

Feuerfestauskleidungen – Neuentwicklung zur Erhöhung der Oxidationsbeständigkeit

Fabiano Rodrigues, Rainer Weiss und Sascha Alexander Koch

1.	Produkte	348
1.1.	Die Struktur von SiC-Werkstoffen für Rohrwandplattensysteme	348
1.2.	Saint-Gobain Produkte und Neuentwicklungen	349
2.	Oxidationsbeständigkeit	353
2.1.	Grundsätzliche Beschreibung der Oxidation von SiC-Werkstoffen	353
2.2.	Messung der Oxidationsbeständigkeit	354
3.	Praxisbeispiele: Produkte in der Anwendung	356
4.	Schlussfolgerungen	357

In den letzten Jahrzehnten führten die Verbrauchergewohnheiten moderner Gesellschaften zu einem signifikanten Anstieg des Hausmüllaufkommens. In demographisch dichten und hoch entwickelten Nationen wurden sehr schnell die Grenzen der Deponiekapazitäten erreicht. Zum Beispiel wurde vom Europäischen Umweltministerium ein durchschnittlicher Anstieg des Hausmüllaufkommens von 15 % zwischen 1995 und 2005 festgestellt. Für den Zeitraum von 2005 bis 2020 werden nochmals 25 % vorhergesagt. Energiekrisen und die Problematik der globalen Erwärmung haben das Interesse an alternativen, grünen Energien zudem erhöht. Gefördert von diesen Faktoren erfuhr die Technologie der Abfallverbrennung ein deutliches Wachstum.

In der Tat reduzieren moderne Abfallverbrennungsanlagen das zu deponierende Abfallvolumen, und können schädliche Gasemissionen, die den Treibhauseffekt vorantreiben, verhindern.

In Abfallverbrennungsanlagen stellt der Verbrennungsraum bzw. Dampferzeuger einen wesentlichen Teil des Systems dar. Der gesammelte Abfall wird in diesem Verbrennungsraum verbrannt und die dabei entstehende Energie wird mittels in metallischen Rohren fließendem Wasser bzw. Wasserdampf einer Energierückgewinnung zugeführt. Die Verbrennung des Abfalls führt jedoch auch aufgrund der relativ hohen Temperaturen und der säurehaltigen Schlacken, Aschen und Abgase zu einer hochkorrosiven Atmosphäre. Infolgedessen benötigen sicher und zuverlässig betriebene Abfallverbrennungskessel entsprechende Hochleistungswerkstoffe, um die metallischen Membranwände vor diesen Angriffen zu schützen. Es ist von äußerster Wichtigkeit, dass diese Werkstoffe, auch in Hinblick

auf die verwendeten Rohrwandplattensysteme, eine möglichst hohe Oxidationsbeständigkeit aufweisen. Weiterhin sind eine effiziente Wärmeleitfähigkeit und eine verbesserte mechanische Festigkeit bei hohen Temperaturen unabdingbar.

Saint-Gobain ist der größte Hersteller von keramischen Platten zur Verwendung in Rohrwandsystemen für Abfallverbrennungsanlagen. Das Produktportfolio beinhaltet neben den bekannten Siliziumkarbid (SiC)-Platten in den verschiedensten Qualitäten auch alle Arten von monolithischen, feuerfesten Massen und Mörteln. Zudem beschäftigt man sich mit der Lösung von Fragen im Bereich der Plattensysteme und deren Installation. Bekannte Systeme wie u.a. das T-Clip oder die 45°-Plattensysteme (Sonitherm) werden weltweit in Abfallverbrennungskesseln eingesetzt.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten haben sich in den letzten Jahren hauptsächlich auf die Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit von feuerfesten Platten aus nitridisch gebundenem SiC konzentriert. Die Arbeiten bei der Entwicklung von verschiedenen SiC-basierenden Werkstoffen zielten primär darauf ab, technisch und kommerziell befriedigende Lösungen im Hinblick auf Langlebigkeit und geringen Wartungsaufwand zu finden. Nachfolgend soll ein Überblick über die neuen, verbesserten Werkstoffe für die Anwendung in Abfallverbrennungsanlagen gegeben werden.

1. Produkte

1.1. Die Struktur von SiC-Werkstoffen für Rohrwandplattensysteme

Vorab soll kurz die typische Struktur der in Abfallverbrennungsanlagen eingesetzten SiC-Werkstoffe betrachtet werden. Wie in Bild 1 zu sehen ist, bestehen diese Werkstoffe aus drei Phasen:

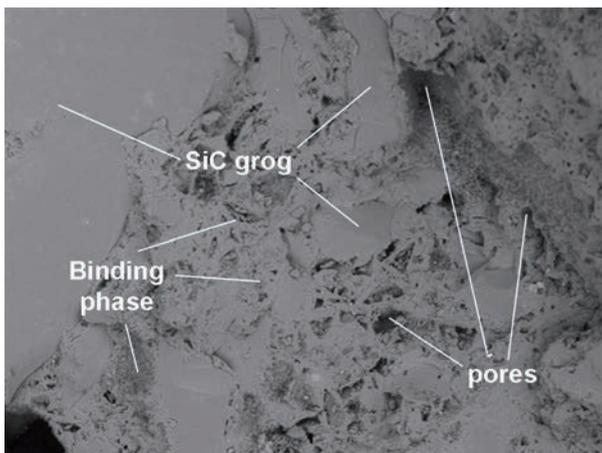


Bild 1:

Typische Struktur der in Abfallverbrennungsanlagen eingesetzten SiC-Werkstoffe

Quelle: Refrax BASIC

1. SiC-Körnern mit einer definierten und kontrollierten Korngröße und Korngrößenverteilung, einer gewissen Porosität bzw. den Poren und der Bindephase.
2. SiC wird aufgrund der einzigartigen Oxidationsbeständigkeit, der chemischen Stabilität und den hervorragenden mechanischen bzw. thermomechanischen Eigenschaften als Basismaterial für diese Werkstoffe bevorzugt verwendet. Die Wärmeleitfähigkeit, eine wesentliche Komponente bei der Auswahl für Materialien in Abfallverbrennungskesseln, ist beim SiC ebenfalls gegeben. Eine erste, wichtige Einflußgröße zur Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit ist die Reinheit des SiC-Materials. Zur Herstellung sämtlicher SiC-Platten werden ausschließlich hochreine Qualitäten aus dem eigenen Hause verwendet.

Die Porosität der SiC-Werkstoffe bewirkt gegenläufige Eigenschaften. Sie begünstigt oft die thermomechanischen Eigenschaften und verleiht dem Material eine gewisse Robustheit bezüglich Temperaturwechsel. Andererseits begünstigt sie die Diffusion von korrosiven Gasen und Flüssigkeiten. Komplett dichte SiC Materialien sind verfügbar, haben sich in der Praxis bisher aufgrund von zu geringer thermischer Belastbarkeit und aufgrund von preislichen Gründen nicht bewährt. Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass in bestimmten Teilbereichen siliziuminfiltrierte SiC-Werkstoffe (Silit SKD) eingesetzt wurden. Weitere Praxistests und Neuentwicklungen bleiben abzuwarten.

3. Die Bindephase beeinflusst die mechanischen Eigenschaften sowie die Leitfähigkeit des Materials wesentlich. Weiterhin spielt sie eine große Rolle für die Widerstandsfähigkeit der Materialzusammensetzung, da korrosive Schlacken, Abgase und Aschen über die Bindephase in den Materialkörper eindringen können. Daher ist eine hohe Korrosionsfestigkeit und eine niedrige Diffusionsfähigkeit der Bindephase entscheidend für die Lebensdauer der feuerfesten Keramik sowie der von ihr geschützten Metallteile.

Es scheint daher logisch, auf eine Weiterentwicklung der Bindephase die höchste Priorität zu legen. Neben hochreinen SiC-Körnungen und einer ausgewogenen Porosität stellt die Bindephase die bevorzugt weiter zu entwickelnde Komponente dar.

1.2. Saint-Gobain Produkte und Neuentwicklungen

Zum Lieferprogramm gehören hochwertige Feuerfestkeramiken, darunter gesinterte und ungesinterte Formteile aus SiC, Al_2O_3 und anderen Werkstoffen, wie Platten und Steine, aber auch monolithische Massen auf der Basis von SiC, SiO_2 und Al_2O_3 . Dies gibt die Möglichkeit, die optimale Feuerfestlösung zu finden. Da sich SiC als Material für die Rohrwandschutzplatten durchgesetzt hat, soll im Wesentlichen auf diese eingegangen werden. Der Schlüssel des Erfolgs ist, wie im obigen Abschnitt schon erwähnt, die Modifikation der Bindephase.

Tabelle 1 zeigt die Eigenschaften der im Rohrwandkessel eingesetzten SiC-Materialien (Refrax Qualitäten). Auf Ergebnisse zur Oxidationsbeständigkeit wird im weiteren Verlauf eingegangen. Alle erwähnten Materialien weisen eine nitridische (bzw. oxinitridische) Bindung auf.

Tabelle 1: Haupteigenschaften von SiC-Materialien

	Einheit		Refrax BAISIC	Refrax PRO	Refrax PLUS	Refrax TOP
SiC	%		78	75	77	78
Si ₃ N ₄ + Si ₂ ON ₂	%		19	22	22	17
CCS	MPa		> 140	> 140	> 140	> 140
Rohdichte	g/cm ³		2,65	2,70	2,74	2,70
Porosität	%		< 16	< 14	< 13	< 13
Leitfähigkeit (W/m/k)		400 °C	27,5	26,3	22,0	33,0
		800 °C	20,1	17,4	18,0	21,0
		1.000 °C	18,5	16,9	16,0	18,0
lineare Wärmedehnung (%)		400 °C	1,0 e-3	1,8 e-3	0,6e-3	1,0e-3
		600 °C	1,8 e-3	2,7 e-3	2,4e-3	1,5e-3
		800 °C	2,7 e-3	3,7 e-3	3,2e-3	2,5e-3
		1.000 °C	4,0 e-3	4,6 e-3	4,6e-3	3,7e-3

Die Bindephase von Refrax BASIC besteht größtenteils aus α -Si₃N₄. Dessen filigrane, nadelartige Morphologie erzeugt eine relativ hohe Oberfläche der Bindephase, wie in Bild 2 zu sehen ist.

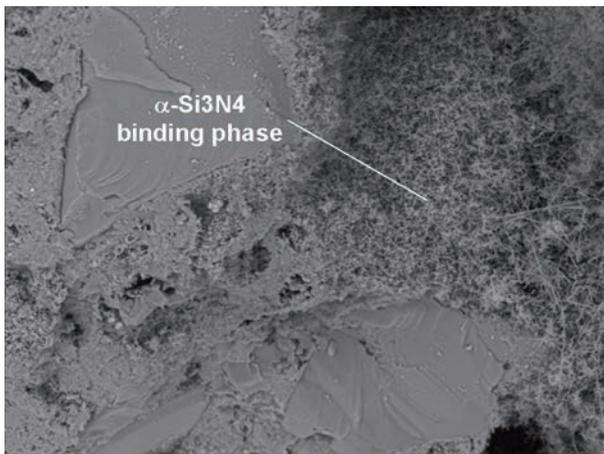


Bild 2:

α -Si₃N₄ Bindungsmorphologie Refrax BASIC

Refrax PRO stellt den ersten Schritt der Entwicklung gegenüber Refrax BASIC dar. Refrax PRO weist einen höheren Anteil von Si₂ON₂ auf. Si₂ON₂ zeichnet sich durch eine plättchenförmige Struktur aus und hat somit eine geringere Oberfläche. Die geringere Oberfläche bewirkt eine niedrigere Reaktivität und erhöht dadurch die Widerstandsfähigkeit gegen Oxidation. Refrax PRO ist derzeit in sehr vielen Anlagen im Einsatz und stellt den Standard einer leistungsfähigen, nitridgebundenen SiC-Qualität dar.

Eine weitere Verbesserung hinsichtlich der Oxidationsbeständigkeit wurde mit den Materialien Refrax PLUS und Refrax TOP erreicht.

Beim **Refrax PLUS** besteht die Bindephase aus $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$. Zusätzlich wird das Material mit einem speziellen Additiv versehen, welches die Oberfläche durch eine zusätzliche Kristallbildung bzw. Bildung von Si_2ON_2 vermindert. Die Morphologie, wie in Bild 3 dargestellt, bewirkt eine bessere Oxidationsbeständigkeit des Materials. Refrax PLUS wurde in den letzten Jahren erfolgreich in Anlagen getestet und zeigte eine reale Verbesserung der Lebensdauer und Haltbarkeit. Auf Beispiele aus der Praxis wird in diesem Bericht noch eingegangen.

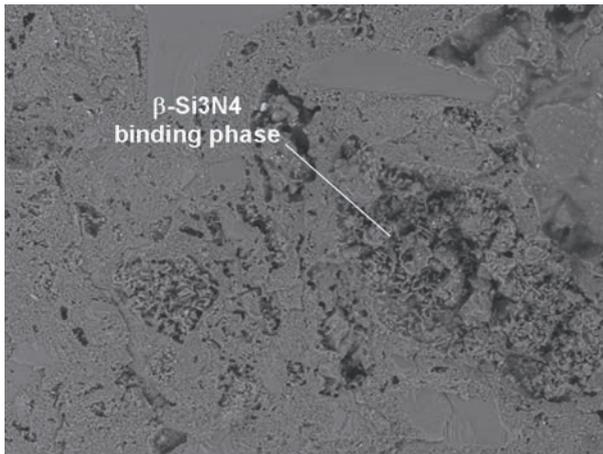


Bild 3:

$\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ Bindungsmorphologie
Refrax PLUS

Abschließend soll noch die Qualität **Refrax TOP** beschrieben werden. Hierbei handelt es sich ebenfalls um ein nitridgebundes Material, dessen Grundstruktur in etwa mit Refrax BASIC verglichen werden kann. Jedoch wird Refrax TOP doppelt gebrannt und zusätzlich mit einem Additiv versehen. Aufgrund seiner Zusammensetzung und des zweiten Brands, wird eine glasartige Phase erzeugt, die einen Teil der Porosität mit dieser Phase füllt. Das Ergebnis ist ein Material mit niedriger Diffusionsfähigkeit gegenüber korrosiven Medien.

Wie in der Einführung beschrieben, müssen Feuerfestwerkstoffe sehr sorgfältig komponiert und produziert werden um eine sichere und effiziente Arbeitsweise in der MVA zu gewährleisten. Je nach Position und Lage im Kessel, müssen die Werkstoffe hohe thermische und mechanische Belastungen verkraften sowie der hochkorrosiven Umgebung widerstehen. Die Beständigkeit gegen Hochtemperaturkorrosion, eine der wichtigsten Einflussfaktoren bezüglich Haltbarkeit in Abfallverbrennungsanlagen, ist unabhängig von der Position innerhalb des Kessels.

An dieser Stelle soll kurz auf das neu entwickelte T-Clip PRO System eingegangen werden. Es handelt sich um ein hintergossenes Plattensystem, das eine perfekte Alternative zu dem bewehrten T-Clip darstellt. Es hat folgende Vorteile:

- **schnelle, definierte Installation**
 - * auch an kritischen Stellen einfaches sowie schnelleres Hintergießen durch Abschrägung der Platte,

- * erhöhte Flexibilität beim Bolzenschweißen durch Verlängerung der Ankerhut,
- * variabel einstellbaren Abstand zur Rohrwand,
- **erhöhte Beweglichkeit der Platte**
 - * durch Wegfall der Z-Fuge,
- **verminderte Spannung**
 - * durch Einsatz von Ausbrandmaterialien im Ankerbereich,
- **starker Schutz gegen**
 - * Oxidation und Korrosion,
 - * gegen hohe mechanische Beanspruchung,
 - * Infiltration,
- **hervorragende Wärmeleitung**
- **lieferbar für alle Rohrdurchmesser und Rohrteilungen.**

Verwendbar ist das neue T-Clip PRO System für alle Verlegesysteme, für vertikale Kesselrohrwände z.B. die Seitenwände, Rück- und Vorderwand sowie für geneigte Rohrwände der Deckenbereiche: Einlaufdecke, Ausbrand- und Kesseldecke.

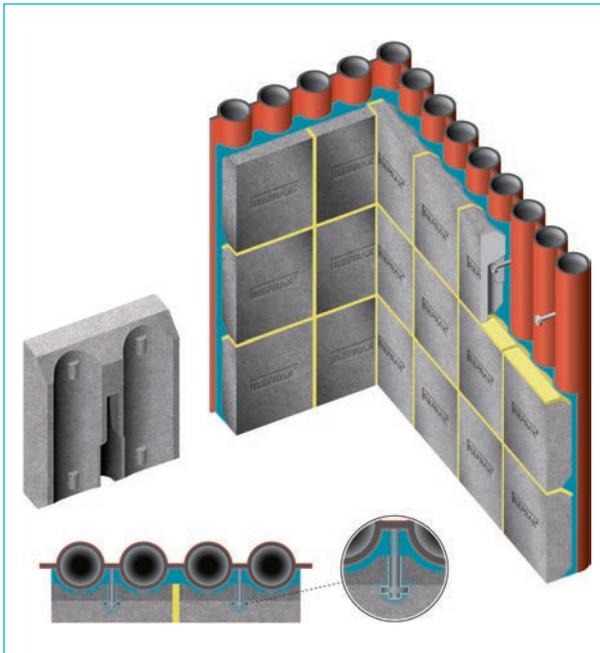


Bild 4:

Illustration des T-Clip PRO-Plattensystems

2. Oxidationsbeständigkeit

2.1. Grundsätzliche Beschreibung der Oxidation von SiC-Werkstoffen

In Abfallverbrennungskessel ist die Korrosionsbeständigkeit einer der wesentlichen Faktoren. Die Verbrennung von Abfall erzeugt verschiedene korrosive Medien, wie z.B. Salze und zudem auch aggressive Dämpfe, wie in Bild 4 zu sehen ist.

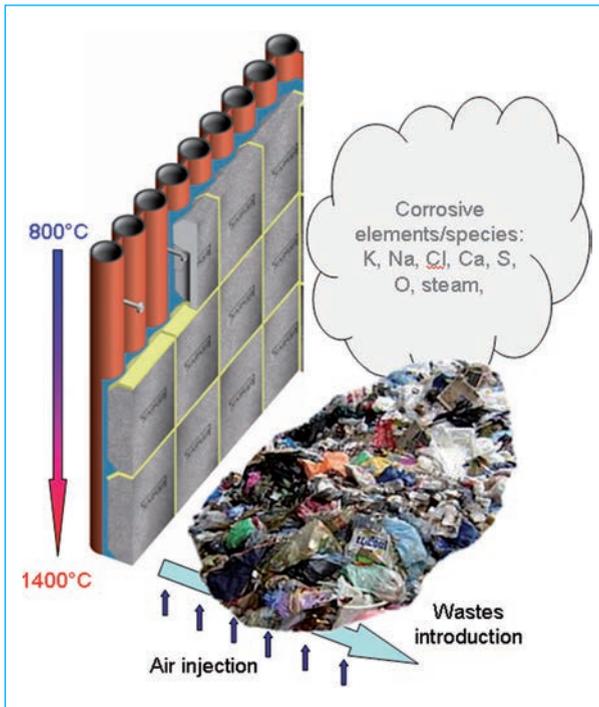


Bild 5:

Schematische Darstellung der Brennkammer

Abgase, Aschen und Kondensate in unterschiedlichsten Formen dringen durch die Porosität des feuerfesten Werkstoffs in diesen ein und können Reaktionen mit den unterschiedlichen Phasen hervorrufen. Durch diese chemischen Reaktionen können neue Verbindungen entstehen, die zu Volumenänderung führen und die Materialeigenschaften negativ, bis hin zur Zersetzung bzw. Zerstörung, verändern können.

Die vorzeitige Oxidation der feuerfesten Werkstoffe ist die wichtigste Hochtemperaturreaktion, welche zu Korrosion und anschließende Zersetzung der Werkstoffe führen kann. Der Reaktionsablauf wird von der vorherrschenden Temperatur, dem Gasdruck und dem Gefüge bzw. der Zusammensetzung des Werkstoffs beeinflusst. In den unteren Bereichen des Kessels, in denen die Konzentration der Schadstoffe zudem relativ hoch ist, kann eine verstärkte Neigung zur Korrosion in der Praxis festgestellt werden.

Im Falle von nitridgebundenen SiC-Werkstoffen, reagiert Sauerstoff mit den Nitriden und dem SiC und bildet Siliziumkristalle in verschiedenen Modifikationen. Diese Reaktionen führen zu einer Volumenausdehnung, welche zu einem Zersplittern der Bauteile führen kann. Bei Verwendung von Rohrwandplatten kann es dazu führen, dass die Dehnfuge vom Volumenzuwachs der Platte *zuwächst* und es zu einem Kontakt von benachbarten Platten kommt. Dies führt bei einem weiteren Anwachsen des Volumens zum Ablösen von Platten von der Rohrwand. Auf Bild 6 und Bild 7 kann dieser Effekt gesehen werden.



Bild 6 und Bild 7: Folge der Volumenausdehnung von SiC-Werkstoffen in dem Abfallkessel

An dieser Stelle soll auf die wichtige Rolle der Hinterfüllmasse bei entsprechenden Rohrwandsystemen hingewiesen werden. Aufgrund ihrer hohen Korrosionsbeständigkeit verzögern Hinterfüllmassen wie z.B. Refrax PROflow oder Refrax PLUSflow die Diffusion von Schadstoffen im Falle des AblöSENS von Platten aus dem System. Die Rohrwand sowie die Halteelemente des jeweiligen Systems werden durch diese zusätzliche Schutzschicht weiterhin vor Angriffen geschützt. Die Haltbarkeit des Kessels wird dadurch merklich erhöht. Eine schematische Darstellung bezüglich dieses Sachverhaltes zeigt Bild 4.

2.2. Messung der Oxidationsbeständigkeit

Wie bereits erörtert stellt die Volumenausdehnung den wesentlichen Parameter dar, der bei Betrachtung der Oxidationsbeständigkeit von keramischen Werkstoffen berücksichtigt werden muss. Eine zu starke Volumendehnung führt zum Ausfall des Bauteils oder zu Druckbeanspruchung zwischen benachbarten Platten in Rohrwandschutzsystemen. Es folgt daraus, dass die Funktion des Bauteils mit steigender Volumenausdehnung abnimmt und somit eine geringe Volumenausdehnung der Werkstoffe oder Bauteile anzustreben ist.

In der Praxis wird zur Feststellung der Oxidationsbeständigkeit von feuerfesten Werkstoffen der Wasserdampf Oxidationstest verwendet. Die vorliegenden Tests wurden am Saint-Gobain Forschungs- und Entwicklungszentrum in Cavallon (Saint-Gobain CREE, Frankreich) durchgeführt.

In einem speziellen Ofen werden die Proben (Quader mit $65 \cdot 25 \cdot 25 \text{ mm}^3$) über 500 h einer Temperatur von $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ ausgesetzt. Der Ofenraum wird mit Wasserdampf beaufschlagt (32 kg/h/m^3). Die Probequader wurden aus Rohrwandplatten

der Werkstoffe Refrax PRO, Refrax PLUS, Refrax TOP und einer oxidisch gebundenen SiC-Qualität gesägt. Nach 100, 250 und 500 Stunden wurden Gewicht, Volumen, Dichte und Porosität aufgezeichnet.

Bild 8 zeigt den Verlauf des Volumenzuwachses der verschiedenen Materialien im Oxidationstest. Wie erwartet zeigen die nitridgebundenen SiC-Werkstoffe eine signifikant niedrigere Volumendehnung als der geprüfte oxidisch gebundene SiC-Werkstoff. Außerdem kann deutlich eine niedrigere Volumendehnung der neuen Werkstoffe Refrax PLUS und Refrax TOP beobachtet werden.

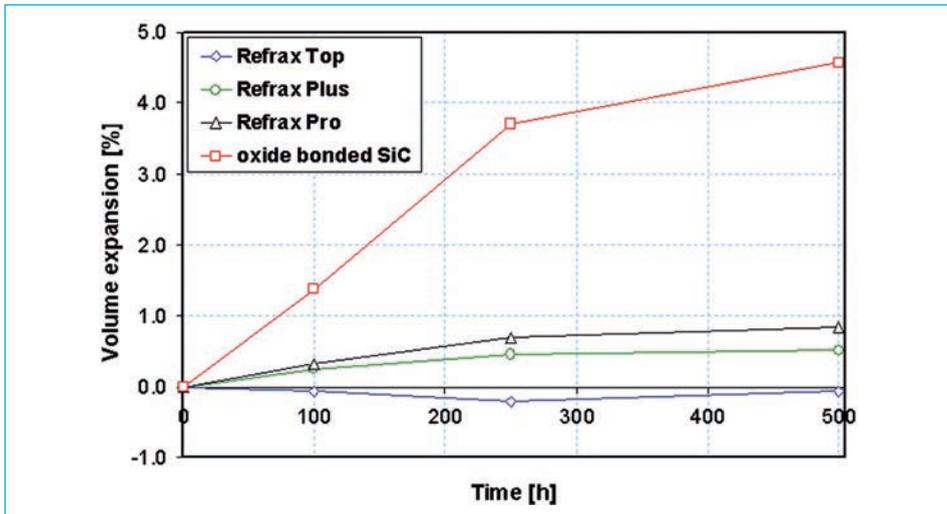


Bild 8: Verlauf des Volumenzuwachses der verschiedenen Materialien im Oxidationstest

Die Werte werden zudem von SEM Untersuchungen bestätigt. Durch eine Gefügeuntersuchung von z.B. Refrax PLUS vor und nach dem Oxidationstest kann festgestellt werden, dass sich das Gefüge nicht auffällig verändert hat. Außer einer leichten Oxidation von sehr feinen Partikeln blieben alle Phasen nahezu unverändert, obwohl sie den aggressiven Bedingungen von 1.000 °C über 500 h ausgesetzt wurden.

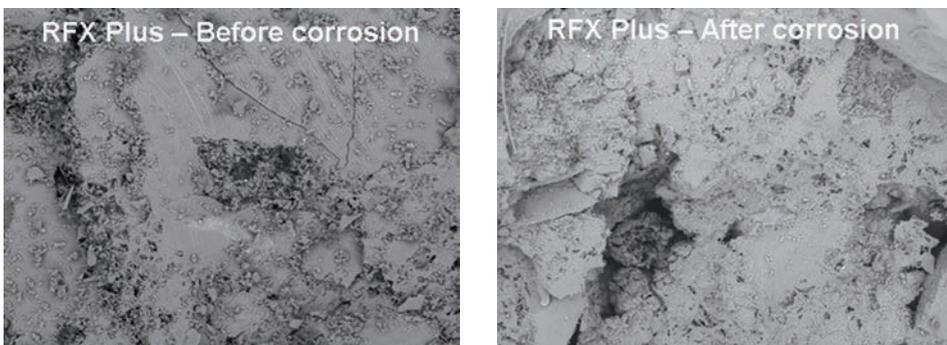


Bild 9: SEM-Untersuchungen von Refrax PLUS vor und nach dem Oxidationstest

3. Praxisbeispiele: Produkte in der Anwendung

Als Beispiel für bereits erfolgreiche Tests sollen hier zwei Fallbeispiele angeführt werden.

Fallbeispiel 1

In einer MVA wurden Taillensteine der unterschiedlichsten Qualitäten eingesetzt. Nach etwa 6.000 Betriebsstunden zeigten sich starke Abzehrungen und eine zum druckführenden Rohrkörper durchgängige Rissbildung. Die Temperaturen erreichen laut Aufzeichnung bis zu 1.500 °C. Aufgrund beginnender Korrosion am Rohrkörper musste die Ausmauerung ganz oder teilweise erneuert werden.

Als Versuchsfeld wurden etwa 5 m² über dem Verbrennungsraum Refrax PLUS Taillensteine eingebaut. Nach ebenfalls 6.000 Betriebsstunden zeigte sich eine etwas verminderte Abzehrung, jedoch konnte keine Rissbildung festgestellt werden. Die Rissbildung, die den Gasdurchtritt zum druckführenden Rohr ermöglicht, wurde vollständig vermieden.



Bild 10:

Refrax PLUS Taillensteinen
nach 6.000 Betriebsstunden



Bild 11:

Refrax PLUS Taillensteinen
nach 6.000 Betriebsstunden

Fallbeispiel 2

Die Umstellung einer Biomasseanlage auf Ersatzbrennstoffe führte in einer Anlage zu erheblichen Problemen mit den eingesetzten Ausmauerungen bzw. monolithischen Feuerfestbetonen. Die teilweise stark erhöhten Heizwerte führten zu starker Beanspruchung und starker Schlackenbildung auf der Ausmauerung bzw. Zustellung. Eine weitere Belastung stellte die Reinigung mit Wasserlanzen dar.

Das Testfeld, eine Kombination des T-Clip PRO-Systems mit dem Werkstoff Refrax TOP wurde in unmittelbarer Nähe der Wasserlanzenreinigungsanlage platziert. Nach etwa 4.000 Betriebsstunden befand sich das Testfeld in einwandfreien Zustand. Es konnte beobachtet werden, dass die dichte Oberfläche der Refrax TOP-Platten den Schlackenabfuß optimal förderten. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Wasserlanzenreinigung keine negativen Einwirkungen auf die Testplatten zeigten.



Bild 12:

Auskleidung mit T-Clip PRO-Plattensystem aus Refrax TOP nach etwa 4.000 Betriebsstunden

4. Schlussfolgerungen

Der vorliegende Bericht beschreibt die Entwicklungen für Werkstoffe, die in Abfallverbrennungskesseln zum Einsatz kommen.

Die durchgeführten Oxidationstests im Saint-Gobain Forschungszentrum CREE zeigen eine deutliche Verbesserung der Oxidationsbeständigkeit gegenüber Refrax PRO oder sonstigen am Markt erhältlichen Qualitäten. Durch den Einsatz der neuen Werkstoffe Refrax PLUS und Refrax TOP kann die Lebensdauer von Rohrwandplatten deutlich erhöht werden. Ausschlaggebend für diese Verbesserungen sind Gefügeveränderungen in der Bindephase, die durch die Zugabe von Additiven und, im Falle von Refrax TOP, durch einen zweiten Brand erreicht wurden.

Die beschriebenen Materialien wurden bereits in einigen Anlagen erfolgreich getestet, wie in Kapitel 3 beschrieben. Mehrere Versuchsfelder befinden sich noch im Test. Auch wurden komplette Anlagen bereits mit Refrax PLUS ausgestattet.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 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 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

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.