

Verarbeitung von Filterstäuben aus der Elektrostahlerzeugung im Wälzprozess

Eckhard von Billerbeck, Andreas Ruh und Dae-Soo Kim

1.	Einleitung	388
2.	Zinkhaltige Filterstäube aus der Elektrostahlerzeugung	388
3.	Befesa Zinc S.A.U.	389
4.	Kurzvorstellung der Wälzanlagen	390
5.	Wälzverfahren und dessen Ein- und Ausgangsstoffe	391
6.	Beitrag zur Gesellschaft und Umwelt	395
7.	Zusammenfassung und Ausblick	396
8.	Quellen	396

Die Befesa ist ein internationales Umweltdienstleistungsunternehmen, das auf folgenden Gebieten tätig ist: Recycling von Abfällen aus der Stahl- und Verzinkungsindustrie, Recycling von Aluminium und aluminiumhaltigen Rückständen und der Entsorgung von Industrieabfällen.



Bild 1: Wälzanlage Befesa Zinc Duisburg GmbH

1. Einleitung

Zink wird seit über hundert Jahren für den Korrosionsschutz von Stählen verwendet. Der Verzinkungsanteil von Stählen liegt weltweit bei etwa fünfzig Massen-Prozent. In Deutschland liegt die Verwendung von Zink in der Verzinkungsindustrie bei etwa 36 Massen-Prozent [1, 10].

Durch die Verwendung von verzinktem Stahl und der damit verbundenen Rücklaufmengen verzinkter Schrotte, insbesondere durch die Automobilindustrie, werden in Zukunft weiterhin signifikante zinkhaltige Staubmengen aus dem Umschmelzen von Stahlschrott mit dem Elektrolichtbogenofenverfahren erwartet. Dadurch nehmen die zinkhaltigen Stäube mit 15 bis 25 kg pro Tonne erzeugten Stahls einen bedeutenden Wert als sekundäre Rohstoffquelle ein. In Bild 2 wird schematisch der Kreislauf des Zinks über die Kombination der hydrometallurgischen Zinkgewinnung und des in Europa vorherrschenden pyrometallurgischen Wälzverfahrens dargestellt.

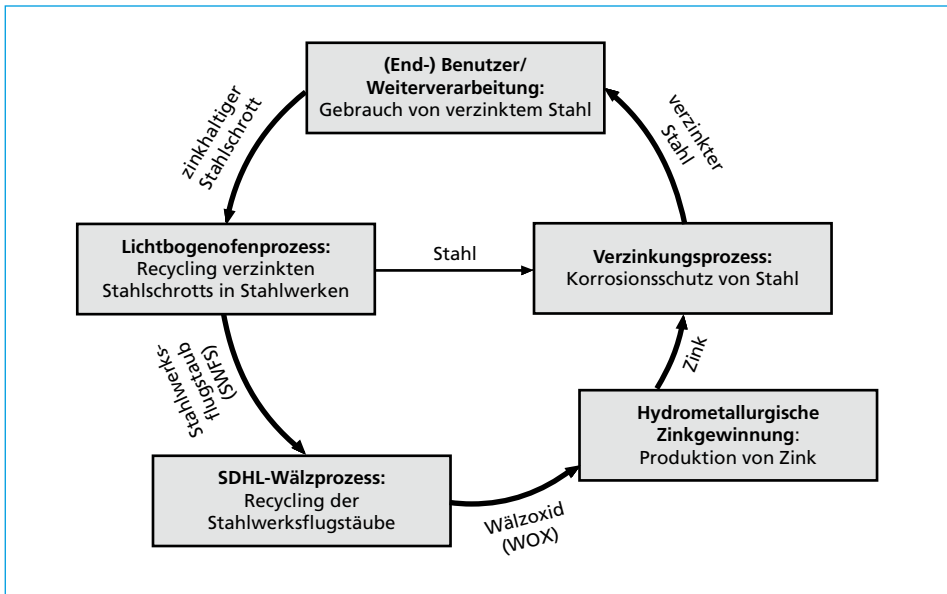


Bild 2: Recyclingkreislauf für verzinkten Stahl und Zink

2. Zinkhaltige Filterstäube aus der Elektrostahlerzeugung

Das Recycling von Stahlschrotten nimmt einen wichtigen Stellenwert als Rohstoffquelle, zur Ressourcenschonung und zum Umweltschutz ein. Weltweit wird das Elektrolichtbogenofenverfahren eingesetzt, das um 1900 erfunden und im Laufe des Jahrhunderts stetig modifiziert und verbessert wurde. Das Verfahren hat sich, aufgrund einiger Vorteile wie hohe Schmelzleistung, flexibler Schmelzbetrieb usw. gegen andere Stahlerzeugungsmethoden durchgesetzt. Die beim Schmelzprozess entstehenden

Abgase mit erheblichen Staubfrachten müssen wegen der Bestimmungen der Immissionsschutzgesetzgebung gereinigt werden. Nach der Kühlung des beladenen Abgases gelangt es in Entstaubungsanlagen, in denen das Abgas vom Staub entfrachtet wird. Hierbei fallen Filterstäube an, deren Menge von der Produktivität des Stahlwerks, seines nachgeschalteten Filtersystems und von der Qualität des einzuschmelzenden Schrotts abhängt. Dies sind 15 bis 25 kg pro Tonne erzeugten Stahls. Dabei ist letzteres maßgeblich, da beinahe 99 Prozent des Zinkeintrags in den Ofen wieder in die Staubfraktion im Abgasstrom übergeht. Der Grund liegt in der niedrigen Zink-Siedetemperatur von 906 °C. Das Zink verdampft aufgrund der hohen Temperaturen im Ofen und wird im Abgasstrom reoxidiert. Weitere Mechanismen, außer der Verflüchtigung von Metallen und Metallverbindungen, für die Entwicklung von Stahlwerkstäuben ist das Verdampfen von Eisen im Lichtbogenbereich und der mechanische Übertrag von festen Partikeln während des Schmelzvorgangs [2, 7].

In Europa werden etwa siebenundsiebzig Millionen Tonnen Stahlschrott pro Jahr im Elektrolichtbogenofenverfahren recycelt. In Europa lag 2012 dieser Anteil der Roheisenproduktion bei etwa vierzig Prozent [7]. Hierdurch fallen in Europa jährlich über eine Million Tonnen zinkhaltiger Stahlwerkstäube an. Dabei liegt der Marktanteil der Befesa bei über sechzig Prozent in Bezug auf den Massendurchsatz bei einer installierten Kapazität von über 600.000 Tonnen Stahlwerkstäube und anderer zinkhaltiger Reststoffe pro Jahr [8].

3. Befesa Zinc S.A.U.

Als Folge der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Elektrolichtbogenofens hinsichtlich seiner Kapazität, der Effektivität und der flexiblen Einsatzmengen wurden im Laufe der Jahrzehnte immer größere Durchsätze an Stahlschrott für das Umschmelzverfahren eingesetzt. Die gestiegene Produktion führte zugleich zu einer stetigen Erhöhung der Stahlwerkstaubmengen, die bis in die siebziger Jahre aufgrund ihrer Schwermetallkonzentrationen und des damaligen Umweltverständnisses vollständig auf Deponien entsorgt wurden.

1969 wurde die Duisburger Wälzanlage, die zu dieser Zeit Bestandteil der Metallhütte Duisburg war, von der Firma Lurgi umgerüstet und für das Recycling von Stahlwerkstäuben zum ersten Mal angewandt. Dank des Erfolgs der Aufbereitung bei der Wiedergewinnung von Zink aus den Stäuben sowie der Vermeidung ihrer Deponierung wurde das Verfahren in den achtziger und neunziger Jahren, ebenfalls von Lurgi, in Europa, Nordamerika und Asien vermarktet.

Mit der Gründung der BUS Berzelius Umweltservices AG 1987 wurden die Recyclingkapazitäten, die bedingt durch die Erhöhung der Elektrostahlerzeugung und vermehrten Verzinkung von Massenstählen einherging, verwirklicht. 1995 wurde in Duisburg die erste Dioxin-, Furan- und Quecksilberabscheidung in Betrieb genommen, die im Laufe der folgenden Jahre auf die zur Gruppe gehörenden Wälzanlagen übertragen wurde.

In 1998 wurde das SDHL-Verfahren – benannt nach den Erfindern Saage, Dittrich, Hasche und Langbein – entwickelt und in den folgenden Jahren in allen Anlagen

installiert. Damit wurden die spezifischen Energie- und der Reduktionsmittelverbräuche deutlich abgesenkt. Zugleich wurde mit dieser Technologie in Kombination mit basischer Fahrweise die Produktion erheblich gesteigert. Gegenüber dem klassischen Wälzverfahren wurde der SDHL-Wälzprozess wegen seiner zahlreichen Vorteile als beste verfügbare Technik (Beste Verfügbare Technik nach EIPPCB [4]) anerkannt.

Nach mehrmaliger Umstrukturierung und Umbenennung der Firma BUS kam es in 2006 zum Kauf und zur Übernahme durch die Befesa. Mit ihren Anlagen hat sich das Unternehmen in der Wiederaufbereitung von Filterstäuben aus der Eisen- und Stahlindustrie als europäischer Marktführer positioniert. Mit einem Joint Venture in der Türkei 2010 und einer Anlagen-Akquisition in Südkorea 2012 ist das Unternehmen im Zinkrecycling auch außerhalb Europas etabliert.

Heute ist das Unternehmen in drei Geschäftsbereichen aktiv: Aufarbeitung von zinkhaltigen Reststoffen aus der Stahl- und Gießereiindustrie, von nickel- und chromhaltigen Rückständen aus der Edelstahlindustrie sowie von Verzinkungsrückständen aus der Galvanikindustrie.

4. Kurzvorstellung der Wälzanlagen

Die Verarbeitung von zinkhaltigen Reststoffen in Europa erfolgt in den Wälzanlagen in Deutschland, in Frankreich und in Spanien. Zudem werden in der Türkei und in Südkorea primär zinkhaltige Filterstäube aus dem Elektrolichtbogenofenverfahren und andere zinkhaltige Reststoffe verarbeitet. Durch die Entwicklung des Verfahrens, insbesondere bei der Materialvorbereitung, Zinkausbringung und Energieoptimierung, hat sich das Unternehmen einen technologischen Vorsprung erarbeitet.

In Bild 3 werden die Standorte der Befesa Wälzanlagen dargestellt und in Tabelle 1 die dazugehörigen Jahreskapazitäten.



Bild 3:

Standorte der Befesa Wälzanlagen weltweit (rot markiert)

Anlagen	Kapazität t/a
Befesa Zinc Duisburg GmbH, Deutschland	100.000
Befesa Zinc Freiberg GmbH, Deutschland	220.000
Befesa Zinc Aser S.A.U., Spanien	160.000
Recytech S.A., Frankreich	125.000
Befesa Silvermet Turkey SL, Türkei	60.000
Befesa Zinc Korea Co., Ltd., Südkorea	125.000

Tabelle 1:

Kapazitätsangaben der einzelnen Befesa Wälzanlagen

5. Wälzverfahren und dessen Ein- und Ausgangsstoffe

Der SDHL-Wälzprozess lässt sich in drei Verfahrensabschnitte (Bild 4), wie folgt, gliedern:

Anlieferung, Vorbereitung und Beschickung des Eingangsmaterials, pyrometallurgische Verarbeitung im Wälzofen, Abgasbehandlung mit Wälzoxidabscheidung.

Anlieferung, Vorbereitung und Chargierung

Im SDHL-Wälzprozess werden vor allem Stahlwerkstäube, verschiedene zinkhaltige Reststoffe sowie Koks und Schlackenbildner eingesetzt. Angeliefert wird mit Silo- oder Kipp-LKWs und mit Bahnwaggons. Auch Big Bags und Schüttgutcontainer können angenommen werden. Feuchtes Material in pelletierter, stückiger oder stichfester Form wird in geschlossenen Lagerhallen oder Bunkern gelagert. Trockene Stäube werden mit pneumatischen Förderanlagen direkt vom Silo-LKW in Siloanlagen eingeblasen. Mit dieser geschlossenen Entladung und Lagerung werden Staubemissionen minimiert.

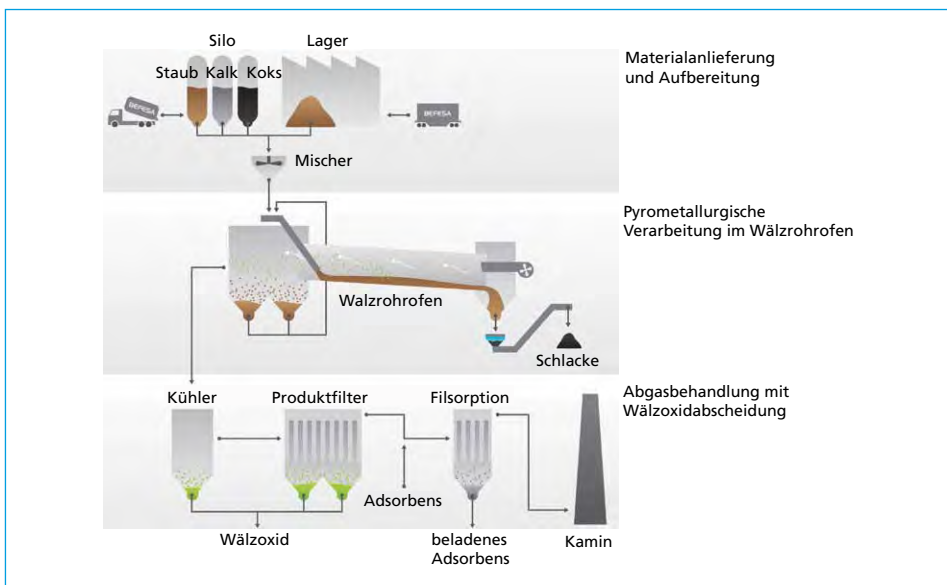


Bild 4: Vereinfachtes Fließbild des SDHL-Wälzprozesses

Element/ Verbindung	Gehalte Gew.-%	Element	Gehalte Gew.-%
C	0,1 - 15	MgO	1,7 - 9
CaO	3,5 - 15	Na ₂ O	0,3 - 3
Cl	0,1 - 4	Pb ¹⁾	0,1 - 3
F	0,1 - 1,5	S	0,2 - 1
FeO	23 - 45	SiO ₂	1 - 8
K ₂ O	0,4 - 2	Zn ¹⁾	17 - 32

¹⁾ liegt vor allem als Oxid vor

Tabelle 2:

Elementverteilung von Stahlwerkflugstäuben

Für einen gleichmäßigen Ofenbetrieb und hohes Zinkausbringen im Wälzoxid und für eine gute Schlackenqualität müssen die Einsatzstoffe gattiert werden. Dazu werden die zinkhaltigen Reststoffe, je nach Analyse, mit definierten Mengen an Reduktionsmitteln und Schlackebildnern gemischt und pelletiert. Durch gezielte Wasserzugabe werden die Feuchte und Pelletgröße eingestellt. Die Mikropellets werden direkt in den Wälzofen beschickt oder zwischengelagert.

In den Wälzrohren werden zinkhaltige Reststoffe mit einem durchschnittlichen Zinkgehalt von etwa fünfundzwanzig Prozent verarbeitet. In Tabelle 2 werden die Gehaltsbereiche der Elemente in Stahlwerkstäuben angegeben.

Wie in Tabelle 2 beispielhaft an Stahlwerkstaub dargestellt, können die zinkhaltigen Reststoffe von trockenen Stahlwerkstäuben bis hin zu nassen zinkhaltigen Schlämmen eine große Bandbreite ihrer chemischen Zusammensetzungen aufweisen.

Pyrometallurgische Aufarbeitung im Wälzofen

Die Wälzöfen sind vierzig bis 65 Meter lang und haben Durchmesser zwischen drei und 4,5 Metern. Durch die leichte Neigung des Ofens und bei etwa 1,2 Umdrehungen pro Minute werden die kontinuierlich dem Wälzofen zugeführten Mikropellets bei einer Verweilzeit von vier bis sechs Stunden durch den Ofen gefördert. Die Gasphase strömt entgegen der Schüttung durch den Wälzofen. Bild 5 zeigt schematisch einen Längsschnitt des Wälzofens und seine Reaktionszonen.

Nach der Beschickung wird die Aufgabemischung durch das im Gegenstrom geführte heiße Ofengas getrocknet und aufgeheizt. Im mittleren Ofenbereich der Reaktionszone, ab einer Temperatur von etwa 1.100 bis 1.200 °C, setzt die Reduktion der in der Schüttung vorliegenden Metallverbindungen ein. Das in der Aufgabemischung enthaltene Reduktionsmittel Kohlenstoff (C) reagiert zunächst mit dem zugegebenen Luftsauerstoff (O₂) zu CO₂, das mit festem Kohlenstoff gemäß der Boudouard-Reaktion zu CO reagiert. Das CO kann die enthaltenen Verbindungen von Zink, Blei und Eisen – entsprechend dem Richardson-Ellingham-Diagramm – reduzieren. In Abhängigkeit von der Ausmauerung, der Länge und der Umdrehungsgeschwindigkeit des Ofens liegt die Verweilzeit des Einsatzmaterials im Wälzrohr zwischen vier und sechs Stunden. Durch die vorherrschenden Prozessbedingungen – hohe Temperaturen und ausreichend hohen Dampfdrücke – werden Zink und Blei sowie Chloride und

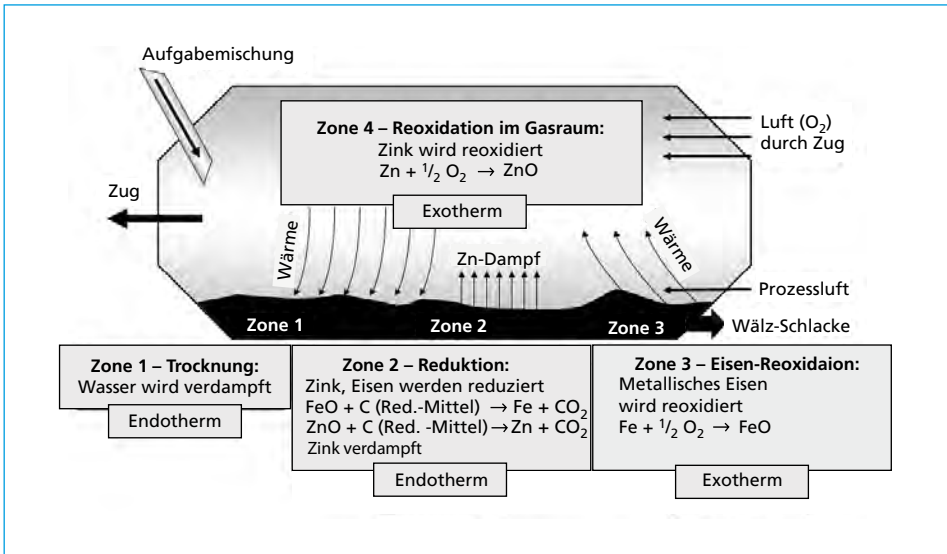


Bild 5: Längsschnitt durch den Wälzrohrföfen mit seinen Reaktionen

Alkalien selektiv aus der Schüttung in den Gasraum verdampft, während das Eisen in der Schüttung verbleibt. In der Gasphase werden die metallischen Zinkdämpfe zu Zinkoxid reoxidiert. Dies ist möglich, da wegen des Gegenstromprinzips in der Ofenatmosphäre ausreichend Sauerstoff zur Verfügung steht. Das metalloxidreiche Rohgas verlässt den Ofen eintragsseitig und wird zur Produktgewinnung und Reinigung einer mehrstufigen Abgasbehandlung unterzogen. Das heiße, staubbeladene Abgas wird abgekühlt und das Wälzoxid in einem Filter abgeschieden und zur Zwischenlagerung in Silos gefördert. In der darauffolgenden Filterstufe wird das staubfreie Abgas von Dioxinen, Furanen, Quecksilber und Cadmium entsprechend den gesetzlichen Grenzwerten gereinigt und abschließend unter Einhaltung örtlicher Vorschriften durch einen Kamin in die Atmosphäre ausgetragen [9].

Mit gezielter Luftzugabe zur Schüttung am Ende des Ofens wird der Großteil des mitreduzierten Eisens zu Eisenoxid (FeO) reoxidiert. Die Oxidationswärme heizt die zugeführte Frischluft auf und liefert die für die chemischen Prozesse in der Reaktionszone benötigte Wärmeenergie. Mit der Entwicklung des SDHL-Prozesses konnte die Effizienz gegenüber dem klassischen Wälzverfahren optimiert und die spezifischen CO_2 -Emissionen um mehr als vierzig Prozent reduziert werden.

Variationen der Zusammensetzung können den metallurgischen Prozess erheblich beeinflussen, wie eine Verschiebung der Schmelztemperatur der Ofenschüttung. Dies kann zu Ansatzbildungen an der Ofenausmauerung führen, die eine Verschlechterung der Prozessführung mit sich führen kann. Ein metallurgischer Balanceakt ist daher, sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht, beim Wälzprozess erforderlich.

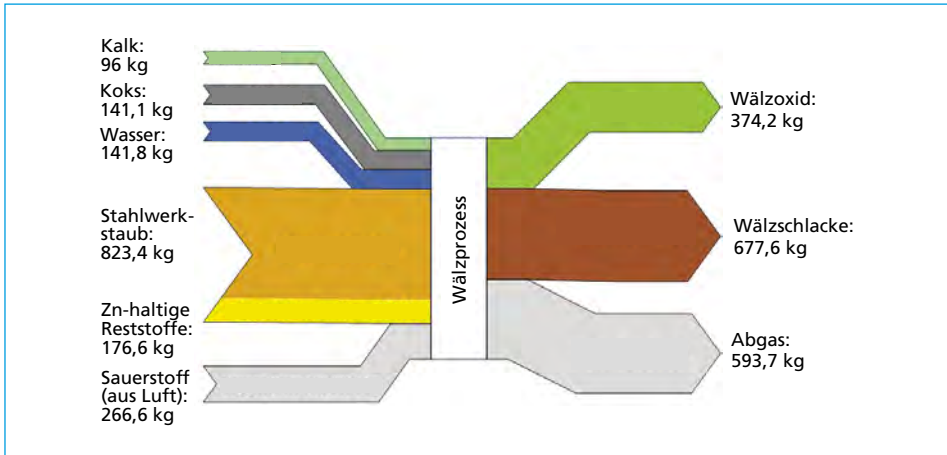


Bild 6: Massenströme des SDHL-Wälzverfahrens bei der Befesa Zinc Duisburg GmbH

Produkte des SDHL-Wälzprozesses

Bild 6 stellt zur Veranschaulichung die Ein- und Ausgangsströme aus dem SDHL-Wälzprozess, basierend auf einer Tonne zinkhaltigem Eingangsmaterial, in einem Sankey-Diagramm dar.

Das aus den Eingangsstoffen erzeugte Wälzoxid enthält neben fünfundfünfzig bis fünfundsechzig Prozent Zink geringe Mengen an Alkalien (Na, K) und Halogenen (Cl, F). In der Vergangenheit wurde aufgrund der hohen Halogenid- und Alkaliengehalte das ungewaschene Wälzoxid hauptsächlich im Imperial Smelting Prozess eingesetzt. Für den Einsatz im hydrometallurgischen Zinkgewinnungsprozess (Zinkelektrolyse) stellen besonders die Halogene kritische Elemente dar. Um den Gehalt dieser Elemente zu reduzieren und den Zinkgehalt zu erhöhen, wird das Wälzoxid einer zwei- oder

Element/ Verbindung	Ungewaschenes Wälzoxid Gew.-%	Gewaschenes Wälzoxid Gew.-%
CaO	1,2 - 4,0	1,8 - 4,5
Cl	0,1 - 6,4	0,05 - 0,2
F	0,1 - 0,5	< 0,1 - 0,25
FeO	2,1 - 5,4	3,0 - 6,0
K ₂ O	0,05 - 3,9	0,04 - 0,1
MgO	0,2 - 0,5	0,3 - 0,6
Na ₂ O	0,3 - 3,1	0,1 - 0,3
Pb ¹⁾	2,3 - 5,5	3,9 - 6,0
S	0,2 - 1,0	0,1 - 0,5
SiO ₂	0,2 - 1,5	0,4 - 2,0
Zn ¹⁾	55 - 65	65 - 70

Tabelle 3:

Elementverteilung des ungewaschenen und gewaschenen Wälzoxids

¹⁾ liegt vor allem als Oxid vor

dreistufigen Gegenstromwäsche unterzogen. Dadurch werden über neunzig Prozent aller Halogene und Alkalien entfernt und die Zinkkonzentration im gewaschenen Wälzoxid auf fünfundsechzig bis siebzig Prozent erhöht. Weitere typische Werte des gewaschenen Wälzoxids sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Neben Wälzoxid fällt im Wälzprozess auch Wälzschlacke an, die alle nichtflüchtigen Bestandteile sowie zugesetzten Schlackenbildner beinhaltet, die etwa 2/3 der Durchsatzmenge ausmachen. Die Schlacke wird nach dem Verlassen des Ofens in einem Wasserbad, auch Nassentschlacker genannt, gekühlt. Durch die basische Fahrweise des Verfahrens bildet sich eine poröse Schlacke, die derzeit aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften als Baumaterial für den Wegebau auf Deponien Anwendung findet. Hauptbestandteile dieser Wälzschlacke sind Eisenoxid, Kalk und Quarz. Eine typische Wälzschlackenanalyse wird in Tabelle 4 dargestellt.

Element/ Verbindung	Gehalte Gew.-%	Element/ Verbindung	Gehalte Gew.-%
CaO	< 26,00	Na ₂ O	0,60
Cl	< 0,10	Pb	< 0,10
FeO	45,00	S	1,50
K ₂ O	0,10	SiO ₂	< 10,00
MgO	< 6,00	Zn	< 5,00

Tabelle 4:

Analysewerte einer Wälzschlacke

6. Beitrag zur Gesellschaft und Umwelt

Stahlwerkstäube, Gießereistäube und andere zinkhaltige Reststoffe werden als Abfälle eingestuft. Dementsprechend ist die Behandlung und das Recycling dieser Abfälle aus ökologischer Sicht von Bedeutung.

Der SDHL-Wälzprozess stellt das Referenzverfahren für das Recycling von Filterstäuben aus der Stahlindustrie in Bezug auf Umweltschutz und sparsame Verwendung von Energie und Ressourcen dar. Mehr als 600.000 Tonnen zinkhaltige Abfälle werden allein von der Firma Befesa verarbeitet. Dem Stoffkreislauf werden dadurch etwa 120.000 Tonnen Zink pro Jahr wieder zugeführt.

In einigen Lagerstätten ist Zink durch natürliche geologische und geochemische Prozesse auf fünf bis fünfzehn Prozent angereichert. Diese Zinkerze werden z.B. in Kanada, Südafrika, Thailand, Brasilien, Australien und in Russland abgebaut und mit physikalischer Aufbereitung auf etwa fünfzigprozentige Zinkkonzentration konzentriert. Dieser Rohstoff legt einen langen Transportweg zurück, bevor er in Europa zu metallischem Zink verarbeitet wird [5].

Insgesamt wurden seit der Einführung des Wälzprozesses in Deutschland über vier Millionen Tonnen zinkhaltiger Reststoffe verarbeitet. Das entspricht ungefähr einer Million Tonnen metallisches Zink, das in Europa in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt wurde.

Dadurch konnte der Abbau von elf bis fünfzehn Millionen Tonnen Zinkerze, abhängig von den Zinkgehalten, vermieden und dadurch Rohstofflagerstätten geschont und Emissionen durch Transporte gespart werden [6].

Ebenso ist es durch die Entwicklung und Einführung des SDHL-Wälzprozesses gelungen, einen für die kommenden Jahre energetisch und wirtschaftlich konkurrenzfähigen Prozess betreiben zu können, der auch umweltrelevanten Entwicklungen Rechnung trägt. Durch die Einführung der basischen Fahrweise wird gegenüber dem klassischen Wälzprozess eine Steigerung des Durchsatzes und des Zinkausbringens bei etwa vierzig Prozent reduziertem Reduktionsmitteleinsatz erreicht. Damit wird die Emission von CO₂ ebenfalls um über vierzig Prozent reduziert; die Bildung von Dioxinen und Furanen im Rohgas nimmt um den Faktor 10 ab [9]. Wegen dieses Beitrags zum Umweltschutz wurde der Wälzprozess von der Basler Konvention als Dioxin- und Furanerzöschungstechnologie anerkannt [3]. Die europäische Umweltschutzbehörde European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB) bestätigt den Prozess als Beste Verfügbare Technik (BVT) [4].

7. Zusammenfassung und Ausblick

Das Wälzverfahren zur Aufarbeitung von zinkhaltigen Reststoffen stellt eine sichere und bewährte Technologie dar, die ihre Zuverlässigkeit in vielen Anlagen weltweit bewiesen hat. Der Zinkinhalt der im Wälzprozess eingesetzten Reststoffe wird für die Zinkgewinnung wieder nutzbar gemacht. Mit dem SDHL-Wälzprozess wird ein Verfahren betrieben, mit dem in den Reststoffen enthaltenes Zink zu etwa 93 Prozent wieder gewonnen wird. Das Wälzoxid ist aufgrund seines hohen Zinkgehaltes in der Zinkindustrie und in seiner gewaschenen Form auch durch die niedrigen Halogenidgehalte, ein begehrter Sekundäreinsatzstoff für die metallische Zinkgewinnung. Durch das Recycling werden Abfallmengen reduziert, natürliche Ressourcen geschont und somit ein Beitrag zur Schließung des Wertstoffkreislaufs geleistet.

8. Quellen

- [1] Antrekowitsch, J.; Offenthaler, D.: Problemstellung und Lösungsansätze in der Aufarbeitung zinkhaltiger Stahlwerksstäube. In: Vernetzung von Zink und Stahl, Vorträge beim 42. metallurgischen Seminar des Fachausschusses für Aus- und Weiterbildung der GDMB; GDMB Medienverlag, 2006. ISBN 0720-1877, S. 17-24
- [2] Antrekowitsch, J.; Griessacher, D.; Offenthaler, D.; Schnideritsch, H.: Charakterisierung und Verhalten von Zink-, Blei- und Halogenverbindungen beim Recycling von Elektrolichtbogenofenstäuben. In: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 153, 2008, S.182-183
- [3] Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal (2005) [Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung]: Aktualisierte allgemeine technische Richtlinien für die umweltfreundliche Entsorgung von Abfällen, die aus persistenten organischen Schadstoffen bestehen oder damit kontaminiert sind. Seite 41, 43. Online unter: www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.doc

- [4] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau – EIPPCB (2010): Reference document on best available techniques (BAT) for the non-ferrous metals industries – Referenzdokument für die Besten Verfügbaren Techniken (BVT) in der NE-Metallindustrie
- [5] Initiative Zink: <http://www.initiative-zink.de/basiswissen/das-metallzink/zinkvorkommen.html>; abgerufen am 05.05.2014
- [6] Krüger, J.: Sachbilanz Zink; Primärenergieaufwand und Emissionen von Bergbau und Aufbereitung, 2001. Tab. 4.4; S. 24
- [7] Offenthaler, D.: Die Halogenidentifizierung in der Aufbereitung von Elektrobogenofenstäuben, 2006, S. 8-9
- [8] Ruh, A.; Krause, T.: The Waelz process in Europe, 3rd international conference on networking between zinc and steel industry, 2011, S. 2
- [9] Saage, E.; Hasche, U.: Optimization of the Waelz Process at the B.U.S Zinkrecycling Freiberg GmbH. Erzmetall, Vol. 57 No. 3, 2004, S. 138-142
- [10] WVMetalle (2012): Jahresbericht der deutschen NE-Metallindustrie 2012. Herausgegeben von Wirtschaftsvereinigung Metalle. Online verfügbar unter: www.wvmetalle.de

ReSource

Abfall • Rohstoff • Energie

Jahresabonnement (4 Ausgaben) plus Onlinezugang: 62 Euro (incl. MwSt. und Versand)



23. Jahrgang

RSSN 1868-9531 4. Quartal 2012 Preis 20,00 EUR A 12/128 F

ISSN 1868-9531 (Print) 1868-9532 (Online)

ReSource

Abfall • Rohstoff • Energie Fachzeitschrift für nachhaltiges Wirtschaften

HERAUSGEBER

Dipl.-Pol. Bernhard Reiter

REDAKTION

Professor Dr.-Ing. Dr. h. c. h. Karl E. Thöne-Kommissary
Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Dipl.-Pol. Bernhard Reiter

REDAKTIONSRAT

Professor Dr.-Ing. Michael Beckmann
Professor Dr. rer. nat. Matthias Finkbeiner
Professor Dr.-Ing. Daniel Grottelmann
Professor Dr.-Ing. Karl E. Lohrer
Dipl.-Ing. Johannes L. E. Marler
Dipl.-Chem.-Ing. Luciano Pelloni
Dipl.-Ing. Christian Tebert
Professor Dr. Andrea Venzl

Hilf! Schönlager, Christian Tebert und Uwe Lall
Fachleute nehmen Stellung zum Regesorgengesetz
zur Umsetzung der EU-Industrieemissionsrichtlinie
ins deutsche Recht

Christian Tebert

Die EU hat verbindliche BVT-Schadstoffgrenzen für die
Herstellung von Zement, Stahl und Magnesiummetall angesetzt

Marcel Schmitt und Henrike Seewitz

Hohe Produktionskosten für mineralische Rohstoffe werden
deutsche Unternehmen auch in Zukunft begünstigen

Bastian Wern, Alexander Fell und Thomas Prieß

Durch eine optimierte Aufbereitung von Nichtzweckmetall-
Vorkonzentrat aus der mechanischen Behandlung von
Siedlungsabfällen können wertvolle Ressourcen erschlossen
werden

Alfred Sigg und Kai Lieball

Gegenüber der Vergärung und anderen Verfahren
erreichen fortschrittliche Verbrennungsanlagen die
höchsten energetischen Wirkungsgrade

Günther Hebecker und Margit Löffelholz

Thermische Abfallbehandlungsanlagen können individualisiert
zugeschrieben in die Entsorgungskategorie verschiedener
Märkte integriert werden

Arnober Kreytzberg, Henning Wilm und Günter Demant

Die EU-Mitgliedstaaten müssen in ihrem Abfallverwaltungs-
gesetzen Umweltschadstoffe aufweisen, die entlang
der gesamten Wertschöpfungskette ansetzen

RHOMBOS

4 2012

Fotos: pixelio.de

Für Wirtschaft und Politik ist ein nachhaltiger Umgang mit Rohstoffen und Energie eine Frage der Zukunftssicherung. Umwelttechnisches Know-how und Informationen über grundlegende Entwicklungen sind für den Erfolg entscheidend. Mit der Fachzeitschrift **ReSource - Abfall, Rohstoff, Energie** sind Sie bestens über nachhaltiges Wirtschaften informiert.

Neben aktuellen Forschungsergebnissen stellt die Fachzeitschrift praxisrelevante Konzepte und Verfahren zur Vermeidung und Verringerung von Umweltbelastungen vor. Verfahren der konventionellen Abfallbehandlung und -entsorgung wie Verbrennung sowie Recycling, Kompostierung, Vergärung und Deponierung werden auf ihre Effektivität und Umsetzbarkeit geprüft. Experten aus dem In- und Ausland diskutieren mögliche Alternativen.

Gerne schicken wir Ihnen ein Ansichtsexemplar:

RHOMBOS-VERLAG, Kurfürstenstr. 17, 10785 Berlin, Tel. 030.261 94 61, Fax: 030.261 63 00
Internet: www.rhombos.de, eMail: verlag@rhombos.de