

# Reduzierung von Chromanteilen in E-Ofen-Schlacken durch Steigerung der Legierungsmittelleffizienz bei der Erzeugung von hochchromhaltigen Schmelzen

Helge Mees und Dieter Senk

1.	Prozessbeschreibung.....	239
2.	Chromverlust.....	241
3.	Chromrückgewinnung.....	243
4.	Versuchsdurchführung.....	243
5.	Ergebnis.....	245
6.	Zusammenfassung.....	248
7.	Literatur.....	248

Aus den Angaben der Literatur ist die Minderung der Legierungsmittelleffizienz durch Chromverluste in die Prozessschlacke (Chromverschlackung), bei der Erzeugung von hochchromhaltigen Schmelzen im Elektrolichtbogenofen, ein bekannter Effekt.

An einer Betriebsanlage zur Erzeugung oben genannter Schmelzen erfolgt die Untersuchung zur Rückgewinnung des Chroms aus der Schlacke. Zunächst wird die Situation konstruiert, die Schmelze mit Reduktionsmittelinhalt und der Schlacke beim Abstich in die Pfanne, über den gesamten Abstichzeitraum intensiv zu vermischen. In einem weiteren Versuch wird die Wirksamkeit von zusätzlich zugegebenen Reduktionsmitteln auf die Reduzierung der Chromoxidgehalte in der Ofenschlacke betrachtet.

## 1. Prozessbeschreibung

Bei der Herstellung von hochchromhaltigen Schmelzen (rost-, säure- und hitzebeständige Stähle) erfolgt das Frischen des Kohlenstoffs auf Zielkonzentration, üblicherweise in AOD<sup>1</sup>-Konverter- bzw. VOD<sup>2</sup>-Anlagen. Der Prozess verläuft nach den Regeln thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten. Dabei ist das Ziel, die Entkohlung der Schmelze durch die Verschiebung des Chrom-Kohlenstoff-Gleichgewichtes zu begünstigen und die Chromverschlackung zu unterdrücken.

<sup>1</sup> AOD: Argon Oxygen Decarburisation (-Konverter)

<sup>2</sup> VOD: Vacuum Oxygen Decarburisation (-Anlage)

Der Kohlenstoff- sowie ein gewisser Siliziumeintrag in die Prozessroute erfolgen durch die Zugabe von Charge Chrome als Chromlegierungsmittel im Einsatzstoffmix des Vorschmelzaggregats. In der Regel erfolgt das Einschmelzen und Verflüssigen der sogenannten *Rohstoffgattierung* (unterschiedliche Schrottsorten, Legierungsmittelträger, stahlwerkstypische Kreislaufstoffe) in einem Elektrolichtbogenofen. In Bild 1 ist der Stand der Technik zur entsprechenden Erzeugung der hochchromhaltigen Stähle über die Routen Elektrolichtbogenofen-AOD-Konverter (Duplexroute) bzw. Elektrolichtbogenofen-AOD-Konverter-VOD-Anlage (Triplexroute) dargestellt.

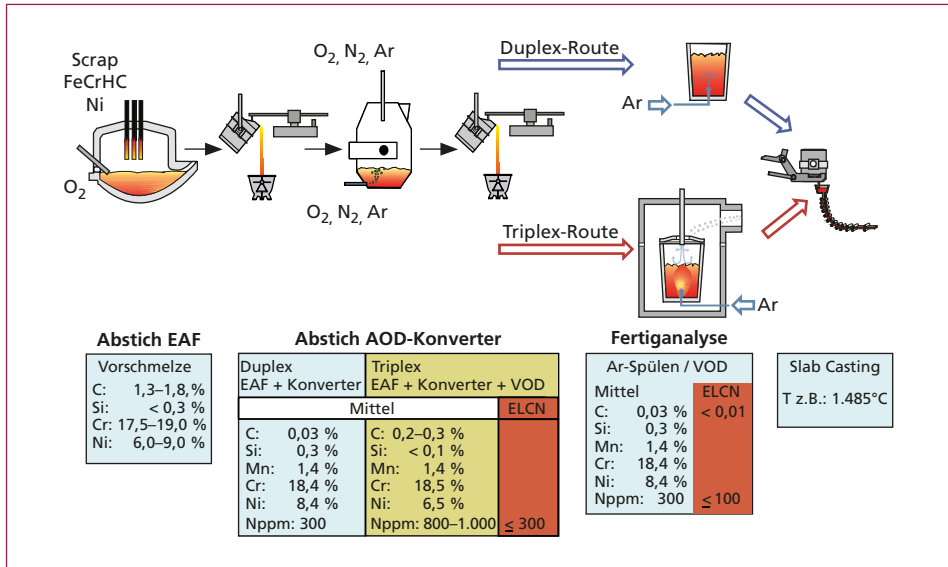


Bild 1: Duplex- und Triplexverfahrensroute mit dem Elektrolichtbogenofen als Einschmelzbasis, zur Erzeugung nichtrostender Stähle

Im Gegensatz zur ausschließlichen Erzeugung über den Elektrolichtbogenofen, wie es bis Anfang der 1960er Jahre üblich war, erfolgen in der oben dargestellten Verfahrensanordnung die typischen Prozessschritte, Einschmelzen, Oxidieren, Reduzieren und Feinen, entsprechend maximaler Produktivität und metallurgischer Effizienz, auf die jeweiligen Einzelaggregate aufgeteilt ab.

Um ein prozesstechnisch reproduzierbares Startfenster im AOD-Konverter oder in der VOD-Anlage zu erhalten, ist ein begrenztes Vor-Frischen von Kohlenstoff und Silizium in der chromhaltigen Vormetallschmelze unvermeidbar. Die Verschiebung des Chrom-Kohlenstoff-Gleichgewichtes im Elektrolichtbogenofen über die thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten ist stark eingeschränkt und bei der Anwendung der entsprechenden Verfahreseinrichtungen der Sekundärmetallurgie, aus Gründen der Gesamtproduktivität der Prozesslinie nicht von Interesse.

Die Einsatzstoffkosten für die Erzeugung der Chrom-Nickel-Stähle sind im Vergleich zu der Gruppe der Kohlenstoffstähle um das etwa 1,5 bis 4,5 fache höher. Beeinflusst werden die hohen Einsatzstoffkosten durch Chrom- und Nickellegierungsmittelträger.

Die Einsatzstoffkosten für die Deckung des angestrebten Chromgehaltes betragen zwischen 20 und 60 Prozent von den Gesamtkosten des Einsatzstoffmixes. Zur Erzielung einer wirtschaftlichen und ressourcenschonenden Betriebsweise ist ein hohes Ausbringen der Chrom- und Nickellegierungszusätze erforderlich.

Die hohe Chromausbeute im Elektrolichtbogenofen wird durch die geringe Chromverschlackung sowie durch die gezielte Reduzierung von Chrom aus der Schlacke dargestellt. Beides ist die Grundlage für eine Steigerung der Legierungsmittelleffizienz im Gesamtprozess des Stahlwerkes zur Erzeugung von nichtrostenden Stählen.

## 2. Chromverlust

Die Analyse des Chromausbringens im Stahlwerk mit der Erzeugungslinie Elektrolichtbogenofen-AOD-Konverter ergibt, dass 97 % der Chromverluste am Elektrolichtbogenofen erfolgen [13]. Der Chromverlust während des Schmelzens im Elektrolichtbogenofen beträgt in der Regel 3 bis 4 Gew.-% vom Gesamtchromeinsatz [10].

Das metallische Ausbringen wird durch den Abbrand des betreffenden Legierungselementes sowie durch die verarbeitungsbedingten Verluste beschrieben. Die Bestimmung des Abbrandes erfolgt nach der Beziehung in Gleichung 1 [11].

Die verarbeitungsbedingten Verluste sind durch den Gewichtsanzahl der aufbereiteten Stahlbären zu ermitteln. Die genaue Zuordnung der angefallenen Menge auf die betreffende Entfallstelle (Ofen, Konverter, Sekundärmetallurgie, Gießbetrieb) ist im Stahlwerk nur schwer nachvollziehbar. Die aggregatbezogenen Verluste über das *Handling* der flüssigen Schmelze werden durch eine Massenbilanz für das betreffende Element ermittelt.

$$\text{Abbrand in \%} = \frac{\text{Einsatz [kg]} - \text{Ausbringen [kg]}}{\text{Einsatz [kg]}} \cdot 100 \quad (1)$$

In Bild 2 ist beispielhaft die Chrombilanz für einen Elektrolichtbogenofen zur Erzeugung von Vormetall als Ausgangsbasis für den AOD-Konverter abgebildet.

Die Erstellung von Massenbilanzen für einen Elektrolichtbogenofen zur Erzeugung von chromhaltigen Vormetallschmelzen gestaltet sich allgemein als schwierig. Der Grund dafür ist, dass der eingesetzte Rohstoffmix in der Regel von sehr heterogener Zusammensetzung ist.

Wesentliche Unsicherheiten entstehen durch Chromoxidanhaftungen am Charge Chrome (hochkohlenstoffhaltiges Ferrochrom) sowie durch die im Einsatzstoffmix enthaltenen Kreislaufstoffe (Schleifstaub, Bären, Separationseisen u.a.), welche in der Regel ebenfalls chromoxidhaltige Schlackenanhafungen in nicht unerheblichem Maß enthalten. Der Mengeneintrag und die Zusammensetzung dieser Schlacken sind betriebspraktisch nicht erfassbar und stellen somit die größte Unsicherheit bei der Beurteilung der zu- bzw. abgeführten Massenströme dar. In der Chrombilanz in Bild 2 werden der Chromeintrag und der Chromaustrag durch die Sollanalyse und die Gewichte der geladenen Einsatzstoffe sowie durch die Analyse der Schmelze und

deren Gewichtsermittlung erfasst. Der Chromaustrag über das Abgas wird durch die diskontinuierliche Staubanalyse und Gewichtserfassung des anfallenden Staubes ermittelt. In der Literatur werden für die Stäube aus der Produktion niedriglegierter Stähle im Elektrolichtbogenofen Chromoxidkonzentrationen von 0,2 bis 1 Gew.-% genannt. Dagegen betragen die Chromoxidkonzentrationen, bei der Erzeugung von hochchromhaltigen Schmelzen im Elektrolichtbogenofen 10 bis 20 Gew.-% im Staub [3].

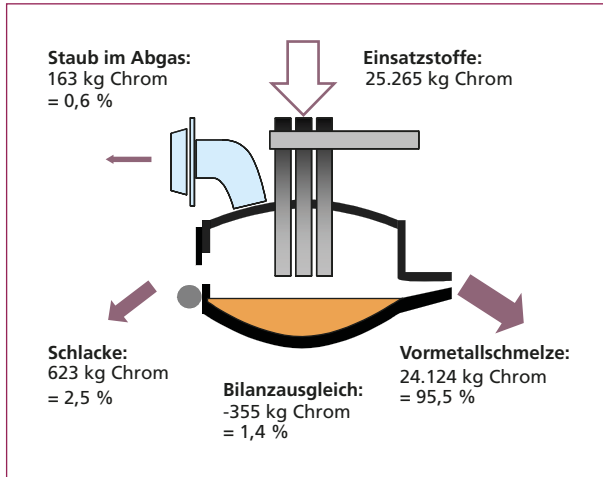


Bild 2:

Chrombilanz an einem Elektrolichtbogenofen für die Erzeugung von hochchromhaltigen Schmelzen

Aus Bild 2 ist zu entnehmen, dass der Hauptteil der Chromverluste über die Schlackenphase erfolgt. In der Praxis findet die quantitative Beurteilung der Chromverluste über die Schlacke durch eine diskontinuierliche Schlackenanalytik sowie durch die Kalkulation der Schlackenmenge über eine Kalkbilanz nach Gleichung 2 statt. Die Bewertung über den Kalk erweist sich für die Bilanzierung als ideal, da Kalk aufgrund seines niedrigen Sauerstoffpotenzials auch bei hohen Temperaturen reduktionsstabil ist.

Chrom wird einerseits während des Schmelzens durch den Sauerstoffgehalt in der Falschlufft oxidiert. Der Mengeneintrag beträgt bei einem Elektrolichtbogenofen, zur Erzeugung von chromhaltigen Vormetallschmelzen,  $299 \text{ kg/t}_{\text{Schmelze}}$  [4]. Andererseits wird das Chrom durch den Sauerstoffinput über Lanzen, Brenner, Cojets, usw. oxidiert.

$$m_{(\text{Cr, Schlacke})} = \frac{m_{\text{CaO, Z}}}{C_{(\text{CaO})}} \cdot \frac{C_{(\text{Cr}_2\text{O}_3)}}{F} \quad (2)$$

- $m_{\text{CaO,Z}}$ : Gesamtkalkzugabe in den Prozess [kg]
- $C_{(\text{Cr}_2\text{O}_3)}$ : Konzentration Chromoxid in der Schlacke [Gew.-%]
- $C_{(\text{CaO})}$ : Konzentration Kalk in der Schlacke [Gew.-%]
- F: Faktor 1,462

Für das exemplarische Beispiel in Bild 2 wurde ein Chromübergang in die Schlackenphase von 4,4 Gew.-%, bei einer Schlackenmenge von  $90 \text{ kg/t}_{\text{Schmelze}}$  ermittelt. Analysiert wurde die Schlacke, die mit dem Abstich in die Umfüllpfanne gefüllt wurde. Der analysierte Chromoxidgehalt in der Schlacke betrug 7,2 Gew.-%. Die Zugabe von Reduktionsmitteln (FeSi, Al, C) fand nicht statt.

Üblicherweise werden bei der Erzeugung rostfreier Stähle Werte von 5 bis 15 Gew.-%, für die Chromoxidkonzentration in den Schlacken der Elektrolichtbogenöfen, angegeben [1].

*Haruo* und Mitarbeiter geben für einen 50 t-Elektrolichtbogenofen ohne Bodenspüleinrichtung Chromverluste in die Prozessschlacke von  $3,7 \text{ kg/t}_{\text{Stahl}}$  bei einer Schlackenmenge von  $92 \text{ kg/t}_{\text{Stahl}}$  an. Dementsprechend beträgt der Chromoxidgehalt in der Schlacke 6,5 Gew.-% [2]. Anhand von 50 Versuchsschmelzen, die in einem 40 t und in einem 55 t-Elektrolichtbogenofen durchgeführt wurden, ermittelte *Shifrin* einen mittleren Chromoxidgehalt in der Schlacke von 16 Gew.-% [12]. Bei Schlackenanalysen die aus einem 130 t-Elektrolichtbogenofen mit EBT-Abstich kurz vor dem Abstich entnommen wurden, wurde ein Chromoxidgehalt zwischen 10,1 und 12,2 Gew.-% analysiert [5]. In einer Beschreibung der Elektrolichtbogenofentechnologie für die Erzeugung rostfreier Vormetallschmelzen geben *Müller, Pirker* und *Steins* Chromoxidgehalte in der Schlacke von 7 bis 8 Gew.-%, für einen Ofen mit Bodenabstich, an. Dagegen betragen die Chromoxidgehalte bei einem Elektrolichtbogenofen mit Rinnenausguss  $< 4$  Gew.-% [9]. Bei einem 130 t-Elektrolichtbogenofen mit CBT-Abstich, zur Erzeugung von hochlegierten Edelstählen mit 17 bis 18 Gew.-% Chromgehalt in der Schmelze, berichtet *Merz* über Chromoxidgehalte in der Schlacke die zwischen 17 bis 34 Gew.-% betragen [7].

### 3. Chromrückgewinnung

Das Ergebnis von Versuchen an einer Betriebsanlage hat gezeigt, dass je nach Arbeitsweise zwischen 5 Gew.-% und 19 Gew.-% Chromoxid am Ende des Prozesses in der Ofenschlacke enthalten sind [6].

Die Elemente Silizium und Kohlenstoff, welche rohstoff- und prozessbedingt bei der Erschmelzung von hochchromhaltigen Vormetallen in der Schmelze zum Ende des Prozesses enthalten sind, können das Chromoxid wegen der zunehmend negativen Sauerstoffpotenziale dieser Elemente gegenüber dem Chrom in Abhängigkeit von der Temperatur reduzieren.

Das Ziel der Versuchsdurchführung ist die Untersuchung der Reduktion des Chromoxids aus der Ofenschlacke durch die Anwesenheit der Elemente innerhalb der Schmelze.

### 4. Versuchsdurchführung

Zunächst wurde in einer Versuchsreihe die Effizienz der Reduktion des Chromoxids durch die Durchmischung von Schlacke und Schmelze ermittelt. Im zweiten Teil der Versuche wurden gezielt die Reduktionsmittel Ferro-Silizium und Aluminium in die Schlacke eingebracht. In Bild 3 ist die Versuchsplanung dargestellt.

Die Durchmischung der beiden Phasen wird gezielt während des Abstichprozesses der Schmelze aus dem Ofen in die Umfüllpfanne durchgeführt. Damit das gezielte Vermischen von Schlacke und Schmelzphase über den gesamten Abstichzeitraum

erfolgen kann, ist es erforderlich die zwei Phasen parallel aus dem Ofen auslaufen zu lassen. Ergänzt wird dieser Prozess durch die Überlegung, dass der Hauptanteil der Durchmischung beim parallelen Auftreffen der Schmelze und der Schlacke innerhalb der Abstichpfanne erfolgt. Hier entsteht eine zusätzliche Verwirbelung der zwei Phasen zwischen Wand und Boden der Pfanne.

Die oben genannte Voraussetzung ist durch den Umbau des Abstichbereiches sichergestellt worden. Der im Standardzustand gemauerte Abstichkanal des Siphonabstiches wurde durch einen vorgefertigten, sogenannten Abstichblock ersetzt. In Bild 4 ist die verwendete Feuerfest-Konstruktion und deren Lage innerhalb der Ofenzustellung abgebildet. Der Abstich unterscheidet sich gegenüber der Standardsituation durch einen annähernd waagerechten Einbau des Abstichkanals sowie einem Öffnungsdurchmesser von 400 mm nach Neuzustellung. In der Standardzustellung des Siphonabstiches beträgt der Neigungswinkel des Kanals  $32^\circ$  und besitzt eine Kanalöffnung von 120 mm nach Neuzustellung.

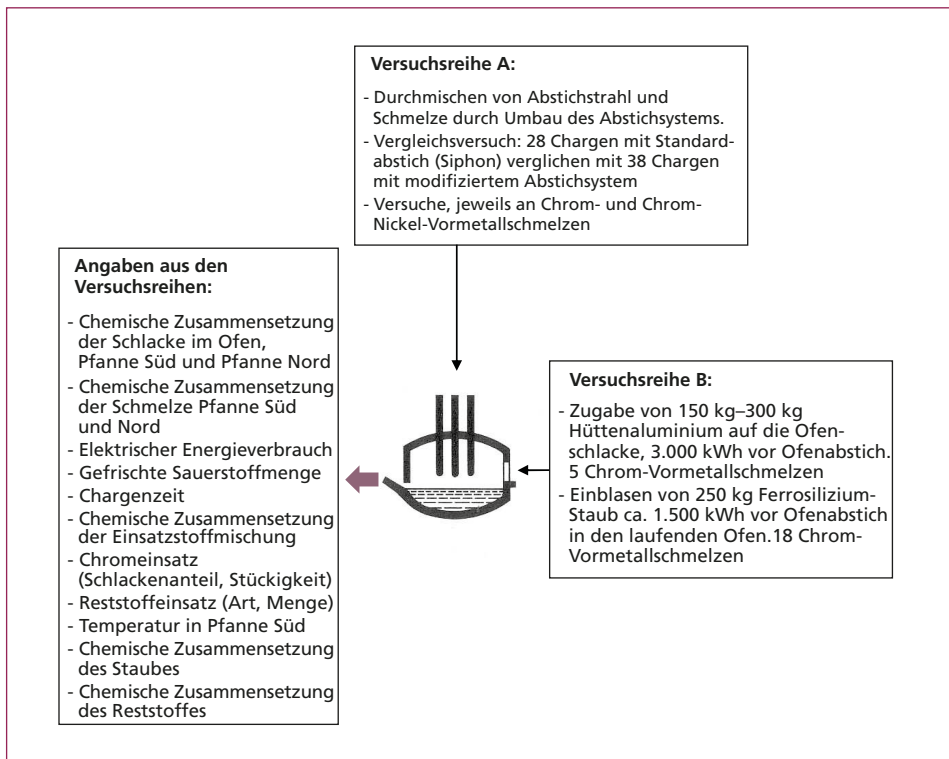


Bild 3: Versuchsplanung zur Untersuchung der Reduktion von Chromoxid in der Ofenschlacke

Für die Durchführung der Reduktionsversuchsreihe mit dem gezielten Eintrag von Reduktionsmitteln wurden über die Hochbunkeranlage der Versuchsanlage Aluminium-Granalien in Transportboxen abgezogen und jeweils nach der Beendigung des Sauerstoffeintrages durch die geöffnete Ofentür auf die Ofenschlacke aufgeworfen.

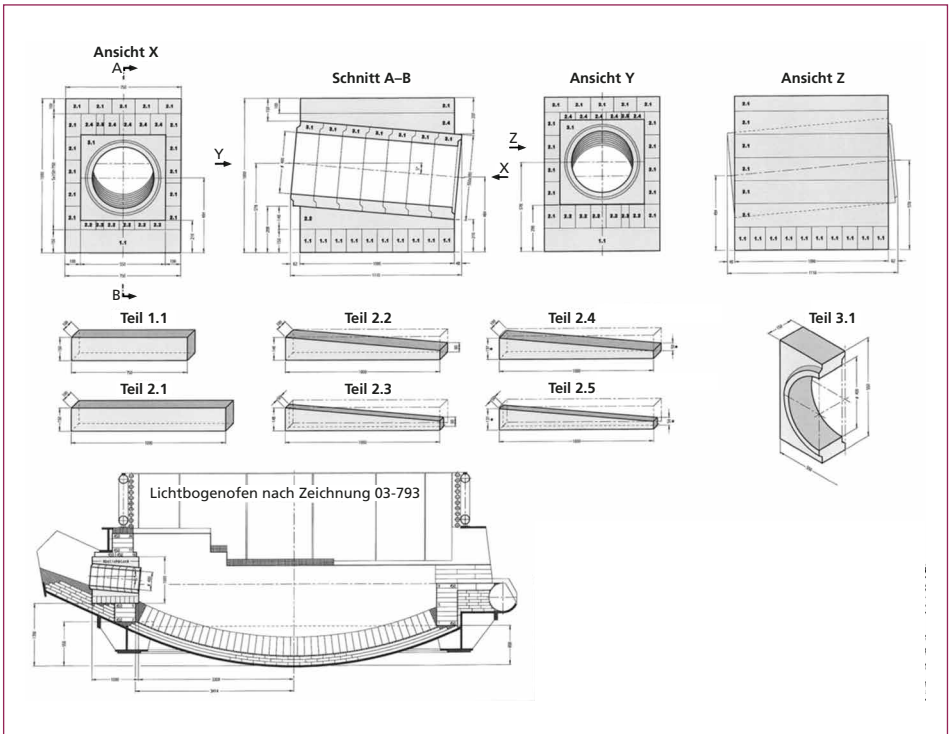


Bild 4: Konstruktion des Abstichblockes sowie Einbausituation innerhalb der Zustellung des Elektrolichtbogenofens



Bild 5: Einblasen von FeSi-Staub durch die Ofentür in die Schlacke

Die Einbringung des Ferrosilizium-Staubes konnte aufgrund der Beschaffenheit des Materials maschinell durchgeführt werden. Dazu wurde mittels Anschluss einer Rotormaschine an eine vorhandene Einblaslanze des  $O_2$ -Lanzenmanipulators das Material gezielt in die Ofenschlacke eingebracht. In der Bild 5 ist das Auftreffen des Ferrosilizium-Staubes auf die Schlacke dargestellt.

## 5. Ergebnis

Die Gesamtübersicht zur Verbesserung der Reduktion des Chromoxids aus der Ofenschlacke gibt das Diagramm in Bild 6 wieder. Dargestellt sind die erzielten Mittelwerte sowie die Maximal- und Minimalwerte der Chromoxidgehalte in der Pfannenschlacke

der Abstichpfanne, nach dem Entleeren des Elektrolichtbogenofens. Den Werten zugeordnet sind die in den Versuchen durchgeführten Prozesse zur Änderung des Ofenabstiches sowie die Verfahren der Zugabe von zwei unterschiedlichen Reduktionsmitteln in die Ofenschlacke vor dem Abstich des Ofens. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass durch die Modifikation der Abstichkonstruktion und die damit geschaffene Möglichkeit des Mitlaufenlassens der Ofenschlacke über den gesamten Zeitraum des Abstiches, der Hauptanteil der Reduktion des Chromoxids erzielt wird.

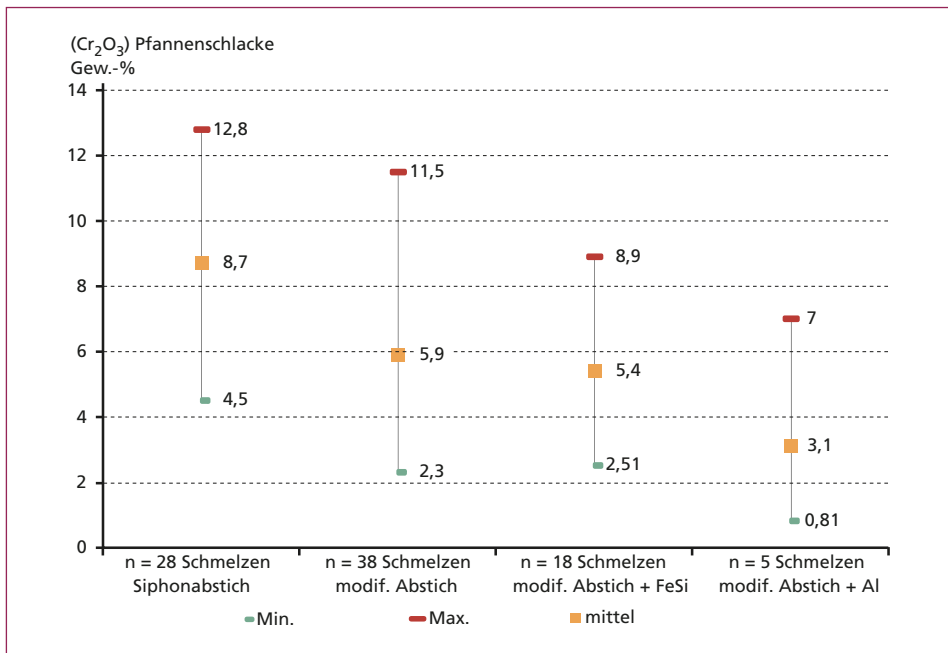


Bild 6: Chromoxidgehalt in der Pfannenschlacke nach Abstich, in Abhängigkeit vom Abstichdesign und der eingesetzten Reduktionsmittelsorte

Unter der Berücksichtigung, dass bei der Zugabe von Reduktionsmitteln auf die Ofenschlacke vor Abstich des Ofens ebenfalls mit dem modifizierten Abstich gearbeitet wurde, wirkt sich der Einsatz von zusätzlichen Reduktionsmitteln nur bei der Verwendung von Aluminium positiv aus. Beim dem Einsatz des Ferrosiliziums wurde eine geringfügige Verbesserung des Reduktionsgrades festgestellt. Diese rechtfertigt jedoch nicht den technischen Einsatz von Ferrosilizium als Reduktionsmittel an der Versuchsanlage. Während des Abstechens mit dem modifizierten Abstich konnte die intensive Durchmischung von Schmelze und Schlacke beobachtet werden. Dass die Turbulenzen die metallurgische Reaktion zwischen Schlacke und Schmelze antreibt, zeigt ein mittlerer Anstieg des Siliziumoxids um 6 Gew.-% von Ofenschlacke bis zur Pfannenschlacke nach Abstich. Bei der Arbeitsweise mit dem Siphon-Abstich wurde dagegen ein mittlerer Anstieg von nur 1 Gew.-% in der Schlacke ermittelt.



Das gleichmäßige Mitlaufenlassen der Schlacke während des Abstechens und damit das Erzwingen einer intensiven Durchmischung von den Phasen silizium- und kohlenstoffhaltige Schmelze mit der chromoxidhaltigen Prozessschlacke, liefert die Voraussetzung für niedrige Chromoxidgehalte nach Abstich in der Schlacke der Umfüllpfanne. Abstichsysteme bei denen die Schlacke nach der Schmelze aus dem Ofen ausläuft, sind nach der im Versuch erhaltenen Erkenntnis für die intensive Durchmischung von Schlacke und Schmelze ungeeignet.

Im zweiten Teil der Versuche wurden die Reduktionsmittel Aluminium in Form von Granalien und Ferrosilizium in Form von Staub in einem definierten Zeitfenster vor dem Abstich zur Ofenschlacke zugegeben. Bei dem Versuch mit dem Aluminium konnten die höchsten Reduktionsgrade des Chromoxids innerhalb der Versuchsreihen erzielt werden.

Der Anstieg der Aluminiumoxidkonzentration sowie die Reduzierung der Chromoxid- und Eisenkonzentration in der Schlacke, bewirkt die Reduzierung der Chromauslaugung in der Schlacke, durch die Erhöhung des von *Mudersbach* aufgestellten Faktors *SP* [8]:

$$\text{Faktor SP} = 0,2 \times \text{MgO} + 1,0 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 4,0 \times \text{Fe}_{\text{ges.}} - 0,5 \times \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ [Gew.-%]} \quad (3)$$

Durch die für den Faktor *SP* aufgestellte Formel und dem Ergebnis der mittleren Konzentrationen an Chromoxid, Magnesiumoxid, Aluminiumoxid und Eisen<sub>ges</sub> in der Schlacke, konnte für die Versuchsreihe ein mittlerer Wert für den Faktor *SP* von 12,5 errechnet werden. Aus dem von *Mudersbach* erstellten Zusammenhang zwischen dem Faktor *SP* und dem Cr<sub>ges</sub> im S4-Eluat, werden damit Werte für Cr<sub>ges</sub> im S4-Eluat von < 0,05 mg/l erzielt. Dieses ist durch die (Mg, Fe)-(Fe, Al, Cr)-Spinellbildung begründet, die bei dem Wert für Cr<sub>ges</sub> im S4-Eluat von < 0,05 mg/l, gemäß *Mudersbach* nachweisbar sind [8].

Die Effizienz der Reduktion mit dem Aluminium ist höher als bei der Arbeitsweise mit dem Ferrosilizium. Zu berücksichtigen ist zudem, dass durch das Aluminium ein Teil des Siliziumoxids in der Ofenschlacke reduziert wird. Das freigewordene Silizium steht während des Abstichs zusätzlich als Reduktionsmittel zur Verfügung, was in der Betrachtung des Verlaufes der Konzentrationen der Schlackenkomponenten bestätigt wird. Dadurch das davon ausgegangen werden kann, dass zum Ende der Sauerstoffzugabe und zum Startzeitpunkt der Aluminiumzugabe kein Aluminium mehr in der Schmelze enthalten ist, beträgt der Aluminiumbedarf für die Reduktion des Chromoxids, unter der Berücksichtigung das die Oxide MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und SiO<sub>2</sub> ebenfalls durch das Aluminium reduziert werden, 1,75 kgAl/kg(Cr).

Über den Anstieg des Aluminiumoxids in der Schlacke konnte ein Aluminiumausbringen von achtzig Prozent berechnet werden. Die Verluste entstanden im Versuch durch die Zugabetechnik des Aluminiums auf die Schlacke.

## 6. Zusammenfassung

Bei der Erzeugung von chromhaltigen Vormetallschmelzen im Elektrolichtbogenofen als Ausgangsprodukt für die Weiterverarbeitung in entsprechenden Prozessen der Sekundärmetallurgie, wird ein Teil des Chroms durch Oxidation in die Schlacke des Einschmelzaggregats überführt. Der damit verbundene Metallverlust hat die Minderung der Legierungsmittelleffizienz zur Folge.

Durchgeführte Versuche haben aufgezeigt, dass der Einfluss der Konstruktion des Ofenabstiches, auf die intensive Vermischung von Metall- und Schlackenphase hoch ist. Die somit eingebrachte Kinetik auf Reduktionsprozesse durch die im Bad gelösten Elemente Silizium und Kohlenstoff mit dem Chromoxid der Schlacke bewirken niedrige Chromoxidgehalte zum Ende des Prozesses. Ohne das Vorhandensein eines wie in der vorliegenden Untersuchung beschriebenen Abstiches, ist die Reduktion des Chromoxides aus der Prozessschlacke unzureichend.

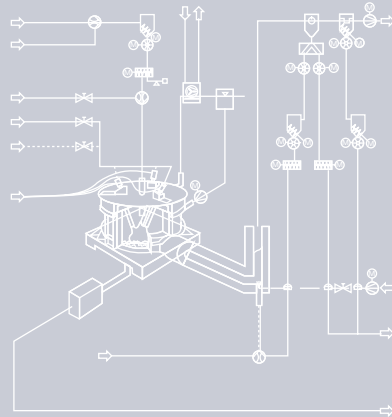
Der Zusatz von Ferrosilizium-Staub in den Ofen am Ende des Prozesses vor Abstich der Schmelze, hat sich als nicht zielführend in Bezug auf die Verbesserung der Reduktion des Chromoxids aus der Schlacke erwiesen. Bei dem Einsatz von Aluminiumgranalien kann eine deutliche Verbesserung der Reduktion und ein entsprechend niedriger Gehalt an Chromoxid in der Schlacke festgestellt werden. Die mit dem Aluminium bewirkte Modifikation der Schlacke lässt die Verbesserung des Chrom-Auslaugverhaltens dieser Schlacken zu.

## 7. Literatur

- [1] Gustafsson, K.; Vikman, R.: Chromium Recovery from Stainless Steel EAF Slag by Carbon Injection. AB Sandvik Steel R&D Centre Sandviken Sweden. 1993, S. 811-816
- [2] Haruo, M.; Atsushi, W.; Osamu, T.; Tereyuki, H.; Atsushi, Y.: Application of strong Bottom blowing to EAF for Stainless steel refining. In: Electric Furnace Conference 1988, Proceedings, S. 227-235
- [3] Hofmann, S.: Eurofer EAF 1997, European Confederation of Iron and Steel Industries-Environmental Committee-Task Group: Elektric Arc Furnace Steel- making Dokument on Elektric Arc Furnace Steelmaking
- [4] Kirschen, M.; Pfeifer, H.; Wahlers, F.-J.; Mees, H.: Off-gas measurements for mass and energy balances of stainless steel EAF. In: 59th Electric Furnace Conference Phoenix, Iron and Steel Society Nov. 2001, Proceedings, S. 737-745
- [5] Kühn, M.; Mudersbach, D.; Baena, J.-M.; Capodilupo, D.; De Angelis, V.: Chrome immobilisation in EAF slags from high alloy steelmaking development of a slag treatment process. Brussels: European Commission Directorate-General for Research, Research Fund for Coal and Steel, 2006, Project: 7215-PP/044
- [6] Mees, H.: Chromverschlackung bei der Erzeugung von chromhaltigen Schmelzen im Elektrolichtbogenofen und die Möglichkeiten zu deren Verringerung. Dissertation RWTH Aachen, D 82, Berichte aus dem Institut für Eisenhüttenkunde. Shaker Verlag, 2011, S. 131
- [7] Merz, M.; Pieper, T.; Stein, W.; Rath, T.; Harp, G.; Sax, A.: Energieeinsparung bei der Edelstahlproduktion im Elektrolichtbogenofen durch neuartige Erzeugung und Anwendung eines Schlackeschäumens beim Erschmelzen. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Report-Nr.: 2.46.035, Abschlußbericht. BFI, 2004, S. 27-28

- [8] Mudersbach, D.: Verbesserung der Eigenschaften von Elektroofenschlacken aus der Herstellung von nichtrostenden Stählen zur Nutzung dieser Schlacken im Verkehrsbau. Dissertation TU Clausthal-Zellerfeld, D 104, 2004
- [9] Müller, H.; Pirker, H.; Steins, J.: Electric Arc Furnace Technology for Stainless Steel Production. In: Electric Steelmaking Session-Paper Linz/Austria, May 1998 No. 32 S. 1-9
- [10] Patil, B.; Chan, A.; Choulet, R.: Refining of stainless steel. In: The making shaping and treating of steel, 11th edition. Steelmaking and refining volume United States Steel Corporation 1998, Three Gateway Center Suite 1900, Pittsburg Pennsylvania, The AISE Steel Foundation, S. 715-741
- [11] Plöckinger, E.; Etterich, O.: Elektrostahlerzeugung, 3. Auflage. Düsseldorf: Verlag Stahleisen m.b.h, 1979, S. 233-236
- [12] Shifrin, V.M.; Ermolaev, D.V.; Pereverzev, A.D.; Sergientko, S.L.; Verbitskii, K.P.: Increase of the degree of use of Chromium in producing corrosion-resistant steel. In: Steel in Translation, Vol. 26 (1996), No. 3, S. 21-23
- [13] Sun, S.; Uguccioni, P.; Bryant, M.; Ackroyd, M.: Chromium Control in the EAF during Stainless Steelmaking. In: Electric Furnace Conference Chicago, Proceedings, Vol. 55. 1997, S. 60-68

# Aschen • Schlacken • Stäube



## Aschen • Schlacken • Stäube – aus Abfallverbrennung und Metallurgie –

ISBN: 978-3-935317-99-3

Erschienen: September 2013

Gebundene Ausgabe: 724 Seiten  
mit zahlreichen  
farbigen Abbildungen

Preis: 50.00 EUR

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

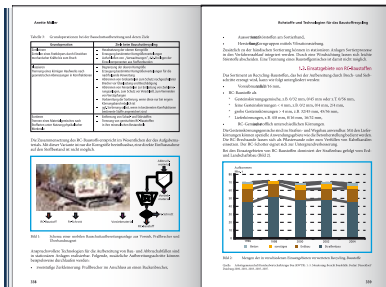
Der Umgang mit mineralischen Abfällen soll seit einem Jahrzehnt neu geregelt werden. Das Bundesumweltministerium hat die Verordnungsentwürfe zum Schutz des Grundwassers, zum Umgang mit Ersatzbaustoffen und zum Bodenschutz zur Mantelverordnung zusammengefasst. Inzwischen liegt die zweite Fassung des Arbeitsentwurfs vor. Die Verordnung wurde in der zu Ende gehenden Legislaturperiode nicht verabschiedet und wird daher eines der zentralen und weiterhin kontrovers diskutierten Vorhaben der Rechtssetzung für die Abfallwirtschaft in der kommenden Legislaturperiode sein. Die Reaktionen auf die vom Bundesumweltministerium vorgelegten Arbeitsentwürfe waren bei den wirtschaftlich Betroffenen überwiegend ablehnend. Die Argumente der Wirtschaft sind nachvollziehbar, wird doch die Mantelverordnung große Massen mineralischer Abfälle in Deutschland lenken – entweder in die Verwertung oder auf Deponien.

Weil die Entsorgung mineralischer Abfälle voraussichtlich nach rund zwei Wahlperioden andauernden Diskussionen endgültig geregelt werden soll, soll dieses Buch unmittelbar nach der Bundestagswahl den aktuellen Erkenntnis- und Diskussionsstand zur Mantelverordnung für die Aschen aus der Abfallverbrennung und die Schlacken aus metallurgischen Prozessen wiedergeben.

Die Praxis des Umgangs mit mineralischen Abfällen ist in den Bundesländern unterschiedlich. Bayern gehört zu den Bundesländern, die sich offensichtlich nicht abwartend verhalten. Der Einsatz von Ersatzbaustoffen in Bayern wird ebenso wie die Sicht der Industrie vorgestellt.

Auch in den deutschsprachigen Nachbarländern werden die rechtlichen Einsatzbedingungen für mineralische Ersatzbaustoffe diskutiert. In Österreich – hier liegt der Entwurf einer Recyclingbaustoff-Verordnung vor – ist die Frage der Verwertung von Aschen und Schlacken Thema kontroverser Auseinandersetzungen. In der Schweiz ist die Schlackenentsorgung in der Technischen Verordnung für Abfälle (TVA) geregelt, die strenge Anforderungen bezüglich der Schadstoffkonzentrationen im Feststoff und im Eluat stellt, so dass dies einem Einsatzverbot für die meisten Schlacken gleichkommt. Die Verordnung wird derzeit revidiert.

In diesem Buch stehen insbesondere wirtschaftliche und technische Aspekte der Entsorgung von Aschen aus der Abfallverbrennung und der Schlacken aus der Metallurgie im Vordergrund.



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky