

Optimierte Heizflächenreinigung durch den Einsatz pneumatischer Klopfvorrichtungen

Christian Mueller, Alexander Haug, Manfred Frach, Marc Tirschleit und Thomas Gradwohl

1.	Einleitung	349
2.	Verfahrenstechnische Herausforderungen der Kesselreinigung	350
3.	Entwicklung eines effizienten pneumatischen Einzelklopfzylinders	350
3.1.	Aufbau und Funktion des pneumatischen Einzelklopfzylinders.....	350
3.2.	Leistungsdaten des pneumatischen Klopfzylinders	352
4.	Problemlösung durch Kombination effizienter pneumatischer Einzelklopfer mit Prozesswissen und Systemkompetenz.....	353
5.	Zusammenfassung und Ausblick.....	354
6.	Literatur.....	355

Verschmutzte Heiz- und Reaktionsflächen beeinträchtigen die Reisezeit und Effizienz von Anlagen zur thermischen Verwertung von Abfällen sowie Rest- und Ersatzbrennstoffen. Die lokale Verschmutzung unterliegt dabei zahlreichen Einflussgrößen des Gesamtprozesses, und ihre Entfernung erfolgt durch den bedarfsgerechten Einsatz von Reinigungssystemen. Dieser bedarfsgerechte Einsatz ergibt sich hierbei aus der gezielten Detektion kritischer Verschmutzungen mittels sensorbasierter Diagnosesysteme sowie der Abreinigung mittels adäquater Reinigungssysteme. Für Letztere haben sich hier für Leerzüge Sprühereinigungssysteme etabliert, die entsprechend des Kesselaufbaus durch Rußbläsertechnik ergänzt werden können. Im Bereich der Horizontalzüge stellen pneumatische Einzelklopfer heute den Stand der Technik dar. Innovative Einzelklopfer von Norgren kombiniert mit dem Prozess- und Systemwissen von Clyde Bergemann erlauben die Auslegung und Installation von pneumatischen Einzelklopfsystemen mit bisher bis zu 350 Einzelklopfern. Diese effizienten Einzelklopfsysteme sind charakterisiert durch geringen Druckluftverbrauch, einstellbare Schlagenergien von bis zu 125 Joule sowie die Möglichkeit der selektiven Reinigung von Konvektivheizflächen. Die bereits in einer Vielzahl von Installationen bewiesene Leistungsfähigkeit dieser Einzelklopfsysteme wird in der unmittelbaren Zukunft weiter durch die Kombination mit sensorbasierten Prozessdiagnosesystemen erhöht.

1. Einleitung

Häufigste Ursache für reduzierte Prozesseffizienz und ungeplante Anlagenstillstände in Abfallverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoffanlagen sind Aschebeläge auf den Heiz- und Reaktionsflächen. Die Belagsbildung unterliegt zahlreichen Einflussgrößen des Gesamtprozesses und führt entlang des Abgasweges zu Belägen unterschiedlichster chemischer und physikalischer Ausprägung, die zudem brennstoff- und lastbedingt variieren können.

Hieraus leitet sich ab, dass ein nachhaltiger Beitrag eines On-load Abreinigungssystems nur dann gewährleistet ist, wenn geeignete Reinigungssysteme zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund stellen heutzutage Abreinigungssysteme zur gezielten Reduzierung der Verschmutzung der Wärmetauscherflächen einen wesentlichen Bestandteil einer Kesselanlage dar und entscheiden maßgeblich über Wirkungsgrad und Verfügbarkeit der Gesamtanlage. In diesem Zusammenhang nehmen Sprühreinigungssysteme für Leerzüge sowie pneumatische Einzelklopfsysteme für Horizontalzüge eine herausragende Stellung ein, um der Bandbreite der Belageigenschaften, von leicht und staubförmig bis hin zu kompakt und klebrig, gerecht zu werden.

Neben der Auswahl adäquater Reinigungssysteme ist deren zielgerichtete Steuerung über die folgenden Zielgrößen maßgeblich für den Reinigungserfolg verantwortlich:

Wo muss gereinigt werden?

Wie muss die Reinigungsintensität gewählt werden?

Wann muss gereinigt werden?

Die Steuerung über diese Größen gewährleistet, dass die Kesselreinigung bedarfsorientiert zum Einsatz kommt und nicht der herkömmlichen Zeitsteuerung unterliegt [1]. Abgestimmt mit anlagenspezifischen Prozessdaten ist zudem gewährleistet, dass sich die Kesselreinigung flexibel auf Brennstoff- und Lastsituation einstellen lässt [2, 3].

2. Verfahrenstechnische Herausforderungen der Kesselreinigung

Bei der Verbrennung werden die anorganischen und mineralischen Komponenten des eingesetzten Brennstoffs Temperaturen ausgesetzt, bei der sie je nach Zusammensetzung aufschmelzen und sich im Feuerraum und den Leerzügen als Aschebeläge ansammeln. Auf ihrem weiteren Weg durch den Kessel, bleiben Aschepartikel zudem im Überhitzer- und Economizerbereich als Ablagerungen zurück. Hier ist die Entstehung von Ablagerungen neben der chemischen Zusammensetzung der Asche und dem Abgas temperaturprofil, das direkt die Temperatur der Aschepartikel beeinflusst, vor allem von der Abgasströmung und dem Strömungsverhalten der im Abgas mitgeführten Partikel abhängig. Die Belagsbildung ist somit zahlreichen, kontinuierlich schwankenden Einflussgrößen unterworfen und die Auswirkungen der damit verbundenen instationären und inhomogenen Belagssituation bedürfen der besonderen Aufmerksamkeit zur Gewährleistung eines sicheren und effizienten Anlagenbetriebs.

Aufgrund der Vielzahl der Einflussfaktoren und ihrer Abhängigkeiten untereinander kann es keine globale, einmal festgelegte und allzeit gültige Reinigungsstrategie geben. Verfahrens- und prozesstechnisches Wissen ist daher unabdingbar, um eine Kesselreinigung bedarfsorientiert und damit intelligent ausführen zu können. Zudem sind Kenntnisse zum Aufbau technischer Reinigungssysteme bestehend aus Einzelkomponenten und deren Integration in Anlagengesamtkonzepte notwendig.

3. Entwicklung eines effizienten pneumatischen Einzelklopfzylinders

3.1. Aufbau und Funktion des pneumatischen Einzelklopfzylinders

Die Kompetenz für die heutigen, speziell mit Fokus auf den Bereich Abfallverbrennung entwickelten Klopfzylinder wurde mit der Baureihe Norgren M/3000 schon vor über vierzig Jahren geschaffen. Diese bewährten Schlagzylinder wurden in einem ersten Schritt als eine

kostengünstige Alternative für eine Vielzahl von Pressanwendungen, in denen üblicherweise Fallhammer, Spindel-, Schwung- oder Kurbelpressen eingesetzt wurden, eingesetzt. Heutzutage profitieren viele Anwendungen vom Einsatz dieses robusten und korrosionsbeständigen Schlagwerks, das mit hohen Schlaggeschwindigkeiten und Schlagenergien bis 253 Joule ein optimales Werkzeug darstellt. Die Anwendungen in Abfallverbrennungsanlagen, sind insbesondere bei Klopfwagensystemen und an Einzelklopfstellen zu finden.

Basierend auf den Erfahrungen und Eigenschaften der doppeltwirkenden Zylinderbaureihe wurden konsequent neue Generationen von Schlagzylindern speziell für den Einsatz in Abfallverbrennungsanlagen mit dem Ziel einer optimalen Abreinigung des Dampferzeugers entwickelt. Das Reinigungsziel der neuen Klopfzylindergenerationen, X-ABB und SPCH/080003, wird mit einer optimalen Impulsübertragung der erzeugten Kräfte auf die Harfen erreicht, wobei jede Schlagstelle am Dampferzeuger mit einem separaten Klopfzylinder ausgerüstet ist. Der neue einfachwirkende SPCH/080003 stellt mit seiner einzigartigen Konstruktion und Wirkungsweise zur Gewährleistung eines optimalen Abreinigungsprozesses und der damit verbundenen Erhaltung eines hohen Gesamtwirkungsgrades der Anlage zurzeit das Optimum am Markt dar.

Bei der Entwicklung wurde das Hauptaugenmerk auf den Schlagzylinderwirkungsgrad, die Reduzierung des Einbauvolumens und des Gewichts, die Langlebigkeit und die Wartungsfreundlichkeit gelegt. Hierbei konnte eine Reduzierung des Luftverbrauches von etwa 50 l/Schlagzyklus auf etwa 5 l/Schlagzyklus realisiert werden, welches im Betrieb eine Einsparung der Energiekosten von 90 % bedeutet. Zudem kann das in den meisten Anlagen vorhandene Druckluftnetz mit einer Luftgüte von gefiltert 40 µm verwendet werden.

Der Schlagzylinder entfaltet bei einem anstehenden Druck von 7,5 bar seine maximale Schlagenergie von 125 Joule (Bild 1), welche zu überzeugenden Ergebnissen bei Abreinigung der Wärmetauscherflächen führt. Die Schlagenergie kann hierbei über den Druck stufenlos und flexibel auf die Erfordernisse am jeweiligen Einbauort individuell eingestellt werden.

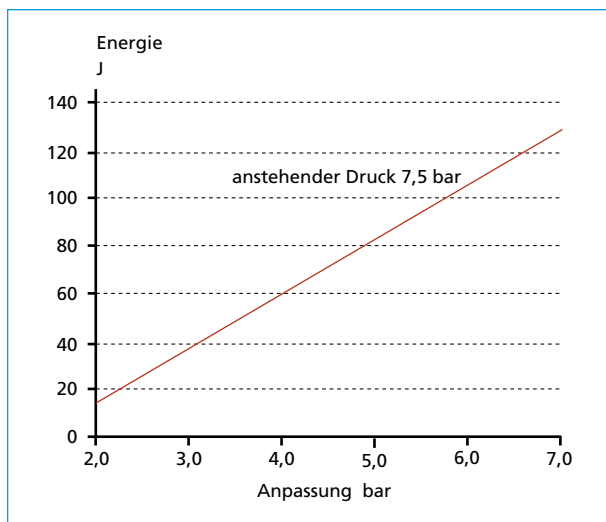


Bild 1:

Schlagenergie des Klopfzylinders

Eine weitere hervorzuhebende Eigenschaft ist die Kraftkompensation, welche das Schwingungsverhalten der abzureinigenden Harfe unterstützt. Diese Entwicklung stellt eine deutliche Verbesserung zu einem Standardzylinder dar, bei dem durch das im Innenraum

befindliche Restdruckniveau der Zylinderkolben sich gegen die Harfe pressen kann und somit der Eigenoszillation entgegenwirkt. Das Ergebnis dieser Entwicklung ist das ungedämpfte Schwingen der Harfen und Wirken der Kräfte (Bild 2).

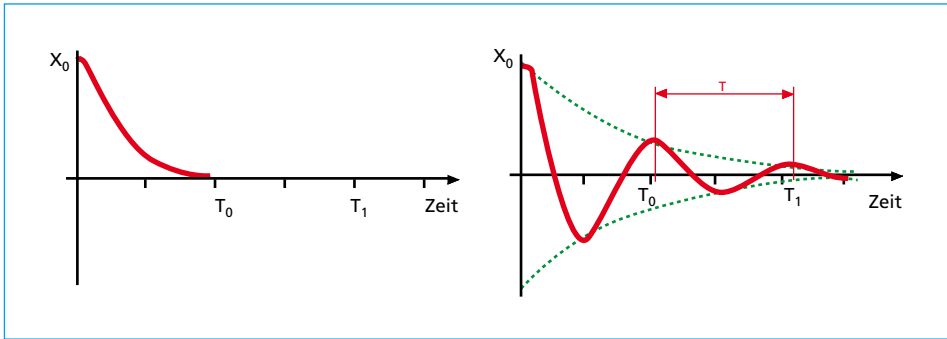


Bild 2: Schwingungsverhalten der Harfen ohne und mit Kraftkompensation

Durch Verwendung von doppelwirkenden Zylindern für die genannte Anwendung in Abfallverbrennungsanlagen hat bis zum heutigen Tag vielfach die Gefahr bestanden, dass diese sich im Betrieb bei fehlenden Anschlagpunkten über die Zeit selbst beschädigten und sogar zerstörten. Diese Beschädigung kann sich z.B. nach Verschleiß eines Schlagstößels, der die Verbindung des Kolbens zu dem Sammlerboden darstellt, und dem damit verbundenen Wegfall eines Anschlagpunkts und resultierenden Schlagens ins Leere einstellen. Bei diesem Vorgang muss die gesamte anstehende Energie vom Zylinder selbst getragen und absorbiert werden. Um dem entgegenzuwirken und um die Lebenszeit deutlich zu verlängern, wurde der neue Klopfzylinder mit einem Selbstschutz ausgerüstet. Ist die Endlage erreicht erhält der Anwender über eine Verschleißanzeige ein optisches Signal.

3.2. Leistungsdaten des pneumatischen Klopfzylinders

Verschiedene Feld- und Laborversuche mit Messreihen zum Vergleich von Fallhammer und pneumatischem Klopfzylinder wurden durchgeführt. U.a. wurden an einer Harfe mit 2.530 mm Breite und 7.250 mm Höhe sowie vorderer und hinterer Rohrreihe 36 Messpunkte zur Beschleunigungsmessung angeschweißt.

An den Messpunkten wurde durch Beschleunigungssensoren sowohl in X- (Schlagrichtung) als auch Y-Richtung (quer zur Schlagrichtung) das Beschleunigungsverhalten der Harfe mit Rohrbündeln bei einem auftreffenden Schlagimpuls gemessen.

In Bild 3 ist die Beschleunigungsverteilung über die Harfe in X- und Y-Richtung durch einen Fallhammerimpuls mit 6,4 kg dargestellt.

Die maximale Beschleunigung wird am Schlagpunkt in der rechten unteren Ecke erreicht und verteilt sich kontinuierlich abnehmend über die gesamte Harfe. Bedingt durch die mechanische Charakteristik einer Harfe kann es an verschiedenen Stellen dabei zu erhöhten (Überlagerungen) und auch verringerten Werten (Absorptionen) kommen.

In Bild 4 ist die Beschleunigung der Harfe nach einem Schlag durch den neuen pneumatischen Klopfzylinder dargestellt. Bei dem Vergleich der Messergebnisse für den Klopfzylinder (Bild 4) mit den Messergebnissen für den Fallhammer (Bild 3) ist deutlich erkennbar, dass die Beschleunigung der Harfe durch den Klopfzylinder an der Schlagstelle mit 24.000 m/s^2

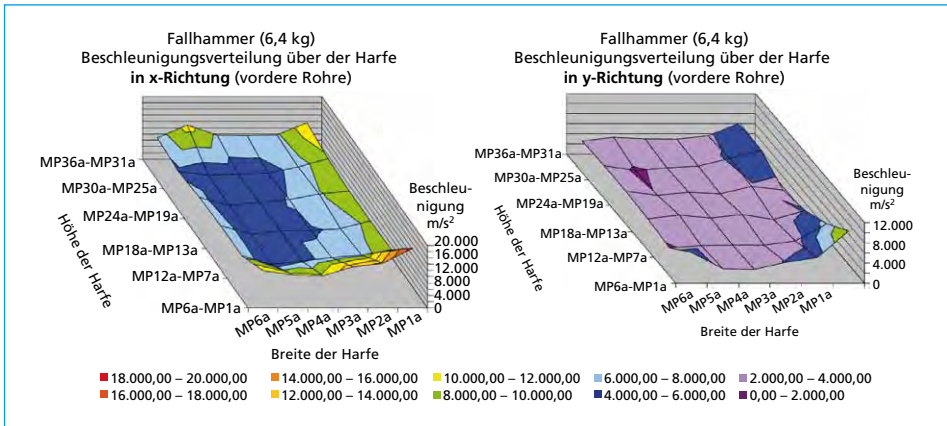


Bild 3: Beschleunigungswerte über die Harfe, Schlagrichtung x und y, Fallhammer 6,4 kg

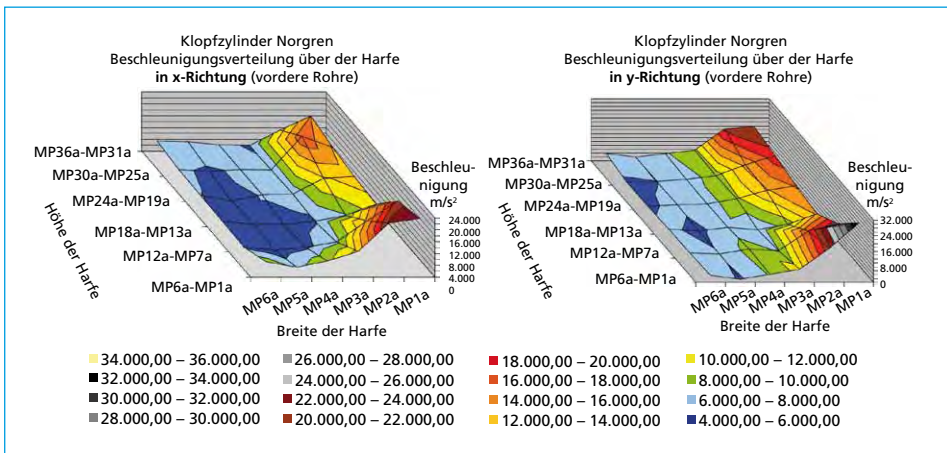


Bild 4: Beschleunigungswerte über die Harfe, Schlagrichtung x und y, Norgren Klopfcylinder SPCH/080003

in x-Richtung und etwa 36.000 m/s² in Y-Richtung fast doppelt so groß ist, wie die Beschleunigung durch den Fallhammer. Entsprechend wirkungsvoller ist auch die Abreinigung der Harfe durch einen etwa zweifach höheren Impuls durch den pneumatischen Klopfcylinder. In weiteren Untersuchungen hat sich eine Verstärkung des Impulses vom konventionellen zum neu entwickelten Schlagzylinder von 40 % eingestellt. Hieraus kann direkt auf eine deutliche Verbesserung des Reinigungsergebnisses geschlossen werden.

4. Problemlösung durch Kombination effizienter pneumatischer Einzelklopfer mit Prozesswissen und Systemkompetenz

Mit dem neuen Klopfcylinder als Schlüsselkomponente wurde ein pneumatisches Einzelklopfsystem für die effiziente Abreinigung von Heizflächen insbesondere in horizontalen

Kesselzügen zur Erstausrüstung bei Neuprojekten und zum Umbau von vorhandenen Abreinigungssystemen in bestehenden Abfallverbrennungsanlagen entwickelt (Bild 5). Das Klopfsystem hat sich in diversen Referenzprojekten, welche bis zu 350 Schlagstellen je Kessel aufweisen, bewährt und stellt aktuell den Stand der Technik dar. Hauptziel ist der Erhalt eines hohen Gesamtwirkungsgrades des Verdampfers, Überhitzers und Economizers sowie der Maximierung der Reisezeit.



Bild 5: Klopfzylinder im Einbauzustand

Im Detail besteht das Klopfsystem aus Klopfzylindern zur individuellen Einzelklopfung. Hierbei ist jede Schlagstelle, welche entweder vom Kesselbauer oder von Clyde Bergemann definiert wird, mit einem Schlagmodul ausgerüstet. Die formschlüssige Anbindung der Klopfzylinder erfolgt dabei über spezielle, an der Kesselwand angeschweißte Flansche, welche keine Sperrluft benötigen. Die zumeist in Gruppen eingeteilten Klopfzylinder werden aus einem projektspezifisch ausgelegten Schaltschrank über in der Industrie vielfach bewährten, hochwertigen Ventilinseln angesteuert. Dem Anwender bietet sich hierbei die Möglichkeit einer bedienerfreundlichen und flexiblen Klopfwiederholung der Einzel- und Gruppenklopfstellen über BUS- oder LWL-Anwahl direkt von der Leitwarte oder über ein Touch Panel am Schaltschrank. Da jede Schlagstelle mit einem Einzelzylinder ausgerüstet ist, erfolgt bei Ausfall einer Schlageinheit, beispielsweise bei starkem Verschleiß der Schlagstößel in der Kesselwand, lediglich eine geringe Prozessstörung und kein Komplett- oder Teilstillstand des Systems. Zur Identifikation der Störung, zu Reparaturzwecken und Wartungsarbeiten kann der Zylinder zu jeder Zeit gefahrlos und in kürzester Zeit demontiert werden.

Während der Inbetriebnahmephase erfolgt die Klopfstellenansteuerung mit einem anlagenspezifischen Standard hinsichtlich der Schlagzyklen und -parameter. Die Optimierung kann dann z.B. in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden durch gezielte Beobachtung der Anlage erfolgen. Hierbei werden die hinterlegten Schlagzyklen und Schlagparameter individuell an den Verschmutzungsgrad der verschiedenen Rohrbündel direkt am Klopfzylinder eingestellt. Eine innovative Alternative zu dieser Vorgehensweise stellt die individuelle Steuerung der jeweiligen Klopfzylinder über sensorbasierte Optimierungs- und Überwachungssysteme dar [1]. Mittels dieser selektiven Reinigung von konvektiven Heizflächen kann die Effizienz des Reinigungssystems nochmals nachhaltig gesteigert werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die zielgerichtete Reinigung von verschmutzten Heizflächen in Abfallverbrennungsanlagen zur Effizienzsteigerung und Verlängerung der Reisezeit erfolgt heute durch den bedarfsgerechten Einsatz von Reinigungssystemen. Hauptbestandteil dieser Reinigungssysteme sind in jedem Fall effiziente Schlüsselkomponenten, Prozesskenntnisse und Systemkompetenz.

Für die Reinigung konvektiver Heizflächen von Abfallverbrennungsanlagen besteht ein solches Reinigungssystem aus bis zu 350 innovativen pneumatischen Einzelklopfern der Norgren GmbH sowie einer Automatisierungslösung und der Prozess- und Systemkompetenz der Clyde Bergemann GmbH.

Intensive Feldversuche haben zur Entwicklung des hocheffizienten Einzelklopfers geführt, der durch geringen Druckluftverbrauch, einstellbare Schlagenergien von bis zu 125 J sowie die Möglichkeit der selektiven Reinigung gekennzeichnet ist. Die Effektivität, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit dieses neuen Einzelklopfzylinders sowie seine Eignung als Schlüsselkomponenten in einem effizienten Reinigungssystem ist bereits in einer Vielzahl von Abfallverbrennungs- und Ersatzbrennstoffanlagen eindeutig nachgewiesen worden.

Die Leistungsfähigkeit dieser beschriebenen Reinigungssysteme wird in unmittelbarer Zukunft weiter durch die Kombination mit sensorbasierten Prozessdiagnosesystemen erhöht.

6. Literatur

- [1] Mueller, C.; Frach, M.; Mußmann, B.; Schumacher, M.: Direkte Messung und dynamische Softwarealgorithmen – ideale Kombination für erhöhte Dampferzeugereffizienz, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, Berlin, 2010
- [2] Beckmann, M.; Rostkowski, S.: Optimierung von Biomasse- und Abfallverbrennungsanlagen durch Monitoring. In: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M. (Hrsg.): Energie aus Abfall – Band 7. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2010, S. 3-18
- [3] Beckmann, M.; Grahl, S.; Krüger, S.; Magel, G.; Spiegel, W.: Charakterisierung von Belägen an Membranwänden von Dampferzeugern durch Wärmestromdichtemessung, Born, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion 2009. S. 31-48, Freiberg, 2009

IRS – Partner der Energie- und Abfallwirtschaft



Kesselreinigung · Hochdruckreinigung · Onlinereinigung

Vorteile, die für jeden Anlagenbetreiber unentbehrlich sind.

Wir bieten Ihnen durch unsere effektiven Reinigungsmethoden, während des Betriebs oder bei Anlagenstillstand, eine Verbesserung des Wirkungsgrades und längere Reisezeiten Ihrer Kessel bei gleichzeitiger Brennstoffersparnis. Außerdem profitieren Sie von umweltfreundlicheren Emissionswerten und kurzen Stillstandzeiten.

Wir reinigen chemisch und mechanisch:

- Kessel jeder Größe und Bauart
- Elektro/Schlauchfilter
- Luvo's und Luko's
- Kondensatoren
- Wärmetauscher
- Rauchgasreinigungsanlagen

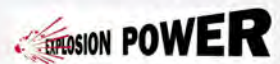
Bang & Clean:

Online Reinigung von Dampferzeugern mit dosierten, kontrollierten Gasexplosionen.

Bang & Clean das sicherste Explosionsreinigungsverfahren für Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen und Biomasseanlagen.



Lieferung, Montage und Wartung von Explosionsgeneratoren EG10 zur kontinuierlichen Kesselreinigung.



Steigerung der Verfügbarkeit und Anlageneffizienz, ein Beitrag zur CO2 Verminderung, sowie Verkürzung und Vermeidung von Anlagenstillständen.

