

Moderne Aufbereitungstechnik zur Erzeugung von Produkten aus Stahlwerksschlacken

Klaus-Jürgen Art

1.	Technologisches Konzept.....	344
2.	Bau der neuen Mineralstoffaufbereitungsanlage	346
3.	Erzeugte Produkte und Produktentwicklungen.....	349
4.	Qualitätskontrolle und Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)....	352

Die Aktien-Gesellschaft der Dillinger Hüttenwerke (Dillinger Hütte) bildet mit der Roheisengesellschaft Saar mbH (ROGESA) und der Zentralkokerei Saar GmbH (ZKS) im Verbund am Hüttenstandort Dillingen/Saar ein integriertes Hüttenwerk.

Bei der Eisen- und Stahlerzeugung werden neben den Hauptprodukten Eisen und Stahl auch Eisenhüttenschlacken als mineralische Nebenprodukte erzeugt. Diese werden im Wesentlichen nach einer klassischen mineralstofftypischen Aufbereitung, bestehend aus Zerkleinerung, Klassierung, Sortierung, als Produkte für die Zementindustrie, für den Straßen- und Wegebau, für die Herstellung mineralischer Dichtungsbaustoffe für den Deponiebau genutzt sowie als Kalk-Düngemittel für die Landwirtschaft verkauft. Am Hüttenstandort Dillingen werden etwa 1,2 Millionen Tonnen Hochofenschlacke pro Jahr, etwa 320.000 Tonnen Konverterschlacke (LD-Schlacke) pro Jahr und etwa 40.000 Tonnen Gießpfannenschlacken (auch als Pfannenschlacke/Sekundärmetallurgische Schlacke bezeichnet) pro Jahr erzeugt.

Die in Dillingen in 2011 in Betrieb genommene Mineralstoffaufbereitungsanlage hat neben der Aufbereitung von Stahlwerksschlacken auch die Aufgabe, eisenhaltige Kreislaufstoffe wie u.a. *Feineisen* und Oxide sowie Flämmschlacken zu separieren. Jedoch war die zum einen aus den fünfziger/sechziger Jahren stammende Anlage nicht mehr in der Lage, die erzeugten Mineralstoffströme vom Hüttenstandort vollständig aufzubereiten und zum anderen sollten zukünftig auch aus den Stahlwerksschlacken neben den Recyclingprodukten für die interne metallurgische Erzeugungskette neue Produkte für den Markt entwickelt und hergestellt werden.

Zur Erfüllung dieser Aufgabe war es notwendig, ein neues Konzept insbesondere zur Aufbereitung der Stahlwerksschlacke zu erarbeiten und eine neue Aufbereitungsanlage auf *Grüner Wiese* zu errichten. Dafür wurde die MSG Mineralstoffgesellschaft Saar mbH (MSG), eine hundertprozentige Tochter der Dillinger Hütte, gegründet.

Im Folgenden sollen das technologische Konzept und der Aufbau der Mineralstoffaufbereitungsanlage erläutert sowie die erzeugten mineralischen Produkte und die Qualitätskontrolle vorgestellt werden.

1. Technologisches Konzept

Die Aufbereitungstechnologie basiert weitestgehend auf erprobten Komponenten. In der Summe ist jedoch die MSG mit den einzelnen konstruktiv umgesetzten Umwelt-schutzmaßnahmen für Anlagen zur Aufbereitung von Mineralstoffen und Eisenhütenschlacken auch neue Wege gegangen.

Die im Stahlwerksprozess erzeugten Mineralstoffe, vor allem LD- und Gießpfannenschlacken, werden zu verschiedenen mineralischen Produkten wie Baustoffen für den Markt und Kalk-/Eisenträgern sowohl für den internen Einsatz als Sekundärrohstoff für den Hochofen- und Stahlwerksprozess und als mineralischer Dichtungsbaustoff auch für den Markt, z.B. als Düngemittel, aufbereitet.

Die LD- und Gießpfannenschlacke wird im Stahlwerk selektiv in Schlackebeeten erfasst und mit Heißbaggern auf Lastkraftwagen verladen (Bild 1) und zum Vorlager gebracht. Nach ihrem Abkühlen wird die Schlacke vom Vorlager mit Radladern auf Lastkraftwagen verladen.



Bild 1: Getrennte Erfassung der LD- und Gießpfannenschlacke in der Schlackenhalle/Stahlwerk

Die nachfolgende Mineralstoffaufbereitung gliedert sich im Wesentlichen in die Prozessschritte

- Materialaufgabe,
- Materialverteilung, Beschickung der Magnetscheider, Magnetscheidung,
- Klassierung der Eisenprodukte,
- Zerkleinerung und Klassierung der Mineralstoffprodukte.

Das Fließschema der Aufbereitungsanlage für Mineralstoffe ist in Bild 2 wiedergegeben.

Die Mineralstoffgemische und Schlacken werden vom Vorlager mit Lastkraftwagen in die Aufgabehalle der Mineralstoffaufbereitungsanlage transportiert, der Muldeninhalt wird auf das Rost – mit einer Rostweite von zweihundert Millimetern – in die Bunker abgekippt. Übergroße Stücke werden vom Rostbagger in den parallel zur Hauptlinie angeordneten Backenbrecher gegeben. *Bären*, d.h. größere Stahlstücke, werden zum Wiedereinsatz im Stahlwerk aussortiert.

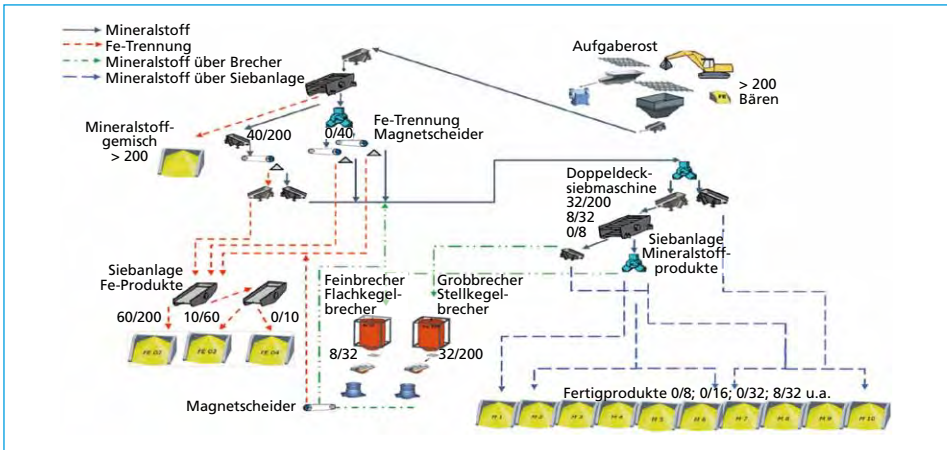


Bild 2: Vereinfachtes Fließschema der Aufbereitungsanlage für Mineralstoffe

Das Material der Körnung 0/200 mm gelangt zunächst zum Magnetturm. Dort erzeugt das Vorsieb zusätzlich zur weiteren Schutzsiebung bei zweihundert Millimeter die Körnungen 0/40 mm und 40/200 mm. Dadurch können die nachfolgenden drei Elektromagnet-Bandtrommelscheider der Eisenseparation optimal mit jeweils etwa einem Drittel des Materialstroms bedient werden (Bild 3).



Bild 3:

Blick auf zwei von drei installierten Elektro-Bandscheider-trommeln während der Bau-phase im Magnetturm

Die Magnetscheidung kann durch Einstellungen der magnetischen Feldstärke, der Stellung des Magneten in der Trommel sowie der Einstellung des Splitters im Abwurfschacht beeinflusst werden. In der Praxis beeinflussen insbesondere bei den Feinkornscheidern die Feuchte des Mineralstoffgutes sowie die eingestellte magnetische Feldstärke den Trennerfolg.

Das abgetrennte Eisen wird mit zwei nachgeschalteten Sieben in die von den Sinteranlagen und Hochöfen sowie vom Stahlwerk gewünschten Körnungen 0/10 mm, 10/60 mm sowie 60/200 mm klassiert.

Der von magnetischen Eisenanteilen aussortierte Mineralstoffanteil gelangt in die Sieb- und Brechanlage, mit der bedarfsorientiert verschiedene Körnungen hergestellt und mit Verteilern und Reversierbändern direkt in die darunter befindlichen Betonboxen mit



Bild 4: Blick auf den Steilkegelbrecher und Flachkegelbrecher während der Bauphase

einem Fassungsvermögen von jeweils etwa 1.500 Tonnen abgeworfen werden können. Typische in dieser Anlage erzeugte Mineralstoffprodukte sind die Körnungen 0/8 mm, 0/16 mm und 0/32 mm. Radlader entnehmen die Produkte aus den Boxen und beladen wiederum die Lastkraftwagen für die Kunden.

Die Brechanlage arbeitet mit einem Steilkegelbrecher als Vorbrecher und einem Flachkegelbrecher als Feinbrecher (Bild 4).

Nach der Zerkleinerung ist eine weitere Magnetscheidung angeordnet, um die in den Brechern aufgeschlossenen Eisenpartikel aus dem Mineralstoffstrom zu entfernen. Dieses Eisen wird ebenfalls der Eisenabsiebung zugeführt.

Die Mineralstoffe werden aufgrund der Materialeigenschaften – i.d.R. befeuchtetes Material – mit einer Doppeldeck-Spezialsiebmaschine mit beweglichen Siebmatten abgesiebt.

2. Bau der neuen Mineralstoffaufbereitungsanlage

Ab 2009 investierte die MSG in den Bau einer neuen Mineralstoffaufbereitungsanlage (Bild 5) mit zugehöriger Infrastruktur als *Green Field-Projekt* auf einem etwa acht Hektar großen Areal.



Bild 5:

Bauphasen der neuen Mineralstoffaufbereitungsanlage der MSG auf *Grüner Wiese* mit Blick in die fertiggestellte Aufgaberoste

Die Hälfte der acht Hektar großen Fläche steht als Außenlagerfläche an der Anlage zur Verfügung. Die Freilagerfläche ist basisabgedichtet und mit einem Drainagesystem ausgestattet, das in ein Betonbecken mündet. Beim Bau der Freilagerfläche wurde eine Teilfläche mit einem innovativen Basisabdichtungssystem unter Verwendung der im Stahlwerk erzeugten Gießpfannenschlacke als Substitut natürlicher Tonmineralien als Dichtungsbaustoff angewendet (Bild 6).



Bild 6: Bau der Basisabdichtung mit Gießpfannenschlacke und Nutzung von LD-Schlacke als Drainagematerial

Das Drainagesystem wurde aus LD-Schlacke hergestellt. Die Flächen im direkten Anlagenumfeld sind asphaltiert oder gepflastert. Beim Bau wurde soweit möglich auf eigene Baustoffe, wie im Bild 7 Pflasterbettungsmaterial und Asphalt mit LD-Schlacke und Pflastersteine mit Hochofenstückschlacke, zurückgegriffen.



Bild 7: Nutzung eigener mineralischer Produkte beim Bau der Außenanlage

Das aufgefangene Niederschlagswasser von der Freilagerfläche und von den Dach- und Asphaltflächen wird in einem Betonbecken gesammelt.

Diese Niederschlagswässer werden als Prozesswasser zur Berieselung auf den Abkühlflächen und auf dem Freilager verwendet. Die Asphaltflächen und Straßen werden bei trockenem Wetter mit Drainschläuchen und Wasserwagen feucht gehalten. Das Freilager kann zusätzlich mit vierzehn fest installierten und drei mobilen Wasserkanonen beregnet werden (Bild 8).



Bild 8: Berieselungskanonen zur Benetzung mit Niederschlags- oder Frischwasser



Regelmäßig wird mit Kehrmaschinen der befestigte Anlagenbereich gereinigt.

Die Aufbereitungsanlage ist im Januar 2011 nach mehr als einjähriger Bau- und Inbetriebnahmephase in Betrieb gegangen (Bild 9). In der Anlage können material- und produktspezifisch bis zu vierhundert Tonnen Mineralstoffe pro Stunde aufbereitet werden.



Bild 9:

Ansicht des Geländes der Mineralstoffaufbereitungsanlage MSG mit Infrastruktur (Aufgabehalle, Magnetturm, Betonbunkersystem mit Sieb- und Brecherhaus inklusive Entstaubungsanlagen und Freilauffläche)

Die eigentliche Mineralstoffaufbereitungsanlage ist vollständig eingehaust und mit zwei Entstaubungsanlagen mit Absaugvolumen von 150.000 und 80.000 m³/h ausgestattet (Bild 10).



Bild 10: Teilansicht der Mineralstoffaufbereitungsanlage MSG mit Aufgabehalle, Magnetturm, Bunkersystem und teilweise bereits eingehauster Hauptsiebhalle während der Bauphase

Das Grundkonzept für die Errichtung der Mineralstoffaufbereitungsanlage bestand darin, das Hauptsiebgebäude unmittelbar auf das Bunkersystem zu installieren. Dabei wurden aus Gründen eines optimierten Lärmschutzes die Außenfassaden der Gebäudeeinhausungen an Holzbalken befestigt (Bild 11).



Bild 11:

Teilansicht der Mineralstoffaufbereitungsanlage MSG, Bau der Hauptsiebhalle

In den Materialabwürfen in die Mineralstoffboxen können die Produkte bei Bedarf zur Staubbewehrung oder Einstellung der erforderlichen Produktfeuchte bewässert und benetzt werden. Bild 12 zeigt die Ansicht der fertig installierten Hauptsiebhalle mit einer Teilreihe der Betonlagerboxen für jeweils etwa 1.500 Tonnen Lagerkapazität für die verschiedenen Schlackeprodukte sowie das kleinere Gebäude der Eisenabsiebung mit Betonlagerboxen.



Bild 12:

Teilansicht der Hauptsiebhalle mit Betonlagerboxen für Schlackeprodukte und das Gebäude der Eisenabsiebung mit Betonlagerboxen

3. Erzeugte Produkte und Produktentwicklungen

Unter dem Handelsnamen SCODILL erzeugt und vertreibt die MSG Baustoffe aus LD-Schlacke für den Straßen- und Wegebau. Im Bild 13 sind zwei Anwendungsbeispiele für ihren Einsatz im Waldwegebau und als Bankettmaterial für den Straßenbau wiedergegeben.

Ein weiteres Produkt ist ein selbstentwickelter und zugelassener Dichtungsbaustoff aus Gießpfannenschlacke der Körnung 0/8 mm für die betriebseigene eisenhüttenmännische Halde. Hierzu werden in großtechnisch angelegten Versuchsfeldern (zwölf Versuchsfelder/Großlysimeter mit einer Gesamtfläche von etwa 3.000 m²) seit mehr als dreizehn Jahren Untersuchungen zum Dichtungsverhalten verschiedener

kommerzieller Oberflächenabdichtungssysteme im Vergleich zu Oberflächenabdichtungssystemen durchgeführt, in denen Gießpfannenschlacke als Substitut für die tonmineralische Dichtungskomponente eingesetzt wird.



Bild 13: Einsatz von SCODILL im Waldwegebau im Dillinger Hüttenwald und für die Herstellung von Straßenbanketten

Im Bild 14 ist der Aufbau der Großlysimeter und ein Blick auf die gesamte Versuchsanlage auf der betriebseigenen Mineralstoffdeponie wiedergegeben.

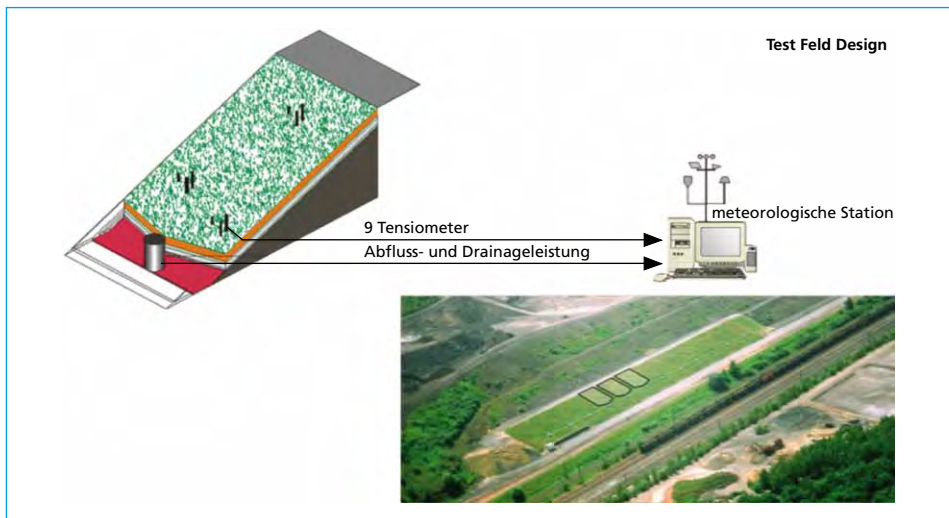


Bild 14: Großtechnische Feldversuche zur Wasserhaushaltsbilanzierung von verschiedenen Oberflächenabdichtungssystemen (Konstruktion und Monitoring der Großlysimeteranlage, Blick auf die Versuchsfelder auf der betriebseigenen Halde)

Bild 15 zeigt den damaligen Regelaufbau eines Oberflächenabdichtungssystems gem. Deponieverordnung (DepV), Deponiekategorie 1 (DK 1) und die Zielsetzung der mehrjährigen Entwicklungsarbeiten zur Nutzung von kalkaluminatischer Gießpfannenschlacke als mineralisches Substitut von natürlichen Tonmineralen in der mineralischen Dichtungsschicht.

Regelaufbau Oberflächenabdichtungs-system DK 1



Vegetation: erforderlich
 Rekultivierung: $d \geq 100 \text{ cm}$
 Drainage: $d \geq 30 \text{ cm}, k_f \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
 Mineraldichtung: $d \geq 50 \text{ cm}, k_f \leq 5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$
 Gasdrainage: nicht erforderlich
 Ausgleichsschicht: $d \geq 50 \text{ cm}$

Entwicklung innovativer Abdichtungssysteme für Monodeponien der Stahlindustrie durch Nutzung mineralischer Stoffe wie Stahlwerksschlacken (Kalkaluminat-Gießpfannenschlacke)

- Ressourcenschonung
- Minimierung der Umweltauswirkungen
- wirtschaftlich-ökologische Optimierung

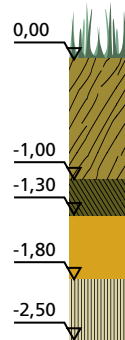


Bild 15: Versuchsziel der großtechnischen Feldversuche: Substitution natürlicher Tonminerale in der mineralischen Dichtung durch gezielt hergestellte Schlackeprodukte aus kalkaluminatischer Gießpfannenschlacke

Gegenwärtig wird die Gießpfannenschlackenproduktion zur Herstellung der Flankenabdichtung auf der Deponie oder als Basisabdichtungskomponente für die Versiegelung von Handlingsflächen auf dem Hüttengelände aufbereitet und eingesetzt.

Die Stahlwerksschlacken werden darüber hinaus nach einer weiteren Siebstufe als Konverterkalk entsprechend der Düngemittelverordnung vermarktet (Bild 16).



Bild 16: Einsatz von Konverterkalk gemäß Düngemittelverordnung in der Landwirtschaft

Hüttenintern wird die LD-Schlacke zudem als Kalkträger in der Sinteranlage eingesetzt. Die aussortierten eisenhaltigen Bestandteile aus den Stahlwerksschlacken werden dem Hüttenprozess am Standort zugeführt.

Im Bild 17 ist eine Gesamtübersicht der erzeugten Schlackeprodukte und deren Einsatzgebiete wiedergegeben.

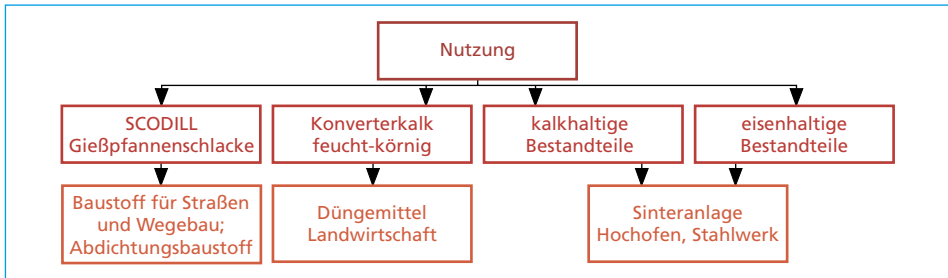


Bild 17: Anwendungsfelder der Dillinger Stahlwerksschlacken

Aufgrund der geografischen Lage des Hüttenstandortes und der geologischen Rahmenbedingungen in der Saar-Lor-Lux-Region liegen die Abnehmer der Schlackenprodukte in Deutschland und vor allem in Frankreich und Luxemburg. Hierzu werden besonders neue Schlackeprodukte in der Kombination Hochofen- und LD-Schlacke hergestellt (COMBIDILL), die insbesondere im Straßenbau in Frankreich eingesetzt werden. Ein weiteres Einsatzgebiet für spezifische LD-Schlackeprodukte wird vor allem im Einsatz in Asphalttragschichten und Asphaltdeckschichten gesehen.

4. Qualitätskontrolle und Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Die Herstellung der Schlackeprodukte unterliegt den einschlägigen allgemein gültigen Anforderungen an die Güteüberwachung entsprechend den europäischen und nationalen Normen und anderen Regelungen (z.B. der werkseigenen Produktionskontrolle – WPK) sowie bei ausschließlich intern eingesetzten Produkten eigenen Vorgaben in Anlehnung an Maßgaben aus der werkseigenen Produktionskontrolle.

Zur Absicherung von spezifisch geforderten Qualitätsanforderungen an die Schlackeprodukte in den verschiedenen Einsatzgebieten wurde ein betriebsinternes Qualitätssicherungssystem (Werkseigene Produktionskontrolle – WPK) aufgebaut. Dieses stellt sicher, dass das durch Normen geforderte System der werkseigenen Produktionskontrolle umgesetzt ist und auch für das interne Recycling die Qualitätsparameter eingehalten werden.