Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	6
2	Eingangskontrolle	8
2.1	Annahmeprüfung	8
2.2	Maß-, Formhaltigkeit und Oberflächenprüfung	8
2.3	Klangprobe	9
2.4	Rückstellproben	9
3	Techniken der Zustandsdiagnose (Feuerfeste Materialien)	12
3.1	Beschreibungen der Zustandsdiagnostiktechniken	14
3.1.1	Diagnose über Manteltemperaturen	14
3.1.2	Visuelle Kontrolle von außen	15
3.1.3	Zusammenhang zwischen Lauf ringspiel und Fatterschäden	16
3.1.3.1	Lose Lauf rings	16
3.1.3.2	Verzahn te Lauf rings	16
3.1.3.3	Verzahn te und lose Lauf rings	16
3.1.4	Reststeinstärke	17
3.2	Allgemeines	18
3.3	Schlussbetrachtung	19
4	Zustellmethoden	22
4.1	Einbaumethoden im Drehrohr	22
4.1.1	Einbau mit Rotation des Ofens	23
4.1.1.1	Spindelmethode	23
4.1.1.2	Klebemethode	25
4.1.2	Einbau ohne Rotation des Ofens	28
4.1.2.1	Einbau mit dem Holzbogen	28
4.1.2.2	Einbau mit "Pogo Sticks"	29
4.1.2.3	Einbau mit dem Pneumatikbogen	30
4.1.2.4	Pneumatikbogen für verschiedene Ofendurchmesser	31
4.1.3	Einbau mit Mörtel, Knirsch oder mit Blechen	33
4.1.3.1	Einbau mit Mörtel	33
4.1.3.2	Knirschverlegung	34
4.1.3.3	Verlegung mit Blechen	36
4.1.3.4	Dehnfugen im Mauerwerk	36
4.1.3.5	Dehnfugen in den einzelnen Ofenzonen	36
4.1.4	Verbundmauerwerk	39
4.1.5	Schließen der Ringe	41
4.1.5.1	Einbau des letzten Steins (Knirschverlegung)	42
4.1.5.2	Einbau des letzten Steins (Mörtelmethode)	45
4.1.6	Spezielle Ausmauerungsprobleme	46
4.1.6.1	Anlegen von geraden Ringen Im Drehofen	46
4.1.6.2	Verlegung von Steinen über Schweißnähten	47
4.1.6.3	Einbau von feuerfesten Steinen über deformiertem Ofenmantel	48
4.2	Spezielle Einbauten im Drehrohr	51
4.2.1	Ofenauslauf mit Rost- oder Rohrkühlern	51

4.2.1.1	Zustellung mit feuerfesten Steinen	51
4.2.1.2	Anschweißen von Ankern	54
4.2.2	Ofenauslauf mit Satellitenkühlern	54
4.2.3	Halteringe	56
4.2.3.1	Konstruktion der Halteringe	57
4.2.3.2	Stufen- oder Rückhalteringe der Bauart RHI/Magotteaux	58
4.2.4	Stauringe	60
4.2.5	Kammfutter	61
4.2.6	Ausmauerung eines Konus	63
4.3	Ausmauerungshinweise für die feuerfeste Zustellung thermisch beanspruchter Aggregate	66
4.3.1	Wärmetauscher	66
4.3.1.1	Einlaufschurre	66
4.3.1.2	Einlaufkammer	66
4.3.1.3	Zyklone - konischer und zylindrischer Teil	69
4.3.1.4	Zyklondecken mit Hängedecken im Wärmetauscher	71
4.3.2	Ofenkopf	74
4.3.3	Kühler	75
4.3.3.1	Rostkühler	75
4.3.3.2	Satellitenkühler	80
4.3.4	Brennerdüsen	81
5	Trocknungs- und Aufheizprozeduren	84
5.1	Komplett neu zugestellte Ofenanlage	84
5.2	Aufheizen nach Reparaturarbeiten	85
6	Einfluss der Einsatzbedingungen auf den Feuerfestverbrauch	88
6.1	Mittlerer Feuerfestverbrauch	88
6.2	Anzahl Laufringe	89
6.3	Einsatz von Sekundärbrennstoffen	90
6.3.1	Einfluss des Chloreintrages auf den Feuerfestverbrauch	91
6.3.2	Eigenschaften von Feuerfestmaterial unter Einsatz von Sekundärbrennstoffen	92
7	Schäden an Feuerfestmaterialien in Zementanlagen	94
7.1	Mechanische Beanspruchung	95
7.1.1	Verhinderte Dehnung	95
7.1.3	Relativbewegungen	99
7.1.4	Ovalität	100
7.1.5	Axialfurchen	101
7.1.6	Scherrisse am Rückhaltering	102
7.1.7	Ansatzwechsel / mechanisches Abreinigen	104
7.1.8	Unzureichende Trocknung von Gießmassen	107
7.2	Thermische Beanspruchungen	108
7.2.1	Überhitzung	108
7.2.2	Schmelzphaseninfiltration	110
7.2.3	Übermäßige thermische Belastung	112
7.2.4	Temperaturschock	113
7.3	Chemische Beanspruchungen	114

7.3.1	Alkalisalzinfiltration	114
7.3.2	Ankerkorrosion und Ankerversprödung	117
7.3.3	Chromerzkorrosion	119
7.3.4	Redoxreaktionen	121
7.3.5	Hydratation	123
8	Vermessung und Einstellung des Drehofens	126
8.1	Ausrichten von Drehöfen	126
8.2	Ofenmanteldeformation	126
8.3	Lauftringspiel	127
8.4	Temperaturdifferenz zwischen Lauftring und Ofenmantel	127
8.5	Ofeneinschnürung infolge von feststehendem Lauftring	128
8.6	Auswirkungen der Ovalität auf die feuerfeste Ausmauerung	128
8.7	Korrektur der Mantelovalität	129
8.8	Stellung der Laufrollen zum Lauftring	129
9	Arbeitssicherheit bei Feuerfestarbeiten	132
9.1	Feuerfestarbeiten im Wärmetauscher	132
9.2	Feuerfestarbeiten im Drehofen	133
10	Literaturverzeichnis	135
11	Stichwortverzeichnis	136

I

Einleitung

1 Aufgabenstellung

Seit Beginn der Neunziger Jahre haben sich die Einsatzbedingungen feuerfester Materialien in der Zementindustrie und damit auch die Anforderungen an diese massiv gewandelt. Ein wesentlicher Grund hierfür ist der veränderte Ofenbetrieb mit jährlich gestiegenen Substitutionsraten durch den Einsatz von Sekundärbrennstoffen. Andererseits ist in den vergangenen Jahren das in den Zementwerken verfügbare Know-how bezüglich dem Einsatz feuerfester Materialien mehr und mehr zurückgegangen. Die Zementwerksbetreiber stützen sich heute vornehmlich auf das Know-how der Zulieferindustrie. Um dieser Entwicklung zumindest teilweise entgegenzuwirken hat der Verein Deutscher Zementwerke den Arbeitskreis „Feuerfeste Materialien“ mit der Aufgabenstellung eingerichtet, den Kenntnisstand zu diesem Thema zusammenzustellen und zu beschreiben. Dies sollte in Zusammenarbeit mit der Zulieferindustrie erfolgen. Im Einzelnen wurden folgende Themen berücksichtigt:

- Eingangskontrolle
- Techniken für die Zustandsdiagnose feuerfester Materialien
- Moderne Einbautechniken, Zustellmethoden
- Auswahl feuerfester Materialien und Anker für verschiedene Einsatzorte in der Ofenanlage
- Optimale Trocknungs- und Aufheizprogramme
- Einfluss veränderter Einsatzbedingungen auf den Verbrauch feuerfester Materialien und Korrosionsschaden (Einsatz von Sekundärstoffen, verbesserte Rekuperation im Klinkerkühler, Hot-Spot-Fahrweise im Calcinator, Laufringbefestigung usw.)
- Schäden an feuerfesten Materialien
- Vermessung und Einstellung des Drehofens
- Sicherheitsaspekte beim Ausbrechen, Ausmauern und bei Heißreparaturen

Das vorliegende Merkblatt ist aus gemeinschaftlichen Beiträgen von Mitgliedern des Arbeitskreises, die von den VDZ-Mitgliedswerken entsandt wurden, von Anlagenbaufirmen und Herstellern feuerfester Materialien entstanden.

Ein besonderer Dank gilt deshalb den Anlagenbau-Firmen Polysius, FLSmidth und KHD Humboldt Wedag AG und den Herstellern von feuerfesten Materialien Magotteux, RHI AG und Refratechnik für die wertvollen Beiträge und die Freigabe von Abbildungen für dieses Merkblatt. Insbesondere wird an dieser Stelle allen Mitarbeitern des Arbeitskreises gedankt, die zum erfolgreichen Gelingen dieses Merkblattes beigetragen haben.