



PATENTCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: A 976/2003
(22) Anmeldetag: 25.06.2003
(42) Beginn der Patentdauer: 15.06.2004
(45) Ausgabetag: 25.01.2005

(51) Int. Cl.⁷: **C22C 38/18**
C22C 38/40

(56) Entgegenhaltungen:
US 5514331A

(73) Patentinhaber:
VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU
GMBH & CO
A-4031 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:
FRITZ ERNST DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LEGIERTEN METALLSCHMELZE UND ERZEUGUNGSANLAGE HIERZU

AT 412 349 B

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und eine Erzeugungsanlage für die Herstellung einer Metallschmelze, insbesondere Stahlschmelze für mit Cr oder Cr und Ni legierte Stähle oder Ferrolegierungen in aufeinander abgestimmten Verfahrensschritten in mehreren Reaktionsgefäßen. Um die Produktionskosten zu reduzieren und die Produktionszeit für eine Charge der Metallschmelze auf die Taktzeit einer nachgeordneten Stranggießanlage abzustimmen wird vorgeschlagen, dass

- in einem ersten Verfahrensschritt in eine Basischmelze Legierungsmittelträger eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionsmittels, rezirkulierter Schlacke und/oder von Schlackenbildner und eines Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger die Legierungsmittelträger aufgeschmolzen und weitgehend reduziert und eine erste vorlegierte Schmelze erzeugt wird,
- in einem zweiten Verfahrensschritt in die erste vorlegierte Schmelze, gegebenenfalls eine Basischmelze und Cr-Träger eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionsmittels, eines Schlackenbildners und eines fossilen

Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger der Cr-Träger aufgeschmolzen und weitgehend reduziert und eine zweite vorlegierte Schmelze erzeugt wird,

- in einem dritten Verfahrensschritt der zweiten vorlegierten Schmelze Legierungsmittel, insbesondere Ferrolegierungen, zugesetzt werden, dass Schlackenbildner zugesetzt werden und unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger ein Entkohlungsprozess durchgeführt und eine legierte Schmelze mit vorbestimmter chemischer Analyse und Temperatur erzeugt wird.

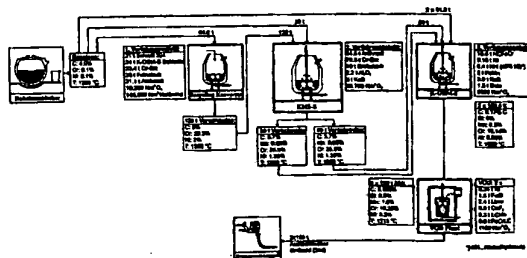


Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer legierten Metallschmelze auf Eisenbasis, die vorzugsweise Cr oder Ni und Cr enthält, in mehreren aufeinander folgenden und aufeinander abgestimmten Verfahrensschritten und eine Erzeugungsanlage zur Durchführung des Verfahrens.

5 Insbesondere betrifft die Erfindung ein besonders wirtschaftliches und durch das mögliche Recycling von Stäuben und Schlacken umweltfreundliches, mehrstufiges Verfahren zur Herstellung von Cr-legierten oder Cr- und Ni-legierten Metallschmelzen, insbesondere Stahlschmelzen, für die Erzeugung von ferritischen oder austenitischen Stählen verschiedenster Sorten oder anderer Metallschmelzen, wie Ferrolegierungen (FeCr, FeMn, FeNi).

10 Bei der Herstellung von Cr-hältigen bzw. Cr- und Ni-hältigen Metallschmelzen können als Rohstoffquelle für Cr und Ni sowohl deren Erze als auch handelsübliche Legierungsstoffe wie beispielsweise Ferrochrom, Ferronickel, Ni-Oxide, Nickelhydroxide, Stäube und Schlacken, sowie andere Abfallstoffe eingesetzt werden. Die konventionelle Erzeugung von nichtrostendem Stahl umfasst das Einschmelzen von unlegiertem und legiertem Schrott und insbesondere teuren Ferrolegierungen in einem Elektro-Lichtbogenofen und das Frischen sowie Fertiglegieren und Reduzieren in einem Konverter (US-5,514,331 A). Die Herstellungskosten von den am häufigsten produzierten rostfreien austenitischen Stahlbrammen der Güte SUS 304 bestehen zu über 75 % aus Kosten für die Legierungsstoffe Cr und Ni und liegen dzt. bei etwa 630,- Euro/t Bramme. Cr und Ni unterliegt an den Rohstoffbörsen bei hohem Basispreis hohen Preisschwankungen und beeinflusst daher die Produktionskosten bei der Edeltahlerzeugung grundlegend.

Es ist daher naheliegend, Entwicklungen durchzuführen, mit deren Hilfe der Einsatz von sehr teuren Ferrolegierungen und auch von metallischem Nickel möglichst weit reduziert wird. Dies ist dann möglich, wenn die separate Erzeugung von flüssigen, erstarrten, zerkleinerten Ferrolegierungen aus den Cr- und Ni-Erzen bzw. Ni-Hydroxid weitgehend vermieden wird und diese Cr- und Ni-Träger direkt in der Stahlerzeugung reduziert und somit zur kostensparenden Legierung der Schmelzen verwendet werden.

Zusätzlich zum Austausch von Ferrolegierungen durch deren Oxide und Hydroxide stellt sich bei der Erzeugung von Cr-legiertem bzw. Cr- und Ni-legiertem Flüssigstahl die Aufgabe Abfallstoffe wie Cr-hältige bzw. Cr- und Ni-hältige Stäube und/oder auch Schlacken, sowie andere Reststoffe wieder in den Stahlerzeugungsprozess rückzuführen und somit ohne Umweltproblematik und niedrigen Betriebskosten aufzuarbeiten.

Der Direkteinsatz von Cr- und Ni-Erz und der damit notwendige Reduktionsprozess des Erzes verlängert zwar den Erzeugungsprozess wesentlich und erfordert einen höheren Energieeintrag, verringert jedoch die Gesamtkosten für die Erzeugung einer legierten Metallschmelze insgesamt.

35 Es ist bekannt, eine chromhaltige oder eine chrom- und nickelhaltige Metallschmelze in mehrstufigen Verfahren in mehreren, im Produktionsablauf aufeinander folgenden, metallurgischen Gefäßen herzustellen. Diese metallurgischen Gefäße können von Einschmelzaggregaten, wie beispielsweise Elektroöfen mit Zusatzeinrichtungen für die Schmelzenbehandlung oder von Konvertergefäßen mit Aufblase- und Bodenblaseeinrichtungen oder auch von Mischanordnungen verschiedener metallurgischer Gefäße gebildet sein.

40 Aus der EP-384 397 A1 ist bereits ein mehrstufiges Verfahren zur Herstellung einer Cr- und Ni-hältigen Metallschmelze, insbesondere eine Stahlschmelze für rostfreie Stähle, bekannt, wobei in einem ersten Verfahrensschritt Ni-Erz in einer Stahlbasisschmelze eingeschmolzen und reduziert wird und in einem zweiten Verfahrensschritt Cr-Erz in die im ersten Verfahrensschritt erzeugte Ni-hältige Metallschmelze chargiert, eingeschmolzen und reduziert wird. Der Einschmelz- und Reduktionsprozess erfolgt in einem Schmelz-Reduktionsofen, der nach Art eines Blasekonverters ausgebildet und mit Sauerstoff-Aufblasdüsen zum Einblasen von Sauerstoff für die Entkohlung und Nachverbrennung und mit Boden-Spülementen für den Spülgaseintrag (Inertgas) in den einzelnen Verfahrensschritten ausgestattet ist. Weiters umfasst dieses Verfahren einen Entphosphorungsprozess und einen Entschwefelungsprozess, sowie einen abschließenden Entkohlungsprozess. Dieses auf billigem Erz als Rohstoffbasis arbeitende Verfahren kann den Nachteil, der sich aus dem geringen Ni-Anteil im Nickelerz und dem damit zwangsweise verbundenen großen Schlackenanteil und Energiebedarf ergibt, nur durch einen vorgelagerten Schmelzreduktionsprozess für das Nickelerz überwinden. Der hohe Erzanteil und Kohlebedarf erfordert einen zusätzlichen Entphosphorungsschritt. Ferner stellt sich das gravierende Problem hoher Chromoxidation und

damit Chromverschlackung während des Entkohlungsprozesses der Cr- und Ni-hältigen Metallschmelze, da die Badbewegung durch das Unterbadblasen von normalen Inertgasmengen in die Schmelze ohne Sauerstoff zu gering ist, um niedrige C-Gehalte bei niedriger Chromverschlackung zu erreichen. Bei extrem hohen Inertgasmengen zur Erzeugung der erforderlichen Badbewegung werden viele Metall- und Schlackenspritzer aus dem Konverter ausgetragen, da sich das Inertgas nicht wie Sauerstoff in der Schmelze löst, sondern bei der Schmelzentemperatur lediglich ausdehnt und, in einem engen Bereich konzentriert, über den Einleitungselementen aus der Schmelze und Schlacke in den Gasraum des Converters und in den Konverterkamin, unter Mitnahme von Metall- und Schlackenpartikel, austritt.

Die großen Schlackenmengen, die beim Aufschmelzen und Reduzieren von Ni-Erz mit nur 1,5 bis 2,5% Ni anfallen, erfordern zusätzlich ein häufiges Abschlacken der Schmelze und somit Materialverluste und vor allem Blasstillstände, welche eine wesentliche Produktionsverminderung bewirken.

Aus der AT-403 293 B ist ein zweistufiges Verfahren zur Herstellung einer legierten Metallschmelze, vorzugsweise für die Herstellung von rostfreien Stählen, in zwei Lichtbogenöfen bekannt, wobei in einem ersten Herstellungsschritt in einem ersten Lichtbogenofen Eisenträger, insbesondere Schrott, unter Zufuhr von elektrischer Energie eingeschmolzen und eine Entphosphorung durchgeführt wird und in einem zweiten Herstellungsschritt nach dem Umfüllen der Zwischenschmelze vom ersten Lichtbogenofen in einen zweiten Lichtbogenofen in diesem die Legierungseinstellung erfolgt. Hierbei wird vorzugsweise durch eine Hohlelektrode, kleine Mengen an Chromerz, Nickeloxid, gegebenenfalls vermischt mit einem Reduktionsmittel und Kohle, in die Metallschmelze eingebracht. Diesem Verfahren stehen jedoch vorwiegend ökonomische Gründe entgegen, da der angestrebten Ziellegierung entsprechender legierter Schrott zumeist nicht in ausreichender Menge und Kontinuität zur Verfügung steht, die zu reduzierenden Chromerz- und Nickeloxidsmengen, sowie die Produktivität niedrig sind, und elektrische Energie zumeist teuer ist. Außerdem ist auch hier die Badbewegung und somit das Mischen von C-hältiger Schmelze und Schlacke nicht intensiv genug, um bei niedrigen C-Gehalten in der Schmelze eine niedrige Cr-Oxidation zu ermöglichen.

Diese bekannten Verfahren zur Herstellung einer legierter Metallschmelze berücksichtigen zwar metallurgische Bedingungen für die Prozessführung, lassen jedoch Randbedingungen außer acht, die sich aus dem kontinuierlichen Produktionsablauf von der Stahlerzeugung bis zum stranggegossenem Zwischenprodukt, sowie aus Umweltschutzgründen durch den Anfall von chromoxidhaltigen Staub und Schlacke, sowie anderen Abfallstoffen ergeben. Eine zeitliche Abstimmung zwischen der Taktfrequenz bei der Herstellung einer Charge einer vergießbereiten legierten Metallschmelze und der Taktfrequenz beim Sequenzgießen auf einer Stranggießanlage und damit letztlich ein auf den zeitlichen und mengenmäßigen Versorgungsbedarf der Stranggießanlage abgestimmtes Herstellverfahren der Stahlschmelze bleibt unberücksichtigt.

Der weltweite Bedarf an rostfreiem Stahl steigt enorm an und aus wirtschaftlichen Gründen und wegen der Nachfrage werden die Produktionseinheiten zunehmend größer, sodass eine hohe Produktivität mit bestens abgestimmten Taktzeiten, der Wirtschaftlichkeit und der Lösung der Umweltproblematik große Bedeutung zukommt.

Aus der EP-877 823 B1 ist ein zweiadriges Verfahren zur Erzeugung nichtrostender Stähle bekannt, mit dem auf eine vorgegebene Chargenzeit von 40 bis 60 min an einer Stranggießanlage dadurch Rechnung getragen wird, dass nach jeweils 80 bis 120 min aus jeweils einem Produktionsgefäß eine Charge vergießfertige Stahlschmelze bereitgestellt wird. Die Herstellung der Stahlschmelze erfolgt hierbei in zwei metallurgischen Gefäßen, die nebeneinander positioniert sind, gegebenenfalls identische Stahlqualitäten erzeugen und denen Elektroden für die Zufuhr elektrischer Energie und Blaslanzen für die Sauerstoffzufuhr in Schwenkstationen so zugeordnet sind, dass beide metallurgische Gefäße damit wechselweise bedient werden können. Zur Schrotteinschmelzung und zum Einschmelzen sonstiger Eisenträger wird das metallurgische Gefäß als Lichtbogenofen verwendet. Nach Erreichen einer Schmelzentemperatur von 1500 bis 1600°C werden die Elektroden ausgeschwenkt und Blaslanzen eingeschwenkt und das metallurgische Gefäß als Blasekonverter weiter betrieben. Der Wechsel in der Betriebsweise erfolgt im zeitlichen Gleichlauf mit den Gießsequenzen an der Stranggießanlage. Eine verfahrenstechnisch wirtschaftliche Lösung zum Einbringen und Reduzieren von Chromoxid und/oder Nickeloxid bzw. Nickel-

hydroxid bei entsprechender Badbewegung und geringer Cr-Verschlackung wird hier jedoch nicht angesprochen. Außerdem ist auch hier die Mischung von Schmelze und Schlacke nicht optimal.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Nachteile des bekannten Standes der Technik zu vermeiden und ein Verfahren und eine Erzeugungsanlage zur Herstellung einer legierten Metallschmelze vorzuschlagen, für welche einerseits die Produktionskosten bei hoher Qualität der Metallschmelze minimiert werden und andererseits die Produktionszeit für eine Charge auf die Taktzeiten einer nachgeordneten Stranggießanlage abgestimmt ist. Ein weiteres Ziel der Erfindung liegt darin, dass Abfallstoffe, wie Cr-haltige, bzw. Cr- und Ni-haltige Stäube und Schlacken umweltfreundlich in den Erzeugungsprozess rückgeführt und wertvolles Chrom, bzw. Chrom und Nickel aus diesen Abfallstoffen rückgewonnen werden, ohne dass die Produktivität des Verfahrens reduziert wird.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass eine hohe Produktivität aus Kostengründen mit möglichst kleinen Chargengewichten (t Metallschmelze / Verfahrensschritt) ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren in mehreren aufeinander folgenden und aufeinander abgestimmten Verfahrensschritten erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass

- in einem ersten Verfahrensschritt in eine Basisschmelze Legierungsmittelträger eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionsmittels, rezirkulierter Schlacke und/oder von Schlackenbildner und eines Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit mindestens einem Sauerstoffträger die Legierungsmittelträger aufgeschmolzen und weitgehend reduziert und eine erste vorlegierte Schmelze erzeugt wird,

- in einem zweiten Verfahrensschritt in die erste vorlegierte Schmelze, Legierungsmittelträger, vorzugsweise ein Cr-Träger, und gegebenenfalls eine Basisschmelze eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionsmittels, eines Schlackenbildners und eines fossilen Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger der Legierungsmittelträger, vorzugsweise der Cr-Träger aufgeschmolzen, weitgehend reduziert und eine zweite vorlegierte Schmelze erzeugt wird und

- in einem dritten Verfahrensschritt der zweiten vorlegierten Schmelze Legierungsmittel, insbesondere Ferrolegierungen, und gegebenenfalls eine Basisschmelze zugesetzt werden, dass Schlackenbildner zugesetzt werden und unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger ein Entkohlungsprozess durchgeführt und eine legierte Schmelze mit vorbestimmter chemischer Analyse und Temperatur eingestellt wird.

Der Einsatz von Legierungsmittelträger, Reduktionsmittel, Schlackenbildner, Energieträger, Sauerstoffträger, Cr-Träger, Metallträger ist stets so zu verstehen, dass diese eingesetzten Träger bzw. Mittel von mindestens einem hierfür definitionsgemäß vorgesehenen Stoffe gebildet ist. Sie sind in beliebigen Verhältnissen mischbar und können durch für den jeweiligen Verwendungszweck geeignete, in dieser Anmeldung nicht explizit angeführten Träger oder Mittel ergänzt oder ersetzt werden.

Die eingestellte chemische Analyse und Temperatur der legierten Schmelze kann optimal auf eine Weiterbehandlung der Schmelze in einer VOD-Anlage abgestimmt sein oder auch schon jene chemische Analyse und Temperatur aufweisen, welche dem auf einer Stranggießanlage fertig vergießfähigen Flüssigstahl entspricht. Natürlich kann eine derartige Schmelze auch vor dem Vergießen auf einer Stranggießanlage in einem Pfannenbehandlungsstand auf die gewünschte chemische Analyse und Temperatur eingestellt werden.

Jeder der erfindungsgemäß vorgeschlagenen drei Verfahrensschritte findet in einem separaten Reaktionsgefäß statt, wobei die erste und zweite vorlegierte Schmelze nach deren Fertigstellung in das nachfolgende Reaktionsgefäß umgeleert wird. Die mengenmäßige Chargierung von Rohstoffen (z.B. Basisschmelze, Legierungsmittelträger, wie Cr- und Ni-Träger) für die Erzeugung der vorlegierten und legierten Schmelze in den einzelnen Verfahrensschritten erfolgt in Abstimmung auf eine weitgehend gleiche Produktionszeit in den einzelnen Verfahrensschritten und in Abstimmung auf die Gießzeit beim Sequenzgießen. Die mengenmäßige Chargierung von Reduktionsmittel, Schlackenbildner und Energieträgern erfolgt in Abstimmung auf die metallurgischen Erzeugungsbedingungen der vorlegierten und legierten Schmelze.

Im ersten Verfahrensschritt wird als Basisschmelze eine entschwefelte und weitgehend entphosphorte Metallschmelze auf Eisenbasis in das Reaktionsgefäß eingebracht und ein Metallbad gebildet, welches günstige Ausgangsbedingungen für eine maximale Energieübertragung an

die Schmelze und Einsatzstoffe mit Hilfe der mit sauerstoffhaltigem Gasen blasenden Unterbaddüsen und der Aufblaslanze unter Zugabe fossiler Energie (meist Koks bzw. Koks und Kohle oder nur Kohle) ergibt.

Als Legierungsmittelträger kommen im ersten Verfahrensschritt Chromerz, Cr-haltiger Staub, Schlacke (bevorzugt aus dem dritten Verfahrensschritt), legierter Schrott und Zunder, sowie oxidische und/oder hydroxidische Legierungsmittel, Nickelerz, Nickeloxid, Nickelsinter, Nickelhydroxid, Cr- und Ni-haltiger sowie anderer Abfall, wodurch die Wirtschaftlichkeit des vorzugsweise ersten Verfahrensschrittes erhöht wird, weiters Flugasche aus Kohlekraftwerken, Aschen von Müllverbrennungsanlagen, Shredderabfall, getrockneter Beizschlamm, etc., in Frage.

Im ersten und zweiten Verfahrensschritt wird Cr in Form von oxidischen Cr-Trägern, insbesondere preisgünstigem Chromerz mit z.B. 45 Gew.-% Cr_2O_3 chargiert. Zusätzlich oder alternativ können auch Cr-haltige Rücklaufstoffe, wie Stäube bzw. Schlacken in fester, flüssiger oder heißer Form, sowie sonstige Rest- und Abfallstoffe mit einem Chromanteil eingesetzt werden.

Die Zugabe von Ni bei der Herstellung von mit Cr und Ni legierten Stählen erfolgt überwiegend erst in der dritten Verfahrensstufe, da hierdurch Verluste durch Staub und Metallverluste beim Blasen und Umfüllen der Schmelzen gering gehalten werden können.

Besonders im ersten und zweiten Verfahrensschritt werden Kohlenstoffträger als Reduktionsmittel und als Energieträger eingebracht, die aus einem oder mehreren der nachfolgenden Stoffe gebildet sein können: Anthrazit, Steinkohle, sonstige Kohlen, Koks, Braunkohlenkoks, Petrolkoks, Graphit, jeweils in stückiger oder pulverisierter oder gepresster Form; flüssige oder gasförmige Kohlenwasserstoffe, wie Rohöl, Heizöl, heißer Rohteer, Raffinerierückstände, Schweröl, Erdgas, Propan, Butan, etc.; C-haltige Abfallstoffe z.B. von der FeNi-Erzeugung, Biomasse und Kunststoffe, beispielsweise in Form von Presslingen einer organischer Leichtfraktion.

Als Energieträger kommen im ersten Verfahrensschritt sowohl fossile Energieträger als auch elektrische Energie in Frage. Insofern kann ein für die Durchführung des ersten Verfahrensschrittes vorgesehenes Reaktionsgefäß sowohl von einem Konverter als auch von einem Lichtbogenofen mit Blasvorrichtungen gebildet sein. Im zweiten Verfahrensschritt werden vorzugsweise ausschließlich fossile Energieträger für den notwendigen Energieeintrag herangezogen und der dritte Verfahrensschritt wird bevorzugt autotherm, bzw. mit nur geringem Energieeinbringen durchgeführt. Fossile Energieträger können den Stäuben zur besseren Fluidisierung zugesetzt werden.

Als Sauerstoffträger werden O_2 oder Heißwind, gegebenenfalls auch beide, eingesetzt. Als Schlackenbildner werden vorwiegend gebrannter Kalk, Dolomit, Flussspat, Quarzsand, Gießereisand, Mergel, Altglas, Aschen, Müll, Rückstände der Industrie, Bauxit etc. eingesetzt. Feinkörnige Schlackenbildner können unter Anderem zur besseren Fluidisierung auch den Stäuben bzw. fossilen Brennstoffen zugesetzt werden. Das jeweilige Trägergas muss hierbei den metallurgischen und sicherheitstechnischen Anforderungen entsprechen.

Solche Schlackenbildner dienen zur Schlackenbildung und können aber auch zur Modifikation der Schlacke dienen, damit diese für andere Zwecke (z.B. in der Zementindustrie, im Straßenbau etc.) optimal eingesetzt werden können.

Je nach Verfügbarkeit wird in einem oder mehreren der Verfahrensschritte Schrott, insbesondere mit Cr, bzw. Cr und Ni legierter Stahlschrott, und gegebenenfalls sonstige Metallträger in vorbestimmten Mengen zugegeben. Es besteht eine Wechselbeziehung zwischen der chargierten Schrottmenge und der chargierten Menge von Chromerz und Reduktionsmittel, wobei hier stets ein mengenmäßiger Ausgleich zwischen den chargierten Mengen in den einzelnen Verfahrensstufen vorgenommen wird, um annähernd gleiche Produktionszeiten in den einzelnen Verfahrensstufen sicherzustellen.

Die sonstigen Metallträger können beispielsweise aus Stahlspänen, festem Roheisen, aber auch Ferrolegierungen und reinem Ni bestehen.

Um den Energieeintrag im Erzeugungsprozess möglichst effizient durchzuführen, ist es zweckmäßig, wenn zumindest im ersten und im zweiten Verfahrensschritt eine $\text{CO} + \text{H}_2$ -Nachverbrennung durch Aufblasen von Sauerstoff oder eines O_2 -haltigen Gases (z.B. mit Sauerstoff angereicherter Heißwind) stattfindet und im dritten Verfahrensschritt eine derartige $\text{CO} + \text{H}_2$ -Nachverbrennung vorzugsweise ausschließlich mit Sauerstoff erfolgt. Im ersten und zweiten Verfahrensschritt werden unter Einbringung von Kohlenstoff- und Sauerstoffträgern große Mengen von Staub, Schlacke und Cr-Erz, sowie Schrott aufgeschmolzen und das Cr-Erz einem Redukti-

onsprozess unterzogen. Hierbei werden in großem Umfang unvollständig verbrannte CO + H₂-haltige Abgase erzeugt. Diese werden in diesem Verfahrensschritt vorzugsweise durch Einblasen eines Heißwindstrahles oberhalb der Schlackenschicht einer Nachverbrennung unterzogen. Der Energietransfer in die Schlacke und in die Metallschmelze wird durch eine intensive Badbewegung wesentlich verstärkt, wobei diese Badbewegung durch gleichzeitiges Unterbadblasen, vorzugsweise Bodenblasen, erreicht wird, welches vorzugsweise unter Einsatz von dauerhaften mit gassförmigen Kohlenwasserstoffen geschützte Düsen (KMS-S-Düsen) erfolgt. Unter Einsatz von Heißluftdüsen für das Aufblasen und den speziellen Unterbad-/Bodendüsen ist eine Nachverbrennungsrate von etwa 60% und eine Wärmeübertragung an die Schmelze und Schlacke von annähernd 90% erreichbar. Durch den Einsatz von z.B. Sauerstoff für die Nachverbrennung besteht die Möglichkeit ein als Brenngas einsetzbares Abgas zu erzeugen, welches nach einer Staubabscheidung einem Gasspeicher zugeführt wird. Ein als Brenngas sinnvoll weiterverwendbares Abgas und damit eine entsprechend hohe Abgasgutschrift ergibt sich jedoch nur, wenn die Nachverbrennungsrate, entsprechend der Formel $\frac{(CO_2 + H_2O) \cdot 100}{CO + CO_2 + H_2 + H_2O}$, deutlich unter 60% bleibt.

Zur Durchführung der CO + H₂-Nachverbrennung werden, sofern das Abgas weiter verwendet werden soll, Sauerstoff-Nachverbrennungslanzen oder zumindest eine Lanze eingesetzt, die oberhalb des Schlackenbades vertikal oder schräg zum Schlackenbad gerichtete Sauerstoffstrahlen in die aufsteigenden Gase kontinuierlich oder pulsierend blasen bzw. bläst, diese ansaugen und teilweise zu CO₂ und H₂O nachverbrennen. Die Nachverbrennungsrate liegt dann zwischen 10% und etwa 35%. Beim kontinuierlichen oder pulsierenden Heißwindaufblasen liegt die Nachverbrennungsrate zweckmäßig zwischen 30% und 70%.

Für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist jedoch nicht nur die Nachverbrennungsrate sondern auch die Wärmeübertragung an die Schmelze besonders wichtig. Auf Grund des Unterbadblasens mit O₂, welches eine intensive Badbewegung mit CO als „Motor“ ermöglicht, werden bis zu 90% der durch die Nachverbrennung frei werdenden Energie an die Schmelze und Schlacke übertragen. Dies gilt sowohl für die Nachverbrennung durch Aufblasen mit O₂, wie auch für das Heißwindaufblasen mit der höheren Nachverbrennungsrate.

Als zweckmäßig hat sich bei diesem erfindungsgemäßen Stahlerzeugungsverfahren auch der Einsatz einer Multifunktionslanze als Aufblaslanze erwiesen, wie sie in der WO 00/12767 beschrieben ist. Diese Multifunktionslanze ermöglicht durch ihren mehrfachen Ringkanalaufbau den Einsatz in mehreren Verfahrensschritten des Erzeugungsprozesses.

In der dritten Verfahrensstufe, die vorzugsweise in einem kombiniert blasenden Entkohlungskonverter (K-OBM-S-Konverter) durchgeführt wird, erfolgt im Wesentlichen die Endlegierung und eine Entkohlung der Schmelze in einem weitgehend autothermen Prozess.

Wenn preiswerte Nickelträger, wie beispielsweise Nickelhydroxid mit etwa 40% Ni-Anteil, Nickelsinter, Nickeloxide, etc., verfügbar sind, so werden diese bevorzugt in der dritten Verfahrensstufe unter Bad eingeblasen oder in stückiger Form (Pellets, Briketts, etc) bei noch hohen Kohlenstoffgehalten der Schmelze von oben durch Schwerkraft oder durch Aufblasen zugegeben. Dadurch wird die Produktivität nicht vermindert und die Nickelverluste durch Staubaustrag, Spritzer, Metalltröpfchen in der Schlacke und Ausleerverluste werden auf ein Minimum begrenzt. Ein Einbringen der vollen Nickelmenge in der ersten und zweiten Verfahrensstufe würde zusätzliche, unvermeidbare Nickelverluste nach sich ziehen.

Der dritte Verfahrensschritt benötigt einen wesentlich geringeren Zeitaufwand als der erste und der zweite Verfahrensschritt, wenn ein Maximum an Cr-Oxid, Schlacke, Staub und Schrott verarbeitet wird. Damit die Produktionszeit im dritten Verfahrensschritt etwa der Produktionszeit im ersten und zweiten Verfahrensschritt entspricht und zur Erniedrigung der Investitionskosten, kann die im zweiten Verfahrensschritt erzeugte zweite vorlegierte Schmelze in mindestens zwei Teilmengen aufgeteilt und jede Teilmenge in jeweils einem dritten Verfahrensschritt mit einer Basis-schmelze ergänzt werden. Es werden Legierungsmittel zugesetzt, die je nach erzeugter Stahlqualität Cr oder Cr und Ni enthalten. Es werden weiters Schlackenbildner zugesetzt und unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger ein Entkohlungsprozess durchgeführt und eine legierte Schmelze mit vorbestimmter chemische Analyse und Temperatur eingestellt.

Für den verfahrensgemäßen Ablauf des Einschmelzvorganges, des Reduktionsprozesses, des Energieeintrages und des Entkohlungs Vorganges wird in allen Verfahrensstufen ein Aufblasvor-

gang mit einem Sauerstoffträger durchgeführt. Hierbei erfolgt das Aufblasen im ersten und zweiten Verfahrensschritt allein mit Sauerstoff, oder einem Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff in einem besonderen Mischungsverhältnis, oder mit Heißwind, oder einem mit Sauerstoff angereichertem Heißwind. Im dritten Verfahrensschritt erfolgt das Aufblasen mit Sauerstoff oder einem Gemisch aus Sauerstoff und einem Inertgas, welches auch Verbrennungsgase, wie CO_2 und H_2O enthalten kann.

Bei der Erzeugung einer Metallschmelze mit hohem Cr-Gehalt und/oder hohem Ni- oder Mn-Gehalt, wie sie bei Ferrolegierungen auftreten (Cr-Gehalt > 30 Gew.-%, Ni-Gehalt > 13 Gew.-%, Mn-Gehalt > 30 Gew.-%), ist es vorteilhaft, wenn im dritten Verfahrensschritt zumindest teilweise mit Heißwind aufgeblasen wird. Im ersten und zweiten Verfahrensschritt erfolgt das Aufblasen bei der Herstellung von Ferrolegierungen bevorzugt mit Heißwind oder mit Sauerstoff angereichertem Heißwind.

Wenn das Abgas weiter verwertet werden soll, kommt als Blasmedium für das Aufblasen bei allen Verfahrensschritten bevorzugt Sauerstoff in Frage, der über eine wassergekühlte Blaselanze aufgebracht wird. Zur Realisierung einer wesentlichen Reduktion, vorzugsweise mehr als Halbierung, des Kohleverbrauches sollte zumindest im ersten oder im ersten und zweiten Verfahrensschritt bevorzugt Heißwind oder mit Sauerstoff angereicherter Heißwind verwendet werden.

Dies ist auch dann besonders wichtig, wenn nach einer Variante im ersten Verfahrensschritt ausnahmsweise z.B. Nickelerz oder nickelhaltige Abfallstoffe in größerer Menge zum Einsatz kommen und somit große Schlackenmengen erschmolzen werden, wodurch ein hoher Energiebedarf besteht. Auch eine einem derartigen ersten Verfahrensschritt (ohne Chromlegierung bzw. Chromerzeduktion) nachgeschaltete Entphosphorung der Schmelze bedarf einer zusätzlichen Energiezufuhr bei der Erzeugung der ersten vorlegierten Schmelze, da diese Entphosphorung einen erheblichen Temperaturverlust der Schmelze bewirkt.

Wenn das Abgas aus dem zweiten Verfahrensschritt nicht zu einer entsprechenden Abgasgutschrift führen soll oder auch aus metallurgischen Gründen, kann mit Heißwind oder mit Sauerstoff angereichertem Heißwind aufgeblasen werden.

Im dritten Verfahrensschritt wird bevorzugt mit Sauerstoff und bei niedrigen C-Gehalten in der Schmelze mit Sauerstoff und Inertgas aufgeblasen, um die Chromverschlackung trotz der guten intensiven Badbewegung durch das Einblasen von Sauerstoff bzw. einem Gemisch von Sauerstoff und Inertgas weiter zu erniedrigen.

Eine Erhöhung und Stabilisierung der Nachverbrennungsrate wird erreicht, wenn das Aufblasen im ersten und/oder zweiten Verfahrensschritt mit pulsierendem O_2 , mit O_2 und Inertgas oder Heißwind oder mit O_2 angereichertem Heißwind durchgeführt wird.

Die innige Vermischung von Schlacke und kohlenstoffhaltiger Schmelze wird hierbei im dritten Verfahrensschritt bei abnehmenden C-Gehalt der Schmelze durch das Zumischen von Stickstoff zum Sauerstoff verbessert und die Chromverschlackung im Vergleich zur Entkohlung zurückgedrängt. Dies kann jedoch auch mit Hilfe einer Multifunktionslanze erreicht werden. Der Hauptsauerstoffstrahl aus der(n) Düse(n) wird dabei von einem in einem Brenner erzeugten heißen, in der Sauerstoff-Blaseeinrichtung schnell strömenden Gas umgeben. Ein derartiger Gasstrahl erhält seine hohe Strömungsgeschwindigkeit über eine, im Vergleich zum normalen Laval- O_2 -Strahl, größere Distanz und die Schlacke wird intensiver mit der Schmelze vermischt. Dies führt ebenfalls zu noch niedriger Cr-Verschlackung im Vergleich zum Aufblasen mit einem normalen Laval- O_2 -Strahl (z.B. mit Mach 2,2).

Somit kommen für das Aufblasen insgesamt eine Reihe von Varianten in Frage, die von verschiedensten Randbedingungen abhängen, wie der Verfügbarkeit bei bestehenden Produktionsanlagen, der Größe der Entstaubungsanlagen, der Abgasverwertung und von Einsatzstoffen. Mögliche Varianten sind in der nachstehenden Tabelle I aufgelistet und können für den Einzelfall im Rahmen des Schutzzumfanges des erfindungsgemäßen Verfahrens modifiziert werden. Für das Aufblasen sind die aufgelisteten Verfahrensvarianten zielführend, wobei in der Tabelle jeweils fett gedruckte Ringe „O“ bei dem jeweiligen Verfahrensschritt die Basisvariante repräsentieren.

Wenn mit Sauerstoff aufgeblasen wird, liegt die spezifische Blasrate im ersten und zweiten Verfahrensschritt zwischen 25% und 90% der gesamten Blasrate, bevorzugt bei etwa 80% der gesamten Blasrate, welche zwischen 2,0 und 6,0 $\text{Nm}^3/\text{t} \cdot \text{min}$, bevorzugt bei etwa 3,8 $\text{Nm}^3/\text{t} \cdot \text{min}$ eingestellt wird.

Wird statt mit Sauerstoff mit Heißwind aufgeblasen, so ist die Blasrate um etwa 1,5 bis 5 mal höher als beim Sauerstoffaufblasen.

Tabelle I: Aufblasen: Blasart und Medien in den Verfahrensschritten 1 bis 3

Blasart	Medien	Verfahrensschritt 1	Verfahrensschritt 2	Verfahrensschritt 3
Aufblasen	O ₂	(o)	O	O
	O ₂ + Inertgas	(o)	(o)	O
	Heißwind	O	(O) ***	((o))
	Heißwind+O ₂	O	(O) ***	((o))
	O ₂ + Staub****)	(o)	(o)	((o))
	C-Träger **)	((oo))	((o))	((o))
	Kalkstaub	((oo))	((o))	((o))
	Cr-Erz **)	O	(o)	((o))
	Cr-Erz + Grobstaub *)	(o)	O	((o))
	Cr-Erz + Ni-Träger	(o)	(o)	((o))

O Basisvariante

(o) Option

((o)) eher selten

*)

z.B. durch separate Lanze (blasen oder Schwerkraftförderung)

**)

C-Träger oder in einer Mischung mit Cr-Erz, Ni-Träger, Staub

***)

wird Basisvariante, wenn das Abgas nicht verwertbar ist

****)

wenn der Staub keine metallischen Teilchen enthält, ansonsten wird der Staub mit Inertgas aufgeblasen

Das Unterbadblasen umfasst als besonders bevorzugte Ausführungsform das Bodenblasen durch Bodendüsen im Boden des jeweils eingesetzten Reaktionsgefäßes.

Zur Abstimmung des Unterbadblasens auf die wechselnden Anforderungen bei der Herstellung der Metallschmelzen in den einzelnen Verfahrensstufen, ist es vorteilhaft, wenn das Unterbadblasen im ersten Verfahrensschritt und gegebenenfalls auch im zweiten Verfahrensschritt eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen umfasst:

a) ein Unterbadblasen zur CO-Bildung, Wärmeübertragung bei der Nachverbrennung, Energieeinleitung und insbesondere Badbewegung, Mischung von Schmelze und Schlacke, sowie gegebenenfalls das Zerschneiden von Schrott und Metallträger mit

- O₂ oder einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas, wie vorzugsweise N₂, oder
- O₂ und ein Gemisch aus O₂ und einem Inertgas in aufeinander folgenden Schritten oder
- einem Gemisch aus Sauerstoff und Wasserdampf oder
- einem Gemisch aus Sauerstoff und CO₂;

b) die Zufuhr eines Energieträgers und eines Reduktionsmittels durch Unterbaddüsen;

c) das Einblasen von Stäuben, wie Hüttenkreislaufstoffen, Konverter- und Elektroofenstäube, Stäube von der Erzeugung von Ferrolegierungen, Asche, feinkörnige Ferrolegierungen oder Al;

d) das Einblasen von Fe-, Cr- und Ni-hältige Stäube zur Entsorgung und als Legierungsmittelträger;

e) das Einblasen von Schlackenbildnern, wie Kalk, SiO₂, Flussspat, Bauxit, Sand, jeweils mit Sauerstoff als Trärgas, solange die Cr-Gehalte der Schmelze etwa unter 10 Gew.-% liegen oder mit Inertgas;

f) das Einblasen von mindestens einem der Stoffe Cr-Erz, Mn-Erz, Ni-Erz, Ni-Oxide, Nickelhydroxid, Stäuben, Aschen, Zunder, Schleifstäube, Sand, kontaminierter Bauschutt, Abfall aus Haushalt oder Industrie, Abfallstoffen als Legierungsmittelträger und/oder Schlacken-

bildner.

Beim Einblasen der Legierungsmittelträger (Cr-Erz, Mn-Erz, Ni-Erz, Ni-Oxide, Ni-Sinter, Nickelhydroxid) ist auf die örtliche Temperaturniedrigung der Schmelze vor den Düsen zu berücksichtigen.

5 Die Zufuhr eines oder mehrerer Energieträger für das Aufschmelzen der Einsatzstoffe, die Überhitzung der Schmelze und die Zufuhr eines Reduktionsmittels für den Ablauf der Oxidreduktionen kann zusätzlich oder alternativ zum Bodenblasen in stückiger Form von oben in das Reaktionsgefäß erfolgen. Gleichmaßen kann auch die Zufuhr von Schlackenbildnern und Legierungsstoffen zusätzlich oder alternativ zum Unterbadblasen von oben auf bzw. in die Schmelze im
10 Reaktionsgefäß erfolgen. Hierbei erfolgt die Einbringung in staubförmiger oder feinkörniger Form mit Blaselanzen oder in stückiger Form durch Chargierung bzw. durch dosierte Zugabe aus einem Hochbunker.

Weiters können Stäube und sonstige feinkörnige Stoffe, wie Hüttenkreislaufstoffe, Konverter- und Elektroofenstäube, Stäube aus der Erzeugung von Ferrolegierungen, Asche, feinkörnige
15 Ferrolegierungen oder AL, sowie FE-, Cr- und Ni-hältige Stäube stückig gemacht werden und in dieser stückigen Form der Schmelze oder der Schlacke zugeführt werden. Die Stückigmachung erfolgt hierbei vorzugsweise durch Brikettieren oder Pelletieren.

Die spezifischen Unterbadblasraten liegen zwischen 0,25 und etwa 3,5 Nm³/t.min. Wenn das Unterbadblasen nur mit Sauerstoff erfolgt, so liegt die bevorzugte Bodenblasrate bei etwa 0,4 bis
20 1,5 Nm³/t.min.

Während des zweiten Verfahrensschrittes werden durch das Unterbadblasen im Wesentlichen eine ausreichende CO-Bildung, eine Energieeinleitung und insbesondere Badbewegung und damit auch eine optimale Übertragung der bei der Nachverbrennung freiwerdenden Energie an die Schmelze, sowie eine Mischung von Schmelze und Schlacke ermöglicht. Insgesamt wird hierdurch
25 in Verbindung mit einer hohen Nachverbrennungsrate ein möglichst hoher Energieeintrag in das Metallbad und eine beträchtliche Einsparung an Primärenergie erzielt. Hierzu wird durch Unterbad-
düsen

- O₂ oder ein Gemisch aus O₂ und einem Inertgas, wie vorzugsweise N₂, oder
- O₂ und ein Gemisch aus O₂ und einem Inertgas in aufeinanderfolgenden Schritten und
30 Mischungsverhältnissen, oder
- ein Gemisch aus O₂ und Wasserdampf, oder
- ein Gemisch aus O₂ und CO₂

eingbracht. Weiters ist zusätzlich oder als Alternative für den Erzeugungsprozess die Zufuhr eines flüssigen oder gasförmigen Reduktionsmittels durch die Unterbaddüsen zweckmäßig. Weiters ist
35 es zusätzlich oder als Alternative für den Erzeugungsprozess zweckmäßig, dass das Unterbadblasen wie im ersten Verfahrensschritt durchgeführt wird.

Im dritten Verfahrensschritt erfolgt das Unterbadblasen zur CO-Bildung, CO-Partialdruckerniedrigung, Wärmeübertragung bei der Nachverbrennung, Badbewegung und Entkohlung mit O₂ und einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas in aufeinander folgenden Schritten mit gegebenenfalls wechselnden Mischungsverhältnissen. Das Mischungsverhältnis von O₂
40 und einem Inertgas wird hierbei in Abhängigkeit vom C-Gehalt der Schmelze und eventuell auch der Temperatur eingestellt.

Im dritten Verfahrensschritt werden feinkörnige Ni-Träger, direkt oder gemischt mit einem Reduktionsmittel, mit einem Trägergas, welches vorzugsweise ein Inertgas oder ein Gemisch aus
45 Inertgas und einem geringen Anteil an Sauerstoff umfasst, durch Unterbadblasen bei einem C-Gehalt in der Schmelze von mehr als 1,0 Gew.-% C in die Schmelze eingebracht. Die Feststoffe werden bevorzugt durch die gegen Verschleiß geschützten Zentralrohre der Unterbaddüsen eingeblasen, wenn sie nicht von oben zugegeben werden. Als Ni-Träger kommen beispielsweise Nickeloxid, Nickelsinter, Nickelhydroxid, Abfallstoffe aus der FeNi-Produktion, etc., in Frage. Ni-Träger
50 können auch in stückiger Form, einschließlich geformter Pellets und Briketts, auf das Metallbad chargiert oder mit speziell ausgebildeten Blaselanzen in die Schlackenschicht oder die Schmelze geblasen werden.

Um diesem vielfältigen Anforderungsprofil zu entsprechen, werden Unterbaddüsen eingesetzt, die zumindest eine Zentraldüse (Rohr) und einen Ringspalt oder mehrere konzentrische Ringkanäle für die Durchleitung der Einsatzstoffe aufweisen. Staubförmige und feinkörnige Einsatzstoffe
55

werden mit einem Trägergas, bevorzugt Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Erdgas bzw. Gasgemische durch die Unterbaddüsen geleitet.

Zusätzlich und bevorzugt zu deren optimalen Schutz werden durch die Unterbaddüsen in allen Verfahrensschritten Kohlenwasserstoffe, wie vorzugsweise CH_4 , C_3H_8 , C_4H_{10} , deren Gemische, Dieselöl, Schweröl, etc., als Düsenschutz in die Schmelze eingeblasen. Dieses Einblasen erfolgt durch einen oder mehrere ringförmige Kanäle, welche den Zentralstrahl jeder Unterbaddüse umgeben. Zusätzlich zu den Kohlenwasserstoffen oder an deren Stelle können Inertgase, Dampf, CO_2 , CO oder deren Mischungen als Düsenschutz in die Schmelze eingeblasen werden.

Nach einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung werden bei den Verfahrensschritten während des Blasevorganges die Temperatur und/oder die chemische Analyse der Schmelze, vorzugsweise durch eine Online-Auswertung der von der Schmelze an der Düsenmündung abgestrahlten elektromagnetischen Wellen, welche durch eine Unterbaddüse zu einer Auswerteeinrichtung gelangen, bestimmt und in Abhängigkeit von der Temperatur und/oder der chemischen Analyse Vorgabewerte für das Auf- und Unterbadblasen und für die Zugabe von Legierungsmitteln, Energieträger, Auf- und Entkohlungsmitteln, etc., in einem Prozessmodell bestimmt.

Im Einzelnen kann für das Unterbadblasen und im Speziellen für das Bodenblasen aus einer Vielzahl von Verfahrensvarianten gewählt werden, die von verschiedensten Randbedingungen abhängen. Hierbei sind bestehende Produktionsanlagen und für den konkreten Anlagenbetreiber mehr oder weniger wirtschaftlich verfügbare Einsatzstoffe (Legierungsmittel, Reduktionsmittel, Energieträger) und Gase in Betracht zu ziehen. Mögliche Varianten sind in der folgenden Tabelle II aufgelistet und können für den Einzelfall im Rahmen des Schutzzumfanges der Erfindung modifiziert werden. Für das Unterbadblasen sind die aufgelisteten Verfahrensvarianten zielführend, wobei die in der Tabelle II jeweils fett gedruckte Ringe „O“ bei dem jeweiligen Verfahrensschritt die Basisvariante repräsentiert.

Für das Unterbadblasen, hierbei speziell für das bevorzugte Bodenblasen, aber auch für ein Seitenblasen, werden bevorzugt mit Kohlenwasserstoff bzw. mit einem Gemisch aus Kohlenwasserstoff und Inertgas geschützte Mehrrohrdüsen, insbesondere Zweirohrdüsen angewandt. Daher werden in der folgenden Tabelle II die zu blasenden Medien der Zentralstrahldüse, wie auch die im Ringspalt einer Ringspaltdüse zwischen einer Zentraldüse und dem äußeren Düsenrohr(en) - Ringdüsen - zu blasenden Medien für die einzelnen Verfahrensschritte beschrieben.

Tabelle II: Unterbadblasen / bevorzugt Bodenblasen: Blasarten und Medien in den Verfahrensschritten 1 bis 3

Blasart	Medien	Verfahrensschritt 1	Verfahrensschritt 2	Verfahrensschritt 3
bevorzugt Bodenblasen	Zentraldüsen			
	O₂	O	O	O
	O₂ + Inertgas	(o)	(o)	O
	Inertgas **)	((o))	((o))	(o)
	Inertgas + C-Träger (Kohle, Koks,...) ***)	O	(o)	((o))
	Inertgas + C-Träger + Oxide	((o))	((o))	((o))
	Inertgas + Cr-Erz	(o)	(o)	((o))
	Inertgas + Feinstaub, Asche, Abfall, Zunder ***)	O	(o)	((o))
	Inertgas + Ni-Träger (Nickel- lerz, NiO, Ni(COH)₂, Sinter, etc)	(o)	(o)	O *)
	O₂(Inertgas) + Schlackenbil- dner, wie CaO, Al₂O₃, SiO₂, CaF₂, MgO etc	(o)	((o))	((o))

Blasart	Medien	Verfahrensschritt 1	Verfahrensschritt 2	Verfahrensschritt 3
bevorzugt Bodenblasen	Ringspaltdüsen			
	Kohlenwasserstoff z.B. (CH ₄ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀)	O	O	O
	Kohlenwasserstoff + Inertgas oder CO ₂ bzw. Wasserdampf	O	O	O
	Inertgas **)	(o)	(o)	(o)

O Basisvariante

(o) Option

((o)) eher selten

*) oder vermisch mit C-Träger bzw. brikettiert, pelletiert, stückig von oben chargiert zugegeben

**) mit Ausnahme von: Chargieren, Probenahmen, Temperaturmessung, Spülen, Ausleeren,...

***) C-Träger können auch stückig vom Hochbunker aus dosiert chargiert werden und feinkörnige Stoffe, wie Staub, Zunder, Ni-Träger können auch brikettiert von oben dosiert der Schmelze zugeführt werden.

Je nach Bedarf, der sich zweckmäßig nach den Chargengewichten in den einzelnen Verfahrensschritten richtet, den verfügbaren Mengen an Cr-legiertem oder Cr- und Ni-legiertem Stahlschrott und den Gießformaten auf der Stranggießanlage, wird in den einzelnen Verfahrensschritten eine aus entphosphortem Roheisen bestehende Basisschmelze in das jeweilige Reaktionsgefäß eingebracht. Diese Basisschmelze kann infolge ihrer Rohstoffbasis bereits Cr und Ni in geringen Mengen enthalten und wird mit einer Badtemperatur von 1220°C bis 1650°C in den einzelnen Verfahrensstufen, die Mengenbilanz ergänzend, eingebracht. Eine günstige Ausgangsbasis für den erfindungsgemäßen Erzeugungsprozess bildet eine Basisschmelze mit folgender Zusammensetzung:

2,0 - 4,7 Gew.-% C,

< 1,0 Gew.-% Mn,

< 0,025 Gew.-% P,

< 0,03 Gew.-% S,

Rest Fe und verfahrensbedingte Verunreinigungen.

Das Roheisen für die eingesetzte Basisschmelze kann sowohl von einem konventionellen Hochofen oder aus einer HI-Smelt-Anlage oder aus einer beliebigen anderen Roheisenquelle stammen.

Alternativ zur Erzeugungsrouten „Roheisenerzeugung“ besteht die Möglichkeit, dass die Basisschmelze unter Einwirkung elektrischer Energie, insbesondere in einem Elektrolichtbogenofen, erzeugt wird. Hierbei kann, in Abhängigkeit von den gewählten Einsatzstoffen, sowohl eine unlegierte als auch eine speziell vorlegierte Basisschmelze erschmolzen werden.

Weiters besteht die Möglichkeit, dass die Basisschmelze alternativ zum entphosphortem Roheisen oder anteilig dazu aus Abfallstoffen der Ferronickel-Produktion durch Schmelzreduktion gebildet wird. Der Anteil der Basisschmelze aus Abfallstoffen aus der Ferronickelproduktion kann hierbei bis zu 50% betragen. Die in größeren Mengen verfügbaren, auf Halde liegenden Abfallstoffe aus der Ferronickel-Produktion enthalten einen Ni-Anteil von etwa 2 Gew.-% in Form von Nickeloxid, der Rest besteht aus Kohle und Schlacke. Diese Abfallstoffe können in einem, den drei erfindungsgemäßen Verfahrensschritten vorgelagerten Verfahrensschritt einer Schmelzreduktion unterzogen werden, wobei dieser vorgelagerte Verfahrensschritt gleichzeitig der Basisschmelze, beispielsweise unter Zumischung von entphosphortem Roheisen, mit umfasst. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Abfallstoffe aus der Ferronickel-Produktion bevorzugt in den ersten Verfahrensschritt, mit geringeren Anteilen auch in den zweiten oder dritten Verfahrensschritt einzubringen und dort den Schmelzreduktionsprozess ablaufen zu lassen.

Hierbei ist die Schlackenwirtschaft wegen des erhöhten Schlackenanstalles besonders zu berücksichtigen.

Zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit wird die Cr_2O_3 -haltige unreduzierte Schlacke aus dem dritten Verfahrensschritt in den ersten Verfahrensschritt, vorzugsweise durch Heißwindaufblasen, rückgeführt und dort mit einem C-hältigem Reduktionsmittel reduziert. Durch die Kreislaufwirtschaft der Cr-hältigen Schlacke werden die Cr-Verluste im Gesamtprozess reduziert und insbesondere der FeSi-Verbrauch wesentlich erniedrigt. Durch die Vermeidung einer aggressiven Reduktionsschlacke (Zugabe von CaO , CaF_2 und FeSi) am Ende des dritten Verfahrensschrittes werden die Haltbarkeit der feuerfesten Ausmauerung des verwendeten Reaktionsgefäßes und die Produktivität erhöht. Die Gesamtschlackenmenge wird ebenfalls verkleinert und der Bedarf an Schlackenbildnern, wie Kalk, etc., im ersten Verfahrensschritt ganz oder teilweise eingespart. Gleichmaßen kann eine bestimmte Schlackenmenge auch im zweiten Verfahrensschritt verarbeitet werden. Allerdings erniedrigt sich dann die Chromerzmenge, sofern die Chargenfolgezeit nicht erhöht werden soll.

Wenn der erste Verfahrensschritt mit Sauerstoffaufblasen und Gasrückgewinnung durchgeführt wird, wird auf die Schlackenrückführung verzichtet und hauptsächlich der Staub rezirkuliert. Bei der Variante des Sauerstoff-Aufblasens - statt Heißwind - im ersten Verfahrensschritt wird weniger Chromoxid zu Chrom reduziert, d.h., dass bei gleicher Produktivität mehr HCFeCr chargiert werden muss. Besonders in diesem Fall ist die Zugabe von HCFeCr , welches 2,0 bis 4,5 Gew.-% Si enthält, in den letzten Blaseminuten, speziell den letzten 5 bis 10 Blaseminuten, des zweiten Verfahrensschrittes vorteilhaft, da dann das Si aus dem HCFeCr die Reduktion der Schlacke des zweiten Verfahrensschrittes unterstützt. Der dritte Verfahrensschritt wird in Hinblick auf die Schlackenmenge verkleinert.

Speziell für den Einsatz der Schlacke in der Zementindustrie ist es zweckmäßig, wenn in den letzten Blaseminuten, speziell den letzten 5 bis 10 Blaseminuten, des ersten und/oder zweiten Verfahrensschrittes die Schlackenbasizität (CaO/SiO_2) von 2,0 bis 2,5 auf etwa 1,4 durch Zugabe von SiO_2 -Träger erniedrigt wird, sowie die Schlackenanalyse von Eisenoxid- und Al_2O_3 -Träger auf Werte eingestellt werden, wie sie die Zementindustrie für Schlacken fordert, die als Klinkerersatz oder als Zuschlagstoff bei der Zementerzeugung verwendet werden.

Darüber hinaus ist es je nach weiterem Einsatzzweck der Schlacke zweckmäßig, wenn die Schlacken des ersten und/oder zweiten Verfahrensschrittes nach dem Ausleeren der Metallschmelze auf die gewünschte Analyse und Temperatur konditioniert werden.

Im Anschluss an den dritten Verfahrensschritt wird die legierte Schmelze gegebenenfalls einer abschließenden pfannenmetallurgische Behandlung, vorzugsweise nach dem VOD-Verfahren, unterzogen, die eine oder mehrere der Maßnahmen Feinentkohlung, Feinlegierung, Entstickung, Reduktion, Entschwefelung, sowie eine Temperatureinstellung und eine Spühlbehandlung der Schmelze umfasst. Das VOD-Verfahren weist den Vorteil auf, dass bei einer Vakuumbehandlung einer Cr-legierten Schmelze die Entkohlung mit Sauerstoff weitgehend vor einer Chromoxidation abläuft und damit Chromverluste und der Verbrauch an FeSi, auch bei niedrigen C-Gehalten der Schmelze, bei den kleinen Schlackenmengen sehr gering gehalten werden können. Dem Entkohlungsschritt folgt eine Schlackenreduktion mit einem Gemisch aus FeSi, Aluminium, Kalk und CaF_2 zur Rückgewinnung des Chromoxids aus der Schlacke, wobei gleichzeitig der Sauerstoffgehalt der Schmelze auf ein Minimum reduziert wird. Während dieser Behandlungsphase erfolgen die Feinlegierung und eine letzte Entschwefelung der Schmelze. Die Kombination des dritten Verfahrensschrittes (K-OBM-S-Prozesses) mit der VOD-Behandlung bringt den Vorteil, dass auf den Einsatz von Argon bei allen drei Verfahrensschritten und insbesondere im dritten Verfahrensschritt im Reaktionsgefäß, speziell im K-OBM-S-Konverter, gänzlich verzichtet werden kann. Allerdings kann die Schmelze auch im dritten Verfahrensschritt auf die erforderlichen niedrigen C-Gehalte gefrischt werden, wenn keine Behandlung in einer VOD-Anlage stattfindet. Dann wird bei niedrigen C-Gehalten der Schmelze in den Zentralrohren der Bodendüsen mit Gemischen von Sauerstoff und Argon in Abhängigkeit vom C-Gehalt der Schmelze gefrischt.

Die Mengen der in den einzelnen Verfahrensschritten eingebrachten Einsatzstoffe, insbesondere Basisschmelze, gegebenenfalls Schrott, Cr-Erz und sonstige Legierungsmittel, werden so bestimmt, dass in den einzelnen Verfahrensschritten Abstichfolgezeiten erreicht werden, die die erforderliche Taktzeit für das aufeinander folgende Stranggießen der Chargen entsprechen.

Gleichermaßen können die Abstichfolgezeiten auf die Taktzeiten anderer Weiterbehandlungs- und Weiterverarbeitungsschritte (z.B. andere Gießverfahren) abgestimmt werden. Produktspezifische Gießgeschwindigkeiten auf der Stranggießanlage und die vorgesehenen Gießformate haben wesentlichen Einfluss auf die vergießbare Stahlmenge pro Zeiteinheit, so dass die Einsatzmengen im vorgelagerten Stahlerzeugungsprozess angepasst werden. Es ist daher vorteilhaft, wenn insbesondere auf der Prozessleitebene das Stahlerstellungsverfahren steuernde Prozessmodelle Leitgrößen des nachgeordneten Gießprozesses, wie die Gießgeschwindigkeit und das Gießformat, oder Taktzeiten beim Gießen von Ferrolegierungen, zur Festlegung der Mengen der in den einzelnen Verfahrensstufen eingebrachten Einsatzstoffe einbezieht. Bei der Stahlerzeugung ist die Menge an eingebrachtem Chromerz, von der wiederum die Menge an eingebrachten Sauerstoff oder Heißwind und Kohle maßgeblich abhängt, der bestimmende Parameter für die zu erzeugende Stahlmenge pro Zeiteinheit. Dazu kommen Einflüsse, wie das Alter der Reaktionsgefäße und der Lanzen, der Temperatur der Basisschmelze, der Staub-, Schlacken- und Schrotteinsätze, usw. dazu, welche in den Prozessmodellen berücksichtigt werden.

Eine Stahlerzeugungsanlage zur Herstellung einer legierten Metallschmelze, die vorzugsweise Cr oder Cr und Ni enthält, ist von mehreren in einer Produktionslinie hintereinander angeordneten Reaktionsgefäßen gebildet, wobei jedes Reaktionsgefäß in seiner allgemeinen Ausgestaltung als beliebiges metallurgisches Gefäß betrachtet werden kann, solange die unter anderem in den Tabellen I und II aufgeführten Betriebsweisen berücksichtigt sind. Das Fassungsvermögen der einzelnen aufeinander folgenden Reaktionsgefäße ist so aufeinander abgestimmt, dass die in einem Produktionszyklus erzeugte vergießfertige legierte Metallschmelze der Gießkapazität einer nachgeordneten Stranggießanlage entspricht. Die in den einzelnen Reaktionsgefäßen eingesetzten Mengen an Einsatzstoffen sind in Hinblick auf metallurgische Gegebenheiten und möglichst übereinstimmenden Produktionszeiten in den einzelnen Reaktionsgefäßen ausgerichtet. Dem entsprechend umfasst die erfindungsgemäße Stahlerzeugungsanlage folgende in einer Produktionslinie hintereinander angeordnete Reaktionsgefäße und metallurgische Einrichtungen:

- mindestens eine Flüssigmetall-Chargiereinrichtung für den Transport einer Basisschmelze zu mindestens einem der Reaktionsgefäße,
- ein erstes Reaktionsgefäß mit mindestens einer Unterbadblaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung,
- eine erste Umleereinrichtung für die unmittelbare Überleitung einer ersten vorlegierten Schmelze vom einem ersten Reaktionsgefäß in ein zweites Reaktionsgefäß,
- ein zweites Reaktionsgefäß mit mindestens einer Unterbadblaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung,
- eine zweite Umleereinrichtung für die Überleitung von mindestens einer Teilmenge einer zweiten vorlegierten Schmelze vom einem zweiten Reaktionsgefäß in ein drittes Reaktionsgefäß,
- ein drittes Reaktionsgefäß mit einer Unterbadblaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung.

Die Aufblaseeinrichtung ist als Lanze für das O₂-Aufblasen oder als Heißwindlanze oder als Multifunktionslanze mit mehreren konzentrisch angeordneten Strömungskanälen pro Düse für verschiedene Einsatzstoffe ausgebildet. Generell ermöglichen neben einer konventionellen Sauerstoff-Blaselanze weitere Aufblaselanzen den Eintrag von sonstigen benötigten Einsatzstoffen in pulverförmiger oder feinkörniger Konsistenz.

Vorzugsweise ist das erste und zweite Reaktionsgefäß mit einer eigenen Lanze für den Eintrag von feinkörnigem Legierungsmittelträger, insbesondere Chromerz, und gegebenenfalls für den Eintrag von Grobstäuben ausgestattet. Zusätzlich zu den Anlagen für das Feststoffeinblasen sind den einzelnen Reaktionsgefäßen entsprechende periphere Versorgungseinrichtungen, wie Hochbunkeranlagen und Gasregelstationen zugeordnet.

Die Unterbadblaseinrichtung wird von Ringspaltdüsen, insbesondere Zweirohrdüsen, gebildet und ermöglicht den Einsatz unterschiedlichster Medien und feinkörniger Materialien. Vorzugsweise ist die Unterbadblaseinrichtung als Bodenblaseinrichtung ausgebildet.

Zweckmäßig umfasst die Unterbadblaseinrichtung einen Feststoffverteiler, der vorzugsweise am jeweiligen Reaktionsgefäß angeordnet ist. Aus dem Feststoffverteiler werden Feststoffe, wie vorzugsweise Staub, Kohle und Kalk, in feinkörniger Form den Unterbaddüsen mit einem Trägergas zugeführt und in die Schmelze eingeblasen.

Durch die Unterbadblaseeinrichtung kann in effizienter Weise die Temperatur und/oder die chemische Analyse der Schmelze überwacht werden, wenn der Unterbadblaseeinrichtung eine Messeinrichtung zur On-Line-Messung der Temperatur und/oder der chemischen Analyse der Schmelze zugeordnet sind. Bei dieser Art der Prozessführung, welche bevorzugt in allen Verfahrensschritten angewandt wird, ist die Unabhängigkeit der Messung von der Schlackenmenge und insbesondere der Schlackenkonsistenz besonders vorteilhaft. Eine entsprechende Einrichtung zur kontinuierlichen Temperaturmessung und chemischen Analyse der Schmelze ist in den Patentschriften/Patentanmeldungen EP-B 1 016 858, EP-B 868 656, WO 02/48661 und WO 02/27301 der Anmelderin beschrieben. Durch die Unterbaddüse, die zur Online-Messung der Temperatur und der chemischen Analyse ausgestattet ist, werden keine Feststoffe eingeblasen.

Nach einer zweckmäßigen Ausführungsform ist dem dritten Reaktionsgefäß eine VOD-Anlage zur Feinung der aus dem dritten Reaktionsgefäß übergeleiteten Schmelze nachgeordnet.

Vorteilhaft ist dem dritten Reaktionsgefäß oder der VOD-Anlage eine von mindestens einer Stranggießanlage gebildete Stahlverarbeitungsanlage in einer Produktionslinie unmittelbar nachgeordnet. Bevorzugt ist die nachgeordnete Stranggießanlage mit einer oszillierenden Kokille für das Vergießen von Stahlsträngen mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt ausgestattet. Es können jedoch auch Stranggießanlagen beliebiger Bauart für beliebige Querschnittsformate oder bei Bedarf auch Blockguss eingesetzt werden.

Eine für die Umsetzung des Stahlerzeugungsverfahrens besonders zweckmäßige Auswahl an Reaktionsgefäßen ist gegeben, wenn das erste Reaktionsgefäß von einem Konvertergefäß, vorzugsweise von einem allotherm betriebenen Recyclingkonverter, oder einem modifizierten Elektroofen, das zweite Reaktionsgefäß von einem Konvertergefäß, vorzugsweise einem allothermen Konverter (KMS-S-Konverter) und das dritte Reaktionsgefäß von einem Konverter, vorzugsweise einem autothermen Konverter (K-OBM-S-Konverter) gebildet ist.

Unter einem modifizierten Elektroofen ist ein Elektroofen mit zusätzlichen Einrichtungen für die Erzchargierung, mit Einrichtungen für die diversen Blasevorgänge, wie Sauerstoffanlagen, Heißwinddüsenanlagen, Unterbaddüsen und dergleichen zu verstehen. Die Abkürzung „KMS-S“ steht für „Kombiniertes Maxhütte Stahlerzeugungsverfahren - stainless“; die Abkürzung „K-OBM-S“ steht für „Kombiniertes Oxygen - Bodenblasen Maxhütte Stahlerzeugungsverfahren - stainless“.

Zur Erzeugung einer zweckentsprechenden Basisschmelze ist dem ersten Reaktionsgefäß ein weiteres Reaktionsgefäß vorgelagert, welches zur Erzeugung einer Basisschmelze aus entphosphorstem Roheisen als Entphosphorungseinrichtung ausgebildet ist. Zur Erzeugung einer Basisschmelze, unter anderem aus Abfallstoffen der Ferronickelproduktion, ist dieses weitere Reaktionsgefäß als Schmelzreduktionsreaktor ausgebildet. Für die Durchführung des Schmelzreduktionsprozess sind wegen des geringen Nickel-Anteiles in den Abfallstoffen der Ferronickelproduktion Mittel für einen hohen Energieeintrag vorzusehen, allerdings ermöglicht diese Verfahrensrouten die wirtschaftliche Nutzung dieser bisher kaum genutzten und aus Umweltschutzgründen aufzuarbeitenden Abfallstoffe.

Bei den Chargierarbeiten und den Blaseprozessen tritt in hohem Maße eine das Umfeld belastende Staubentwicklung auf, sodass den einzelnen Reaktionsgefäßen vorzugsweise trocken arbeitende Entstaubungsanlagen (Elektrofilter) zugeordnet sind. Neben einer weitgehenden Vermeidung der Umweltbelastung werden Wertstoffe zurückgewonnen, die dem Produktionsprozess wieder zugeführt werden.

Das Zusammenspiel der Stahlerzeugungsanlage und der nachgeordneten Stahlverarbeitungsanlage wird wesentlich erleichtert, wenn der Stahlerzeugungsanlage und der Stahlverarbeitungsanlage ein, zumindest die eingesetzten Reaktionsgefäße und die Stranggießanlage umfassendes, übergreifendes Leitsystem mit einzelnen der Stahlerzeugungsanlage und der Stahlverarbeitungsanlage zugeordneten Prozessrechnern übergeordnet ist und ein die Stahlerzeugungsanlage regelndes Prozessmodell oder regelnde Teilprozessmodelle Leitgrößen der nachgeordneten Stahlverarbeitungsanlage, wie beispielsweise die Gießgeschwindigkeit und das Gießformat auf der Stranggießanlage, zur Berechnung der Mengen, der in den einzelnen Verfahrensstufen eingebrachten Einsatzstoffe, über das Leitsystem übermittelt erhält und entsprechend den berechneten Mengen die Zuführung der Einsatzstoffe in die Reaktionsgefäße erfolgt.

Zusätzlich ist die Erzeugungsanlage mit einer Level 1 und Level 2 Automation, mit Entstaubungs- und Gasspeicheranlagen, mit Schlackentransport- und Bunkeranlagen, usw., ausgestattet.

In zumeist vorgegebenen Zeitabständen sind Reparaturarbeiten an den Betriebsanlagen durchzuführen. Bei den Reaktionsgefäßen sind die feuerfesten Ausmauerungen auszubessern oder eine Neuzustellung durchzuführen. Hierfür muss das Reaktionsgefäß für einige Stunden aus der Produktionslinie entfernt werden und soweit möglich, wird der Betrieb mit einem Ersatzgefäß fortgesetzt werden (Wechselkonvertergefäß). Für den Fall, dass diese Möglichkeit nicht besteht (stationäre Reaktionsgefäße), wird vorgeschlagen, dass die drei Verfahrensschritte während des Zeitraumes der Erneuerungsarbeiten auf die jeweils verbleibenden zwei Reaktionsgefäße aufgeteilt werden. Da für alle drei Verfahrensstufen Reaktionsgefäße vorgesehen sind, die im Wesentlichen über vielseitig verwendbare Aufblase- und Unterbadblaseeinrichtungen verfügen, bestehen keine grundsätzlichen Hindernisse, Verfahrensschritte teilweise auf das jeweils nachfolgende oder vorge-

lagerte Reaktionsgefäß zu verschieben. Insgesamt wird bei gleich bleibendem Chargengewicht die Produktionszeit höher, wodurch die Auslastung der nachgeordneten Stranggießanlage und die Produktivität abnimmt. Es ist jedoch möglich, den Produktionsprozess aufrecht zu erhalten.

Wenn beispielsweise das erste Reaktionsgefäß von einem stationären Recyclingkonverter gebildet ist und wegen der Erneuerung der feuerfesten Zustellung vorübergehend (z.B. für 4 Tage) nicht produzieren kann, übernimmt das zweite Reaktionsgefäß einen Teil der Produktion des ersten Gefäßes. Fällt das zweite Reaktionsgefäß aus, so übernimmt der Recyclingkonverter einen Teil dieser Produktion. Beide Konverter werden allotherm betrieben, so dass diese Flexibilität möglich ist.

Fällt das dritte Reaktionsgefäß wegen der Erneuerung der feuerfesten Auskleidung aus, so übernimmt der Recyclingkonverter einen Teil der Produktion des meist autotherm arbeitenden ersten Gefäßes und im zweiten Reaktionsgefäß wird ein Teil der Produktion des Recyclingkonverters durchgeführt.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei auf die beiliegenden Figuren Bezug genommen wird, die folgendes zeigen:

Fig. 1 einen Recycling-Konverter mit schematischer Darstellung seiner erfindungsgemäßen Einsatzmöglichkeiten gemäß dem ersten Verfahrensschritt,

Fig. 2 einen KMS-S-Konverter mit schematischer Darstellung seiner erfindungsgemäßen Einsatzmöglichkeiten gemäß dem zweiten Verfahrensschritt,

Fig. 3 einen K-OBM-S-Konverter mit schematischer Darstellung seiner erfindungsgemäßen Einsatzmöglichkeiten gemäß dem dritten Verfahrensschritt,

Fig. 4 eine Zusammenstellung des ersten Ausführungsbeispieles zur Herstellung eines mit Cr und Ni legierten Stahles der Güte SUS 304,

Fig. 5 Verlaufslinien für den Cr-Gehalt und das Schmelzengewicht beim erfindungsgemäßen Verfahren gemäß dem Ausführungsbeispiel 1.

Die Darstellungen in den Figuren 1 bis 5 beziehen sich durchwegs auf die Hauptvariante der vorliegenden Erfindung und die konkreten Angaben zu den Einsatzmengen an verschiedenen Rohstoffen, den Legierungszusammensetzungen, den Schmelztemperaturen, etc., beziehen sich auf das im Weiteren abgehandelte Ausführungsbeispiel 1.

In Fig. 4 ist in einer schematischen Zusammenstellung das Verfahren zur Herstellung einer legierten Metallschmelze mit seinen wesentlichen Verfahrensschritten und den zur Umsetzung des Verfahrens eingesetzten Reaktionsgefäßen dargestellt. Diese schematische Darstellung umfasst einen Roheisenmischer zur Bereitstellung einer Basisschmelze, die in vorbestimmten Mengen in den drei Verfahrensschritten zugemischt wird. Der erste Verfahrensschritt wird in einem Recycling-Konverter durchgeführt, in dem eine erste vorlegierte Schmelze erzeugt wird. Der zweite Verfahrensschritt wird in einem KMS-S-Konverter durchgeführt, in dem auf der Grundlage der ersten vorlegierten Schmelze eine zweite vorlegierte Schmelze erzeugt wird. Der dritte Verfahrensschritt findet in einem K-OBM-S-Konverter statt, in dem die in zwei Chargen geteilte zweite vorlegierte Schmelze in aufeinanderfolgenden Schritten weiter behandelt wird. Die erzeugte, auf eine bestimmte chemische Analyse und Temperatur eingestellte legierte Schmelze, wird in einer VOD-Anlage finalisiert und einem kontinuierlichen Gießprozess zugeführt und zu Brammen vergossen. Die in Fig. 4 zu den einzelnen Verfahrensschritten und -stufen angegebenen Werte beziehen sich auf einen austenitischen Cr-Stahl der Qualität SUS 304 mit einem Chargengewicht von 2 x 160 t, die im Sequenzguss auf einer Stranggießanlage vergossen werden.

In Fig. 1 ist der erste Verfahrensschritt mit den Verschiedenen Einsatzstoffen und den Möglichkeiten ihrer Einbringung schematisch dargestellt. In analoger Weise zeigen die Fig. 2 den zweiten Verfahrensschritt und Fig. 3 den dritten Verfahrensschritt mit der im jeweiligen Verfahrensschritt eingesetzten Einsatzstoffen und den Möglichkeiten ihrer Einbringung.

5 In Fig. 5 ist die Aufteilung der Basisschmelze (187,8 t) auf die drei Verfahrensschritte des Ausführungsbeispiels 1 und der beschriebenen Variante mit Heißwindaufblasen im ersten Verfahrensschritt gemäß Ausführungsbeispiel 1 dargestellt. Aus Fig. 5 geht weiters hervor, dass der Chromgehalt bereits im ersten Verfahrensschritt von Null auf das gewünschte hohe Niveau durch die Reduktion von Chromoxiden gebracht wird und dessen wesentlicher Anstieg und somit auch der
10 Anstieg von Chromverlusten durch Zugabe von Basisschmelze vermieden wird. Diese gestufte Zugabe von Basisschmelze, sowie die Chargenteilung am Ende des zweiten Verfahrensschrittes ermöglichen auch die Erreichung einer sehr hohen Produktivität mit relativ kleinen Einheiten, welche in der Taktfolge bestens aufeinander abgestimmt sind und relativ niedrige Investitionskosten ermöglichen.

15 Für die Erzeugung von Metallschmelzen, welche Ferrolegierungen, wie z.B. FeCr darstellen, kann auf die Verdünnung der Cr-Gehalte oder anderer Legierungselemente, wie Mn, Ni, etc., durch unlegierte Basisschmelze im zweiten und den dritten Verfahrensschritten verzichtet werden, damit der Legierungsmittelgehalt auf die gewünschten hohen Gehalte gebracht wird. Bei der Erzeugung von FeNi wird die Ni-Anreicherung am Ende des dritten Verfahrensschrittes noch durch eine Verschlackungsperiode eines Teiles des Eisens in der Metallschmelze erhöht, sodass die gewünschten Ni-Endgehalte einfach und treffsicher eingestellt werden können. Die Cr- oder auch die Mn-Legierungen können im dritten Verfahrensschritt weitgehend entkohlt werden, wodurch sich der Marktwert dieser Legierungen in etwa verdoppelt.

25 Ausführungsbeispiel 1:

Für die Herstellung von 2 Chargen mit je 160 t vergießfertigen Flüssigstahles der Güte SUS 304 wird wie folgt vorgegangen:

30 Nach der Hochofenroute werden 187,8 t Roheisen erzeugt und in einem Roheisen-Behandlungsstand entschwefelt und entphosphort. Das entphosphorte Roheisen bildet eine Basisschmelze für die Erzeugung von jeweils einer vorlegierten Schmelze im ersten und zweiten Verfahrensschritt und die Bildung einer legierten Schmelze vorgegebener Zielzusammensetzung im dritten Verfahrensschritt. Die Basisschmelze enthält 4,0 Gew.-% C, 0,1 Gew.-% Cr, 0,1 Gew.-% Ni, <0,01 Gew.-% P und der Rest ist Eisen und sonstige verfahrensbedingte Verunreinigungen. Die Einsatztemperatur der Basisschmelze beträgt 1280°C.

35 Im ersten Verfahrensschritt werden in das erste heiße Reaktionsgefäß, welches ein 120 t Recycling-Konverter ist, der im Herstellwerk anfallende und verfügbare legierte Schrott (21 t der Güte SUS 304) und danach 64,6 t der bereitgestellten Basisschmelze chargiert. Durch Kohleeinblasen, Bodenblasen mit Sauerstoff und Heißwindaufblasen wird die Badtemperatur auf 1550°C und der C-Gehalt der Schmelze auf 5 Gew.-% erhöht. Es erfolgt die dosierte Zugaben von 12 t aus der
40 dritten Verfahrensstufe rezirkulierte, unreduzierte K-OBM-S-Schlacke mit einem Anteil von 45% Cr₂O₃ und CaO; etc., in die Basisschmelze. Danach erfolgt das Einblasen von Cr- und Ni-oxidhaltigen Feinstaub und die dosierte Zugabe von weiteren 12 t unreduzierter K-OBM-S-Schlacke, sowie von Chromerz über eine separate, wassergekühlte Lanze, welche durch die Konvertermündung in den Recycling-Konverter eingefahren wird. Dies erfolgt unter Beibehaltung
45 des Bodenblasens mit Sauerstoff und Kohle über separate Düsengruppen und Versorgungsleitungen, Dosier- und Vorratssysteme. Von Blasbeginn an wird mit einem auf etwa 1200°C vorgeheizten Heißwind über eine Heißwindlanze mit einem Nachverbrennungsgrad von 60% aufgeblasen. Zur Verringerung der Abgasmenge könnte der O₂-Gehalt des Heißwindes durch eine O₂-Zugabe erhöht werden. Als preiswerte Legierungsmittelträger werden 33,4 t Chromerz mit einem Anteil von
50 45 Gew.-% Cr₂O₃, 24 t Schlacke mit einem Anteil von 45 Gew.-% Cr₂O₃ und 38 t Feinstaub mit 14,3 Gew.-% Cr₂O₃ + Kalk + Kohle verarbeitet. Insgesamt werden 31,1 t Anthrazit, 19,280 Nm³ O₂ und 145,000 Nm³ Heißwind in der ersten Verfahrensstufe in den Konverter eingeblasen.

Nach einer Chargenzeit von etwa 160 min liegen 120 t einer aufgekohlten, 1560°C heißen, ersten vorlegierten Schmelze mit folgender Zusammensetzung vor: 5,0 Gew.-% C, 20,3 Gew.-% Cr,
55 2,0 Gew.-% Ni, Rest Eisen und sonstige verfahrensbedingte Verunreinigungen. Die Schlacke

wurde am Blasende nicht mit Al_2O_3 , SiO_2 , etc. für spezielle Weiterverarbeitung konditioniert. Der Gehalt an Cr_2O_3 dieser Schlacke liegt unter 1,0 Gew.-% und ist verwertbar.

Im zweiten Verfahrensschritt werden die 120 t der ersten vorlegierten Schmelze mit 20 t Basis-
 5 schmelze mit einer Umleereinrichtung zusammengeleert und in das zweite Reaktionsgefäß, welches von einem KMS-S - Konverter gebildet ist, chargiert. Die Temperatur der Mischschmelze wird auf 1560°C durch Boden- und Aufblasen von O_2 und Zugabe von Stückkohle aus dem Hochbunker erhöht. Danach wird Chromerz und rezirkulierter Grobstaub über eine separate Lanze auf die Schlacke und Schmelze unter kombiniertem Blasen mit O_2 , Zugabe von Anthrazit und Kalk aufgebracht und reduziert. Die Schlackenbasizität (CaO/SiO_2) wird auf 2,5 eingestellt. Eine teure Schlackenreduktion mit FeSi ist in keinem der drei Verfahrensschritte notwendig und angewandt, d.h.,
 10 dass die Schlacke im ersten und zweiten Verfahrensschritt mit Kohle reduziert wird. Die Schlacke aus dem dritten Verfahrensschritt wird in das erste Reaktionsgefäß rezirkuliert und dort ebenfalls mit Kohle reduziert. Das Abgas wird nicht wie im ersten Verfahrensschritt abgefackelt, sondern nach der Gasreinigung in einem Gasspeicher gespeichert und dann weiter verwertet (Abgasgut-schrift). Dies ist möglich, da mit O_2 bei wesentlich geringeren Nachverbrennungsgrad der Prozessgase (CO und H_2) aufgeblasen wird.

Insgesamt werden in dieser zweiten Verfahrensstufe 79,6 t Cr-Erz und 19,0 t legierte Stäube, 84,6 t stückiger Anthrazit, 2,2 t Al_2O_3 , 9 t Kalk, $68,700 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$, 20 t Basisschmelze und 120 t erste
 20 vorlegierte Schmelze zur Erzeugung von 2 x 89 t zweiter vorlegierter Schmelze mit der folgenden Analyse erzeugt: 5,7 Gew.-% C, 0,05 Gew.-% Mn, 25,9 Gew.-% Cr, 1,38 Gew.-% Ni, Rest Eisen und verfahrensbedingte Verunreinigungen. Die Temperatur dieser zweiten vorlegierten Schmelze beträgt am Blasende 1500°C . Die Abstichfolgezeit beträgt 180 min.

Innerhalb dieser Abstichfolgezeit können zwei dritte Verfahrensschritte durchgeführt werden, sodass die 178 t einer zweiten vorlegierten Schmelze in 2 x 89 t für zwei dritte Verfahrensschritte
 25 geteilt werden. Dies erfolgt durch den Abstich in zwei Pfannen.

In den beiden dritten Verfahrensschritten, die nacheinander in einem Reaktionsgefäß nach der Art eines K-OBM-S-Konverters durchgeführt werden, wird die Mengenbilanz durch Chargieren von jeweils 51,6 t Basisschmelze für ein Abstichgewicht von jeweils 158,6 t angepasst.

Die Schlackenanalyse am Ende des zweiten Verfahrensschrittes kann durch ein Bodenblasen
 30 mit Inertgas bzw. durch Zugabe von SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 -Träger oder auch von FeSi, Al etc., innerhalb von einigen Minuten auf die gewünschte Analyse, welche dem gewünschten Verwendungszweck entspricht, angepasst werden. Das trifft gleichermaßen auch auf den ersten Verfahrensschritt zu, sodass insgesamt eine optimale Nutzung, z.B. in der Zementindustrie, von Schlacken, Stäuben, diversen Abfallstoffen usw. gewährleistet ist.

Der Cr-Gehalt der Vorschmelze wird durch die Zugabe der Basisschmelze auch im dritten Verfahrensschritt erniedrigt, sodass in diesem 19,6 t HCFeCr pro Charge zum Erreichen eines
 35 Cr-Gehaltes von 18,14 Gew.-% Cr beim Abstich der Schmelze zugeführt werden.

Als Ni-Träger wird „Mixed Hydroxid Product“, ein Ni-Hydroxid mit 40% Ni bei noch hohem C-Gehalt in der Schmelze in einer Menge von 6,4 t durch Bodendüsen autotherm eingeblasen. Das
 40 restliche erforderliche Nickel in einer Menge von 9,18 t wird in den Konverter chargiert, sodass beim Abstich ein Ni-Gehalt von 8,06 Gew.-% vorliegt. Zur Einstellung des gewünschten Mn-Gehaltes werden 2 t FeMn beim Blasen chargiert.

Die Schmelze wird durch kombiniertes Blasen mit O_2 auf 0,17 Gew.-% C gefrischt. Ab einem C-Gehalt von 1,5 Gew.-% wird beim Bodenblasen dem O_2 Stickstoff - an Stelle von Ar - zur Erniedrigung des CO-Partialdruckes und somit zur Verbesserung der Entkohlung zugemischt. In der
 45 VOD-Anlage wird die Schmelze anschließend auf 450 ppm N entstickt.

Die Abstichfolgezeiten für die beiden Chargen betragen 2 x 90 min. Es werden 2 x 160 t legierter Schmelze mit folgender Analyse erzielt: 0,17 Gew.-% C, 0,8 Gew.-% Mn, 18,14 Gew.-% Cr, 8,06 Gew.-% Ni, Rest Eisen und verfahrensbedingte Verunreinigungen. Die Schmelzentemperatur beträgt 1680°C .
 50

Die Höhe und der zeitliche Verlauf der Schmelzentemperatur und der mengenmäßige Anteil wichtiger Elemente der Schmelze wird in allen drei Verfahrensschritten mit der Online-Messung von Temperatur und chemischer Analyse durch jeweils eine Bodendüse mehrmals pro Charge gemessen, wodurch die Verfahrensschritte metallurgisch und zeitlich sehr gut kontrolliert werden.

Der Konverterabstich erfolgt im dritten Verfahrensschritt über ein Abstichloch. Hierbei wird die
 55

Trennung von Schlacke und Stahl am Abstichende mit einem pneumatisch arbeitenden Schlackenstopper vorgenommen. Das Mitlaufen der Schlacke mit dem Stahl wird mit Hilfe einer Infrarotkamera und entsprechender Software (Iris-System) angezeigt und das Beenden des Abstiches der Schmelze durch den Schlackenstopper durch ein Signal dieses Iris-Systems ausgelöst.

5 In den 160 t Pfannen befindet sich vor der VOD-Behandlung reproduzierbar nur etwa 3 kg Schlacke/t Stahl, wodurch die Chromverschlackung begrenzt und der FeSi-Verbrauch niedrig gehalten werden kann. Ein Abschlacken der Pfanne ist nicht erforderlich.

In der VOD-Anlage wird die Schmelze fertig gefrischt, entstickt, feinlegiert, desoxidiert, entschwefelt und gespült. Für diese Maßnahmen werden insgesamt 0,34 t Ni, 1,5 t FeSi, 2,4 t Kalk, 10 0,5 t CaF_2 , 0,3 t LCMn und 0,6 t FeCrLC zugeführt und $1100 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$ als Frischgas eingesetzt. Damit wird folgende EndEinstellung der Legierung erreicht: 0,035 Gew.-% C, 0,5 Gew.-% Si, 1,0 Gew.-% Mn, 18,25 Gew.-% Cr, 8,2 Gew.-% Ni. Die Schmelzentemperatur beträgt 1515°C .

Jede Charge (2 x 160 t) dieser vergießfertigen Schmelze wird bei abgestimmten Brammenquerschnitten und Gießgeschwindigkeiten auf einer Brammenstranggießanlage in etwa 90 min in 15 einem Sequenzgießverfahren vergossen (Fig. 4). Der Betriebskostenvorteil dieser Verfahrensschritte liegt im Vergleich zur herkömmlichen Verfahrensrouten über Elektrolichtbogenofen und AOD-Konverter, Pfannenbehandlungsstand und Stranggießanlage bei mindestens 230,- EURO/t austenitischem Flüssigstahl.

20 Ausführungsbeispiel 2:

Wie im 1. Ausführungsbeispiel bezieht sich dieses Ausführungsbeispiel ebenfalls auf die Herstellung von 2 Chargen mit je 160 t vergießfertigen Flüssigstahles der Güte SUS 304, wobei der erste und dritte Verfahrensschritt wie beim 1. Ausführungsbeispiel stattfindet.

Falls das Abgas aus dem zweiten Verfahrensschritt nicht weiter verwendet werden soll (keine 25 Abgasgutschrift) und/oder das Ziel verfolgt werden soll, den Kohle- und Sauerstoffverbrauch drastisch zu verkleinern, kann auch im zweiten Verfahrensschritt mit Heißwind (1200°C , 21% O_2) von oben - zum Frischen der Schmelze und weitgehender Nachverbrennung von CO und H_2 (Nachverbrennungsgrad z.B. 60%) - geblasen werden.

Bei einem Einsatz von 120 t einer ersten vorlegierten Schmelze aus dem ersten Verfahrensschritt und 20 t Basisschmelze, sowie 79,6 t Cr-Erz, 19 t Grobstaub mit erheblichem C-Anteil und 9 t Kalk werden pro 178-t-Charge statt $68700 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$ nur $20300 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$ und statt 84,6 t Anthrazit nur 44,5 t Anthrazit benötigt. Zusätzlich sind zur Erzeugung der benötigten 167000 Nm^3 Heißwind 8500 Nm^3 Erdgas erforderlich.

Die chemische Analyse der 178 t einer zweiten vorlegierten Schmelze am Ende des zweiten 35 Verfahrensschrittes bei Anwendung des Heißwindaufblasens und die Temperatur dieser Schmelze entsprechen jener mit Sauerstoffaufblasen in diesem Verfahrensschritt (siehe 1. Ausführungsbeispiel).

Die Chargengewichte in den drei Verfahrensschritten sind in den Ausführungsbeispielen 1 und 2 mit 120 t im ersten Verfahrensschritt, mit 178 t im zweiten Verfahrensschritt und mit 2 x 160 t im 40 dritten Verfahrensschritt so gewählt, dass bei einer hohen Produktivität von über 800.000 Jahrestonnen rostfreiem Stahles im dritten Reaktionsgefäß und in den nachgeschalteten Anlagen (Gießkrane, Pfannen, Pfannenofen, VOD-Anlage, Drehturm der Stranggießanlage(n), Fundamente) nur mit 160 t Flüssigstahl pro Charge gerechnet werden muss. Dies ist durch die abgestimmten Taktzeiten, aber insbesondere durch die drei Verfahrensschritte und Chargenteilung nach dem zweiten 45 Verfahrensschritt und durch den schrittweisen Aufbau des Schmelzengewichtes in den Verfahrensschritten möglich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im 180-Minutentakt insgesamt 57 t Staub, 24 t Schlacke und insbesondere 113 t Cr-Erz geschmolzen und reduziert und insgesamt 320 t Flüssigstahl erzeugt werden.

50

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung einer legierten Metallschmelze auf Eisenbasis, die vorzugsweise Cr oder Cr und Ni enthält, in mehreren aufeinander folgenden und aufeinander abgestimmten Verfahrensschritten,

55

dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem ersten Verfahrensschritt in eine Basisschmelze Legierungsmittelträger eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionsmittels, rezirkulierter Schlacke und/oder von Schlackenbildner und eines Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger die Legierungsmittelträger aufgeschmolzen und weitgehend reduziert und eine erste vorlegierte Schmelze erzeugt wird,
 - in einem zweiten Verfahrensschritt in die erste vorlegierte Schmelze ein Legierungsmittelträger, vorzugsweise ein Cr-Träger, und gegebenenfalls eine Basisschmelze eingebracht werden und unter zusätzlicher Zuführung eines Reduktionmittels, eines Schlackenbildners und eines fossilen Energieträgers unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger der Legierungsmittelträger, vorzugsweise der Cr-Träger, aufgeschmolzen und weitgehend reduziert und eine zweite vorlegierte Schmelze erzeugt wird,
 - in einem dritten Verfahrensschritt der zweiten vorlegierten Schmelze Legierungsmittel, insbesondere Ferrolegierungen, und gegebenenfalls eine Basisschmelze zugesetzt werden, dass Schlackenbildner zugesetzt werden und unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger ein Entkohlungsprozess durchgeführt und eine legierte Schmelze mit vorbestimmter chemischer Analyse und Temperatur eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem oder mehreren der Verfahrensschritte Schrott, insbesondere mit Cr, bzw. Cr und Ni legierter Stahlschrott, und gegebenenfalls sonstige Metallträger, in vorbestimmter Menge zugegeben wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest im ersten und zweiten Verfahrensschritt eine CO + H₂-Nachverbrennung durch Aufblasen von Sauerstoff oder eines O₂-haltigen Gases, vorzugsweise mit Heißwind, stattfindet.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im dritten Verfahrensschritt eine CO + H₂-Nachverbrennung mit Sauerstoff stattfindet.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die im zweiten Verfahrensschritt erzeugte zweite vorlegierte Schmelze in mindestens zwei Teilmengen aufgeteilt wird und jede Teilmenge in jeweils einem dritten Verfahrensschritt mit einer Basisschmelze ergänzt wird, dass Legierungsmittel zugesetzt werden, die Cr oder Cr und Ni enthalten, dass Schlackenbildner zugesetzt werden und unter der Einwirkung von Auf- und Unterbadblasen mit einem Sauerstoffträger ein Entkohlungsprozess durchgeführt und eine legierte Schmelze mit vorbestimmter chemischen Analyse und Temperatur eingestellt wird.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der C-Gehalt der Schmelze bis zu einem C-Gehalt von Maximal 8 Gew.-% im ersten und zweiten Verfahrensschritt mit steigenden Cr-Gehalten erhöht wird.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aufblasen mit einem Sauerstoffträger im ersten und zweiten Verfahrensschritt mit Sauerstoff oder Sauerstoff und Stickstoff oder Heißwind oder einem mit Sauerstoff angereichertem Heißwind und im dritten Verfahrensschritt mit Sauerstoff oder einem Gemisch aus Sauerstoff und einem Inertgas erfolgt.
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aufblasen mit einem Sauerstoffträger im dritten Verfahrensschritt bei der Erzeugung einer Metallschmelze mit hohem Cr-Gehalt oder Ni-Gehalt oder Mn-Gehalt (Ferrolegierungen) zumindest teilweise mit Heißwind aufgeblasen wird.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aufblasen im ersten und/oder zweiten Verfahrensschritt mit pulsierendem O₂, mit O₂ und Inertgas oder Heißwind oder mit O₂ angereichertem Heißwind durchgeführt wird.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Unterbadblasen im ersten Verfahrensschritt und gegebenenfalls im zweiten Verfahrensschritt eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen a) bis f) umfasst:
 - a) ein Unterbadblasen zur CO-Bildung, Wärmeübertragung bei der Nachverbrennung,

- Energieeinleitung und Badbewegung, Mischung von Schmelze und Schlacke, sowie gegebenenfalls das Zerschneiden von Schrott und Metallträger mit
- O₂ oder einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas, wie vorzugsweise N₂, oder
 - O₂ und einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas in aufeinander folgenden Schritten oder
 - einem Gemisch aus Sauerstoff und Wasserdampf oder
 - einem Gemisch aus Sauerstoff und CO₂;
- b) die Zufuhr eines Energieträgers und eines Reduktionsmittels durch Unterbaddüsen;
- c) das Einblasen von Stäuben, wie Hüttenkreislaufstoffen, Konverter- und Elektroöfenschläuchen, Stäube von der Erzeugung von Ferrolegierungen, Asche, feinkörnige Ferrolegierungen oder Al;
- d) das Einblasen von Fe-, Cr- und Ni-haltigen Stäuben zur Entsorgung und als Legierungsmittelträger;
- e) das Einblasen von Schlackenbildnern, wie Kalk, SiO₂, Flussspat, Bauxit, Sand, jeweils mit Sauerstoff als Trägergas, solange die Cr-Gehalte der Schmelze etwa unter 10 Gew.-% liegen, oder mit Inertgas;
- f) das Einblasen von mindestens einem der Stoffe Cr-Erz, Mn-Erz, Ni-Erz, Ni-Oxide, Nickelhydroxid, Stäuben, Aschen, Zunder, Schleifstäube, Sand, kontaminierter Bau-schutt, Abfall aus Haushalt oder Industrie oder Shredderrückstände, Abfallstoffen als Legierungsmittelträger und/oder Schlackenbildner.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, die Zufuhr eines Energieträgers und eines Reduktionsmittels nach Merkmal 10b) zusätzlich oder alternativ in stückiger Form von oben in die Schmelze erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stäube und sonstigen feinkörnigen Stoffe nach den Merkmalen 10c) und 10d) stückig gemacht werden und in stückiger Form der Schmelze oder Schlacke zugeführt werden.
13. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr von Schlackenbildnern nach Merkmal 10e) alternativ von oben in die Schmelze erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zufuhr von Legierungsstoffen nach Merkmal 10f) alternativ von oben in die Schmelze erfolgt.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Unterbadblasen im zweiten Verfahrensschritt mindestens eine der folgenden Maßnahmen umfasst:
- a) das Unterbadblasen zur CO-Bildung, Wärmeübertragung bei der Nachverbrennung, Energieeinleitung und Badbewegung und Mischung von Schmelze und Schlacke
 - mit O₂ oder einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas, wie vorzugsweise N₂, oder
 - mit O₂ und einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas in aufeinanderfolgenden Schritten und Mischungsverhältnissen, oder
 - mit einem Gemisch aus O₂ und Wasserdampf, oder
 - mit einem Gemisch aus O₂ und CO₂;
 - b) die Zufuhr eines flüssigen oder gasförmigen Energieträgers und eines flüssigen oder gasförmigen Reduktionsmittels durch Unterbaddüsen
 - c) das Unterbadblasen wie im ersten Verfahrensschritt durchgeführt wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Unterbadblasen zur CO-Bildung, Wärmeübertragung bei der Nachverbrennung, Badbewegung und Entkohlung im dritten Verfahrensschritt mit O₂ und einem Gemisch aus O₂ und einem Inertgas kontinuierlich oder in aufeinander folgenden Schritten mit gegebenenfalls wechselnden Mischungsverhältnissen erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mischungsverhältnis von O₂ und einem Inertgas in Abhängigkeit vom C-Gehalt der Schmelze eingestellt wird.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im dritten Verfahrensschritt Ni-Träger, direkt oder gemischt mit einem Reduktionsmittel, mit einem Trägergas, vorzugsweise Inertgas, durch Unterbadblasen bei einem C-Gehalt der Schmelze von mehr als 1,0 Gew.-% C in die Schmelze eingebracht werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass Ni-Träger

- in stückiger Form auf das Metallbad chargiert wird.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei den Verfahrensschritten während des Blasevorganges die Temperatur und/oder die chemische Analyse der Schmelze, vorzugsweise durch eine Online-Auswertung der von der Schmelze abgestrahlten elektromagnetischen Wellen, welche durch eine Unterbaddüse zu einer Auswerteeinrichtung gelangen, bestimmt werden und in Abhängigkeit von der Temperatur und/oder der chemischen Analyse Vorgabewerte für das Auf- und Unterbadblasen und für die Zugabe von Legierungsmitteln, Energieträger, Auf- und Entkohlungsmitteln, in einem Prozessmodell bestimmt werden.
 21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in allen Verfahrensschritten durch die Unterbaddüsen Kohlenwasserstoffe, wie CH_4 , C_3H_8 , C_4H_{10} , deren Gemische, Dieselöl, Schweröl, als Düsenschutz in die Schmelze eingeblasen werden.
 22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den Kohlenwasserstoffen oder an deren Stelle Inertgase, Dampf, CO_2 , CO oder deren Mischungen als Düsenschutz in die Schmelze eingeblasen werden.
 23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Basisschmelze von entphosphortem Roheisen gebildet wird und welche mit einer Badtemperatur von 1220 bis 1650°C zumindest im ersten Verfahrensschritt eingebracht wird und folgende Zusammensetzung aufweist:
 2,0 - 4,7 Gew.-% C,
 < 1,0 Gew.-% Mn,
 < 0,025 Gew.-% P,
 < 0,05 Gew.-% S,
 gegebenenfalls wechselnde Anteile an Cr und Ni,
 Rest Fe und verfahrensbedingte Verunreinigungen.
 24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Basisschmelze unter Einwirkung elektrischer Energie erzeugt und gegebenenfalls im ersten oder zweiten Verfahrensschritt weiter aufgekühlt wird.
 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Basisschmelze aus Abfallstoffen der Ferronickel-Produktion durch Schmelzreduktion gebildet wird.
 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Basisschmelze anteilig aus entphosphortem Roheisen und bis zu 50 % aus Abfallstoffen der Ferronickel-Produktion gebildet wird.
 27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass kalte oder flüssige oder heiße Cr_2O_3 -haltige unreduzierte Schlacke aus dem dritten Verfahrensschritt bevorzugt in den ersten oder auch zweiten Verfahrensschritt rückgeführt wird und dort mit einem C-hältigem Reduktionsmittel reduziert wird.
 28. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den letzten Blaseminuten des zweiten Verfahrensschrittes HCFeCr mit 2,0 bis %,0 Gew.-% Si zum Reduzieren und teilweise Konditionieren der Schlacke und zum Legieren der Schmelze sowie energetischen Entlastung des dritten Verfahrensschrittes zugegeben wird.
 29. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den letzten Blaseminuten des ersten und/oder zweiten Verfahrensschrittes die Schlackenbasizität (CaO/SiO_2) von 2,0 bis 2,5 auf etwa 1,4 durch Zugabe von SiO_2 -Träger erniedrigt wird, sowie die Schlackenanalyse von Eisenoxid- und Al_2O_3 -Träger auf Werte eingestellt werden, wie sie die Zementindustrie für Schlacken fordert, die als Klinkerersatz oder als Zuschlagstoff bei der Zementherzeugung verwendet werden.
 30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlacken des ersten und/oder zweiten Verfahrensschrittes nach dem Ausleeren der Metallschmelze auf die gewünschte Analyse und Temperatur konditioniert werden.
 31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Anschluss an den dritten Verfahrensschritt die legierte Schmelze einer pfannenmetallurgische Behandlung, vorzugsweise nach dem VOD-Verfahren, unterzogen wird, die eine

oder mehrere der Maßnahmen Feinentkohlung, Feinlegierung, Entstickung, Reduktion, Entschwefelung, sowie eine Temperatureinstellung und eine Spühlbehandlung der Schmelze umfasst.

- 5 32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mengen der in den einzelnen Verfahrensschritten eingebrachten Einsatzstoffe, insbesondere Cr-Erz und sonstige oxidische, hydroxidische oder eisenhaltige Legierungsmittelträger, sowie Basisschmelze und gegebenenfalls Schrott, so bestimmt werden, dass in den einzelnen Verfahrensschritten Abstichfolgezeiten erreicht werden, die der erforderlichen Taktzeit für das aufeinander folgende Stranggießen der Chargen oder anderer Taktzeiten für das Gießen der Metallschmelze entsprechen.
- 10 33. Verfahren nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein das Stahlherstellungsverfahren steuerndes Prozessmodell Leitgrößen eines nachgeordneten Gießprozesses, wie die Gießgeschwindigkeit und das Gießformat, oder Taktzeiten beim Gießen von Ferrolegierungen, zur Festlegung der Mengen der in den einzelnen Verfahrensstufen eingebrachten Einsatzstoffe einbezieht.
- 15 34. Erzeugungsanlage zur Herstellung einer legierten Metallschmelze nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 33, mit mehreren in einer Produktionslinie hintereinander angeordneten Reaktionsgefäßen, **gekennzeichnet durch**
 - 20 • mindestens eine Flüssigmetall-Chargiereinrichtung für den Transport einer Basis-
schmelze zu mindestens einem der Reaktionsgefäße,
 - ein erstes von einem Elektroofen oder einem Konvertergefäß gebildeten Reaktions-
gefäß mit mindestens einer Unterbadblaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung,
 - eine erste Umleereinrichtung für die Überleitung einer ersten vorlegierten Schmelze
vom einem ersten Reaktionsgefäß in ein zweites Reaktionsgefäß,
 - 25 • ein zweites von einem Konvertergefäß gebildetes Reaktionsgefäß mit mindestens einer
Unterbadblaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung,
 - eine zweite Umleereinrichtung für die Überleitung von mindestens einer Teilmenge
einer zweiten vorlegierten Schmelze vom einem zweiten Reaktionsgefäß in ein drittes
Reaktionsgefäß und
 - 30 • ein drittes von einem Konvertergefäß gebildetes Reaktionsgefäß mit einer Unterbad-
blaseinrichtung und einer Aufblaseeinrichtung.
- 35 35. Erzeugungsanlage nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufblaseein-
richtung als Lanze für das O₂-Aufblasen oder als Heißwindlanze oder als Multifunktions-
lanze mit mehreren konzentrisch angeordneten Strömungskanälen pro Düse für verschie-
dene Einsatzstoffe ausgestattet ist.
- 40 36. Erzeugungsanlage nach Anspruch 34 oder 35, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste
und zweite Reaktionsgefäß mit einer eigenen Lanze für den Eintrag von feinkörnigem
Legierungsmittelträger, insbesondere Chromerz, und gegebenenfalls für den Eintrag von
Grobstäuben ausgestattet ist.
- 45 37. Erzeugungsanlage nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Unterbadblas-
einrichtung von Ringspaltdüsen, insbesondere Zweirohrdüsen, gebildet ist.
38. Erzeugungsanlage nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Unterbadblas-
einrichtung einen oder mehrere Feststoffverteiler umfasst, die vorzugsweise am jeweiligen
Reaktionsgefäß angeordnet sind.
- 50 39. Erzeugungsanlage nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Unterbadblas-
einrichtung eine Messeinrichtung zur Online-Messung der Temperatur und/oder der
chemischen Analyse der Schmelze zugeordnet sind.
40. Erzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 39, **dadurch gekennzeichnet** dass
dem dritten Reaktionsgefäß eine VOD-Anlage zur Feinung der aus dem dritten Reaktions-
gefäß übergeleiteten Schmelze nachgeordnet ist.
- 55 41. Erzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 40, **dadurch gekennzeichnet**, dass
dem dritten Reaktionsgefäß oder der VOD-Anlage eine von mindestens einer Stranggieß-
anlage gebildete Stahlverarbeitungsanlage in einer Produktionslinie nachgeordnet ist.
42. Erzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 41, **dadurch gekennzeichnet**, dass
das erste Reaktionsgefäß von einem Elektroofen oder einem allotherm betriebenen Kon-

vertergefäß, vorzugsweise von einem Recyclingkonverter, gebildet ist, das zweite Reaktionsgefäß von einem allothermen Konverter (KMS-S-Konverter) gebildet ist und das dritte Reaktionsgefäß von einem autothermen Konverter (K-OBM-Konverter) gebildet ist.

- 5 43. Erzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 42, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem ersten Reaktionsgefäß ein weiteres Reaktionsgefäß vorgelagert ist, welches zur Erzeugung einer Basisschmelze aus entphosphortem Roheisen als eine Entphosphorungseinrichtung und zur Erzeugung einer Basisschmelze aus Abfallstoffen der Ferronickelproduktion als ein Schmelzreduktionsreaktor ausgebildet ist.
- 10 44. Stahlerzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 43, **dadurch gekennzeichnet**, dass den einzelnen Reaktionsgefäßen vorzugsweise trocken arbeitende Entstaubungsanlagen zugeordnet sind.
- 15 45. Erzeugungsanlage nach einem der Ansprüche 34 bis 44, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stahlerzeugungsanlage und der Stahlverarbeitungsanlage ein, zumindest das erste bis dritte Reaktionsgefäß und die Stranggießanlage umfassendes, übergreifendes Leitsystem mit einzelnen der Stahlerzeugungsanlage und der Stahlverarbeitungsanlage zugeordneten Prozessrechnern übergeordnet ist und ein die Stahlerzeugungsanlage regelndes Prozessmodell oder regelnde Teilprozessmodelle Leitgrößen der nachgeordneten Stahlverarbeitungsanlage, wie beispielsweise die Gießgeschwindigkeit und das Gießformat auf der Stranggießanlage, zur Berechnung der Mengen der in den einzelnen Verfahrensstufen eingebrachten Einsatzstoffe über das Leitsystem übermittelt erhält und entsprechend den
20 berechneten Mengen die Zuführung der Einsatzstoffe in die Reaktionsgefäße erfolgt.

HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

25

30

35

40

45

50

55

1. Verfahrensschritt

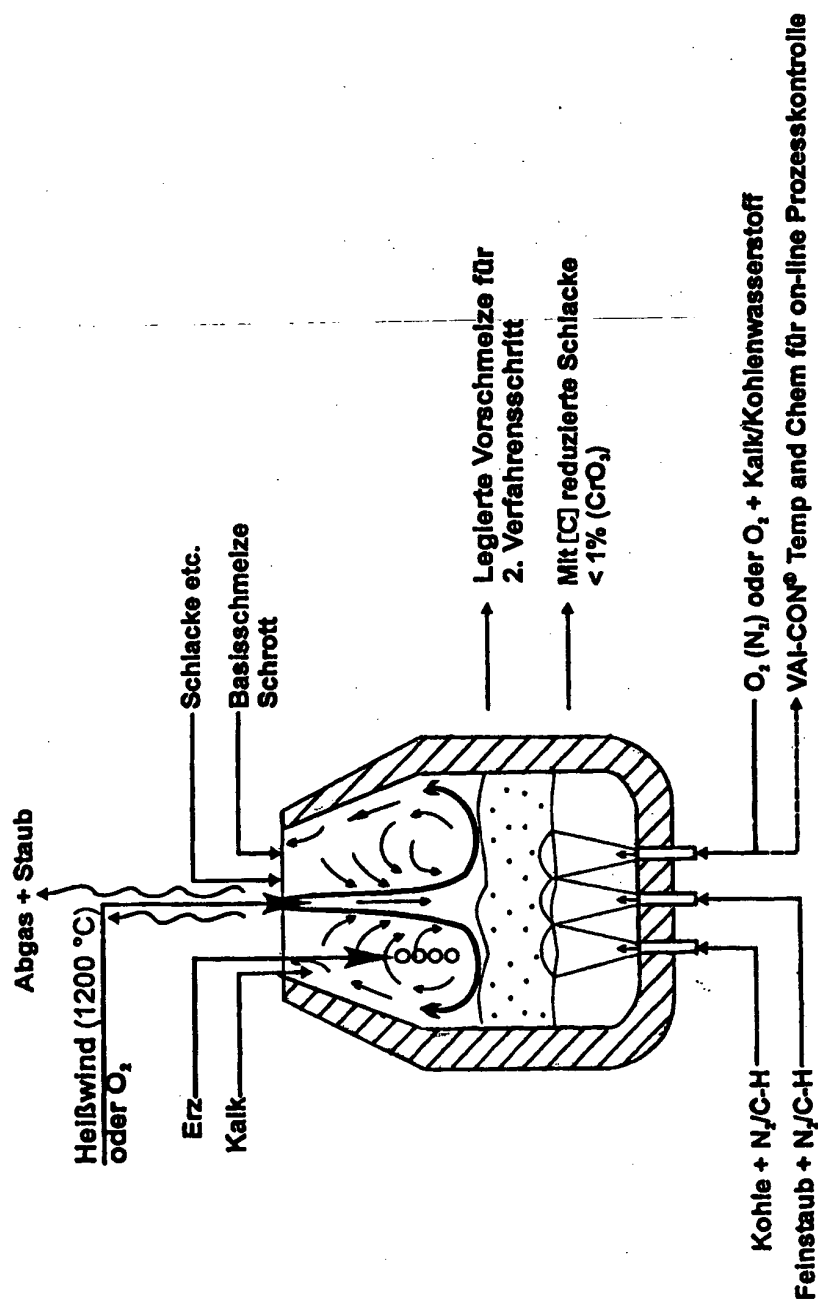


Fig. 1

2. Verfahrensschritt:

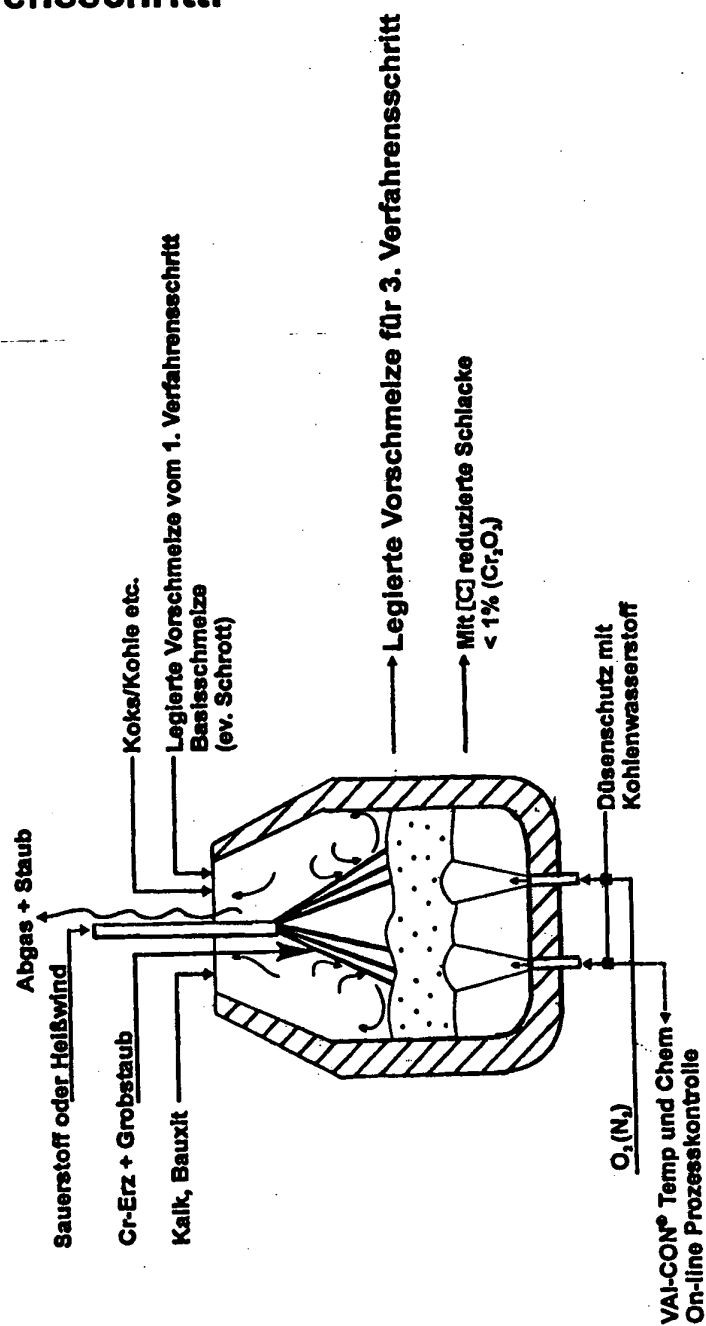


Fig. 2

3. Verfahrensschritt:

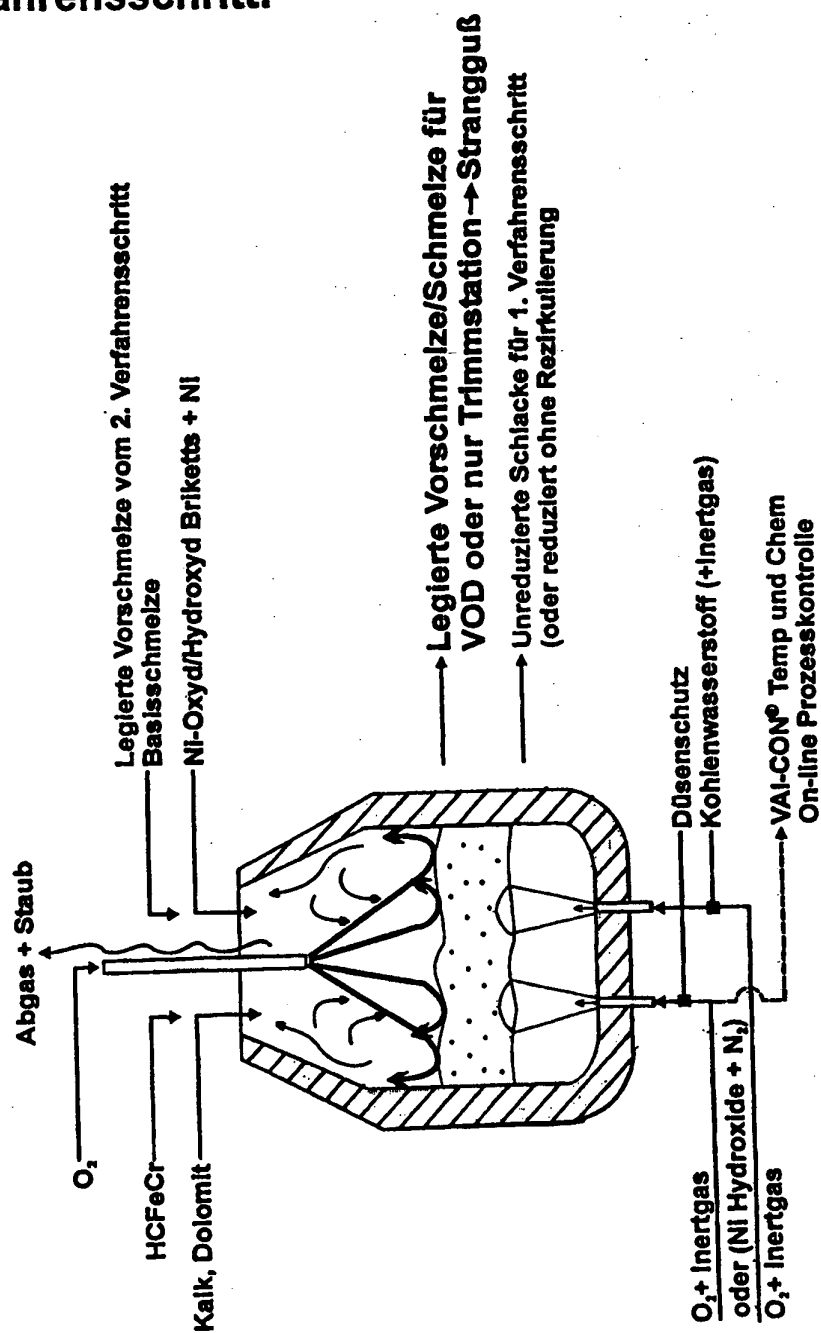


Fig. 3

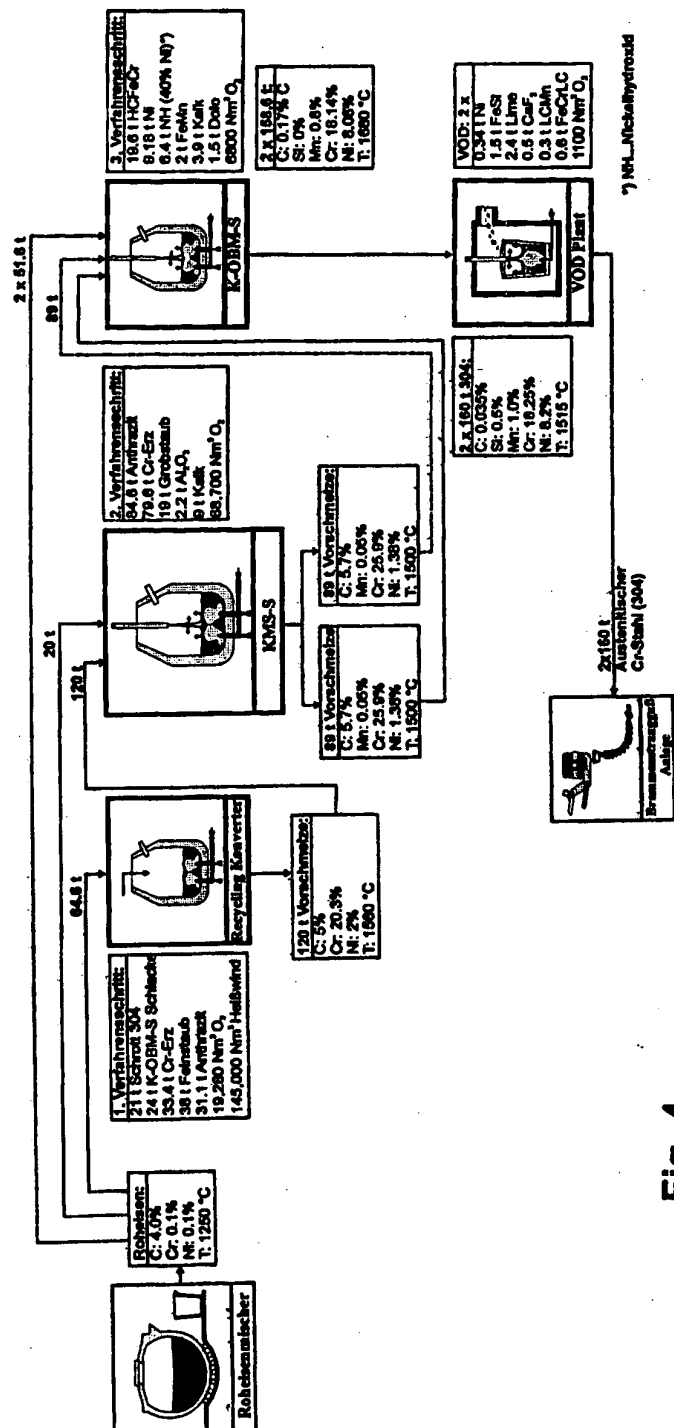
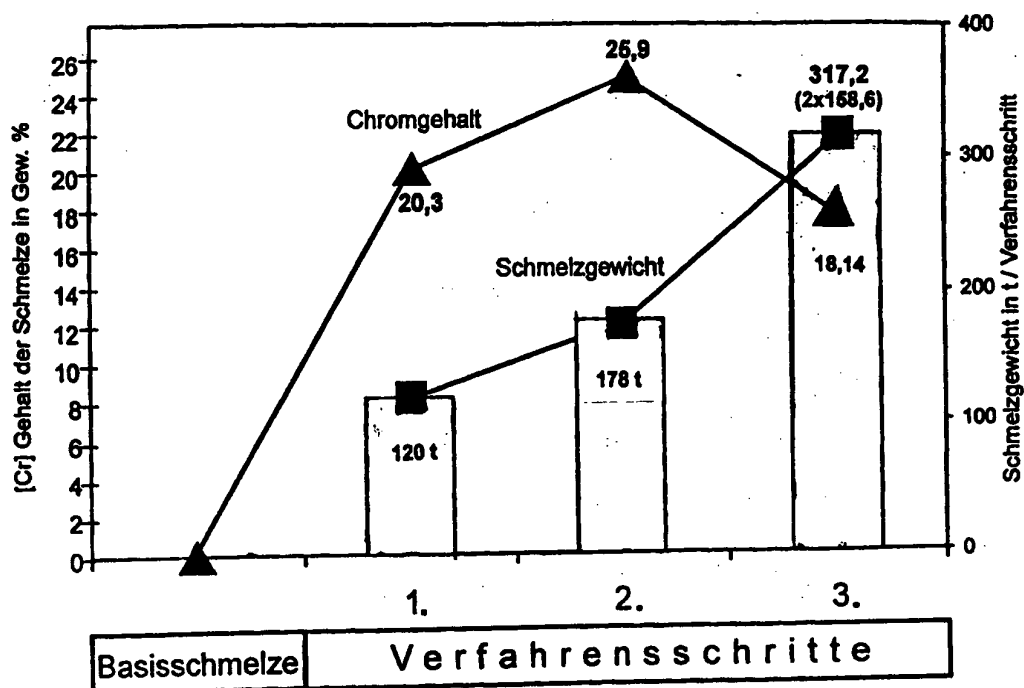


Fig. 4



Gewicht (t)

Verfahrensschritt

1. 64,6 t

2. 20,0 t

3. 2 x 51,6 t

187,8 t Basisschmelze für die Produktion von
320,0 t Flüssigstahl (Qualität 304)

Fig. 5