

Aufbereitung metallurgischer Schlacken

Hermann Wotruba und Lars Weitkämper

1.	Einleitung	451
2.	Ziele der Schlackenaufbereitung	452
3.	Aufbereitung	453
3.1.	Zerkleinerung (Grobzerkleinerung)	453
3.2.	Zerkleinerung (Feinzerkleinerung)	454
3.3.	Abtrennung von metallischem Eisen (frei aufgeschlossen bzw. gering verwachsen)	454
3.4.	Buntmetalle, Edelstahl bzw. Ferrolegerungen (frei aufgeschlossen bzw. gering verwachsen)	454
3.4.1.	Starkfeldmagnetscheidung	454
3.4.2.	Dichtesortierung (Grobereich)	454
3.4.3.	Dichtesortierung (Feinbereich)	458
3.5.	Abtrennung feinsten Metallbestandteile	459
3.6.	Voranreicherung metallhaltiger Schlackenstücke	459
4.	Optimiertes Verfahren für die Extraktion von Metallen aus metallurgischen Schlacken	450
5.	Quellen	463

1. Einleitung

Metallurgische Schlacken fallen bei pyrometallurgischen Prozessen an, in denen Metalle aus Erzen oder Recyclingmaterial erschmolzen, raffiniert oder legiert werden. Unterschieden werden Schlacken aus der Eisen- und Stahlerzeugung. Hochofenschlacke hat mit etwa 8 Millionen t/a in Deutschland den größten Anteil, gefolgt von Stahlwerks- und Elektroofenschlacke mit insgesamt etwa 6 Millionen t/a. Geringere Mengen fallen mit etwa 1,3 Millionen t/a bei der Verhüttung von Buntmetallen (Kupfer, Blei, Nickel) sowie Ferrolegerungen an. Bild 1 zeigt die Verteilung der in Deutschland anfallenden metallurgischen Schlacken.

Bei allen metallurgischen Prozessen verbleibt ein Teil des Metalls in der Schlacke und kann in Form von Agglomeraten diverser Legierungen, als reines Metall oder in oxidischer Form vorliegen. Die Extraktion des in der Schlacke enthaltenen Metalls erfolgt

in vielen Fällen nur unzureichend. Insbesondere fein verwachsene Metallpartikel gehen in den Abgängen verloren. Ein nach wie vor zur Anwendung kommendes Verfahren ist die Feinmahlung der Schlacke in z.B. Kugelmühlen mit anschließender Klassierung zur Gewinnung des Metalls in der Grobfraktion. Während die mineralischen Anteile nach der Behandlung als Feinkorn $< 250 \mu\text{m}$ vorliegen, sind die metallischen Anteile üblicherweise in Kornbereichen $> 500 \mu\text{m}$. Zur Behandlung von z.B. Ferrochromschlacken ist dieses Verfahren nicht geeignet, da die metallischen Anteile hier das gleiche spröde Zerkleinerungsverhalten wie die mineralischen aufweisen.

Trotz des annähernd vollständigen Ausbringens an Metall hat diese Behandlung diverse Nachteile. Alle Partikel, auch die metallfreien gelangen in die Zerkleinerung. Der Energieeintrag und der Verschleiß sind hoch und die übermahlene Schlacke ist im Anschluss zu deponieren. Für übliche Verwendungen wie z.B. Wasserbausteine oder Straßenbau ist sie zu fein.

Die Extraktion der in den Schlacken enthaltenen metallischen Anteile kann einen wertvollen Beitrag zur Rohstoffsicherung leisten. Dieser Artikel zeigt neue Methoden und Verfahren zu einer Erhöhung des Metallausbringens.

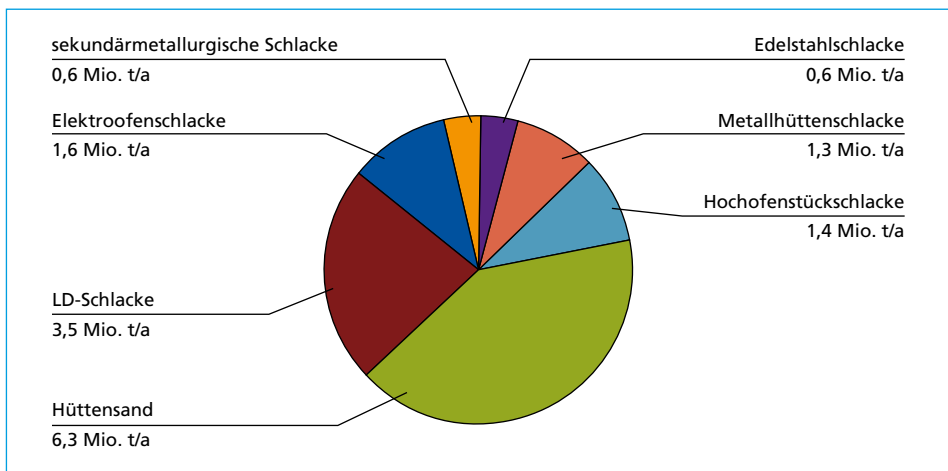


Bild 1: Anteile an metallurgischen Schlacken in Deutschland

Quellen:

Günter Dehoust et al: Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle. Publikationen des Umweltbundesamtes, Mai 2008

Merkel, Th.: Erhebungen zur Erzeugung und Nutzung von Hochofen- und Stahlwerkschlacke, FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V. Report 18 Nr. 1, Juli 2011

2. Ziele der Schlackenaufbereitung

Die anfallenden Schlacken enthalten mehr oder weniger Restanteile an Metallen, die zurückgewonnen werden sollen. Dies gelingt im Allgemeinen dann besonders gut,

wenn die Metalle in elementarer, gediegener Form als lose Stücke, bzw. grobe oder feine Einschlüsse in der Schlacke vorliegen. Metalloxide, Metallsulfide und in der Schlackenmatrix als feste Lösung enthaltene Metalle sind dagegen schwierig bis unmöglich mittels physikalischer Aufbereitungsverfahren abzutrennen.

Neben der Rückgewinnung metallischer Anteile sollen die verbleibenden Schlackenbestandteile wenn möglich einer Verwertung zugeführt und nicht deponiert werden. Besonders aus Hochofenschlacken, aber auch aus den Konverterschlacken der Kupferverhüttung lassen sich hochwertige Baustoffe herstellen, die im Wasserbau, Straßenbau, Deponiebau etc. eingesetzt werden können und auf dem Markt auch gegenüber vergleichbaren Materialien aus der Primärproduktion (Naturstein/Schotter) konkurrieren können. Ein großer Anteil der Hochofenschlacken wird als feinkörniger „Hüttensand“ der Zementproduktion zugeführt. Die Möglichkeit der Verwendung von Restschlacken (nach der Metallabtrennung) als Baustoff sowie ihre Deponierbarkeit wird durch ihre Korngröße bzw. Korngrößenverteilung beeinflusst. Diese hat Auswirkungen auf weitere physikalische und physikochemische Eigenschaften, wie die Schüttdichte, das Verdichtungsverhalten oder das Lösungsverhalten/die Eluierbarkeit, usw. Mit Ausnahme der Verwendung als Hüttensand bei der Zementherstellung, wo feines Korn gewünscht ist, verschlechtert sich die Verwertbarkeit der Restschlacken mit zunehmender Feinheit. Dies steht dem möglichen Metallausbringen entgegen, das sich im Allgemeinen mit zunehmendem Aufschluss erhöht. Dies bedeutet, dass sich- in den meisten Fällen- durch feinere Zerkleinerung zwar die Metallausbeute verbessert, die Verwertbarkeit des Rests aber verschlechtert.

Es muss also angestrebt werden, nur Schlackenpartikel bis zum notwendigen Aufschluss zu zerkleinern, die ausbringbare Metallpartikel enthalten. Schlackenpartikel, die kein Metall enthalten oder nur sehr geringe Metallanteile, sind in grober, verwertbarer bzw. gut deponierbarer Korngröße zu erhalten.

3. Aufbereitung

Die Metallanteile in den Schlacken sind unregelmäßig verteilt. Es treten reine Metallteile in unterschiedlicher Größe auf, verwachsene Schlackenpartikel mit unterschiedlichem Metallgehalt und unterschiedlicher Größe sowie reine Schlackepartikel mit keinem oder nur sehr geringem Metallgehalt.

3.1. Zerkleinerung (Grobzerkleinerung)

Für die Grobzerkleinerung, der teilweise bis metergroßen Schlackebrocken, stet eine Reihe aus der Aufbereitung von Naturstein bzw. Erz bekannten und erprobten Maschinen zur Verfügung. Als erste Stufe des Brechvorgangs kommen bei sehr grobem Material lafettenmontierte Hydraulikhämmer zum Einsatz. Mittelharte Schlacken werden meist mit Backenbrechern gebrochen, während sehr harte Schlacken Schlagbrecher benötigen können. Ein Problem stellen grobe Metallklumpen (Bären), die die Brecher beschädigen können und vorher manuell bzw. mittels Bagger oder Manipulator/Greifarm

ausgelesen werden müssen. Nicht abbindende, trockene Schlacken können auch mit Prallbrechern grobzerkleinert werden. Diese produzieren zwar viel Feinkorn und Staub, aber einen guten Aufschluss des Metalls. Prallbrecher können auch eingesetzt werden, um später die abgetrennten Metallstücke von anhaftender Schlacke zu reinigen und ein sauberes Produkt zu erzeugen.

3.2. Zerkleinerung (Feinzerkleinerung)

Für die Feinzerkleinerung können schnelllaufende Horizontal- oder Vertikal-Feinprallbrecher eingesetzt werden. Alternativ werden Trommelmühlen (Stabmühlen, Kugelmühlen) trocken oder nass verwendet.

3.3. Abtrennung von metallischem Eisen (frei aufgeschlossen bzw. gering verwachsen)

Metallisches Eisen lässt sich gut mittels Schwachfeld-Magnetscheidern (Trommelscheider, Überband-Magnetscheider, magnetischen Band-Kopfrollen) aus dem Stoffstrom abtrennen.

Die Handklaubung ist eine Möglichkeit um große metallische Partikel abzutrennen.

Die selektive Zerkleinerung z.B. mittels Prallmühle und anschließender Siebklassierung eignet sich bei gering verwachsenen groben Fraktionen zur Anreicherung von in der Schlacke enthaltenem Metall.

3.4. Buntmetalle, Edelstahl bzw. Ferrolegierungen (frei aufgeschlossen bzw. gering verwachsen)

Die Abtrennung von Buntmetallen, Edelstahl bzw. Ferrolegierungen ist deutlich schwieriger. Hierfür stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

3.4.1. Starkfeldmagnetscheidung

Edelstahl sowie Ferrolegierungen sind schwach magnetisierbar und können theoretisch mittels Starkfeldmagnetscheidung abgetrennt werden. Oft liegt aber die Magnetisierbarkeit der eisenhaltigen Restschlacke im ähnlichen Bereich, was zu geringer Selektivität des Prozesses führt. Eine Magnetscheidung im unmittelbaren Anschluss an die Zerkleinerung führt hier oft zu verbesserten Ergebnissen. Die mechanische Beanspruchung der Zerkleinerung erhöht, wenn auch nur kurzfristig, selektiv die Magnetisierbarkeit der metallischen Partikel.

3.4.2. Dichtesortierung (Grobbereich)

Für die Dichtesortierung werden im Grobbereich (etwa + 2 mm – 50 mm) nasse Setzmaschinen eingesetzt. Damit können drei Produkte erzeugt werden (Schwergut = Metall, Mittelgut = verwachsenes Metall, Leichtgut = Schlacke). Das Mittelgut



the face of magnetic technology



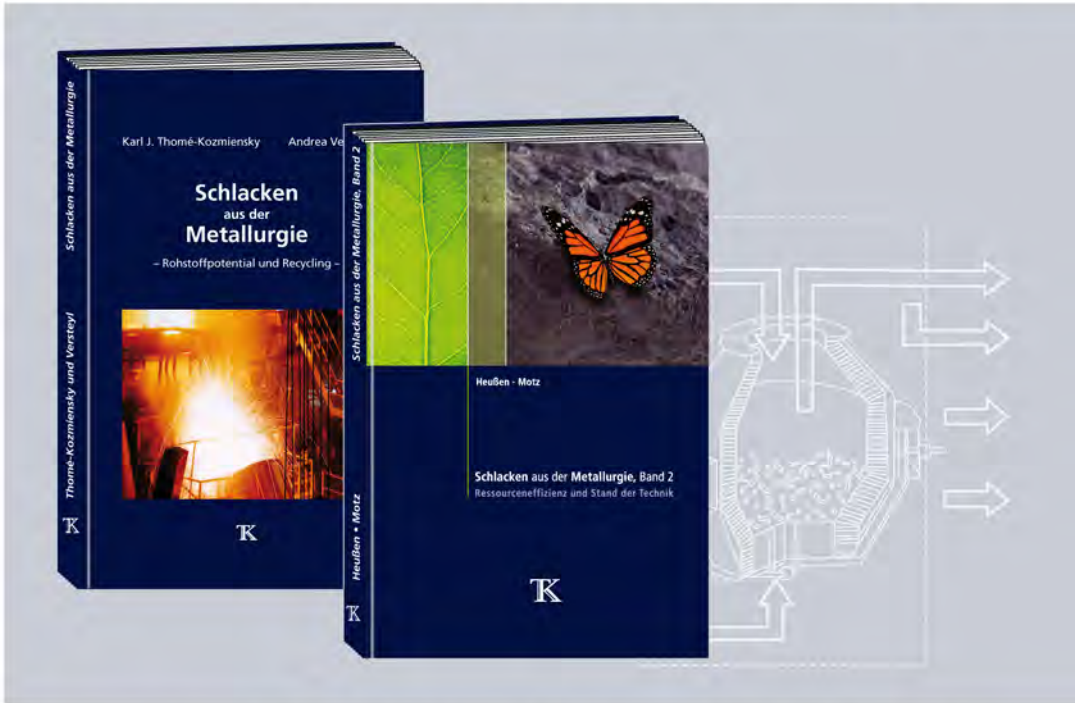
Belt drum separator for
slag recovery plants
*Bandtrommelscheider für
die Schlackenaufbereitung*

aufbereitungstechnik

IFE

ife aufbereitungstechnik gmbh
tel.: +43 7442 515-0 · austria
www.ife-bulk.com

Schlacken aus der Metallurgie



Schlacken aus der Metallurgie, Band 1 – Rohstoffpotential und Recycling –

Karl J. Thomé-Kozmiensky • Andrea Versteyl

ISBN: 978-3-935317-71-9

Erscheinung: 2011

Seiten: 175

Preis: 30.00 EUR

Schlacken aus der Metallurgie, Band 2 – Ressourceneffizienz und Stand der Technik –

Michael Heußen • Heribert Motz

ISBN: 978-3-935317-86-3

Erscheinung: Oktober 2012

Seiten: 200 Seiten

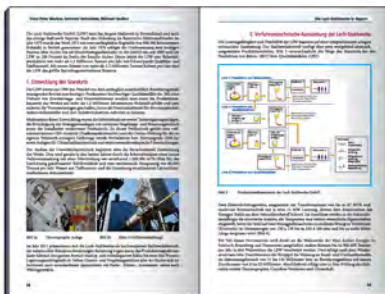
Preis: 30.00 EUR

50.00 EUR

statt 60.00 EUR

Paketpreis

Schlacken aus der Metallurgie – Rohstoffpotential und Recycling –
Schlacken aus der Metallurgie – Ressourceneffizienz und Stand der Technik –



Bestellungen unter 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

vivis
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

wird in die Zerkleinerung rückgeführt. Typische Ergebnisse bei der Sortierung von Edelstahlschlacken mittels nassen Setzmaschinen bei einer Aufgabekörnung von 2 – 20 mm sind ein Ausbringen an freiem Metall von etwa 95 %. Der Metallgehalt eines so produzierten Konzentrats liegt bei über 90 %. Das Massenausbringen ins Mittelgut beträgt typischerweise etwa 20 % bei einem Metallgehalt von 15 %. Das Ausbringen an verwachsenem Metall in dieses weiter zu zerkleinernde Fraktion beträgt etwa 70 %. Eine Erhöhung des Ausbringens an verwachsenem Metall hätte einen sprunghaften Anstieg der weiter zu verarbeitenden bzw. zu zerkleinernden Masse zur Folge.

Eine Dichtesortierung im ähnlichen Korngrößenbereich ist auch trocken auf Luftsetzmaschinen möglich, die aber nur zwei Produkte (Leichtgut, Schwergut) erzeugen können. Typische Ergebnisse bei der Sortierung von Edelstahlschlacke auf Luftsetzmaschinen im Korngrößenbereich 2 –20 mm sind ein Metallausbringen von etwa 95 %. Der Metallgehalt eines so produzierten Konzentrats liegt bei über 80 %. Die Nachreinigung der Berge zur Extraktion der verwachsenen Metallpartikel liefert bei einem Ausbringen von 70 % einen Metallgehalt von etwa 11 %.

Der Vergleich von typischen Ergebnissen bei der Sortierung von Edelstahlschlacken auf trockenen bzw. nassen Setzmaschinen zeigt, dass beide Aggregate ein vergleichbares Ausbringen erzielen. Aufgrund der höheren Trennschärfe der nassen Sortierung ist dort die Reinheit des Konzentrats bzw. der Metallgehalt jedoch höher. Eine höhere Anreicherung bzw. ein höherer Metallgehalt ließe sich auch mit der Luftsetzmaschine erreichen, dies hätte jedoch eine Verringerung des Ausbringens zur Folge.

Das folgende Bild 2 zeigt die Luftsetzmaschine Typ Allair der Firma Allmineral.



Bild 2: Luftsetzmaschine Typ Allair, Fa. Allmineral

Quelle: www.allmineral.com

3.4.3. Dichtesortierung (Feinbereich)

Unter etwa 2 mm Korngröße können im Nassbetrieb Wendelscheider (Sortierspiralen), Aufstromsortierer, Flachbodenzyklone, und zur Reinigung des Konzentrats Schüttelherde eingesetzt werden. Probleme bereitet hier bei einigen Schlacken die Abbindefähigkeit, die zu Verkrustungen und erhöhtem Reinigungsaufwand führt. Kugelförmige Metallpartikel, wie sie oft in Edelstahlschlacken vorkommen, können zu einer Verringerung des Ausbringens bei Wendelscheidern und Herden führen, da diese zum Teil trotz der hohen Dichte ins Leichtgut gelangen.

Mit der nassen Sortierung im Feinkornbereich sind hohe Trennschärfen bei frei aufgeschlossenem Metall erreichbar. Das Ausbringen liegt in ähnlicher Größenordnung wie bei der nassen Setzsortierung und mit Nachreinigung der Konzentrate ist ein Metallgehalt von über 90 % im Produkt realisierbar.

Trotzdem alle bislang eingeführten Technologien zur Sortierung der Feinanteile < 2 mm auf nassen Verfahren basieren haben diese wesentliche Nachteile. Wie oben bereits erwähnt führen Ablagerungen und Verkrustungen zu einem erhöhten Reinigungsaufwand im Betrieb. Es fallen Kosten für die Bereitstellung von Wasser und für die Wasserreinigung an. Je feiner die Aufgabekörnung ist, desto mehr Wasser ist erforderlich und desto höher ist der Wassergehalt in den erzeugten Produkten. Insbesondere der Wasseranteil in den Abgängen führt zu einem hohen Aufwand bei der Entwässerung und auch bei der anschließenden Deponierung. Zum Teil ist es erforderlich die Abgänge zu trocknen.

Aus den oben genannten Gründen ist die trockene Sortierung auch der Feinfraktion eine Alternative zu nassen Verfahren. Bild 3 zeigt den trockenen Wirbelschichtsortierer vom Typ AKAFLOW der Firma AKW Apparate und Verfahren. Das Aggregat sortiert effektiv Körnungen < 3 mm nach der Dichte ohne den Einsatz von Wasser.

Typische Ergebnisse bei der Sortierung von Edelstahlschlacke in der Korngrößenfraktion 0 – 2 mm sind ein Ausbringen an Metall von etwa 88 % in 5 % der Masse.

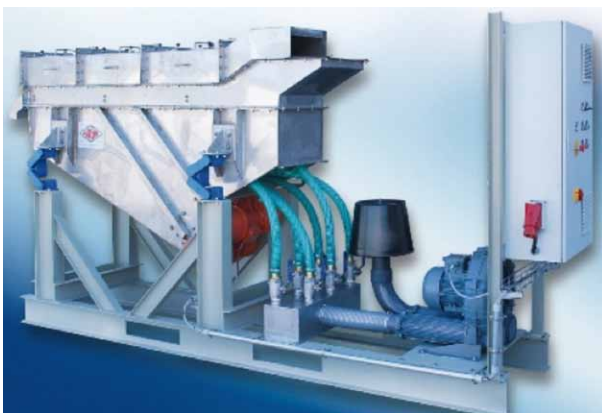


Bild 3:

Trockener Wirbelschichtsortierer Typ AKAFLOW der Firma AKW Apparate und Verfahren

Quelle: www.akwauv.com

Der Metallgehalt dieses Produkts beträgt etwa 93 %. Die Rückführung des separat austragbaren Mittelguts nach weiterem Aufschluss, ermöglicht ein Metallausbringen in vergleichbarer Höhe zur trockenen Sortierung im Grobkornbereich von annähernd 95 %. Bild 4 zeigt eine auf dem AKAFLOW produzierte Schwer und Leichtgutfraktion der Sortierung von Edelstahlschlacke.

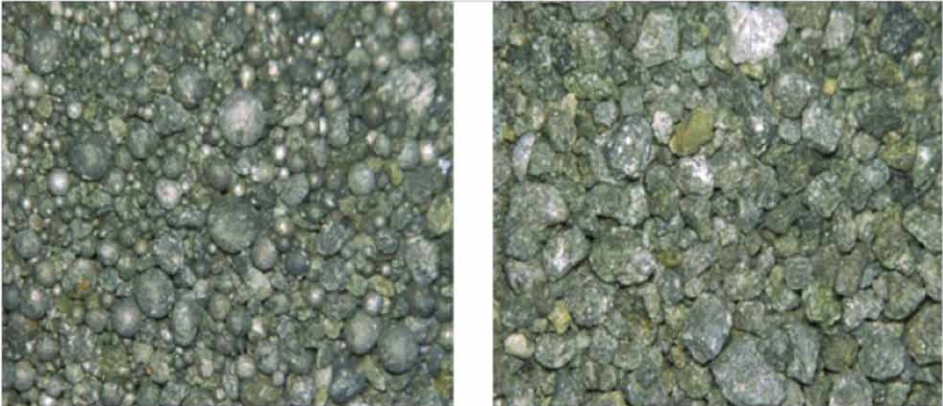


Bild 4: AKAFLOW Produkte der Sortierung von Edelstahlschlacke Schwergut (links), Leichtgut (rechts)

3.5. Abtrennung feinsten Metallbestandteile

Aufgeschlossene Metallpartikel mit Korngrößen unter etwa 100 μm können mittels Sortierzentrifugen (Knelson, Falcon) oder trocken elektrostatisch abgetrennt werden. Diese Verfahren wurden bislang nur im Laborbetrieb erprobt.

Kupferschlacken werden weltweit in einigen wenigen Anlagen mittels Flotation aufbereitet, wobei neben metallischem Kupfer auch die sulfidischen Kupferphasen ausgebracht werden können.

3.6. Voranreicherung metallhaltiger Schlackenstücke

Eine Möglichkeit zur Voranreicherung metallhaltiger Schlacken ist der Einsatz von Setzsartierung. Wenn in der Aufgabe freies und verwachsenes Metall enthalten ist, ist eine Dreiproduktentrennung erforderlich oder z.B. auf trockenen Setzmaschinen die Nachsortierung des Leichtguts aus der ersten Stufe. Die erzielbaren Sortierergebnisse bei der Behandlung von Edelstahlschlacke sind in Kapitel 3.4.2. dargestellt. Grenzen bei der Dichtesortierung sind durch die Relation des Metallanteils im Partikel zum Gewicht bzw. der Größe des gesamten Partikels gesetzt. Der Metallanteil muss groß genug sein, um zu einer ausreichenden Dichteerhöhung des Partikels beizutragen.

Eine weitere Möglichkeit zur Voranreicherung bietet die sensorgestützte Sortierung. Derzeit kommt aus diesem Bereich die Detektion des Metalls mittels induktiver Sensoren (Metalldetektoren) zur Anwendung. Bild 5 zeigt einen Induktionssortierer der Firma

Tomra. Die Empfindlichkeit der Detektion ist variabel einstellbar. Untersuchungen zur Sortierung von Edelmetallschlacke haben ergeben, dass Metallpartikel unabhängig von der sie umgebenden Matrix oder den Verwachsungseigenschaften mit dieser Technologie sortierbar sind. Metallpartikel im Korngrößenbereich von 508 µm sind zu 100 % sowohl in freier als auch eingewachsener Form detektierbar und somit auch zu 100 % ausbringbar. Im Körnungsbereich von 84 µm beträgt die Detektierbarkeit immer noch über 90 %, für die Kornfraktion 4 – 2 mm sinkt diese auf etwa 85 %. Die Detektionsgrenze liegt bei derzeitigem Stand der Technik bei etwa 1 mm wobei in der Kornfraktion 21 µm knapp über 50 % der Metallpartikel detektierbar sind.

Nachteilig ist bei groben Schlackenstücken mit eingewachsenem Metall die Abhängigkeit der Detektierbarkeit sowohl von der Größe der Metallpartikel als auch von deren Abstand zum Sensor (Induktionsspule), so dass feine Metallpartikel auf der sensorabgewandten Seite eines Schlackenstückes schlechter erfasst werden.



Bild 5:

Induktionssortierer Firma Tomra

Diese Abhängigkeit der Detektion eines Metallpartikels von seinem Abstand zum Sensor wird beim Einsatz von Röntgen-Transmissions-Sensoren (XRT) vermieden, da hier die gesamten Schlackenstücke durchleuchtet werden und Metallpartikel unabhängig von ihrer Lage erkannt werden können. Diese Technik ist derzeit auf Korngrößen unter etwa 50 µm begrenzt, da größere Stücke nicht mehr durchstrahlt werden können.

4. Optimiertes Verfahren für die Extraktion von Metallen aus metallurgischen Schlacken

Der Verbleib von Metallen in Schlacken beim Verhüttungsprozess ist technisch nicht zu verhindern. Zukünftig angestrebte Optimierungen des Prozesses können lediglich zum Teil zu einer Reduktion der Metallanteile führen.

Die derzeit eingesetzten Verfahren zur Aufbereitung metallurgischer Schlacken haben im Wesentlichen zwei Nachteile. Entweder ist das Ausbringen an Metall durch eine unzureichende Behandlung der Feinfraktion gering, da das primäre Ziel ist, bereits

frei vorliegendes Metall zu separieren oder es entsteht ein hoher zu deponierender Feinanteil durch Feinmahlung großer Stoffströme. Im ersten Fall verbleibt das in den Feinfraktionen enthaltene Metall in der Schlacke. Im zweiten Fall erfolgt die Zerkleinerung großer Stoffströme auf schwierig zu behandelnde, verwert- oder deponierbare Korngrößen. Die Möglichkeiten einer Voranreicherung metallhaltiger Schlackenstücke werden derzeit noch wenig genutzt. Durch das Fehlen einer Separation vor der Zerkleinerung gelangen auch die metallfreien Partikel in die Mahlung. Dies führt neben den zu hohen zu deponierenden Anteilen zu unnötigem Energieverbrauch, Verschleiß und zu einer Überdimensionierung der Anlagen.

Das Verfahrensfleißbild eines optimierten Verfahrens zur Extraktion von Metallen aus metallurgischen Schlacken zeigt Bild 6. Diese Art der Behandlung erfüllt die Ziele eines erhöhten Metallausbringens, der Reduzierung zu deponierender Anteile und dient der Einsparung von Ressourcen wie insbesondere Energie und Wasser. Die Hauptgründe zur Erreichung der gesteckten Ziele liegen in der möglichst frühen Abtrennung von metallfreien oder metallarmen Fraktionen aus den Stoffströmen. In die Zerkleinerungsschritte zum weiteren Aufschluss gelangen nur metallhaltige Fraktionen. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist die Möglichkeit es vollständig trocken zu betreiben.

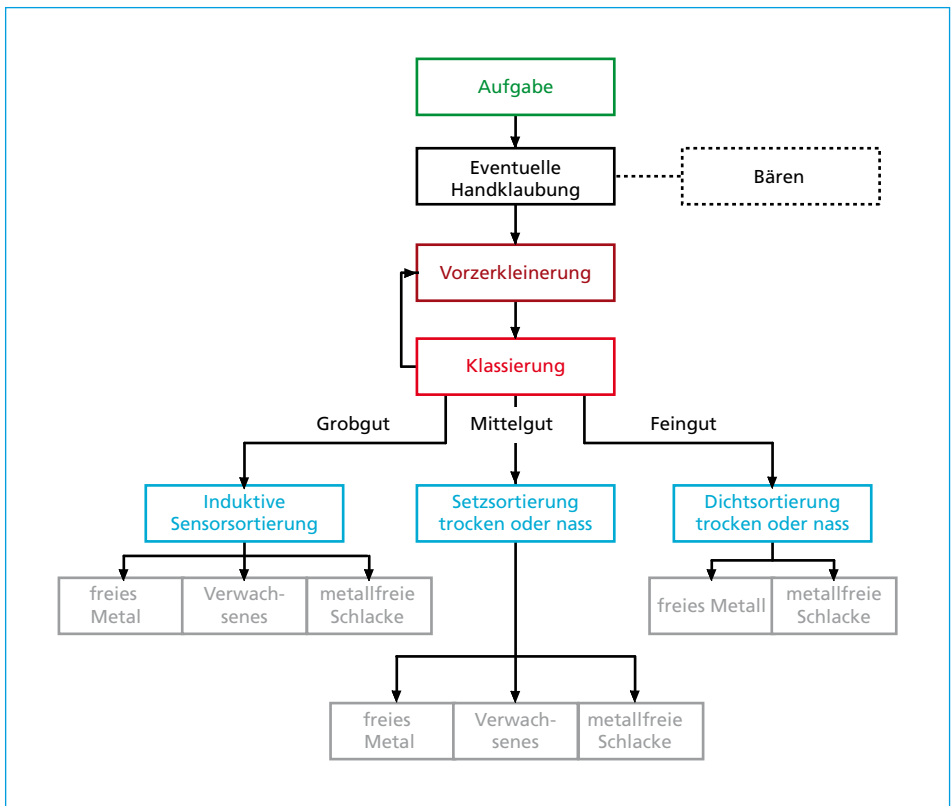


Bild 6: Optimiertes Verfahren zur Extraktion von Metallen aus metallurgischen Schlacken

Die induktive Sortierung ist grundsätzlich ein trockenes Verfahren. Die Dichtesortierung im Grobkornbereich ist auf nassen wie auf trockenen Setzmaschinen möglich. Der zu erwartende Trennerfolg liegt, bei der Behandlung von Schlacken auf nassen Setzmaschinen, etwas höher im Vergleich zu trockenen. Die mit trockenen Setzmaschinen erreichbaren Ergebnisse sind in Kapitel 3.4.2. angeführt. Gleiches gilt für die Sortierung des Feinanteils. Wendelscheider, Zentrifugen oder Herde sind einzusetzende Aggregate für die nasse Sortierung und die trockene Wirbelschichtsortierung die Alternative für ein wasserfreies Verfahren.

Bei dem optimierten Verfahren gelangt die Aufgabe zunächst in eine vorzuschaltende Handklaubung. Diese ist nicht als wirkliche händische Sortierung ausgelegt, sondern dient der Separation von groben Metallstücken. Im Anschluss daran ist eine Vorzerkleinerung notwendig, um einen ersten Aufschluss zu erreichen und das Aufgabegut fördern zu können. Das Produkt der Vorzerkleinerung gelangt in die Klassierung. Es gibt derzeit weder ein nasses, noch ein trockenes Verfahren zur Sortierung des gesamten Körnungsbereichs aus der Vorzerkleinerung. Die Trennschnitte dieser Klassierung sind je nach Beschaffenheit der Schlacke zu wählen.

Sinnvolle Trennschnitte zur Beschickung der nachfolgenden Aggregate sind z.B.:

- eine Grobfraktion 150 – 30 mm zur Aufgabe auf die induktive Sortierung
- eine Mittelfraktion 302 mm zur Aufgabe auf die trockenen oder nasse Setzsortierung
- eine Feinfraktion < 2 mm zur Aufgabe auf die nasse Dichtentrennung oder die trockene Wirbelschichtsortierung
- die Fraktion > 150 mm gelangt zurück in die Zerkleinerung, da sie zu grob für die Aufgabe auf den induktiven Sortierer ist

Aus der Separation des Grobguts können ein reines Metallprodukt, eine metallfreie Schlacke und ein Mittelgut resultieren. Insbesondere der Trennschnitt von potentiellen Abgängen und Mittelgut ist entscheidend, für die weiter zu behandelnden Massenströme und das Ausbringen an Metall. Hier ist ein weiterer Aufschluss durch Zerkleinerung notwendig. Je nach Marktsituation und anderen Faktoren ist das Trennkriterium hier in weiten Grenzen justierbar.

Aus der Separation des Mitteguts der Vorklassierung resultieren in Analogie zur induktiven Sortierung auch drei Produkte. Während freies Metall und metallfreie Schlacke ebenfalls Endprodukte sind, ist das verwachsene Gut weiter aufzuschließen. Der Trennschnitt zwischen den Abgängen und diesem Mittelgut ist ebenfalls in weiten Grenzen justierbar.

Das Feingut der Klassierung gelangt zur Dichtesortierung, die ein Metallkonzentrat und metallfreie Schlacke produziert.

Der große Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es trocken oder nass arbeiten kann. Weiterhin gelangen nur metallhaltige Fraktionen zum weiteren Aufschluss in die Zerkleinerung. Dies führt zu einer Optimierung des Recourcenverbrauchs und garantiert dennoch ein hohes Ausbringen an Metall.

5. Quellen

- [1] Dehoust, G. et al: Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle. Publikationen des Umweltbundesamtes, Mai 2008
- [2] Merkel, Th.: Erhebungen zur Erzeugung und Nutzung von Hochofen- und Stahlwerkschlacke, FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V. Report 18 Nr. 1, Juli 2011
- [3] www.allmineral.com
- [4] www.akwauv.com

KOSTENLOS
TESTEN

RECYCLING MAGAZIN LESEN, WAS DIE BRANCHE BEWEGT

ENTDECKEN SIE JETZT UNSER SPECIAL

6 AUSGABEN GRATIS PROBELESEN

ALLE 14 TAGE NEU

NEUESTE ENTWICKLUNGEN ZU TECHNIK,
WIRTSCHAFT, POLITIK UND RECHT

REPORTAGEN, INTERVIEWS,
MARKTANALYSEN

JETZT ONLINE BESTELLEN UNTER:
www.recyclingmagazin.de/probelesen



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Aschen • Schlacken • Stäube

– aus Abfallverbrennung und Metallurgie –

Karl J. Thomé-Kozmiensky.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-99-3

ISBN 978-3-935317-99-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Ina Böhme, Petra Dittmann, Cordula Müller,
Fabian Thiel, Martin Schubert

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Foto auf dem Buchdeckel: Dipl.-Ing. Daniel Böni, KEZO Kehrrechtverwertung Zürcher
Oberland

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.