

Entwicklung eines korrosions- und anbackungshemmenden Beschichtungssystems für Abfallverbrennungs- und Biomasseanlagen

Frank Meyer und Dimitrina Lang

1.	Unternehmensüberblick ItN Nanovation AG	359
2.	Definition Nanotechnologie	360
3.	Detaillierte Beschreibung des Projektvorhabens	362

Chlorkorrosion und/oder **Anbackungen** sind in Biomasseanlagen und thermischen Abfallbehandlungsanlagen ein großes Problem und führen unter anderem dazu, dass die betreffenden Anlagen bei relativ niedrigen Dampftemperaturen (maximal 450 °C zur Minimierung der Chlorkorrosion) betrieben werden müssen. Darüber hinaus sind aufwändige Reinigungsvorrichtungen und häufige Revisionszyklen (1 bis 2 pro Jahr) notwendig und führen daher zu geringer Effizienz, einer gewissen Ausfallwahrscheinlichkeit und hohen Instandhaltungs- und Betriebskosten.

Zum Vermeiden insbesondere der Korrosion werden daher teure flammgespritzte bzw. nickelgecladdete Schichten aufgebracht, die an besonders beanspruchten Stellen Schutz gegen Korrosion, aber nicht gegen Anbackungen bieten. Im vorliegenden Beitrag wird nun ein Forschungsprojekt zwischen einem mittelständischen Unternehmen (ItN) und der HTW in Saarbrücken (Hochschule) vorgestellt, welches es sich als Ziel gesetzt hat, ein kostengünstiges, großflächig einsetzbares keramisches Beschichtungssystem zu entwickeln, das einerseits Korrosion verhindert bzw. verlangsamt und andererseits einen dauerhaften Schutz gegen Ascheanhaftungen liefern soll. Mit Hilfe der zu entwickelnden Nanobeschichtung sollen insbesondere Anbackungen an den Wärmetauscherrohren leichter entfernbar werden und eine erhöhte Energieauskopplung der Anlage ermöglicht werden. Weiterhin sind wegen der zu erwartenden weitaus geringeren Abzehraten, erhöhte Einsparungen für die Instandhaltung zu erwarten. Ein innovatives IR-Kamera-Beobachtungssystem soll die Beschichtung im Betrieb beobachten und gleichzeitig Daten für eine Feuerraumoptimierung liefern.

1. Unternehmensüberblick ItN Nanovation AG

Die ItN Nanovation AG mit Sitz in Saarbrücken zählt zu den führenden Unternehmen der Nanotechnologie. Die seit Juli 2006 börsennotierte Firma wurde im Jahre 2000 gegründet und hat mittlerweile mehr als fünfzig Mitarbeiter, von denen der Stamm seit mehr als zehn Jahren auf dem Gebiet der chemischen Nanotechnologie tätig ist. Weiterführende Informationen finden sich unter www.itn-nanovation.com.

Kerngeschäft sind die Herstellung von innovativen keramischen Beschichtungen und keramischen Filtersystemen (Überblick über die wichtigsten Felder siehe Bild 1).

Coatings	Coatings	Keramische Filter	Tubuläre Filter
NANOCAT Luftreinigung	NANOCOMP Industrielle Beschichtungen	FM SYSTEMS Keramische Flachmembrane und Filtersysteme	NANOPORE Rundmembrane
			
			

Bild 1: Geschäftsfelder und Kunden der ItN Nanovation AG

Der Beschichtungsbereich Nanocomp wird dabei in die zwei Teilbereiche MC (MC = Metal Casting) und PP (PP = Powerplant) unterteilt und beinhaltet die für das vorgestellte Projekt notwendige Technologieplattform.

Nanocomp MC Beschichtungen werden in NE-Gießereien als semi-permanente Schichten/Trennschichten eingesetzt. Diese keramische Beschichtung kann insbesondere im Kokillen- und Niederdruckguss von Aluminium und Messing verwendet werden. Die sonst erforderlichen Reinigungszyklen werden dramatisch verkürzt oder gar vermieden, schonen die Werkstücke, sparen Rüstzeit und damit immense Kosten.

Nanocomp PP bezeichnet keramische Coatings im Kraftwerksbereich mit Braunkohlefeuerung. Die hochtemperaturstabilen Antihafbeschichtungen mit Anwendungsbereichen wie Verbrennungskessel, Elektrofiltertrichter oder Da-GaVo werden bereits bei vielen namhaften Kraftwerksbetreibern und Firmen mit Industriekesseln eingesetzt. Im Biomasse- und Abfallbereich sind bisher nur Beschichtungen außerhalb des Kessels erhältlich.

2. Definition Nanotechnologie

Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts, die das Potential hat, zahlreiche Anwendungsbereiche zu revolutionieren. Eine

weltweit einheitliche Definition des Begriffs Nanotechnologie existiert allerdings schon aufgrund der zahlreichen Anwendungsbereiche für Nanotechnologien in den unterschiedlichsten Lebensbereichen nicht.

Nach einer von der US-amerikanischen National Nanotechnology Initiative verwendeten Beschreibung ist die Nanotechnologie eine Technologie, die auf Teilchen und/oder Strukturen beruht, die drei Schlüsseleigenschaften besitzen:

- die Größe der Teilchen und Strukturen liegt in einer Dimension zwischen 1 und 100 Nanometer (10^{-9} m = nm),
- sie werden in Prozessen erzeugt, durch die die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Strukturen molekularer Größe kontrolliert werden können, und
- sie lassen sich zu größeren Gebilden zusammensetzen.

Gemäß einer vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in vielen Veröffentlichungen verwendeten Definition beschreibt Nanotechnologie die Herstellung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenz- und Oberflächen mit mindestens einer kritischen Dimension oder mit Fertigungstoleranzen unterhalb 100 nm. Entscheidend ist laut BMBF dabei, dass allein aus der Nanoskaligkeit der Systemkomponenten neue Funktionalitäten und Eigenschaften zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen resultieren. Diese neuen Effekte und Möglichkeiten sind überwiegend im vergrößerten Verhältnis von Oberflächen- zu Volumenatomen und im quantenmechanischen Verhalten (geänderte elektronische Struktur) der Materiebausteine begründet. Einen Überblick gibt das Bild 2.

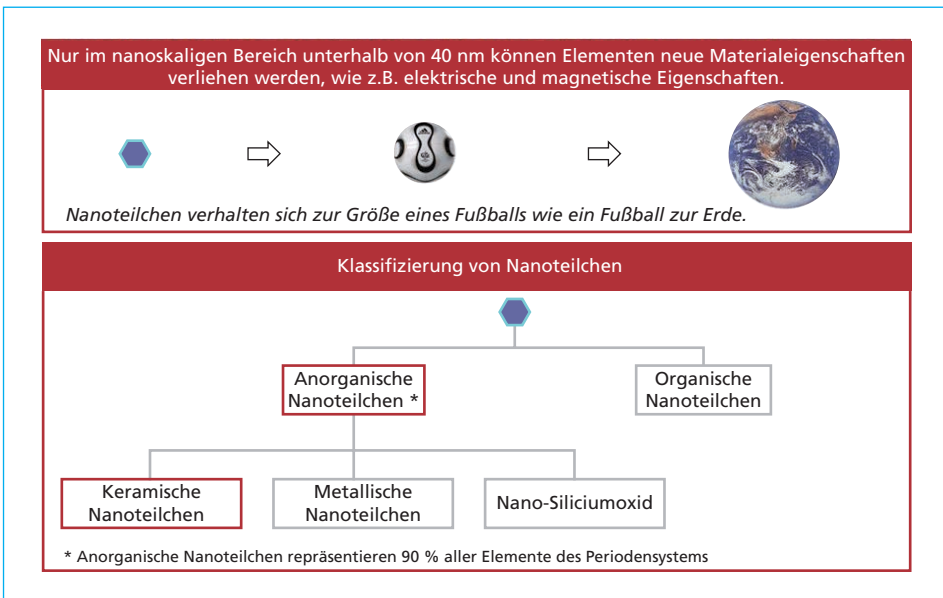


Bild 2: Dimensionen und Einteilung von Nanotechnologie

Teilchen und Strukturen dieser Größenordnung < 100 nm weisen vollständig neue Eigenschaften auf, entweder aufgrund eines quantenmechanischen Verhaltens oder aufgrund der Dominanz von Oberflächenatomen. Typische physikalische Eigenschaften wie elektrische Leitfähigkeit, Magnetismus, Farbe, mechanische Härte oder Schmelzpunkt sind in allen Fällen Eigenschaften eines Festkörpers, unabhängig davon, ob es sich bei dem Festkörper um ein tonnenschweres oder ein staubkorngroßes Objekt handelt. Atome oder Moleküle besitzen diese Eigenschaften nicht. Die Nanotechnologie bewegt sich genau in diesem Übergangsbereich zwischen individuellen Atomen und Molekülen einerseits und Festkörpern andererseits.

In diesem Zwischenbereich treten Phänomene auf, die man an makroskopischen Gegenständen nicht beobachtet. So tritt z.B. bei manchen Materialien ab einer Größe von weniger als 40 nm Transparenz auf. Das quantenmechanische Verhalten von Nanopartikeln führt weiterhin zu Änderungen in der elektrischen Leitfähigkeit, des Magnetismus, der Härte und der Farben. Ferner nimmt das Verhältnis von Oberflächenatomen zu Volumenatomen ab einer Kleinheit von 10 nm oder weniger exponentiell zu. Die Eigenschaften makroskopischer Materie sind immer durch ihre Volumeneigenschaften definiert, während bei Nanomaterialien die Oberflächeneigenschaften dominieren.

In einem kugelförmigen Partikel mit einem Durchmesser von 3 nm sind z.B. 50 % aller Atome an der Oberfläche lokalisiert, was neben einer erheblichen Vergrößerung der Partikeloberfläche auch zu einer stark erhöhten Beweglichkeit der Elektronen führt. Diese erhöhte Elektronenbeweglichkeit führt zu einer Vergrößerung der chemischen Reaktivität, einer deutlichen Verbesserung der katalytischen Eigenschaften und einer drastischen Erhöhung der Diffusion, was sich zum Beispiel wiederum im Falle des Brandes keramischer Werkstoffe in stark reduzierten Sintertemperaturen bemerkbar macht. So lassen sich im Falle keramischer Beschichtungen bereits bei sehr niedrigen Temperaturen (< 700 °C) Beschichtungen auf metallischen Oberflächen realisieren. Die Nanopartikel fungieren in diesem Falle als keramischer Binder, die aufgrund ihrer Sinteraktivität in der Lage sind gröbere keramische und glasartige Partikel zu einer keramischen Beschichtung dauerhaft zu verbinden.

3. Detaillierte Beschreibung des Projektvorhabens

Im Kessel werden momentan verschiedene Strategien eingesetzt, um Anbackungen und Korrosion entweder zu verhindern oder Anbackungen zu entfernen.

Im Betrieb werden sog. Shower Cleaning Systeme, Wasserlanzen oder Rußbläser eingesetzt, die mit Wasser oder Frischdampf betrieben werden und unter Druck auf Anbackungen geschossen werden. Diese Methode entfernt einen Teil der Beläge, schädigt aber auch die Rohre durch Spannungen und Abtrag. Beim Reinigen mit Frischdampf wird dieser aus der Anlage entnommen, was mit einem Leistungsverlust verbunden ist. Ein weiterer Nachteil dieser Methode liegt darin, dass nicht alle Bereiche des Kessels mit diesen semi-stationären Systemen gereinigt werden können. Reinigen beim Stillstand erfolgt teilweise bergmännisch durch mechanisches Abreinigen mit sog. Döppern, oder sogar

Pressluftschlämmern, bei besonders schweren Fällen von Anbackungen wird von der Feuerwehr kontrolliert gesprengt. Die Endreinigung erfolgt immer mittels Sandstrahlen.

Korrosion, vor allem durch Chlor, wird in fossil gefeuerten Kesseln durch die Reduktion der Temperatur kontrolliert. In Abfallanlagen beträgt diese Temperatur maximal 450 °C Dampf, es gibt aber auch Anlagen, die korrosionsbedingt mit 250 °C in den Überhitzern betrieben werden müssen.

Als Schutzschicht werden neben Schutzhülsen, vor allem korrosionsresistente Metalle, Legierungen oder Keramiken aufgebracht. Die Methoden der Wahl beinhalten thermische Verfahren wie Auftragsschweißen, Nickel-Cladding oder thermisches Spritzen. Die damit erzielten Schichten sind dicht, relativ dick (bis 300 bis 400 µm) und werden mit Verfahren aufgebracht, die mit dem hier vorgestellten naßchemischen Ansatz nicht verwandt sind. Gespritzte oder geschweißte Schichten sind weiterhin sehr teuer (bis zu 3.000 EUR/qm), aufwändig (maximal 10 qm in 12 h) und können nicht überall aufgebracht werden. Sie bieten des Weiteren ausnahmslos keinen Anbackungsschutz.

ItN Nanovation ist ein Entwickler und Hersteller von keramischen hochtemperaturbeständigen Antihafbeschichtungen auf Bornitridbasis, die beispielsweise als anbackungsvermeidendes Coating in Kesseln von Braunkohlekraftwerken bereits Verwendung finden. Ein weiteres typisches Anwendungsfeld umfasst das erleichterte Abrutschen von Aschen in Elektrofiltern oder auch den Materialfluss in Kalkhydratsilos. Dieser Typ Coatings der ItN wird bereits industriell eingesetzt und ist dem Laborstatus entwachsen. Als anhaftungsvermeidendes Material fungiert dabei immer hexagonales Bornitrid (BN), auch als weißer Graphit bekannt, das von den meisten Lösemitteln, Metallschmelzen und flüssigen Aschen nicht benetzt wird.

Hexagonales Bornitrid ist weich und muss daher in eine harte abrasionsstabile Matrix eingebettet werden, um Abriebfestigkeit zu gewährleisten. Eine solche Matrix besteht typischerweise aus Korund oder SiO₂, TiO₂ oder anderen Silikaten; als Binder können Gläser oder auch nanoskaliges Zirkondioxid verwendet werden

Eine typische Zusammensetzung kann der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1 : Zusammensetzungs-Eigenschaftsprofil von Antihafbeschichtungen für Hochtemperaturanwendungen (bis 850 °C) für Anwendungen in Verbrennungskesseln von Kohlekraftwerken

Eigenschaft	Material
Lösemittel	Wasser
Antihaf	h-Bornitrid
Stabilität	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiO ₂ , MgO (mikroskalig)
Binder	Siloxan/Nano ZrO ₂ -Binder/Glasfritte
Schichtdicke	80 – 150 µm (trocken)

Vorstehend beschriebene Beschichtungssysteme werden in Kohlekraftwerken in den folgenden Bereichen eingesetzt, wobei in den meisten Coatings Nanopartikel eingesetzt werden. Diese Bereiche umfassen sowohl den heißen Bereich als auch die kalte Seite eines Kraftwerks.

Tabelle 2: Typische Einsatzgebiete von Antihaf coatings für Kohlekraftwerke

Effekt	Nanopartikel	Funktion der Nanopartikel	Einsatzgebiet im KW
Vermeidung von Anhaftungen von Asche und Schlacke	h-BN, n-ZrO ₂ , nanoskaliges Glas	tieftemperaturhärtender Binder; Antihafteigenschaften	Kessel (Überhitzer, Wandheizflächen); Ausmauerungen
verringertes Wandreibungswinkel; Vermeidung von Verstopfungen; erleichtertes Abrutschen	h-BN; n-TiO ₂	Füllstoff; Antihafteigenschaften	Silos, Vorratsbehälter für Schüttgüter; Elektro- und Gewebefiltertrichter
Vermeidung von Anbackungen von Salzen	h-BN; n-TiO ₂ ; Aluminiumsilikate	Füllstoff; Antihafteigenschaften	DaGaVo; Wärmetauscher
Vermeidung von Korrosion und Salzanbackungen	h-BN; n-Al ₂ O ₃ ; fluorhaltige Werkstoffe; n-ZrO ₂	Füllstoff; Antihafteigenschaften	kalte Seite z.B. Abgasreinigung, Absorber in REAs usw.
Vermeidung von Verockerung und Kristallisationsfouling	h-BN; n-Al ₂ O ₃ ; n-ZrO ₂	Füllstoff; Antihafteigenschaften	Pumpen im Tagebau

Bild 3 zeigt ein Testfeld in einem Braunkohlekraftwerk, welches zwei Jahre lang einen wirkungsvollen Schutz gegen aschebedingte Anhaftungen gezeigt hat.



Bild 3:

Testfeld an den Wandheizflächen eines rheinischen Braunkohlekraftwerks

Bisher kommerziell verfügbare Produkte der ItN Nanovation AG im Kohlekraftwerksbereich basieren auf diesen bornitridhaltigen Einschichtsystemen auf keramischer Basis. Alle kommerziell von ItN erhältlichen Systeme sind jedoch nicht gasdicht d.h. sie sind porös und gasförmige Bestandteile des Abgases wie Sauerstoff oder Chlor bzw. Chlorwasserstoff können durch die Schicht hindurch zum Stahl des zu beschichtenden Rohres gelangen und den Stahl durch Verzunderung (Oxidation mittels Sauerstoff) oder durch Chlorkorrosion schädigen. Vor allem die Unterwanderung führt dazu, dass Chlorverbindungen mit dem Eisen des Stahls reagieren können und flüchtige Eisenchloride bilden, die sich rauchgasseitig zu Eisenoxiden oder ggf. Eisensulfaten umwandeln und dabei die aggressiven Chlorverbindungen wieder freisetzen können.

Die Entwicklung und großtechnische Erprobung eines marktreifen gasdichten keramischen Systems für Verbrennungsanlagen (Abfall und Biomasse) sollen das wesentliche Ziel des vorgestellten Projektes sein. Die zu entwickelnde Beschichtung wird dabei als Zweischichtsystem mit einem gasdichten Primer (rohrseitig) und einem Antihaft-Topcoat konzipiert werden und soll den destruktiven Kreislauf der Chlorkorrosion stark behindern und ggf. sogar vermeiden.

Erste Labortests der Abfall- und Biomasse-Coatings zeigen eine vielversprechende Entwicklungsrichtung und vor allem Chlorwasserstoffresistenz (Bild 4). In diesen kleinvolumigen Laboransätzen hat sich das chemische Konzept prinzipiell bewährt.

Die beiden folgenden Bilder zeigen exemplarisch die Schutzwirkung einer solchen Beschichtung im Labor verglichen mit einer unbeschichteten Oberfläche. Beide Rohre waren für vier Wochen konzentrierter HCl-Atmosphäre in einem Laborversuch ausgesetzt.

Das beschichtete Rohr auf der rechten Seite ist durch eine an Luft (21 % Sauerstoff) getemperte Aluminiumprimerschicht geschützt und zeigt nunmehr Resistenz gegen feuchte Chlorwasserstoffatmosphäre.



Bild 4:

Laborversuch zur Gasdichtheit und Inertheit gegen gasförmigen Chlorwasserstoff

Auch das Anhaften von Anbackungen konnte im Labor deutlich unterdrückt werden. Bisher jedoch hat sich insbesondere bei der Korrosionsvermeidung noch kein System vollständig unter Praxisbedingungen bewährt. Es wurden auch nur sehr wenige technische Untersuchungen diesbzgl. durchgeführt, da nur sehr eingeschränkt Tests in realen Anlagen durchgeführt werden konnten. Eine wissenschaftliche Begleitung durch ein Institut ist bisher ebenfalls noch nicht erfolgt.

Für Abfallverbrennungs- und Biomasseanlagen gibt es somit momentan noch keine marktreifen Systeme mit ausreichender Standzeit von mindestens zwölf Monaten und einem entsprechenden wissenschaftlichen Verständnis.

Entwicklungsziel des Projektes ist somit die Identifizierung und Bereitstellung einer keramischen Beschichtung, applizierbar auf Wärmetauscherrohren oder Feuerfestmaterialien von müll- oder biomassegefeuerten Kesseln, die die entsprechenden Oberflächen einerseits vor Korrosion und andererseits vor Anbackungen

schützen soll. Die Standzeit der Beschichtung soll dabei mindestens zwölf Monate betragen. Ein wesentliches Ziel soll die Übertragung von vielversprechenden Laborergebnissen auf eine reale Anlage mit realen Bauteilen und Problemen unter Betriebsbedingungen darstellen.

Zur Vermeidung der Korrosion ist jedoch vorstehend beschriebenes reines Einschichtsystem für Kohlekraftwerke mit Non-stick-Eigenschaften wie erwähnt nicht ausreichend; unter die hochgefüllte Antihafbeschichtung, die immer eine gewisse Porosität aufweist, muss eine im Projekt zu entwickelnde chemisch inerte wasserbasierte gasdichte Primerschicht aufgebracht werden. Dies kann durch metallisches Aluminium in einer verglasenden oder keramischen Matrix geschehen.

Aluminium reagiert bei Temperaturen $> 300\text{ °C}$ unter Volumenexpansion mit Sauerstoff zu Aluminiumoxid, welches gasdicht und chemisch inert gegen Chlor und Salzsäure/Chlorwasserstoff vorliegt. Chlorverbindungen könnten somit vom Eisen des Metallrohrs weggehalten und Korrosion könnte verhindert werden. Das Prinzip des oxidierenden Aluminiums als Korrosionsschutz ist aus den Verzunderungsschutztechniken der Stahl- und Automobilindustrie bekannt.

ItN möchte somit im Rahmen des Projektes die vorhandene Beschichtungstechnologiebasis deutlich weiter verbessern und zur Marktreife für Abfall- und Biomasseanlagen entwickeln, applizieren und im Betrieb einer realen Anlage mehrfach und wiederholt testen. So sollen verschiedene Beschichtungszusammensetzungen bzgl. ihrer Leistungsfähigkeit nebeneinander erprobt und anschließend untersucht werden. Die Oxidation des Aluminiums im gasdichten Primer soll durch den Zusatz von Katalysatoren und Oxidationsmitteln unterstützt werden, da der im Kessel herrschende Sauerstoffgehalt nicht zur vollständigen Oxidation ausreicht. Die Funktionsweise der Beschichtung soll darüber hinaus durch ein spezielles IR-Kamerasystem der HTW des Saarlandes (IPP Institut; Professor Gierend) beobachtet und analysiert werden.

Ergebnisse aus Voruntersuchungen deuten darauf hin, dass die vollständige Oxidation des Aluminiums unter Realbedingungen in einer Anlage nicht sichergestellt werden kann. Man konnte daher noch keine praxistaugliche gasdichte, und nicht unterwanderbare Schicht im Kessel erhalten. Gründe liegen in der geringen Sauerstoffmenge (2 % bis 6 %) und einer möglichen Interaktion der Beschichtungen mit Abgasbestandteilen. Auch das Anfahren eines realen Kessels entspricht nicht dem Versintern unter Laborbedingungen in einem Laborkammerofen. Die Laborergebnisse konnten somit in der Praxis bisher noch nicht bestätigt werden. Ziel des Projekts soll es sein, die Ergebnisse aus dem Labor erfolgreich in die reale Anlage zu übertragen. Dazu sind Entwicklungsarbeiten im Labor notwendig.

Hierzu sollen Oxidationsmittel oder entsprechende Katalysatoren in die Primerschicht eingebracht werden, die Aluminium chemisch oxidieren können und somit eine gasdichte Schicht zur Verfügung stellen. Dies unterscheidet den Ansatz von den bisher durchgeführten Labortests, die nur Aluminium enthielten, das thermisch mit Sauerstoff oxidiert wurde. Als mögliche Zusatzstoffe kommen Peroxide oder Übergangsmetalloxide wie Eisenspinelle usw. in Frage.

Auf diesen gasdichten Primer (mit Katalysator bzw. Oxidationsmitteln) soll eine feuerfeste Antihafbeschichtung aufgebracht werden, die Ascheanhaftungen minimiert. Auch diese feuerfeste Antihafdeckschicht muss weiter optimiert und insbesondere bezüglich der Haftung auf den darunter befindlichen Primer abgestimmt werden. Bei beiden Systemen sollen darüber hinaus alternative Binderkonzepte wie z.B. Wasserglas oder Phosphatfritten oder auch andere inerte Füllstoffe wie SiC oder Kaolinit eingebracht werden.

Der Kohlenstoffgehalt aus den Additiven des bereitzustellenden Zweischichtsystems soll so gering wie möglich gewählt werden, da Kohlenstoff bzgl. thermischer Oxidation in Konkurrenz zum ebenfalls zu oxidierenden Aluminium treten könnte. Unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffs führt zu rissigen und weichen Beschichtungen.

Die Beschichtungssysteme sollen als Opferschicht (Bild 5) konzipiert werden; d.h. sie sollen nicht die Lebensdauer der Rohre oder des Kessels halten, sondern maximal zwölf Monate. Sie werden daher im Betrieb mit der Zeit abgetragen und müssen in regelmäßigen Abständen erneuert werden. Das Prinzip einer Opferschicht kann man folgendem Bild entnehmen.

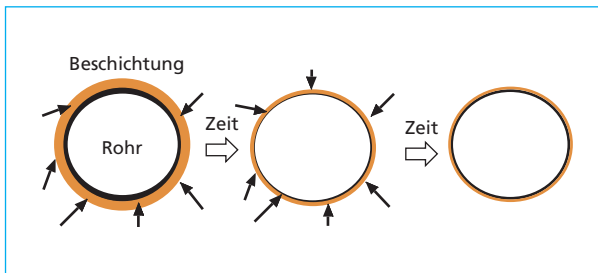


Bild 5:
Prinzipskizze einer Opferschicht

Die Beschichtungssysteme sollen bei Stillständen vom Team von ItN appliziert und bei darauffolgenden Stillständen, auch Kurzstillständen kontrolliert werden können. Der Fokus liegt dabei auf den Wärmeübergängen, verglichen mit unbeschichteten Rohren und auf einer sichtbaren Wirkung gegen Korrosion und Anbackungen. Die Beschichtungen sollen iterativ aufgebracht werden, so dass verschiedene Entwicklungsstufen in unterschiedlichen Kesseln untersucht werden können.

Für die Testbeschichtungen sind ein Einrüsten sowie eine gründliche Untergrundvorbehandlung durch Sandstrahlen (SA 2.5) notwendig. Durch die Untergrundvorbehandlung wird die Oberfläche aktiviert, um eine feste Verzahnung der Beschichtung mit dem Substrat zu erreichen. Die Beschichtung selbst wird durch eine Airless-Sprühtechnik aufgebracht (Bild 6) und muss über Nacht an Umgebungsbedingungen getrocknet werden. Das Coating verfestigt sich automatisch beim Hochfahren des Kessels und muss nicht separat ausgehärtet werden.

Bei Kesselstillständen sowie bei Revisionen sollen die Testflächen von den Projektpartnern begutachtet werden können; eine Analyse der Beläge sowie Schiffe der Rohre im Labor sind ebenfalls vorgesehen.



Bild 6:

Beschichtungsvorgang mittels Airless-Technik auf zuvor sandgestrahlten Rohren

Wärmetauscheroberflächen könnten bei Projekterfolg vor Verbrennungsrückständen (Anbackungen) und Korrosion geschützt werden, was zu längeren Laufzeiten und verbesserter Effizienz von Biomasse- und Abfallanlagen führt.

Bei positivem Projektverlauf, d.h. der erfolgreichen Entwicklung einer korrosionsverlangsamenden und abreinigungserleichternden Beschichtung mit einer Standzeit von mindestens zwölf Monaten ist vorgesehen, diese Beschichtung direkt in die Abfall- und Biomasseanlagen zu implementieren und deren Standzeit und Korrosionsanfälligkeit zu verbessern. Die Beschichtung könnte letztendlich die Revisionszeiten verringern, die Abzehrrate der Wärmetauscherrohre minimieren und die Instandhaltungskosten senken helfen. Insofern ist vorgesehen, die Projektergebnisse direkt in die Instandsetzungszyklen von Biomasse- und Abfallanlagen zu implementieren.

Forschungsprojekt gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft und Technologie im Rahmen des *Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)*

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.