

Żerdziny 19.08.2014

Funktionsbericht über die Reinigung des Abhitzekessels basierend auf Stoßwellengeneratoren

In der Firma Petrochemia-Blachownia S.A. wurde 2010 eine Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure (IOKS) und zugehörige Nebeninstallationen in Betrieb genommen. Diese Anlage wurde auf Technologiebasis von der Dänischen Firma Haldor Topsøe gebaut. Zweck der Anlage ist die Herstellung von über 97,5%-Schwefelsäure aus einer Nachraffinademischung und Benzolvorfraktion. Die Nachraffinademischung ist ein Halbprodukt, der beim raffinieren von Säurefraktion BT (Benzen, Toluol) entsteht. Sie besteht hauptsächlich aus nicht durchreagierte Schwefelsäure und organischen Verbindungen (z.B. Sulfonsäuren organischer Verbindungen, Salzen organischer Basen, Polymerprodukten und alkylierten Kohlewasserstoffen). Die Benzolvorfraktion ist ein Halbprodukt der aus Dämpfen entsteht, besteht hauptsächlich aus Parafin, Naphthen mit Siedetemperatur unter 80°C, Schwefelkohlenstoff, geringerer Menge von Benzolen und anderen niedrigsiedenden Roh-Benzolverunreinigungen. Auslegungsmenge der Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure beträgt 1358 kg/h 97,5%-Schwefelsäure.



Foto 1 Anlage zur Gewinnung von Schwefelsäure.

Das Hauptproblem, das in den ersten Monaten beim Betrieb der Anlage zum Vorschein kam, war eine enorme Verschmutzung der Rauchrohre im I. und II. Zug des Abhitzekessels. Die Rohre von der Prozessgasseite (Rauchgase) wurden systematisch mit festen Anbackungen verschmutzt, die aus Sedimenten aus Natriumsulfaten, Eisenoxiden (II und III) und anderen Salzen entstanden sind. Anbackungen mit Ablagerungen im 2. Kesselzug sind dann entstanden, wenn der Alkaligehalt in der Nachraffinademischung bei mehr als 800 ppm lag. Die Zusetzrate im 2. Zug bei den oben genannten Bedingungen war exponentiell und reichte von 1 bis 4 Tagen. Weiterhin der Zusatz von Aluminiumsulfat zu der Mischung, der die Zusetzung des 1. Zuges verlangsamen sollte, verursachte die Zusetzung des 2. Kesselzuges, was eine Verlängerung der Laufzeit der Anlage unmöglich machte.



Foto 2 Flammrohre mit Ablagerungen, die den Rauchgasfluss zum 1. Zug begrenzen.

Der 1. und 2. Zug im Abhitzekessel

Die Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure besteht aus einem Abhitzekessel, der aus 2, in Reihe geschalteten Flammrohrwärmetauscher besteht. Die Wärmetauscher sind durch einen 2000 mm langen Kanal verbunden. Die Rauchgase mit einer Temperatur von über 1200°C werden im 1. Zug (Flammrohrwärmetauscher) auf ca. 650 °C abgekühlt. Am Abhitzekessel-Austritt haben die Rauchgase eine Temperatur von ca. 300 °C, von dort werden sie zum weiteren Prozess geleitet.

Begutachtung der Abhitzekessels vor dem Einbau der Stoßwellengeneratoren.

Im Mai 2014, vor der Montage des Reinigungssystems auf der Basis der Technologie der Stoßwelle, wurde eine Kesselrevision im Hinblick auf den Verschmutzungsgrad der Flammrohre des 1. und 2. Zuges durchgeführt. Das Abstellen des Kessels zur manuellen Reinigung wurde aufgrund von vollständiger Blockierung des Rauchgasweges in der Hochtemperaturzone im 1. Zug veranlasst. Der Bereich des Rauchgaseintritts zum Abhitzekessel wurde auf dem Foto 2 und 3 gezeigt.



Foto 3 Verschmutzte Flammrohre im 1. Zug des Abhitzeessels.

Im Bereich des 2. Zuges und der Zwischenkammer wurden lose Ablagerungen auf allen Oberflächen sichtbar. Der Auslauf-Siebboden des 1. Zuges war mit einer dicken Schicht von Ablagerungen bedeckt, die jedoch den Rauchgasdurchfluss nicht behindert haben.

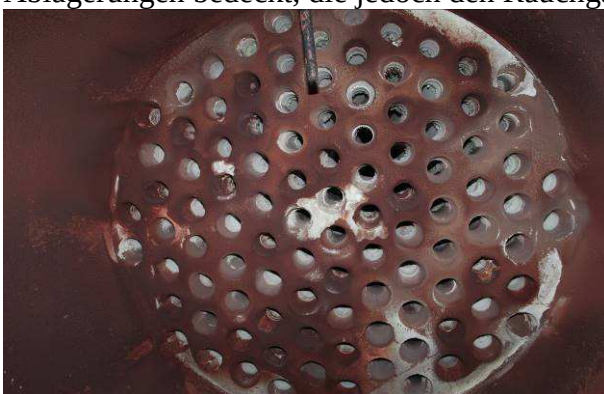


Foto 4 Dicke Schicht von losen Ablagerungen auf dem Siebboden am Auslauf des 1. Zuges.

Es wurden auch lose Ablagerungen auf den Wänden der Zwischenkammer, die den 1. und 2. Zug verbindet, beobachtet.

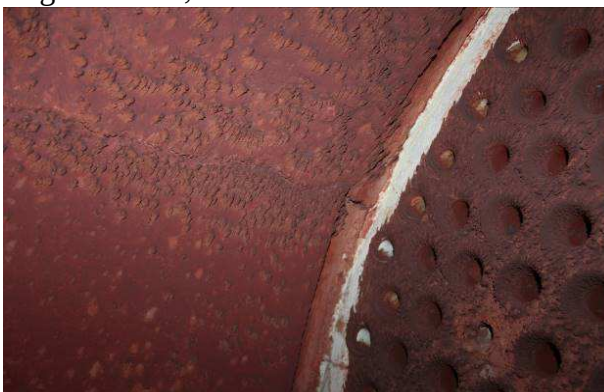


Foto 5 Mit Ablagerungen belegte Wände der Zwischenkammer die den 1. und 2. Zug des Abhitzeessels verbindet.

Im Bereich des 2. Zuges des Abhitzekekessels wurde eine dicke Ablagerungsschicht auf dem Siebboden beobachtet, die eine Beschränkung des Rauchgasdurchflusses verursachten. Die Ablagerungen waren lose und leicht entfernbar. Den Vorgang des Zuwachsens der Flammrohre verstärkte noch die Betonschicht die zum Schutz vor Hochtemperaturkorrosion auf dem metallenen Siebboden aufgebracht wurde.

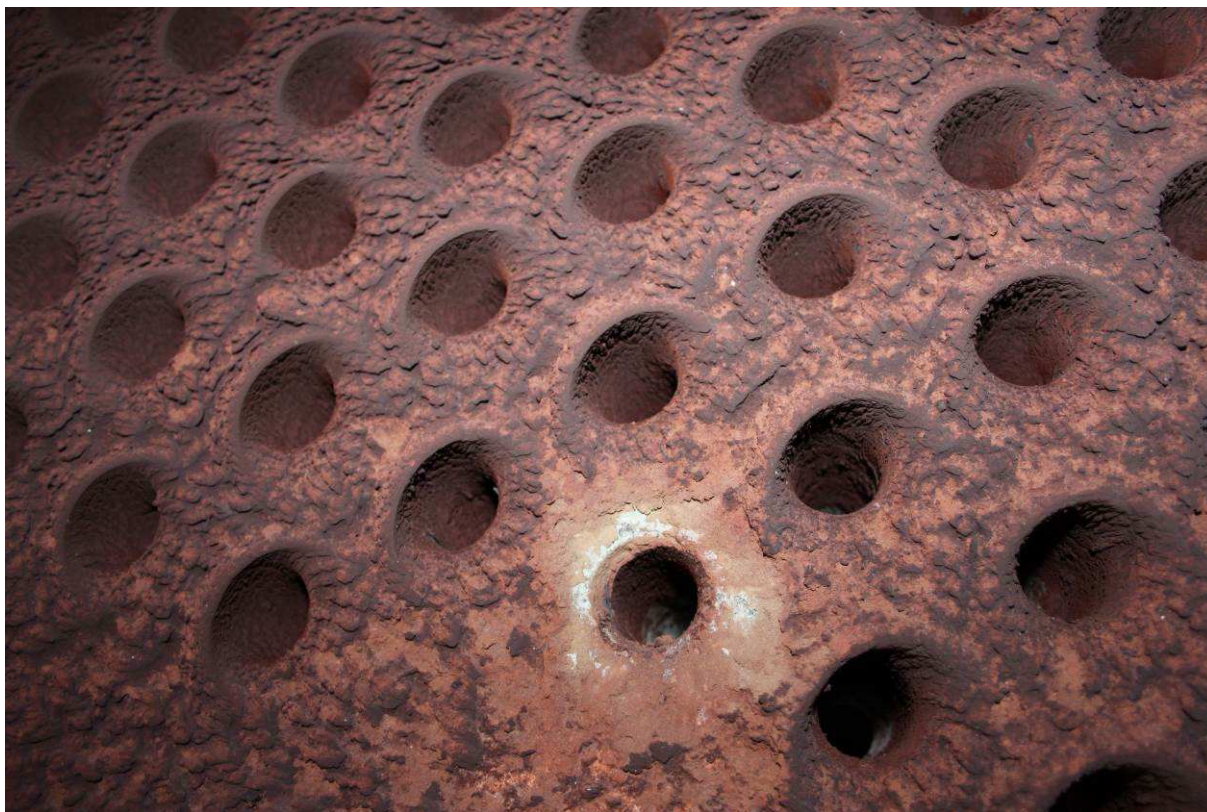


Foto 6 Eintritts-Siebboden des 2. Zuges belegt mit Ablagerungen.

Reinigungsanlage mit Stoßwellengeneratoren GFU-24/8

Im April 2014 hat Petrochemia-Blachownia S.A. eine Anfrage an die Firma EKOZUB S.A. gerichtet, bezüglich der Möglichkeit der Gangbarhaltung des 2. Zuges (Flammenwärmetauscher) des Abhitzekekessels, mit Verwendung der Stoßwellentechnologie. Nach der Vor-Ort-Begehung und Begutachtung der Ablagerungsarten wurde entschieden eine Versuchsanlage einzubauen, die die Effizienz der Stoßwellengeneratoren aufzeigen sollte. Zum Reinigen des 2. Zuges wurden am Rauchgasaustritt des Abhitzekekessels zwei Generatoren GFU-24/8 eingesetzt. Die Stoßwelle reinigt die Flammrohre im Gegenstrom. Die Generatoren werden mit Druckluft mit ca. 7,7 bar aus dem vorhandenen Kompressor versorgt. Die 2 Stoßwellengeneratoren wurden im Nachbargebäude aufgestellt. Wegen dem im Kessel auf der Rauchgasseite herrschendem Überdruck und wegen der hohen Konzentration von Schwefeltrioxid wurde zum Schutz der Rohrleitungen und der Generatoren Sperrluft eingesetzt. Die Stoßwellen wurden automatisch im Intervall von 12 Minuten erzeugt.



Foto 7 Zwei Stoßwellengeneratoren GFU-24/8 wurden im Elektrofiltergebäude eingebaut.

Die Inbetriebnahme der Reinigungsanlage mit 2 Stoßwellengeneratoren GFU-24/8 erfolgte am 23 Juli 2014. Vor der Inbetriebnahme wurden die Flammrohrwärmetauscher manuell gereinigt.



Foto 8 Eintrittsstelle der Stoßwelle auf die zu reinigende Flammrohre.

Erste Begutachtung des 2. Zuges des Abhitzekessels nach dem Einbau der Stoßwellengeneratore GFU-24/8

Nach dem ununterbrochenen 21-tägigen Betrieb wurde die Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure am 14 Juli zur inneren Revision abgestellt. Der Verschmutzungsgrad des 1. und 2. Zuges hat den weiteren Betrieb noch nicht eingegrenzt. Von den Generatoren erzeugte Stoßwellen haben die Ablagerungen von den Komponenten systematisch beseitigt, insbesondere von dem 2. Zug des Abhitzekessels. Während der Revision am 14. Juli 2014 wurde eine verminderte Menge von Ablagerungen an dem Auslauf-Siebboden des 1. Zuges sowie an den Wänden der Zwischenkammer beobachtet. Die Rauchrohre im 2. Zug waren ohne den Rauchgasdurchfluss begrenzende Ablagerungen. Auch die Druckmessungen vor und hinter dem 2. Zug des Flammrohrwärmetauschers haben keinen Widerstand im Rauchgasdurchfluss aufgezeigt. Während der Revision wurden keine Beschädigungen der Ausmauerung an den Siebböden und an den Wänden der Zwischenkammer festgestellt. Im Betrieb der Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure wurde keine Einwirkung der Stoßwelle auf die Betriebsparameter festgestellt. Wie vorhergesehen, wurde die Reinigungswirkung nicht nur am 2. Zug, sondern auch an der Zwischenkammer und an dem Austritts-Siebboden des 1. Zuges beobachtet.

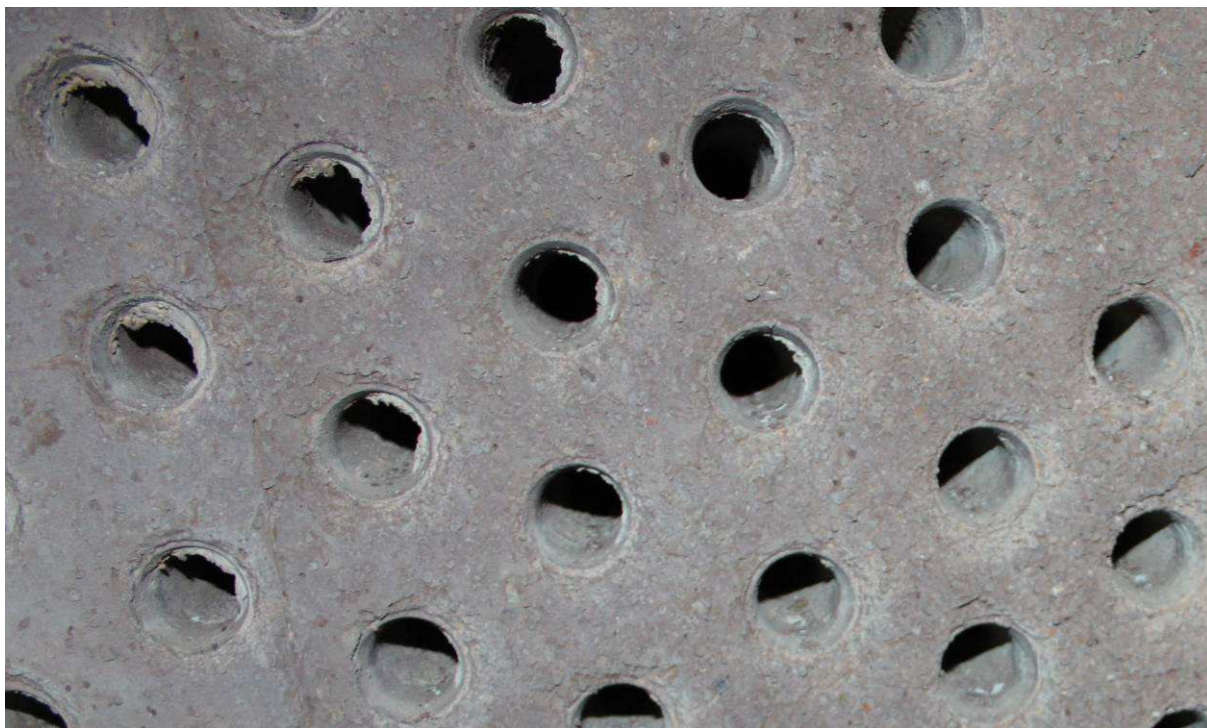
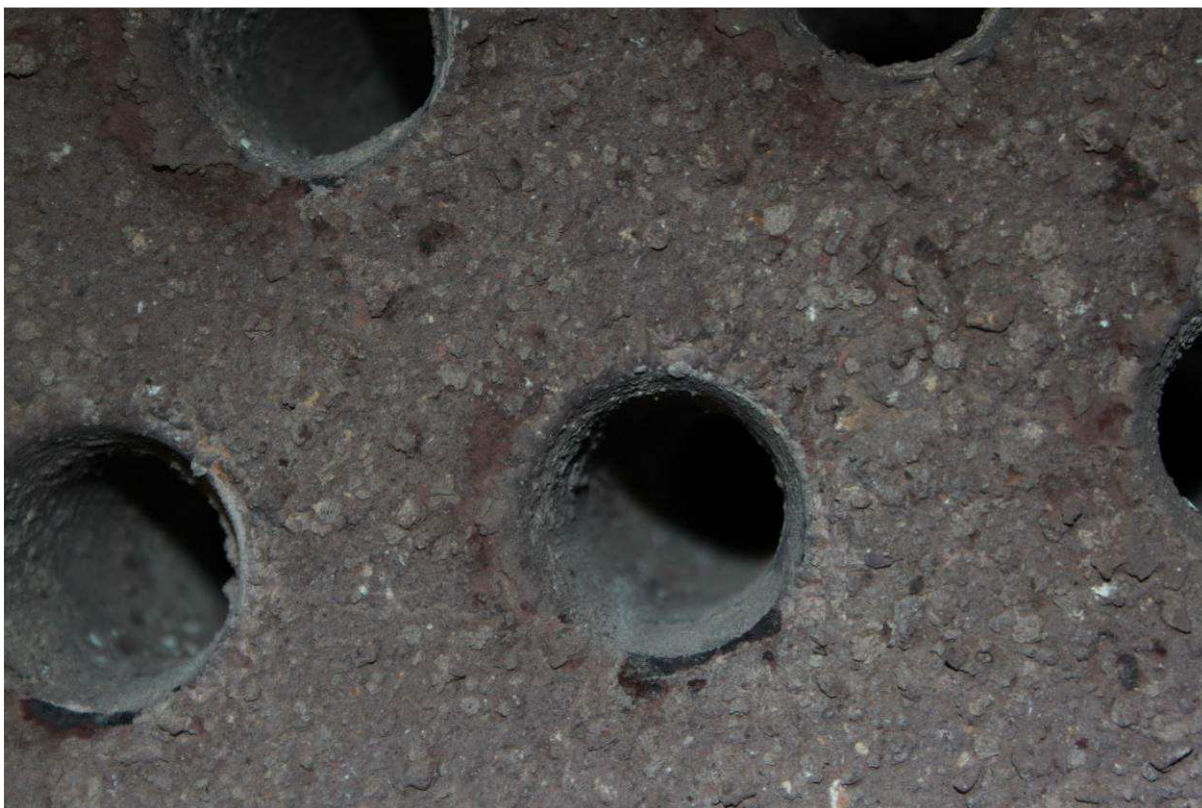


Foto 9 Eintritts-Siebboden zum 2. Zug, gereinigt im Gegenstrom mit der Stoßwelle.



Fot. 10 Flammrohre vollständig frei von losen Ablagerungen.

Zusätzlicher Effekt der Reinigung mit Stoßwelle der Zwischenkammerwände und des Austritt-Siebbodens des 1. Zuges.

Während der 3-wöchigen Arbeit der Reinigungsanlage mit Stoßwellengeneratoren wurde ein zusätzlicher Effekt der verminderter Ablagerungsmenge an den Zwischenkammerwänden und an dem Austritt-Siebboden des 1. Zuges beobachtet. Lediglich am Boden der Zwischenkammer wurde eine geringe Menge von harten Ablagerungen, die am Eintritt der Rauchrohre entstanden sind, beobachtet.



Foto 11 Zusätzlicher Effekt der Reinigung mit Stoßwelle. Austritt-Siebboden des 1. Zuges ohne Ablagerungen, die den Rauchgasdurchfluss behindern könnten.

Zweite Inspektion des Abhitzekessels nach weiteren 12 Tagen Betrieb der Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure mit Einsatz der Stoßwellentechnologie.

Am 4 August 2014 fand eine zweite Inspektion des Abhitzekessels statt. Das Außerbetriebssetzen der Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure war mit einem planmäßigen Reparaturstillstand der Betriebstätte verbunden. Nach 12 Tagen Betrieb der Anlage wurde keine nennenswerte Erhöhung des Rauchgas-Durchflusswiderstandes im 2. Zug des Abhitzekessels beobachtet.

Bei der Kesselbegehung wurde festgestellt, dass Aufgrund der Auswirkung der Stoßwelle der 2. Zug, die Zwischenkammer und der Austritts-Siebboden des 1. Zuges vollständig nachgereinigt wurden. Es wurden keine negativen Auswirkungen der Stoßwelle auf die Ausmauerung am Siebboden oder der Zwischenkammerwände beobachtet. Es wurden auch keine Beschädigung der Stahl-Formteile am Eintritt der Flammrohre zwischen dem 1. und dem 2. Zug festgestellt. Ähnlich, wie bei der 1. Revision wurde eine geringe Menge an festen Ablagerungen vom 1. Zug am Zwischenkammerboden festgestellt.

Nach unserer Meinung reinigt die erzeugte Stoßwelle sehr effektiv im Gegenstrom die 5 m langen Rohre im Wärmetauscher. Bei der Revision des 2. Zuges des Abhitzekessels nach 12 Tagen wurden keine losen Ablagerungen festgestellt.

Auf dieser Etappe können wir eine 100% Wirksamkeit der Stoßwellengeneratoren GFU-24/8 bei der Reinigung des 2. Zuges des Abhitzekessels bestätigen.



Foto 12 Oberer Teil des Siebbodens frei von jeglichen losen Ablagerungen.



Foto 13 Geringe Menge von harten Ablagerungen am Boden der Zwischenkammer, die vom 1. Zug ausgeschieden werden.



Foto 14 Vollständig nachgereinigter Austritts-Siebboden aus Beton vom 1. Zug des Abhitzekeessels. Das ist ein Zusatzeffekt der Wirkung der Stoßwelle.

Austrittskammer des 2. Zuges des Abhitzekessels.

Die Austrittsstutzen der Stoßwelle wurden an der hinteren Wand der Rauchgas-Austrittskammer aus dem Abhitzekessel angebracht. Die Prozesstemperatur der Rauchgase am Austritt des Abhitzekessels beträgt 300 °C. Um einen maximalen Reinigungseffekt zu erzielen, wurde die Stoßwelle auf 2 Stränge aufgeteilt. Gesamt wird der 2. Zug mit 4 Strängen der Stoßwelle gleichzeitig gereinigt.

Während der Revision wurden keine negativen Auswirkungen der Stoßwelle auf die Wände der Austrittskammer festgestellt. In diesem Bereich wurden keine Ablagerungen beobachtet. Die Austrittskammer und die Rauchgasrohre werden sehr sauber gehalten.



Foto 15 Rauchgas-Austrittskammer aus dem Abhitzekessel mit 2 Eintrittsstutzen der Stoßwelle.

Schlußfolgerungen zur Reinigung des 2. Zuges mittels Stoßwellentechnologie.

Die Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure hat nach dem Einbau der Stoßwellengeneratore 33 Tage ohne Unterbrechung wegen Verschmutzung des 2. Zuges des Abhitzekekessels gearbeitet.

1. Druckmessungen haben einen niedrigen Widerstand der Rauchgase und einen hohen Reinigungsgrad der Rohre im 2. Zug aufgezeigt.
2. Nach 33 Betriebstagen der Generatore wurden keinerlei negative Einflüsse der Stoßwelle auf die Ausmauerung der Zwischenkammer festgestellt. Nicht beschädigt wurden auch die Siebböden und die Stahlprofileteile.
3. Die Reinigungsanlage basierend auf 2 Stoßwellengeneratore GFU-24/8 arbeitete in dieser Zeit störungsfrei, ohne Servicebedarf.
4. Der Überdruck im Rauchgasraum hat keinen Einfluss auf die korrekte Funktion der Stoßwellengeneratoren gehabt.

Zusammenfassung.

Das Reinigungssystem basierend auf 2 Stoßwellengeneratoren GFU-24/8 hat während der 33-tägigen Betriebszeit eine sehr hohe Effektivität im Beseitigen von losen Ablagerungen im 2. Zug des Abhitzekekessels gezeigt. Der Einbau der Stoßwellengeneratore am Rauchgasaustritt des Abhitzekekessels wie auch Reinigung im Gegenstrom hat die Effektivität nicht verringert. Zusätzlich wurde beobachtet, dass auch die Zwischenkammer gereinigt wurde. Die Reinigungsanlage hat in dieser Zeit fehlerfrei gearbeitet, ohne Einfluss auf die Arbeitsparameter der Anlage zur Rückgewinnung von Schwefelsäure. Die Reinigungsfunktionalität der Anlage basierend auf Stoßwellengeneratore GFU-24/8 kann man sehr positiv beurteilen.

Hochachtungsvoll

PREZES ZARZADU

mgr inż. Andrzej Zuber