



Heußen · Motz

Schlacken aus der **Metallurgie,** Band 3

Chancen für Wirtschaft und Umwelt

TK

Michael Heußen Heribert Motz

Schlacken aus der Metallurgie

Band 3

– Chancen für Wirtschaft und Umwelt –

TK

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar

Michael Heußen, Heribert Motz (Hrsg.): **Schlacken aus der Metallurgie, Band 3**
– Chancen für Wirtschaft und Umwelt –

ISBN 978-3-911006-79-8 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 2014
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: Berenice Gellhorn, Ginette Teske, Cordula Müller

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.

Vorwort

Es ist mittlerweile schon Tradition, dass in Meitingen regelmäßig über Produktion und Verwendung von Stahlwerksschlacken berichtet wird. Dies hat mehrere Gründe. Zum einen möchte die deutsche Stahlindustrie den hohen Anspruch und die Ergebnisse ihrer Forschungsaktivitäten einem breiten Publikum präsentieren. Zum anderen stehen den Anstrengungen der Stahlindustrie fortschreitende Einschränkungen bezüglich der Anwendung von Stahlwerksschlacken gegenüber. Diese werden hervorgerufen durch verschärfte gesetzliche Rahmenbedingungen, aber oftmals auch durch ungerechtfertigte Verbote, die reine *Bauchentscheidungen* darstellen statt auf Fakten begründet zu sein.

Die deutsche Stahlindustrie blickt 2014 auf 60 Jahre wissenschaftliche Anwendungsforschung im FEhS-Institut zurück. Unter Bezug auf die dort geleistete Arbeit konnten aufwändige Forschungsarbeiten hinsichtlich technischer Eigenschaften und Umweltverträglichkeit von Eisenhüttenschlacken durchgeführt werden, mit deren Hilfe eine verantwortungsvolle Verwendung dieser Nebenprodukte dauerhaft erzielt werden konnte. Die Lech-Stahlwerke haben in den letzten Jahren besondere Anstrengungen unternommen, die Elektroofenschlacke (EOS) in Bayern wieder einer vernünftigen und gerechten Verwertung zuzuführen. So ist zum einen durch den Bau einer modernen Schlackenbehandlungsanlage die Grundlage für eine sichere und gleichbleibende Aufbereitung geschaffen worden. Zum anderen sind gezielt Forschungsprojekte zur Verbesserung der Eigenschaften von EOS durchgeführt worden. Hierbei wurde ständig der Dialog mit den politischen Entscheidern in Bayern aktiv geführt, um in die Zukunft gerichtete Rahmenbedingungen zu erhalten.

Das nun 3. Schlackensymposium setzt sich mit dem Thema *Chancen für Wirtschaft und Umwelt* auseinander und stellt aktuelle Entwicklungen und Anwendungen vor. Das Symposium wird von den Lech-Stahlwerken GmbH am Standort Meitingen bei der SGL-Carbon GmbH durchgeführt. Es soll wieder dazu beitragen, die Diskussion um Stahlwerksschlacken zu versachlichen. Aus diesem Grund wird neben den für Schlacken maßgeblichen Gesetzesinitiativen, wie z.B. Ersatzbaustoffverordnung und Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) über Erkenntnisse im Rahmen von Erprobungsstrecken, über Aktivitäten zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit von Stahlwerksschlacken im flüssigen Zustand und über Verfahren berichtet, die zu einer optimierten energetischen Bilanz durch Wärmerückgewinnung führen. Hierzu konnten Referenten aus der Politik, Forschung und Industrie gewonnen werden, die sich mit der Thematik intensiv auseinander setzen und die Chancen für das Nebenprodukt Schlacke darstellen.

Das Buch *Schlacken aus der Metallurgie – Chancen für Wirtschaft und Umwelt, Band 3* soll wieder umfangreich Wissen über Stahlwerksschlacken aktuell für eine breite Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Ziel ist, durch eine objektive Berichterstattung von Fachleuten die Einsatzmöglichkeiten dieses Nebenproduktes aufzuzeigen sowie nachzuweisen.

Die Herausgeber bedanken sich an dieser Stelle sehr herzlich bei allen Referenten für ihr Engagement, dieses Buch mit den entsprechenden Fachvorträgen zu erarbeiten und für die inhaltlich fundierte Diskussion über Chancen für unsere Wirtschaft und unsere Umwelt.

Oktober 2014

Dr.-Ing. Michael Heußen *Dr.-Ing. Heribert Motz*

Inhaltsverzeichnis

Ressourcenmanagement eines Elektrostahlwerks
Michael Heußen und Hans Peter Markus 1

Umweltaspekte und Anwendung

LD-Schlacken:
Daten und Fakten zu Ressourcenschonung und Umweltschutz in Österreich
Johann Prammer 23

KrWG, AwSV und MantelV:
Auswirkungen auf die Stahlindustrie und ihre Nebenprodukte
Gerhard Endemann 37

Forschungsergebnisse zu Boden- und Grundwasserschutz:
Lysimeteranlage Augsburg
Michael Endres, Tanja Marks, Rita Hilliges und Birgit Kocher 51

Die Mantelverordnung:
Überblick und Herausforderungen
Michael Paul 55

Langzeitstudie an der Bundesstraße B16 in Bayern
Mario Mocker und Martin Faulstich 67

Verwendung von Stahlwerksschlacken
in Landschaftsbaumaßnahmen und Lärmschutzparks
Ruth Bialucha, Thomas Wetzel und Thomas Merkel 79

Anwendung von Stahlwerksschlacken im Wegebau
Norbert Wolsfeld 99

Einflussfaktoren für Anwendungs- und Verwertungsbereiche

Einfluss der Metallurgie auf die Umweltverträglichkeit von Elektroofenschlacke
Susanne Schüler, David Algermissen, Hans Peter Markus und Dirk Mudersbach 109

Zwei Schritte zu Zero Waste
Henning Schliephake, Tim Rekersdrees, Tobias Zehn, Bernd Dettmer und Dirk Mudersbach 127

Schlackenbehandlung unter internationalen Rahmenbedingungen
Monika Boh und Ledomiro Braga da Silva 139

Wärmerückgewinnung aus Stahlwerksschlacken
Dirk Mudersbach und Heribert Motz 149

Stahlwerksschlacken als Düngemittel in der Landwirtschaft: Thomasphosphat der zweiten Generation
Peter Drissen 167

Stellenwert der Stahlindustrie und Anforderungen an die Stahlindustrie in Europa
Markus Ferber 177

Die Bedeutung der Stahlindustrie in Deutschland
Hans Jürgen Kerkhoff 181

Umweltfachliche Kriterien zur Verwertung von Elektroofenschlacke: Ist der Bayerische Sonderweg rechtmäßig?
Andrea Versteyl 183

Sechzig Jahre Schlackenforschung in Rheinhausen: Ein Beitrag zur Nachhaltigkeit
Heribert Motz, Dirk Mudersbach, Ruth Bialucha, Andreas Ehrenberg und Thomas Merkel 193

Aufbau und Prozessführung des Lichtbogenofens unter besonderer Berücksichtigung des Schlackenmanagements
Tim Rekersdrees, Henning Schliephake und Klaus Schulbert 209

Recycling von Eisenhüttenschlacken: Technisch-ökonomische Analyse und Bewertung
Christoph Meyer, Matthias G. Wichmann und Thomas S. Spengler 231

Aufbereitung metallurgischer Schlacken
Hermann Wotruba und Lars Weitkämper 251

Herstellung hochwertiger Baustoffe aus Stahlwerksschlacken nach nahezu vollständiger Metallrückgewinnung
Holger Wulfert und Andreas Jungmann 263

Messung der elektrischen Leitfähigkeit von flüssigen Schlacken
David Algermissen, Dirk Mudersbach, Roland König, Andreas Naujock und Lutz Rose 277

Zeitliche Entwicklung der Karbonatisierung von Stahlwerksschlacken und Auswirkung auf die Löslichkeit umweltrelevanter Bestandteile
Ruth Bialucha und Marina Spanka 285

Autoren und Herausgeber 299

Inserentenverzeichnis 311

Schlagwortverzeichnis 315

Ressourcenmanagement eines Elektrostahlwerks

Michael Heußen und Hans Peter Markus

1. Anlagen- und Prozesstechnik der LSW 2

2. Energiemanagement 3

2.1. Energiebedarf und Verbrauchsstrukturen 4

2.2. Steuerung der Energieeffizienz am Elektrolichtbogenofen 6

2.3. Strombezug und Energiekosten 8

2.4. Energiepolitische Rahmenbedingungen 10

3. Ressourceneinsatz und stoffliche Effizienz 12

4. Nebenprodukt Elektroofenschlacke 15

5. Fazit 19

Die Lech-Stahlwerke GmbH (LSW) in Meitingen bei Augsburg ist eines der jüngsten Stahlwerke in Deutschland und das einzige Stahlwerk Bayerns. Gegründet als Bayerische Elektrostahlwerke, wurde das Werk 1972 mit einer anfänglichen Kapazität von 300.000 Tonnen pro Jahr in Betrieb genommen. Mit Eintritt von Max Aicher als Minderheitsgesellschafter erfolgte die Umbenennung zum heutigen Namen, seit 2005 sind die LSW zu hundert Prozent im Besitz der Familie Aicher.

Heute ist LSW Premiumlieferant für die europäischen Automobilhersteller und ihre Zulieferindustrien, das Produktionsspektrum deckt faktisch den ganzen Bereich niedrig- und mittellegierter Stähle ab.

Neben Einsatz- und Vergütungsstählen aller Art finden sich im Sortiment auch verschiedenste Spezialitäten wie Feder-, Nitrier-, Automaten- sowie auch Wälzlagerstähle. Das Werk verfügt über eine Produktionskapazität von mehr als 1,1 Millionen Tonnen Qualitäts- und Edelbaustahl und verarbeitet über 1,2 Millionen Tonnen Schrott pro Jahr – damit sind die Lech-Stahlwerke das größte Recyclingunternehmen Bayerns.



Bild 1:

Die Lech-Stahlwerke im Jahr 2012

Zur LSW-Gruppe, die in Summe über 1.100 Mitarbeiter beschäftigt, gehören mit der Lech-Stahl Veredelung GmbH an den Standorten Oberndorf und Landsberg, der Max Aicher Recycling GmbH in Nürnberg sowie der Lech-Stahl Vertrieb GmbH und der Lechsped GmbH in Meitingen weitere Unternehmen, die das Kerngeschäft mit Tätigkeiten in den Bereichen Recycling und Wertstoffaufbereitung, Logistik, Stahlveredelung und Stahlhandel erfolgreich ergänzen.

1. Anlagen- und Prozesstechnik der LSW

Leistungsfähigkeit und Flexibilität der Lech-Stahlwerke basieren auf einer entsprechenden anlagentechnischen Ausstattung. Der Stahlwerksbetrieb verfügt über zwei weitgehend identisch ausgestattete Produktionslinien, denen sich zwei Walzwerke für die Produktion von Beton- (BST) bzw. Qualitätsstählen (QST) anschließen, wie Bild 2 veranschaulicht.

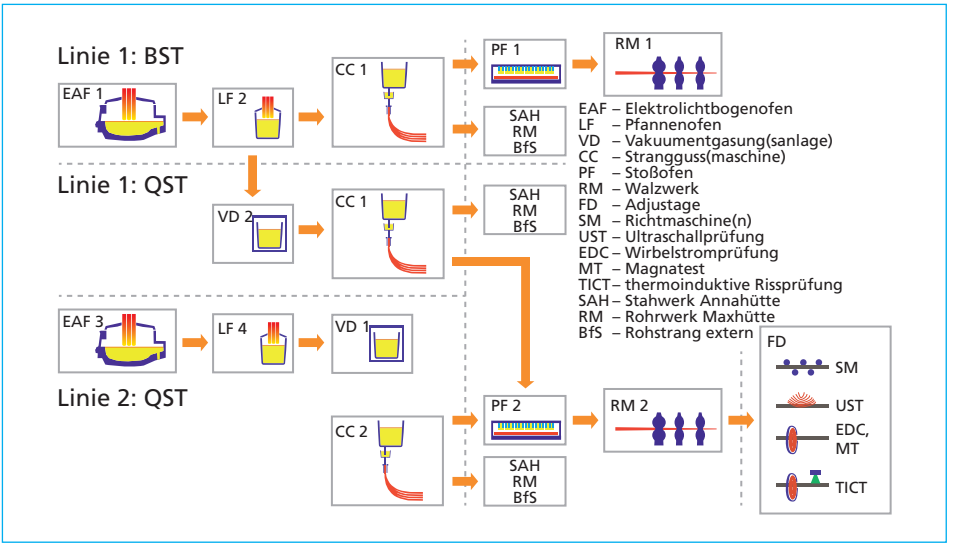


Bild 2: Produktionsflussschema der Lech-Stahlwerke

In zwei Elektrolichtbogenöfen (EAF, electric arc furnace), ausgestattet mit Transformatoren von bis zu 87 MVA und moderner Brennertechnik mit je etwa 12 MW Leistung, werden pro Stunde jeweils bis zu hundert Tonnen Rohstahl aus dem Sekundärrohstoff Schrott erschmolzen.

In der Sekundärmetallurgie werden dann die chemische Analyse, die Vergießtemperatur und weitere wesentliche Eigenschaften des Stahls eingestellt. Beide Produktionslinien sind zu diesem Zweck mit einem Pfannenofen (LF, ladle furnace) und einer Vakuumentgasungsanlage (VD, vacuum degasser) ausgestattet. Im Anschluss werden auf zwei Stranggießmaschinen (CC, continuous caster) sogenannte Vorblöcke (Knüppel) in Abmessungen von 130 x 130 bis zu 240 x 240 mm im endlosen Strang vergossen (Bild 3).

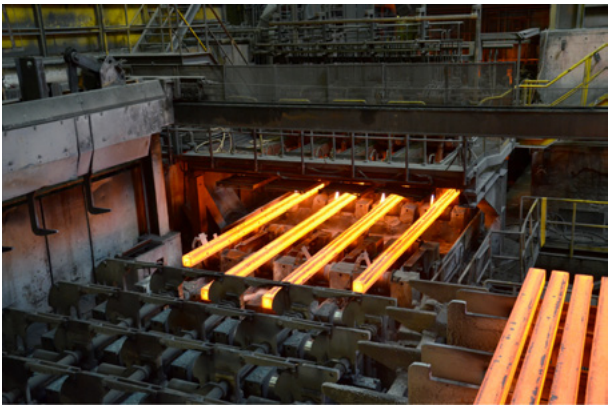


Bild 3:

Austrag der Stranggießmaschine 2

Bis zu 900.000 Tonnen dieses Vormaterials können in den Walzwerken der Lech-Stahlwerke verarbeitet werden, ein Teil wird direkt an die weiteren Walzwerke der Max-Aicher-Gruppe ausgeliefert.

Bei LSW erfolgt nach dem Wiedererwärmen bzw. Durchwärmen der Knüppel die Walzung zu Rund- und Vierkantformaten im Abmessungsbereich von 31 bis 130 mm bzw. zu Bewehrungsstäben mit einem Durchmesser von 8 bis 32 mm. Abschließend erfolgt eine in-line-Prüfung des Stabstahls mittels Thermographie, Circoflux-Verfahren und Ultraschall, ergänzt um weitere Untersuchungen etwa mit Ultraschalltauchtechnik, Elektronenmikroskopie und verschiedenen mechanisch-technologischen Prüfungen in den werkseigenenen Laboren.

2. Energiemanagement

In einem Elektrostahlwerk wie der LSW wird ausschließlich Stahlschrott eingesetzt. Dieses Recyclingverfahren erfordert einen im Vergleich zur Primärstahlerzeugung mittels Hochofen und Konverter deutlich geringeren Energie- und Materialeinsatz, dennoch handelt es sich um einen ausgesprochen energieintensiven Prozess: der Gesamtenergieverbrauch betrug im Jahr 2012 mehr als 1.140 GWh und damit 1,4 Prozent des bayrischen Nettostromverbrauchs.

Inserentenverzeichnis



Hetsch Feuerfesttechnik GmbH **S. 126**

Pfrimmerhof 3
67729 Sippersfeld
Tel.: 06357-97.53.52
Fax: 06357-97.53.70
E-Mail: h-hentsch@t-online.de

Lech-Stahlwerke GmbH **S. 98, 138**

Industriestraße 1
86405 Meitingen
Tel.: 08271-82-0
Fax: 08271-82-377
E-Mail: info@lech-stahlwerke.de
www.lech-stahlwerke.de

LOESCHE GmbH **S. 54**

Hansaallee 243
40549 Düsseldorf
Tel.: 0211-53.53-0
Fax: 0211-53.53-500
E-Mail: loesche@loesche.de
www.loesche.com

Max Aicher Umwelt GmbH **S. 36, 106**

Bichlbruck 2
83451 Piding
Tel.: 08654-774.01-0
Fax: 08654-774.01-29
E-Mail: umwelt@max-aicher.de
www.max-aicher-umwelt.de

Müller-BBM GmbH **S. 66**

Robert-Koch-Straße 11
82152 Planegg / München
Tel.: 089-856.02-0
E-Mail: info@mbbm.com
www.mbbm.com

Refratechnik Casting GmbH **S. 108**

Schiessstrasse 58
40549 Düsseldorf
Tel.: 0211-58.58-0
Fax: 0211-58.58-149
E-Mail: casting@refra.com
www.refra.com

Scholz Recycling GmbH & Co. KG **S. 24**

Am Bahnhof
73457 Essingen
Tel.: 07365-84-0
Fax: 07365-14.81
www.scholz-recycling.de

SGL CARBON GmbH **S. 22, 148**

Werner-von-Siemens-Str. 18
86405 Meitingen
Tel.: 0827-83-0
Fax: 0827-83-2127
www.sglgroup.com

TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky
Dorfstraße 51
16816 Nietwerder
Tel: 03391-45.45-0
Fax: 03391-45.45-10
E-Mail: tkverlag@vivis.de
www.vivis.de

Schlagwortverzeichnis

A

Abfälle
  mineralische 55
Abfallrahmenrichtlinie 44
Abstich 120
Asphalt
  offenporiger 111
Auslaugbarkeit 290
Auslaugraten 287
Auslaugverhalten 291
  von Stahlwerksschlacken 206
Auslaugversuche 84, 291
AwSV 37, 45

B

Baustoffe 196, 211
  aus Stahlwerksschlacken 263
Bindemittelzusatz 211
Binnenmarktintegration 179
Bodenschutzrecht 63
Boden- und Grundwasserschutz 51
Böschungen 51
BSSF-Verfahren 118, 155

C

C_2S-Modifikationen 131
Carbstone-Prozess 271
Clean-Pit-Verfahren 151
CO_2-Aufnahme 273

D

Dichtesortierung 254
Down-Flow-Perkolationsverfahren 287
Drehstromlichtbogenofen 217
Düngemittel 200, 216
Durchlässigkeit für Wasser 91

E

Edelstahlschlacke 257, 263, 270, 285
EEG-Umlage 181
Effizienz
  stoffliche 12
Einkehrsplitt 32
Eisenhüttenschlacken
  Forschung 194
  Recycling 231
  technisch-ökonomische Analyse und
    Bewertung der Recyclingalternativen 233
  Umweltverträglichkeit 205
  Verwendung als Baustoff und Rohstoff 42
Elektrolichtbogenofen 7
  Energieeffizienz 6
  Energieverbrauch 135
Elektrolichtbogenofenschlacke 114
Elektroofenschlacke 15, 67, 80, 285
  Aufbereitung 17
  Erstarrung 151
  Konditionierungsmaßnahmen 122
  Nutzung 109, 152
  Produktion 150
  Rechtsgrundlagen für den Einsatz 184
  trockene Abkühlung 157
  umweltfachliche Kriterien
    zur Verwertung 183
  Umweltverhalten 112
  Umweltverträglichkeit 70
  Wärmerückgewinnung 162
Elektrostahl 11
Elektrostahlwerk 1, 209, 216
Energiebedarf 4
Energiebinnenmarkt 178
Energieeffizienz 4
  am Elektrolichtbogenofen 6
Energiemanagement 3
Energiesicherheit
  in Europa 177
Energiewende 177
Entscheidungsunterstützung 233
Ersatzbaustoffe 58
Ersatzbaustoffverordnung 47, 61, 80

F

Faktor CS 120
Feinkalk 100
Flüssigstahlerzeugung 212
Frosteinwirkung 103
Frostschutz- und Schottertragschichten 216
Füllerprodukt 269

G

Gabionen 94
Georgsmarienhütte 212
Geringfügigkeitsschwellen 58

Gesteinskörnungen
industriell hergestellte 80
Gießpfannenschlacke 213
Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen 212, 217
Gleisbau 199
Gleisschotterersatz 213
Gleisunterbau 213
Grundwasserverordnung 60

H

Hochofenroute 41
Hochofenschlacke 193, 251, 264
Hochofenschlackenforschung 195
Hochofenzement 197
Höchstspannungsleitungen 178
Hüttensand 193, 196

I

Industriestrompreise 21

K

Kalkhydrat 100
Kalkträger 115
Karbonatisierung
von Stahlwerksschlacken 285
Kernenergie 177
Klärschlammasche
Aufschluss mit LD-Schlacke 170
Kohlenstoffträger
biogene 117
Konverterschlacke 264
Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 37, 44

L

Landschaftsbaumaßnahmen 79
Lärmreduzierung 90
Lärmschutzparks 79
LD-Konverterverfahren 81
LD-Schlacke 25, 81, 99, 202, 264, 285
P_2O_5-angereicherte 173
Leitfähigkeit
elektrische 277
Lichtbogenofen 209
Luftsetzmaschine 255
Luftstrom-Walzenschüsselmühle
vertikale 268
Lysimeteranlage Augsburg 51
Lysimeterversuche 86

M

Mantelverordnung 37
Mobilisierung von Schwermetallen 77

N

Nebenprodukte 211
Netzausbau 178

O

Oberflächenabdichtung 213
Österreich 25
Oxygenstahl 211

P

P-Düngungs-Gefäßversuch 174
Perkolationsverfahren 291
Pfannenofen 209
Phosphat-Rohstoffe 167
Planfeststellungsbedürftigkeit 183
Planrechtfertigung 191
Praxisversuche 84
Prozesskette
metallurgische 209

Q

Qualitätssicherung 80

R

Recycling-Baustoff-Verordnung 31
Recyclingplanung
für Eisenhüttenschlacken 241
operative 233
Ressourceneffizienz 43
Ressourcenmanagement 1
Ressourcenschonung 25
Rohstahlerzeugung 15
Rotating Cup-Drum-Atomiser 159

S

Säulenkurztest 287
Säulenverfahren gemäß DIN 19528 287
Säulenversuche 58
Scherfestigkeit 94
Schlacken 209
  aus der Eisen- und Stahlerzeugung 251
  metallurgische 43, 211, 251
  sekundärmetallurgische 209, 216
Schlackenaufbereitung 252
Schlackenbehandlung 139, 264
Schlackenfluss 143
Schlackenforschung 193
Schlackenhandling 209
Schlackenmanagement 209
Schlackenmetallurgie 203
Schlackenqualität
  Optimierung 115, 119
Schlackenzusammensetzungen 144
Schonung natürlicher Ressourcen 90
Schüttelverfahren 287, 292
Schwermetalle
  Mobilisierung 77
Selbsterhärtung 91
Sickerwässer 87
Sickerwassermengen 89
Sickerwasserprognose 57
Slagfertilizer 201
Splittmastixasphalt 111
Stabilisierung
  physikalische 132
Stabilität 178
Stabilitätsunion 178
Stahlerzeugung 127, 209
  in Deutschland 38
  nachhaltige 41
Stahlindustrie 37
  Bedeutung in Deutschland 181
  Energie-Effizienzindikator 10
  Stellenwert 177
Stahlwerksschlacken 32, 67, 79, 128, 149, 199, 211
  als Düngemittel 167
  alternative Methoden zur Erstarrung 153
  Anwendung im Wegebau 99
  Karbonatisierung 286
  Luftverdüsung 155
  trockene Aufbereitung 268
  trockene Erstarrung
    zur Wärmerückgewinnung 156
Stahlwerkstoffe 127
Starkfeldmagnetscheidung 254
Stoffausträge 53
Stoffe
  wassergefährdende 45
Stranggießmaschine 3
Straßenböschung
  Wasserhaushalt 51
Streusplitt 32

T

Tammann-Ofen 279
Thomaskalk 202
Thomasphosphat 167, 194, 202
Thomasschlacke 193
Trogverfahren 287

U

Umweltverträglichkeit 76, 80

V

Verfestigung
  karbonatisierende 274
Verkehrsbau 198
Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen 37, 45
Versuchswege 85
Vertikalmühle 268
Vorwärmermassen 115

W

Waldwegebau 100
Wärmerückgewinnung
  aus Stahlwerksschlacken 149
Wasserbau 199
Wasserbausteine 112, 213
Wasserrecht 59
Wegebau
  offener 99, 213
Wirbelschichtsortierer 256
Wirtschaftskraft 178

Z

Zero Waste 99
Zero-Waste-Politik 144