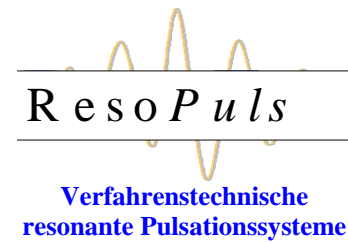


BB ResoPuls Ingenieurbüro

Prof. Dr. Briesovsky
Ruhrweg 9
06217 Merseburg

Tel: 03461- 82 34 30
Fax: 03461- 82 34 31
Funk: 0177- 545 85 39

Internet:
www.resopuls.de
e-mail:
info@resopuls.com



17.September07

Explosionsschutz bei ResoPulsRührgeräten

1. Einleitung
2. Zündgefahren bei ResoPulsRührgeräten
3. Beschreibung der ResoPulsRührgeräte (RPR)
4. Zündgefahrenbewertung
5. Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung
6. Anfahren und Ablassen für Suspensionen unter Berücksichtigung des Explosionsschutzes

1 Einleitung

Um die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen der Explosionschutzrichtlinie 94/9/EG /1/, die mit der zweiten Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz /5/ in deutsches Recht umgesetzt wurde, zu erfüllen, sind nichtelektrische Geräte nach DIN EN 13463 /2/ einer Zündgefahrenbewertung zu unterziehen. In /3/ wird eine grundsätzliche, systematische Vorgehensweise für die Zusammentragung der Informationen und der Dokumentation der Zündgefahrenbewertung beschrieben. Diese wird in /4/ für Rührwerke untersetzt.

Vom Hersteller sind potenzielle Zündgefahren bei bestimmungsgemäßer Verwendung zu betrachten. Solche Zündgefahren sind elektrische Funken, Lichtbögen und Blitze, elektrostatische Entladungen, elektromagnetische Wellen, ionisierende Strahlung, heiße Oberflächen, mechanisch erzeugte Funken, Strahlung im optischen Bereich, chemische Reaktionen, adiabatische Verdichtung sowie Schall.

2 Zündgefahren bei ResoPulsRührgeräten

Die Ausführungen werden im Vergleich zu Rührwerken, wie sie in /4/ beschrieben sind, gemacht. Für die Rührwerke der Kategorie 1 sind als Zündgefahren genannt:

- elektrostatische Aufladung,
- heiße Oberflächen,
- mechanische Funken und
- elektrische Funken.

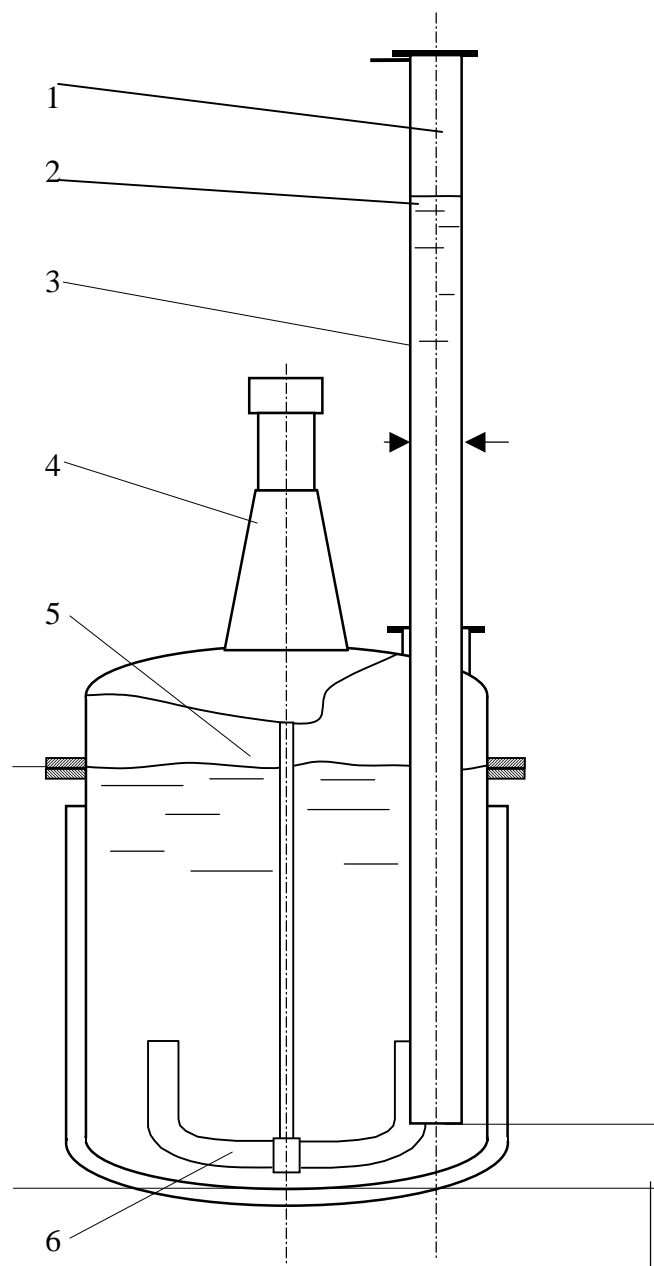
Für ResoPulsRührgeräte kann die heiße Oberfläche und der mechanische Funken ausgeschlossen werden, da keine mechanisch bewegten Teile im Prozessraum vorhanden sind. Zusätzlich sind zu betrachten die adiabatische Verdichtung und der Schall.

3 Beschreibung der ResoPulsRührgeräte (RPR)

RPR erzielen ihre Rührwirkung durch den Eintrag von Druckschwankungen in Form von Infraschallimpulsen in das Fluid. Dieser Eintrag erfolgt durch ein Pulsatorrohr, welches mit dem Prozessraum ein schwingfähiges System analog einem U-Rohr bildet. Wenn die Flüssigkeit in einem solchen System aus der Gleichgewichtslage, bei der die Flüssigkeitsoberflächen gleiches Niveau haben, gebracht wird, schwingt das System nach dem Loslassen in Eigenfrequenz. Durch die Dämpfung wird die Schwingamplitude geringer bis es wieder die Ausgangssituation erreicht.

Wenn man die Dämpfung durch einen entsprechenden Energieeintrag ausgleicht, erhält man eine pulsierende Bewegung des Fluids im Prozessraum und im Pulsrohr.

Der Energieeintrag zum Dämpfungsausgleich kann durch Einbringen von Gasdruckschwankungen im Gaspolster (Pos.1 im Bild) des Pulsrohres (Pos.3) realisiert werden, d.h. im zwischen der Flüssigkeitsoberfläche (Pos.2) und dem Pulsrohrdeckel befindlichen Gaspolster wird periodisch der Gasdruck verändert. Analog können die Gasdruckschwankungen auch im Gasraum des Rührbehälters aufgegeben werden. Die Gasdruckschwankungen können durch Hin- und Herbewegung eines Kolbens, einer Membran oder Druckgaszufuhr und -ableitung über Magnetventile erfolgen.



- 1- Pulsleitungsanschluß,
- 2-Flüssigkeitsoberfläche)
- 3- Pulswandler (Pulsrohr)
- 4- Rührwerk
- 5-Gasraum im Rührbehälter
- 6- Rührorgan

4 Zündgefahrenbewertung

Die **elektrostatische Aufladung** als Zündgefahr kann auftreten bei isolierten elektrisch leitfähigen Teilen, bei Verwendung isolierender Materialien oder Aufladung der Flüssigkeit durch Ladungstrennung beim Rühren von Suspensionen oder Emulsionen.

Elektrische Funken können bei der Verschleppung explosionsfähiger Atmosphäre aus dem Behälter (Prozessraum) in den Elektroantrieb eine Zündgefahr darstellen.

Das kann bei der Anordnung des elektrischen Pulsantriebes auf dem Pulsatorrohr der Fall sein.

Die Wärmeentwicklung bei der **adiabatischen Verdichtung** des Gases im Pulsatorraum kann vernachlässigt werden, da die Verdichtung sehr gering ist und außerdem dieser Raum ständig von der Prozessflüssigkeit gespült und somit die Wärme in die Flüssigkeit abgeleitet wird.

Die **Schallwirkung** auf den Apparat kann zu Schwingungen einzelner Teile (z.B. angeschlossene Rohrleitungen) führen.

5 Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung

Es wird – wie in dem Artikel von Himstedt und Beyer /4/ auch beschrieben – vorgeschlagen, im Prozessraum und im Gaspolster eine Inertisierung vorzunehmen.

Literatur zu 1 bis 5 !

1 Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen. ABl. EG L100 vom 19.4.1994, S.29

2 DIN EN 13463

3 Beyer, M.: Systematische Zündgefahrenbewertung an explosionsgeschützten mechanischen Geräten. TÜ, Band 45 „2004) Nr.3, S. 27 bis 31 (Download: www.explosionsschutz.ptb/dokumente/Zuendgefahrenbewertung)

5 Himstedt, M. und M. Beyer: Explosionsgeschützte Rührwerke- Beispiele für die Zündgefahrenbewertung. TÜ, Bd.45 (2004), Nr. 5, S.36 bis 40 (Download: www.explosionsschutz.ptb/dokumente/ruehrwerke)

6 Gerätesicherheitsgesetz , 2. Verordnung

6 Anfahren und Ablassen für Suspensionen unter Berücksichtigung des Explosionsschutzes

6.1 Problem

Im Vergleich zur üblichen Rührmaschine (RM), die durch ein mechanisches Rührwerk gekennzeichnet ist, ergeben sich für die ResoPulsRührtechnologie (RPR) eine Reihe von Besonderheiten für den Anfahr- und Ablassbetrieb, die nachfolgend erläutert werden sollen.

6.2 Der Anfahrbetrieb

Beim **Füllen** der Rührmaschine mit laufendem Rührer gibt es bei der teilweisen Berührung des Rührers mit der Flüssigkeit Probleme der Rührerstabilität. Deshalb wird der Rührer erst zugeschaltet, wenn der Füllstand groß genug ist, um diese Probleme zu umgehen. Danach wird dann der Feststoff (Katalysator u.ä.) zugefüllt.

Schwierigkeiten treten auch auf, wenn bei Suspensionen, bei denen die Feststoffe in Form eines Bodensatzes den Rührer bedecken, ein **Wiederanfahren** erforderlich ist. Für SIMIX-Schnellmischer wird für den Fall des Festsitzens empfohlen, den Bodensatz mit Sprüh- oder Luftlanzen in Bewegung zu bringen. (SIMIX-Inbetriebnahmevorschrift)

6.3 Ablassen

Beim Ablassen der Flüssigkeit aus dem Rührbehälter erreichen den Rührer zuerst Wirbelzöpfe und danach erfolgt der Rührerlauf in einer gashaltigen Trombe (Liepe, S. 141). Dieser mit Durchtrittsbetrieb bezeichnete Zustand kann zum Bruch der Rührerwelle durch Anregung von unzulässigen Schwingungen führen (Himstedt).

Für diesen Fall wurde ein Versuch mit dem ResoPulsSystem gemacht, um die Problematik der Parameteränderung beim Absenken des Flüssigkeitsspiegels zu testen.

6.4 ResoPulsRührer- Versuchsanordnung und -durchführung

Es wurde im 5-l-Sulfierkolben, der mindestens bis zu 90 % der Behälterhöhe mit Flüssigkeit gefüllt war (ca. 20 cm Füllstandshöhe), mit zentral angeordnetem Pulsatorrohr und zur Atmosphäre offenem Prozessraum die Resonanzfrequenz und das Einsekundenkriterium für Kupferkatalysator (Volumenanteil geringer als 10 %) ermittelt. Die Resonanzfrequenz beträgt ca. 8 Hz. Der Frequenzbereich der Erfüllung des Einsekundenkriteriums, d.h. kein Teilchen hat länger als 1 Sekunde Kontakt mit dem Behälterboden, lag zwischen 7 und 8,8 Hz. Danach wurde die Flüssigkeit über Saugschlauch abgelassen, wobei proportional auch der suspendierte Katalysator mit dem Wasser abließ. Es zeigte sich, dass das Einsekunden-

kriterium bis zum Abbruch des Versuches (Flüssigkeitshöhe ca. 3 cm über der Behälterbodenmitte, was geringfügig über der Eintauchtiefe des Pulsrohres von ca. 3,5 cm über dem Boden lag, mit der eingestellten Erregerfrequenz) eingehalten wurde.

Auch beim Wiedereinschalten des Pulsators bei dieser niedrigen Füllhöhe wurde das Einsekundenkriterium erfüllt. Der Resonanzzustand im Pulsatorrohr war gut ausgeprägt.

6.5 Erklärung und Schlussfolgerung

Beim Entleeren verkürzt sich die Fadenlänge der Flüssigkeit, was zu einer Erhöhung der Eigenfrequenz führen müsste. Gleichzeitig vergrößert sich aber auch das Gasvolumen im Pulsatorrohr. Dies führt zu einer Verkleinerung der Eigenfrequenz. Die beiden Tendenzen hebt sich quasi auf, so dass die Eigenfrequenz relativ konstant bleibt. Somit kann das Resopulsrühren bei extrem niedrigem Füllstand erfolgen, wo beim mechanischem Rührer ein Rühren nicht mehr möglich ist. Außerdem ist die Pulsfrequenz bei wechselnder Füllhöhe konstant.

Literatur zu 6

SIMIX.-Inbetriebnahmevorschrift

Liepe, F., R.Sperling und S.Jembere:

Rührwerke, 1998 Eigenverlag Fachhochschule Köthen

Himstedt, M., M. Beyer: Explosionsgeschützte Rührwerke, Zeitschrift TÜ, Bd.45(2004

Nr.5, S.36-41