhung der Aufnahme durch das Metall der Legierungselemente, zur Verminderung der Verunreinigung des Stahls mit den nichtmetallischen Einschlüssen sowie zur Erhöhung der Stahlgüte führt. Dabei wird eine effektive Ausnutzung des Reduktionsmittels beim gleichzeitigen Schmelzen des Materials, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, und des Reduktionsmittels sichergestellt. Das begünstigt den intensiven Verlauf der Flüssigphasenreaktion der Reduktion von Legierungselementen.

[0040] Die Zufuhr des Reduktionsmittels während der Zufuhr des Materials, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, stellt den frühen Beginn des Reduktionsprozesses sowie den ständigen Kontakt des geschmolzenen Teils des Reduktionsmittels mit der sich bildenden homogenen Komponente des schmelzenden Materials, das die nichtmetalli-

schen Verbindungen der Legierungselemente enthält, den synchronen Verlauf der Schmelzprozesse der zugeführten Materialien und des Reduktionsprozesses sicher, was die Überführung des Reduktionsprozesses in das Diffusionsregime hindert, das von einer verringerten Geschwindigkeit und einem unvollständigen Reduktionsprozess, einem erhöhten Verbrauch des Reduktionsmittels, einer Verunreinigung des Metalls mit nichtmetallischen Einschlüssen und einer Verschlechterung der Stahlqualität begleitet wird.

[0041] Es ist zweckmäßig, mit der Zufuhr des Reduktionsmittels zu beginnen, wenn die Höhe der Schicht des zugeführten Legierungsmaterials 0,1 bis 0,15 der Gesamthöhe der Schicht erreicht hat, weil die Schmelztemperatur des Reduktionsmittels unter der Schmelztemperatur des Materials liegt, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält. Wenn die Zufuhr des Reduktionsmittels früher erfolgt, als die Höhe der Schicht des Materials 0,1 bis 0,15 von der Gesamthöhe der Schicht erreicht hat, so kommt das Material mit dem Anschmelzen unter Bildung einer homogenen Phase nicht zurecht, und das schmelzende Reduktionsmittel kann sich also an der Reduktionsreaktion nicht beteiligen, was zu einem übermäßigen Verbrauch des Reduktionsmittels führt. Die Zufuhr des Reduktionsmittels zu dem Zeitpunkt, wenn die Höhe der Schicht des Materials, das die Verbindungen der Legierungselemente enthält, mehr als 0,15 der Gesamthöhe der Schicht beträgt, ist ebenso unzweckmäßig, denn eine intensive Bildung der homogenen Phase des zuzuführenden Legierungsmaterials verletzt den synchronen Verlauf der Schmelzprozesse der Legierungsmaterialien und des Reduktionsprozesses, was zur Verminderung der Aufnahme der Legierungselemente durch das flüssige Metall führt, zur Verunreinigung des Metalls mit nichtmetallischen Einschlüssen und zur Verschlechterung der Stahlqualität.

[0042] Den Reduktionsprozess der Legierungselemente führt man bei der Schmelztemperatur des Materials durch, das Manganoxid, nichtmetallische Verbindungen der anderen Legierungselemente und/oder andere nichtmetallische Manganverbindungen enthält.

[0043] Dies ist dadurch bedingt, dass sich beim Vorhandensein einer homogenen Komponente der schmelzenden Legierungsmittel und des geschmolzenen Teils vom Reduktionsmittel die Vollständigkeit der Reduktion bei der Minimierung der Temperatur erhöht, was die Steigerung der Aufnahme der Legierungselemente durch das Metall, Verminderung der Stahlverunreinigung mit nichtmetallischen Einschlüssen und Erhöhung der Stahlqualität fördert. Erfindungsgemäß wird aus dem Grunde, dass die Temperatur nicht größer als die Schmelztemperatur des erwähnten Materials ist, so dass der Reduktionsprozess praktisch mit der Beendigung des Schmelzprozesses des zuführbaren Materials zum Abschluss kommt.

[0044] Die Sicherstellung eines ständigen Kontaktes zwischen dem geschmolzenen Teil des Reduktionsmittels und der homogenen Komponente des schmelzenden Materials, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, ist erfindungsgemäß für die Aufrechterhaltung einer hohen Geschwindigkeit und der Vollständigkeit des Schmelzprozesses notwendig.

[0045] Bei der Durchführung des Prozesses der direkten Stahllegierung in einer Stahlschmelzanlage, beispielsweise in einem Konverter, nimmt man nach der Beendigung der Raffinationsperiode, des Blasens und der Erzielung einer Temperatur des flüssigen Metalls, welche die Abstichttemperatur übersteigt, einen Abzug der Oxydationsschlacke vor. Eine Anwärmung des flüssigen Metalls ist durch die Notwendigkeit einer Verminderung der Viskosität der Oxydationsschlacke vor dem Abzug derselben sowie durch die Notwendigkeit eines Ausgleichs von Wärmeverlusten, die infolge der endothermen Reaktion der karbothermischen Reduktion der Legierungselemente aus dem Material, das die nichtmetallischen Verbindungen der Legierungselemente enthält, entstehen. Die Größe des Temperaturübermaßes des flüssigen Metalls über die für jede konkrete Stahlmarke festgelegte Metallabstichttemperatur wird aus dem Ausdruck $\Delta t = 33[\text{Mn}]$ bestimmt, wobei Δt der die Abstichttemperatur übersteigende Wert in °C ist; $[\text{Mn}]$ eine Menge von reduziertem Mangan in Masse-% bedeutet und 33 ein empirischer Wert ist. Nach der Anwärmung des flüssigen Metalls auf einen notwendigen Temperaturwert nimmt man einen Abzug der Oxydationsschlacke vor, indem die Prozesse der Rückschwefelung und Rück-

phosphorung vom Metall in der Stahlschmelzanlage bei einer weiteren Behandlung desselben minimiert werden. Danach werden in die Stahlschmelzanlage portionsweise, wobei die Masse einer jeden Portion das 0,01- bis 0,02-fache der Masse des flüssigen Metalls beträgt, das Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, sowie die Schlackenbildner in Form von Kalk und ein kohlenstoffhaltiges Material als Reduktionsmittel aufgegeben. Als Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, werden stückiges Erz, Konzentrat, Agglomerat, vorzugsweise mit einer Korngröße von 20 bis 50 mm, eingesetzt, als Schlackenbildner verwendet man den frischgebrannten Kalk, und das als Reduktionsmittel zuführbare kohlenstoffhaltige Material wird in Form von Koks, Kohle, Siliziumkarbid, Kalziumkarbid oder als Kombinationen derselben zugeführt. Das kohlenstoffhaltige Material wird in einer Menge zugeführt, welche aus dem Verhältnis zwischen dem aufgegebenen Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, den Schlackenbildnern und dem kohlenstoffhaltigen Material von 1:(0,18-0,20):(0,10-0,12) gewählt ist. Das erwähnte Verhältnis ist durch die Notwendigkeit bedingt, die Kontinuität des Prozesses der direkten Stahllegierung sicherzustellen. Bei der Erhöhung des Verbrauches der Schlackenbildner und des kohlenstoffhaltigen Materials wird die Menge des der Stahlschmelzanlage zugeführten Materials, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, kleiner, es vermindert sich die Aufnahmefähigkeit der Legierungselemente durch das flüssige Metall, es nimmt die Heterogenität der Schlacke zu, und es verschlechtern sich die Wärme- und Stoffaustauschprozesse, was zur Minderung der Gütekennziffern vom Stahl wegen eines erhöhten Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen führt. Bei einem Verhältnis zwischen den zuführbaren Materialien, das kleiner ist als 1:(0,18-0,20):(0,10-0,12), vermindert sich der Eingang der CaO-Oxide in die Stahlschmelzanlage, es verschlechtern sich die chemischphysikalischen Bedingungen des Reduktionsprozesses, und es vermindert sich der Grad der Aufnahme der Legierungselemente durch das flüssige Metall, was zur Verschlechterung der Stahlqualität führt.

[0046] Das auf die Oberfläche des flüssigen Metalls zuführbare Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente, beispielsweise von Mangan, enthält, und der Kalk schmelzen miteinander auf, und es kommt zu den chemischen Reaktionen der Wechselwirkung zwischen dem Kohlenstoff-Reduktionsmittel und dem Sauerstoff vom Zweiphasensystem Schlacke-Metall, zum Beispiel:

[0047] $(\text{FeO}) + \text{C} = [\text{Fe}] + \text{CO} \text{ (1)},$

[0048] $(\text{MgO}) + \text{C} = [\text{Mg}] + \text{CO} \text{ (2)},$

[0049] $[\text{O}] + \text{C} = \text{CO} \text{ (3)}.$

[0050] Das gasförmige Reaktionsprodukt von allen drei Reaktionen stellt das Kohlenstoffmonoxid dar, womit die Schlacke dotiert wird, um die raffinierende Fähigkeit derselben und der oberen Metallschichten zu erhöhen, wodurch eine aktive Aufnahme der reduzierten Elemente durch das Hauptmetall begünstigt wird.

[0051] Der endotherme Charakter der Wechselwirkungsreaktionen vom Kohlenstoff mit dem sich im Metall und in der Schlacke befindlichen Sauerstoff stellt kein Hindernis für den Verlauf derselben dar, aus dem Grunde, dass das Metall vor dem Beginn des Prozesses der direkten Stahllegierung vorläufig auf eine Temperatur gewärmt wird, die höher als die Abstichtemperatur ist, in Abhängigkeit von der notwendigen Menge des reduzierten Elementes, zum Beispiel Mangan.

[0052] Die Masse einer jeden Portion, die das 0,01- bis 0,02-fache der Masse des flüssigen Metalls beträgt, ist durch die Notwendigkeit bedingt, den gleichmäßigen Charakter des Reduktionsprozesses sicherzustellen. Die Verkleinerung der Portionsmasse bis zu einer Größe von weniger als dem 0,01-fachen der Masse des flüssigen Metalls verschlechtert die Wärmeverhältnisse des Reduktionsprozesses, indem sich dabei auch der Stoffaustauschprozess infolge der Abnahme der Menge vom gasförmigen Kohlenstoffmonoxid verschlechtert, welches während der Desoxydation des flüssigen Metalls und der Reduktion der Legierungselemente durch den Kohlenstoff entsteht, womit die Schlacke und die Oberflächenschichten des flüssigen Metalls

dotiert werden, was eine Verminderung der Vollständigkeit der Reduktion des Legierungselementes sowie eine Verschlechterung des Raffinationsprozesses mit sich bringt und die qualitativen Kennwerte des fertigen Metalls wegen der Vergrößerung des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen mindert.

[0053] Die Vergrößerung der Masse der Mischungsportion auf eine Größe von mehr als dem 0,02-fachen der Masse des flüssigen Metalls scheint ebenso unzweckmäßig zu sein, weil die Wärmeaustauschprozesse beeinträchtigt werden, was zur Verschlechterung des Prozesses der Schlackenbildung wegen der großen Zugaben von schlackenbildenden Materialien führt, die einen Bestandteil des aufgegebenen Materials bilden, welche eine Verdickung der Schlacke, eine Erhöhung der Heterogenität derselben, eine Minderung der Kennwerte der Extraktion der Legierungselemente sowie eine Verschlechterung des Raffinierungsprozesses mit sich bringen, was zur Zunahme der nichtmetallischen Einschlüsse im Metall und zur Verschlechterung der Stahlqualität führt.

[0054] Nach der Durchführung des Prozesses der direkten Stahllegierung wird aus der Stahlschmelzanlage das Metall mit einem niedrigen Sauerstoffgehalt abgestochen. Dies führt dazu, dass der Prozess der Metallnachbehandlung zwecks Erzielung einer vorgegebenen chemischen Zusammensetzung infolge einer kleinen und einschätzbaren Menge des im Metall gelösten Sauerstoffes reglementiert wird. Dabei wird die Anzahl der Iterationen, während derer die schmalen Grenzen der chemischen Zusammensetzung für jedes beliebige aus den legierenden bzw. modifizierenden Elementen getroffen wird, einschneidend verringert.

[0055] Bei der Durchführung des Prozesses der direkten Stahllegierung in einer Stahlgießpfanne werden vorläufig am Anfang des Metallabstichprozesses aus der Stahlschmelzanlage in die Stahlgießpfanne ein kohlenstoffhaltiges Material, danach das Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, das Reduktionsmittel in Form von Aluminium und die Schlackenbildner in Form vom Kalk, bei folgenden Verhältnis von Komponenten in Masse-% aufgegeben: Materialien, die nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthalten: 56 bis 65; Aluminium: 12 bis 16; kohlenstoffhaltiges Material: 5 bis 7; Kalk: Restmenge.

[0056] Die Zufuhr eines kohlenstoffhaltigen Materials in Form von Koks oder Kohle in die Stahlgießpfanne in einer Menge von 5-7 Masse-% vom Gesamtverbrauch der in die Stahlgießpfanne aufgegebenen Materialien stellt eine Metalldesoxydation bis zu den erforderlichen Größen des Sauerstoffgehaltes im fertigen Stahl sicher.

[0057] Darüber hinaus kürzt die Vereinigung des Desoxydations- und Legierungsprozesses mit dem Metallabstich in die Stahlgießpfanne die Legierungszeit, wodurch der Zyklus des Schmelzprozesses verringert wird. Die Verminderung des Gehaltes des kohlenstoffhaltigen Materials als Bestandteil der in die Stahlgießpfanne aufgegebenen Materialien führt nicht zu dem erforderlichen Desoxydationsniveau, und die Vergrößerung seiner Menge bis zu einem Wert von über 7 Masse-% hat die Metallkühlung in der Stahlgießpfanne als Folge, denn die Wärme aus der exothermen Reduktionsreaktion reicht für den Ausgleich der Wärmeverluste der endothermischen Wechselwirkungsreaktion von Kohlenstoff und Sauerstoff des Metalls nicht aus.

[0058] Durch die Zufuhr von Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, in einer Menge von 56 bis 65 Masse-% wird die Erzielung einer vorgegebenen Konzentration der Legierungselemente im Stahl sichergestellt. Die Zufuhr des Materials, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, in einer Menge von unter 56 Masse-% führt zu einem erhöhten Verbrauch des Reduktionsmittels Aluminium mit dem Ziel einer zusätzlichen Metalldesoxydation unter Bildung der schwer entfernbaren nichtmetallischen Aluminateinschlüsse, was zu einer Verschlechterung des Stahlgusses und der Stahlgüte führt. Eine Überschreitung des Verbrauches dieses Materials (über 65 Masse-%) ist mit einem niedrigen Grad der Extraktion der Legierungselemente aus diesem verbunden.

[0059] Der Aluminiumverbrauch in einer Menge von 12 bis 16 Masse-% stellt einen hohen Extraktionsgrad der Legierungselemente sicher, und infolge einer im Vergleich mit dem Metall

erniedrigten Temperatur in der Reaktionszone wird die Bildung der gasförmigen Reaktionsprodukte AlO und Al_2O , die die Betriebsatmosphäre verschmutzen, praktisch ausgeschlossen. Das infolge der Reaktion entstehende Aluminiumoxid Al_2O_3 wird mit CaO unter Bildung einer leicht entfernbaren Verbindung gebunden.

[0060] Der Prozess der direkten Stahllegierung mit Chrom wird folgendermaßen durchgeführt. In die Stahlgießpfanne wird das Material, das nichtmetallische Verbindungen der anderen Elemente in Form von Chromoxiden enthält, zusammen mit den Manganoxiden und den anderen nichtmetallischen Manganverbindungen während des Metallabstiches aus der Stahlschmelzanlage aufgegeben.

[0061] Da die Chromoxide eine hohe Schmelztemperatur aufweisen, begünstigt das Vorhandensein der Manganoxide und der anderen nichtmetallischen Manganverbindungen in dem zuzuführenden Material die Verbesserung des Wärmegleichgewichtes und der physikalisch-chemischen Bedingungen für die Reduktion der Legierungselemente, wodurch die Schmelztemperatur des aufgegebenen Materials reduziert wird. Eine gemeinsame Zufuhr dieser Komponenten in die Stahlgießpfanne während des Metallabstiches ist durch die Notwendigkeit gegeben, das Schmelzen der Chromoxide enthaltenden, schwerschmelzbaren Komponente zu beschleunigen, was das Homogenisierungsglühen der Schlackenphase sowie den Reduktionsprozess der Legierungselemente verbessert.

[0062] Der Verbrauch von Oxiden zwecks der Erhöhung des Gehaltes im fertigen Stahl für jedes 0,1% Mn und Cr, gewählt aus dem Verhältnis vom Mangangehalt zum Chromgehalt in dem zuführbaren Material, das nichtmetallische Verbindungen dieser Elemente enthält, welches gleich 1,1-1,2 ist, stellt eine optimale (ca. 90%) Extraktion der legierenden Elemente Chrom und Mangan ins Metall sicher, was zur Erhöhung der chemischen Gleichartigkeit des Stahls, zur Reduzierung des Oxydationsniveaus des Metalls und zur Verminderung der Menge von nichtmetallischen Einschlüssen beiträgt sowie die Stahlqualität erhöht. Ein Verhältnis zwischen dem Mangangehalt und Chromgehalt in dem zuführbaren Material von unter 1,1 verschlechtert die technologischen Parameter des Reduktionsprozesses von Chrom und Mangan wegen der Verschlechterung der kinetischen Bedingungen des Reduktionsprozesses infolge der erhöhten Viskosität der nach dem Schmelzen entstehenden oxidischen Materialien der flüssigen Phase und einer hohen Heterogenität der sich gebildeten Schlacke. Das führt zur Herabsetzung der Kennwerte der Extraktion von Legierungselementen aus ihren Oxiden, zur Abnahme der Sorptionsfähigkeit der Schlacke in Bezug auf die nichtmetallischen Einschlüsse und zur Erhöhung der Verunreinigung des Metalls mit den nichtmetallischen Einschlüssen. Ein Verhältnis zwischen dem Mangangehalt und Chromgehalt in dem zuführbaren Material von über 1,2 führt zur Verdünnung der Schlacke mit dem Chromoxide enthaltenden Material, zur Verminderung einer absoluten Menge der nichtmetallischen Manganverbindungen enthaltenden Materialien und folglich auch zur Senkung der Aufnahme von Mangan und Chrom durch das Metall, was zu einer geringeren chemischen Gleichartigkeit der Legierungselemente Mangan und Chrom im Metallvolumen sowie einer Verschlechterung der Stahlqualität führt.

[0063] In die Stahlgießpfanne führt man Aluminium als Reduktionsmittel ein, das zusammen mit Kalziumkarbid in einem Verhältnis von 1 : (2,9-3,2) zugeführt wird. Die Zufuhr dieser Materialien in einem gewählten Verhältnis ist durch die Notwendigkeit der Optimierung von kinetischen und Wärmebetriebsweisen zur Reduktion der Legierungselemente Chrom und Mangan aus einem entsprechenden Material, das eine davon verschiedene Schmelztemperatur aufweist. Als Folge erhöht sich die Aufnahmefähigkeit der Legierungselemente aus dem zugeführten Material durch das flüssige Metall durch die Sichererstellung eines positiven Wärmegleichgewichtes bei den gleichzeitig verlaufenden endothermen Wechselwirkungsreaktionen von Kohlenstoff und Kalziumkarbid mit dem Sauerstoff des schmelzenden Materials sowie der exothermen Wechselwirkungsreaktion von Aluminium mit dem Sauerstoff aus dem Material und dem im Metall gelösten Sauerstoff. Darüber hinaus findet eine exotherme Wechselwirkungsreaktion von Kalzium, das im Kalziumkarbid enthalten ist, mit Sauerstoff und Schwefel, die im Metall aufgelöst sind, jeweils unter Bildung von CaO und CaS statt. Das begünstigt ebenso die Stabilisierung des Wärmegleichgewichtes im Prozess der Reduktion. Die Wechselwirkung von Kohlenstoff, Kalziumkarbid

und Sauerstoff wird mit der Bildung von Bläschen von Kohlenstoffmonoxid begleitet, welche die Schlackenschmelze dotieren und das assimilierende Vermögen der Schlacke in Bezug auf die nichtmetallischen Einschlüsse erhöhen, indem sie dabei den Gehalt derselben im Metall reduzieren und die Stahlqualität erhöhen.

[0064] Kalzium, das einen Bestandteil von Kalziumkarbid bildet, ist nicht nur ein wirksames Desoxydations- und Entschwefelungsmittel, es trägt ebenso zur Globulitisierung von Aluminaten bei, die sich in der Oberflächenschicht von Metall als Folge einer Desoxydation des Metalls mit Aluminium bilden, in der Gesamtheit mit dem Prozeß der Reduktion der Legierungselemente aus ihren Oxiden. Die globulitisierten Aluminate werden leicht durch die Deckschlacke assimiliert, was die Abnahme des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen sowie die Erhöhung der Stahlqualität fördert. Ein Teil des in die Stahlgießpfanne eingeführten Kalziums setzt sich mit den im Metall gebildeten Sulfiden, in der Regel in MnS und FeS, um, indem sie die Morphologie derselben unter Bildung von einfachen Sulfiden (CaS) und zusammengesetzten mit Kalzium passivierten Sulfiden von Mangan und Silizium ändern, was zur Reduzierung der Menge von sulfidischen, nichtmetallischen Einschlüssen sowie zur Herabsetzung des Schwefelgehaltes im Metall unter Besserung der Stahlqualität führt. Die Vergrößerung des Anteils von Kalziumkarbid bis zu einem Wert, der über 3,2 liegt, hat eine Verminderung der technologischen Kennziffern des Reduktionsprozesses und des Raffinationsprozesses des Metalls vom Schwefel wegen der Verschlechterung der Wärmebedingungen sowie eine Erhöhung der Heterogenität der Schlacke, eine Verminderung der Sorptionsfähigkeit derselben in bezug auf die nichtmetallischen Einschlüsse, eine Steigerung der chemischen Metallungleichartigkeit im Hinblick auf die legierenden Elemente Chrom und Mangan sowie eine Verschlechterung der Stahlgüte zur Folge. Die Reduzierung des Anteils von Kalziumkarbid bis zu einem Wert, der unter 2,9 liegt, führt zur Erhöhung der Temperatur im Bereich des Reduktionsprozesses, zum möglichen Aufschwimmen des geschmolzenen Aluminiums auf die Oberfläche der Schlackenschmelze, zur Umsetzung zwischen Aluminium und Luftsauerstoff unter Bildung von gasförmigen Oxiden mit der partiellen Oxydation von Aluminium in AlO und Al₂O und deren Fertigoxydation in der Gasphase. Das bringt eine Änderung des Wärmegleichgewichtes, eine Verschlechterung der verfahrenstechnischen Kennwerte vom Reduktionsprozess der Legierungselemente aus deren Oxiden sowie vom Raffinationsprozess des Metalls aus dem Schwefel mit Kalzium sowie eine Verschlechterung der Umweltparameter mit sich. Bei der Änderung des vorgeschlagenen Verhältnis zwischen den Komponenten des Reduktionsmittels verschlechtern sich die kinetischen Bedingungen der Reduktions- und Raffinationsprozesse des Metalls wegen der Erhöhung der Heterogenität der Schlacke, der Herabsetzung der Intensität der Vermischung derselben mittels der Kohlenstoffmonoxid-Bläschen, was die assimilierende Fähigkeit der Schlacke in Bezug auf die nichtmetallischen Einschlüsse vermindert sowie die Verunreinigung des Metalls mit den nichtmetallischen Einschlüssen erhöht. All dies führt zur Verminderung der chemischen Stahlgleichartigkeit im Hinblick auf den Gehalt an Legierungselementen, zur Verschlechterung der Entschwefelung, zur Vergrößerung des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen im Metall sowie zur Verschlechterung der Stahlqualität.

[0065] Die vorgeschlagene Variante der Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrens schließt die anderen Varianten im Umfang der Patentansprüche nicht aus und kann in jeder beliebigen Anlage mit dem flüssigen Metall durchgeführt werden, beispielsweise im Siemens-Martin-Ofen, in der Stahlgießpfanne, in einem Pfannenofen usw.

BEISPIEL 1

[0066] Das Verfahren zur direkten Stahllegierung mit Mangan und Chrom wurde in einem Konverter mit einem Aufnahmevermögen von 250 Tonnen durchgeführt. Dem Konverter wurden das flüssige Gußeisen mit der folgenden chemischen Zusammensetzung in Masse-% zugeführt: C: 4,42; Si: 0,82; S: 0,020; P: 0,095; Eisen: Rest, sowie Schlackenbildner. Als solche wurde Kalk mit der folgenden chemischen Zusammensetzung in Masse-% eingesetzt: CaO: 92,0; MgO: 6,5; weitere Beimengungen: Rest.

[0067] Als Material, das Manganoxide und andere nichtmetallische Verbindungen enthält,

wurde das Material eingesetzt, in welchem der Gesamt-mangangehalt, umgerechnet auf das Element, 44,6 in Masse-% betrug. Als Material, das die nichtmetallischen Verbindungen der anderen Legierungselemente enthält, verwendete man ein Chromoxid, das Cr_2O_3 in einer Menge von 70,81 in Masse-% enthielt. Als Reduktionsmittel setzte man aluminiumhaltiges und kohlenstoffhaltiges Material ein. Als aluminiumhaltiges Material wurde die Schlackensiebung aus der Aluminiumproduktion mit der folgenden chemischen Zusammensetzung in Masse-% genommen: $\text{Al}_{\text{Metall}}$: 44,8; weitere Fremdbeimengungen: Rest, und als kohlenstoffhaltiges Material wurde Kohle mit der folgenden chemischen Zusammensetzung in Masse-% genommen: C: 85,9; S: 0,47; weitere Fremdbeimengungen: Rest. Nach der Zufuhr des flüssigen Gußeisens und der Schlackenbildner in den Konverter wurde das Metall mit Sauerstoff bei einem Verbrauch von $940 \text{ Nm}^3/\text{Min.}$ im Laufe von 8 Minuten geblasen, wonach die Oxydationsschlacke entfernt wurde. Danach wurde in den Konverter auf die Oberfläche vom flüssigen Metall ununterbrochen das Material, das Manganoxide und andere nichtmetallischen Manganverbindungen enthielt, mit einem Verbrauch von 14,0 kg/t (3500 kg) und das Material, das Manganoxid enthielt, mit einem Verbrauch von 12,0 kg/t (3000 kg) zugeführt, wobei die Korngröße von jedem 10 bis 20 mm betrug. Wenn die Schichthöhe der aufgetragenen Materialien von 0,1-0,15 die Gesamthöhe derselben erreicht war, wurde ein Reduktionsmittel zugeführt: die Schlackensiebung aus der Aluminiumproduktion mit einer Korngröße von 20 bis 30 mm mit einem Verbrauch von 1785 kg und Kohle mit einer Korngröße von 10 bis 20 mm mit einem Verbrauch von 465 kg, wodurch ein gespeicherter Wärmegehalt der Mischung aus der zugeführten Materialien sichergestellt wurde. Die Reduktion der Legierungselemente führte man bei der Schmelztemperatur der Mischung aus den zugeführten Materialien durch, dadurch wurde der ständige Kontakt des geschmolzenen Teils des Reduktionsmittels und des geschmolzenen Teils der zugeführten Materialien im Laufe des ganzen Reduktionsprozesses gesichert. Um den Stahl mit der gewünschten chemischen Zusammensetzung zu erzeugen, führte man die notwendigen Legierungszusätze (Kupfer und Nickel) in der Konverter, und das Desoxydationsmittel Ferrosilizium in die Pfanne ein.

[0068] Der fertige Stahl wurde ausgeblockt, wobei die Masse eines Gußblockes 12,5 Tonnen betrug; diese wurden zu Blechen gewalzt, die eine Dicke von 10 bis 20 mm aufwiesen. Danach wurde eine metallografische Untersuchung vorgenommen.

[0069] Es wurde Stahl mit folgender chemischen Zusammensetzung erzeugt: Zusammensetzung in Masse-%: C: 0,11; Si: 0,24; Mn: 0,57; S: 0,010; P: 0,007; Al: 0,025; Cr: 0,60; Ni: 0,70; Cu: 0,46; Fe: Rest.

[0070] Dabei betrug die Manganaufnahme durch das flüssige Metall 92,7% und die Chromaufnahme durch das flüssige Metall 89,8%. Die Stahlverunreinigung mit nichtmetallischen Einschlüssen (in Punkten) betrug: Oxide: 1,4; Sulfide: 1,2; Silikate: 1,3.

BEISPIEL 2

[0071] (Vergleichsbeispiel) nach dem bekannten Verfahren (RU.2096491)

[0072] Das Schmelzverfahren wurde in einem 250-Tonnen Konverter mit der Desoxysation und Legierung des Metalls im Konverter durchgeführt. Das aus dem Konverter bei einer Temperatur von 1690°C abgestochene Metall ohne Schlacke enthielt als Bestandteile Aluminium und Silizium. Während des Abstichvorganges führte man in die Stahlgießpfanne gleichzeitig ein Gemisch aus Manganerz ($\text{Mn}=48,0\%$, $\text{SiO}_2=3,5\%$, $\text{Fe}=3,4\%$, $\text{CaO}=1,5\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=2,5\%$, $\text{P}=0,05\%$) und Kalk ($\text{CaO}=90\%$) bei einem Verhältnis von $\text{CaO} : \text{Mn}_x\text{O}_y = 1:1$, ein kohlenstoffhaltiges Ferrochrom der Marke $\Phi\text{X } 650$ ($\text{FeCr}650$) und Ferrosilizium der Marke $\Phi\text{C } - 65$ ($\text{FeSi}65$) ein. Nickel und Kupfer für die Stahlgewinnung mit einer erforderlichen chemischen Zusammensetzung wurden wie auch bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in den Konverter zugeführt. Nach dem Stehenlassen im Laufe von 10 Minuten bei einer Basizität der Schlacke nach der Abstezeit von $\text{CaO}/\text{SiO}_2=1,3$ wurde Stahl mit der folgenden chemischen Zusammensetzung in Masse-% gewonnen: C: 0,15; Mn: 0,51; Si: 0,27; Al: 0,003; Cr: 0,54; Ni: 0,72; Cu: 0,55; S: 0,017; P: 0,015; Fe: Rest.

[0073] Dabei betrug die Manganaufnahme durch das flüssige Metall 71,2 % und die Chromaufnahme durch das flüssige Metall 67,8%, die Stahlverunreinigung mit nichtmetallischen Einschlüssen (in Punkten) betrug: Oxide: 3,5; Sulfide: 2,8; Silikate: 2,0.

[0074] Durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein hoher Grad der Aufnahmefähigkeit der Legierungselemente sichergestellt sowie die Verunreinigung des Stahls mit nichtmetallischen Einschlüssen vermindert.

BEISPIEL 3

[0075] Die Stahlerzeugung wurde in einem 160-Tonnen Konverter durchgeführt. In Übereinstimmung mit der verfahrenstechnischen Produktionsaufgabe ist die Charge bei einer Temperatur von 1630° C mit einem Gehalt an Kohlenstoff von 0,03 bis 0,05% und von Mangan von 0,55% abzustechen. In den Konverter wurde das Gußeisen in einer Menge von 146 Tonnen eingebracht. Die Temperatur des eingegebenen Gußeisens ist 1410°C, die chemische Zusammensetzung in Masse-%: C: 4,2; Mn: 0,57; S: 0,016; P: 0,021. Danach wurde die Schmelze mit Sauerstoff bei einem Verbrauch von 120Nm³/min im Laufe von 22 Minuten beblasen, bis die Temperatur der Schmelze einen Wert erreicht hat, der dem Wert der Abstichtemperatur in Übereinstimmung mit der verfahrenstechnischen Produktionsaufgabe um einen Wert übersteigt, welcher aus dem Ausdruck $\Delta t = 33[\text{Mn}]$ bestimmt wurde, worin Δt der die Abstichtemperatur übersteigende Wert in °C ist; [Mn] eine Menge von Mangan, das aus den Materialien reduziert ist, welche nichtmetallische Manganverbindungen enthalten, in %, bedeutet und 33 ein empirischer Wert ist. Die Manganmenge [Mn] im Ausdruck $\Delta t = 33[\text{Mn}]$ wurde anhand der verfahrenstechnischen Produktionsaufgabe für Schmelzverfahren bestimmt. Im vorliegenden Beispiel muss der Mangangehalt vor dem Abstich 0,55 % bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,03 bis 0,05% betragen. Bei einem solchen Kohlenstoffgehalt beträgt der Mangangehalt am Ende des Blasverfahrens gewöhnlich 0,05 bis 0,07% (angenommen wurde der Wert von 0,05%). Man bestimmte den Wert [Mn] zu 0,55-0,05=0,5%. Weiterhin wurde die Größe Δt gemäß dem Ausdruck $\Delta t = 33[\text{Mn}]$ ermittelt, welche 16,5°C betrug. Deshalb wurde das Beblasen solange durchgeführt, bis die Temperatur der Schmelze 1647° C erreicht hatte. Dann wurde aus dem Konverter die Oxydationsschlacke entfernt, wonach eine Mischung zugeführt wurde, welche aus Manganoxiden und einem Material, das andere nichtmetallische Manganverbindungen, sowie Kalk und Koks als kohlenstoffhaltiges Reduktionsmittel enthielt, bestand, welcher in einer Menge zugeführt wird, welche aus dem jeweiligen Verhältnis 1 : (0,18-0,20):(0,10-0,12) gewählt ist, wobei die Masse jeder Portion, bestehend aus allen zuführbaren Materialien, das 0,01-0,02-fache der Masse des flüssigen Metalls betrug. Die Temperatur des flüssigen Metalls nach der Beendigung des Prozesses zur direkten Legierung vor dem Abstich betrug 1630° C. Die chemische Zusammensetzung des Metalls vor dem Abstich betrug in Masse-%: C: 0,05; Mn: 0,54; P: 0,006 und S: 0,005.

[0076] In der Tabelle 1 sind die verfahrenstechnischen Parameter des Verfahrens und erhaltenen Resultate angeführt.

[0077] Das in die Stahlgießpfanne abgestochene flüssige Metall wird durch die niedrigen Kennwerte des Oxydationsgrades sowie durch einen niedrigen Gehalt an Schwefel und Phosphor gekennzeichnet, was zu einer geringen Verunreinigung des Stahls mit nichtmetallischen Einschlüssen geführt und die Erhöhung der Qualität des fertigen Produktes begünstigt hat. Die Manganaufnahme durch das flüssige Metall betrug 81,7%.

BEISPIEL 4

[0078] Es wurde das Schmelzen von Stahl durchgeführt, der eine bestimmte chemische Zusammensetzung hatte, und zwar in Masse-%: C: 0,09-0,12; Mn: 0,40-0,65; Si: 0,17-0,34; S: 0,20; P: 0,20. Das in der Stahlschmelzanlage hergestellte flüssige Metall wurde in die Stahlgießpfanne mit einem Fassungsvermögen von 5 Tonnen undesoxydiert abgestochen. Während des Abstechens des flüssigen Metalls wurde die Stahlgießpfanne mit einem kohlenstoffhaltigen Material in Form von Koks, dann mit dem das Manganoxide enthaltende Material und dem Material, das die anderen nichtmetallischen Manganverbindungen enthielt, wobei der summierte

sche Gehalt an Mangan, umgerechnet auf das Element, 44 Masse-% betrug, sowie mit Aluminium als Reduktionsmittel und mit Kalk beschickt. Die Materialien wurden in dem erfindungsgemäßen Komponentenverhältnis in die Stahlgießpfanne zugeführt. Das Metall wurde ausgeblockt, wobei jeder Gußblock eine Tonne wog. Vor und nach der Zufuhr der Materialien in die Stahlgießpfanne wurde eine Probeentnahme zwecks einer chemischen Analyse vorgenommen. Aus dem Walzgut, das aus den Gußblöcken hergestellt wurde, entnahm man Proben zwecks Bestimmung der Punkteanzahl, welche der Menge von nichtmetallischen Einschlüssen entspricht.

[0079] Der Stahl, der unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur direkten Legierung hergestellt wurde, stellt einen hohen Aufnahmegrad des Legierungselementes Mangan von 95,4% und einen niedrigen Verunreinigungsgrad mit nichtmetallischen Einschlüssen sicher.

BEISPIEL 5

[0080] Die Schmelzverfahren nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur direkten Stahllegierung mit Chrom wurden in einem Elektrostahlschmelzofen mit einem Rauminhalt von 100 Tonnen durchgeführt.

[0081]

Charge No	Verbrauch kg/T			Verhältnis	Masse kg	Gehalt an Elementen Masse-%			Nichtmetallische Einschlüsse (Punkte)		
	Mn _x O _y	CaO	C			Sauerstoff	Schwefel	Phosphor	Oxide	Sulfide	Silikate
1	10,0	1,8	1,0	1:0,18:0,10	150	0,004	0,004	0,005	1,0	0,5	0,5
2	10,0	1,9	1,1	1:0,19:0,11	220	0,004	0,004	0,005	1,0	0,5	0,5
3	10,0	2,0	1,2	1:0,20:0,12	300	0,005	0,005	0,006	1,0	1,0	0,5

Tabelle 1

[0082] Bei einer Temperatur von 1650°C wurde das flüssige Metall aus dem Ofen in die Stahlgießpfanne ausgelassen, während des Auslassprozesses wurde in diese das Material, das nichtmetallische Verbindungen des Legierungselementes Chrom enthielt, eingebracht. Als dieses wurde die Konverterschlacke aus der Produktion von mittelkohlenstoffhaltigem Ferrochrom verwendet, der Chromgehalt in dieser betrug, umgerechnet auf das Element, 48,44 Masse-%, in einer Menge von 1200 kg. Weiterhin wurden die Materialien, die Manganoxide und andere nichtmetallische Manganverbindungen, bei denen der Gesamtmandangehalt, umgerechnet auf das Element, 44 Masse-% betrug, in einer Menge von 1400 kg zugeführt. In die Stahlgießpfanne wurden ebenso 370 kg sekundäres Aluminium der Marke AB 86 und 1100 kg Kalziumkarbid in einem Verhältnis von 1:3 aufgegeben.

[0083] Der fertige Stahl wurde ausgeblockt, die Masse der einzelnen Gußblöcke betrug 12,5 Tonnen. Diese wurden unter Herstellung vom Blech mit einer Dicke von 10-20 mm gewalzt. Es wurden metallografische Untersuchungen durchgeführt.

[0084] Der hergestellte Stahl hatte die folgende chemische Zusammensetzung in Masse-%: C: 0,11; Si: 0,17; Mn: 0,54; S: 0,006; P: 0,007; Al: 0,023; Cr: 0,61; Ni: 0,70; Cu: 0,53; Fe: Restmenge.

[0085] Die Zusammensetzungen der in die Stahlgießpfanne eingeführten Materialien und die Ergebnisse der Versuche von den hergestellten Stählen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Chargen-Nr.	1	2	3
Zusammensetzung der Materialien in Masse-%			
Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält	56,0	60,0	65,0
Koks	5,0	6,0	7,0
Aluminium	12,0	14,0	16,0
Kalk	27,0	20,0	12,0
Extraktionsgrad von Mangan, %	96,8	97,5	98,0
Entschwefelungsgrad, %	64,2	58,4	61,0
Maximale Punktzahl für nichtmetallische Einschlüsse: streifige Oxide	1,9	1,8	1,7
punktförmige Oxide	1,4	1,6	1,5
Sulfide	2,3	2,5	2,4

Tabelle 2

[0086] Dabei betrug die Chromaufnahme durch das flüssige Metall 91,2%, die Manganaufnahme 93,2%.

[0087] Die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur direkten Stahllegierung stellt beim beschriebenen Verbrauch von Chromoxid eine hohe chemische Homogenität vom Stahl im Hinblick auf die führenden Legierungselemente, einen hohen Entschwefelungsgrad und eine geringe Verunreinigung des Metalls mit nichtmetallischen Einschlüssen sicher.

Patentansprüche

1. Verfahren zur direkten Stahllegierung umfassend das Metallschmelzen in einer Stahlschmelzanlage, Stahllegieren mit Mangan durch die Reduktion desselben aus Oxiden bei der Zufuhr des Manganoxide enthaltenden Materials zusammen mit einem Reduktionsmittel sowie bei der Wechselwirkung derselben, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Manganreduktion aus Oxiden mit der Reduktion anderer Legierungselemente aus einem auf die Oberfläche des flüssigen Metalls zugeführten Material durchgeführt wird, wobei das zugeführte Material nichtmetallische Verbindungen dieser Elemente enthält, und/oder mit der Reduktion von Mangan aus zusätzlich zugeführten Material, das andere nichtmetallische Verbindungen von Mangan enthält, wobei mit der Einführung von Reduktionsmittel erst dann begonnen wird, wenn die Schichthöhe des zugeführten Materials den 0,1- bis 0,15-fachen Wert von der Gesamthöhe der Schicht erreicht, wobei die Temperatur des Reduktionsprozesses so gehalten wird, dass sie der Schmelztemperatur der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel gleich ist, wobei der ständige Kontakt des geschmolzenen Teils vom Reduktionsmittel und des geschmolzenen Teils der zugeführten nichtmetallischen Verbindungen des Legierungselemente enthaltenden Materials sichergestellt wird und wobei Reduktionsmittel in einer Menge zugeführt wird, die den erforderlichen Wärmegehalt der Mischung aus dem zugeführten Material und dem Reduktionsmittel sicherstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass Oxide oder Karbonate der Legierungselemente oder deren Kombinationen als Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, eingesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein aluminiumhaltiges und/oder siliziumhaltiges und/oder kohlenstoffhaltiges Material und/oder ein Material, das eine Gruppe von Erdalkalimetallen enthält, als Reduktionsmittel verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr des Materials, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, ununterbrochen oder portionsweise durchgeführt wird, wobei eine Portion mindestens die 0,1-fache Menge vom Gesamtverbrauch beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Stahlschmelzanlage in diese zusätzlich Schlackenbildner zugeführt werden, sowie kohlenstoffhaltiges Material als Reduktionsmittel in einer derartigen Menge zugeführt wird, dass das Verhältnis des Materials, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, zu den Schlackenbildnern und zu dem kohlenstoffhaltigen Material 1: (0,18-0,20):(0,10-0,12) beträgt, und zwar jeweils nach dem Erreichen der Temperatur des flüssigen Metalls, die die Abstichttemperatur um einen Wert übersteigt, der aus dem Ausdruck $\Delta t = 33 [\text{Mn}]$ bestimmt wird, wobei Δt der Wert ist, um welchen die Abstichttemperatur überstiegen wird, in °C ist und [Mn] die Menge von reduziertem Mangan in Masse-% bedeutet, wobei 33 ein empirischer Koeffizient ist und wobei die Zuführung des kohlenstoffhaltigen Materials erst nach der Entfernung der Oxydationsschlacke aus der Stahlschmelzanlage erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält, die Schlackenbildner und das kohlenstoffhaltige Material portionsweise zugeführt werden, wobei die Masse jeder Portion, bestehend aus allen zuzuführenden Materialien, das 0,01- bis 0,02-fache der Masse des flüssigen Metalls beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass einer Stahlgießpfanne der Stahlschmelzanlage zusätzlich kohlenstoffhaltiges Material zugeführt wird, wobei als Reduktionsmittel Aluminium eingesetzt wird, und zusätzlich während des Legierungsprozesses Schlackenbildner in Form von Kalk in folgendem Verhältnis der Komponenten in Masse-% zugeführt wird: Material, das nichtmetallische Verbindungen der Legierungselemente enthält: 56-65; Aluminium: 12-16; kohlenstoffhaltiges Material: 5-7; Kalk: Rest.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Chromoxide während des Abstiches des flüssigen Metalls in die Pfanne der Stahlschmelzanlage aufgegeben werden, wobei die Chromoxide zur Vergrößerung des Gehaltes an Mangan und Chrom im fertigen Stahl um 0,1% in einer Menge zugeführt werden, die aus dem Verhältnis des Gehaltes an Mangan zum Gehalt an Chrom im Material, das nichtmetallische Verbindungen dieser Elemente enthält, gewählt ist, wobei das Verhältnis gleich 1,1 bis 1,2 ist, und wobei als Reduktionsmittel Aluminium zusammen mit Kalziumkarbid in einem Verhältnis von 1: (2,9-3,2) zugeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konverterschlacke aus der Produktion von mittelkohlenstoffhaltigem Ferrochrom als Material, das Chromoxide enthält, verwendet wird.

Hierzu keine Zeichnungen