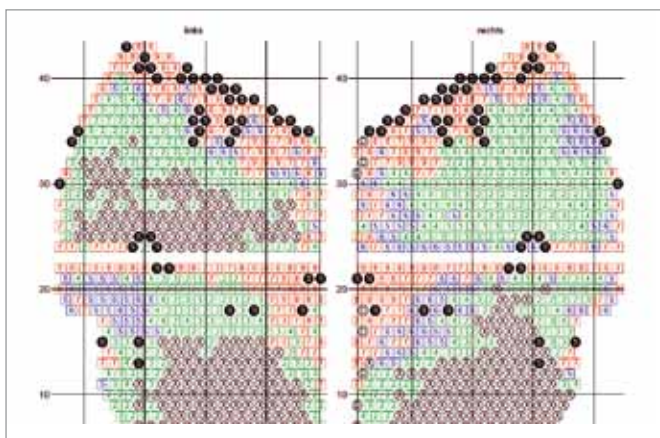


Herausgeber:  
M. Reppich

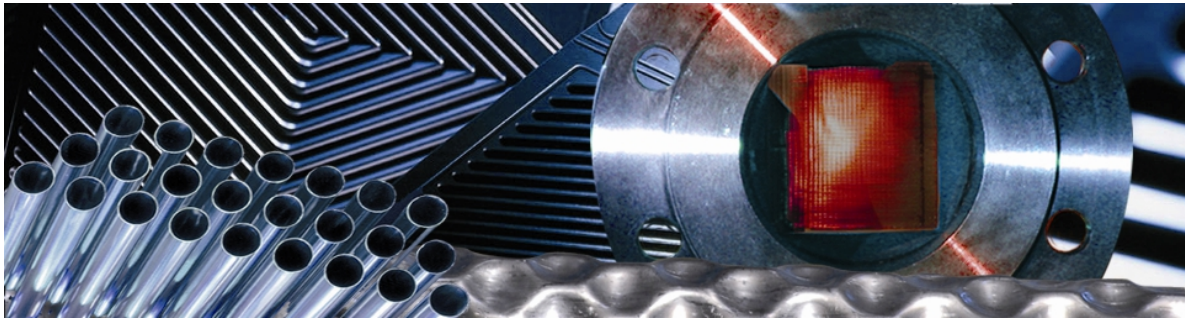
# Instandhaltung von Wärmeübertragern

Schadensursachen  
Schadenserkennung  
Behebung  
Vorbeugung



# 2

**PP PUBLICO** Publications



# Instandhaltung von Wärmeübertragern

## Schadensursachen – Erkennung – Vorbeugung – Behebung

2., überarbeitete Auflage 2017

### Inhaltsverzeichnis (Hauptkapitel)

0. Vorwort/Einleitung
1. Schäden/Schadensursachen
2. Schadensdetektion
  - 2.1 Grundlagen/Diverse Verfahren
  - 2.2 Endoskopie
  - 2.3 Wirbelstromprüfung
  - 2.4 Wasserstoffprüfung
  - 2.5 Ultraschallprüfung
  - 2.6 Thermographie
  - 2.7 Sonstige Verfahren
3. Prävention/Beschichtungen
  - 3.1 Allgemeines/Neue Entwicklungen/Ausblick
  - 3.2 Beschichtungstechnik für Platten-Wärmeübertrager
  - 3.3 Beschichtungstechnik für Rohrbündel-Wärmeübertrager
  - 3.4 Reinigung als präventive Maßnahme
4. Instandhaltung/Schadensbehebung/Reinigung
  - 4.1 - für Platten-Wärmeübertrager
  - 4.2 - für Rohrbündel-Wärmeübertrager**
  - 4.3 - für Rotations-Wärmeübertrager/Register
  - 4.4 - für Kühltürme
5. Anhang
  - Visitenkarten der Marktpartner
  - Autorenverzeichnis
  - Inserentenverzeichnis

## **Prüfung und Instandsetzung von Rohrbündel-Wärmeübertragern**

Autor: Gerhard Tamke <sup>1)</sup>

### **1. Einleitung**

Der nachfolgende Beitrag beschreibt die wichtigsten Schritte bei der Prüfung und Instandsetzung von Rohrbündelwärmeübertragern aus der Sicht eines der führenden Dienstleister in diesem Bereich.

Rohre, die durch Korrosion oder Erosion undicht geworden sind, können die Kapazität des Wärmeübertragungsprozesses verringern. Außerdem können undichte Wärmetauscherrohre zu Sicherheitsproblemen und/oder Qualitätsproblemen der Produkte führen.

Speziell wird ein TÜV-zertifiziertes Rohrstopfen-Verfahren zum zerstörungsfreien Verschließen undichter Wärmetauscherrohre vorgestellt.

### **2. Wärmeübertragerrohre prüfen und beurteilen**

Der Service umfasst neben der Sichtprüfung der Wärmetauscher vor allem auch eine gründliche Überprüfung des Zustandes der Wärmetauscherrohre. Dabei wird das Prüfen der Wärmetauscherrohre in einer komplexen und strukturierten Arbeit vorgenommen, die kein einziges Wärmetauscherrohr übersieht.

Neben den vielen NDT Verfahren zur Überprüfung von Wärmetauscherrohren, die zumeist umfangreicher Vorbereitung bedürfen, besteht die Möglichkeit, Rohrbündel schnell und unkompliziert mit Druckluft bzw. im Vakuum auf Dichtheit zu prüfen. Dies geschieht mittels Prüfpistolen, die standardmäßig für DI 7 bis 64 mm eingesetzt werden können, auch bei nur einseitig zugänglichen Rohren.

Rohr für Rohr, Bündel für Bündel wird so die gesamte Wärmetauscheranlage auf Schäden hin geprüft. Dabei werden die Wärmetauscherrohre nicht nur auf ihre Dichtheit beurteilt, sondern auch in Bezug auf Korrosionsschäden oder absehbare Verschleißerscheinungen.

Ein Prüfprotokoll gibt nach der Prüfung Aufschluss darüber, welche Arbeiten im Service oder bei einer erforderlichen Wärmetauscher-Reparaturvorang haben.

Stellt sich während dieser Prüfung heraus, dass einzelnen Rohre undicht sind und die Leistungsfähigkeit des gesamten Wärmetauschers beeinträchtigen, können diese Rohre sofort nach der Prüfung mit dem im Folgenden beschriebenen verschlossen werden.



Abb. 1: Techniker bei der Rohrprüfung mit Prüfpistolen

<sup>1)</sup> Bardenhagen Gruppe, D-Horneburg

### 3. Konventionelle Reparaturverfahren für undichte Wärmeübertragerrohre

#### 3.1 Austausch von Rohren

Undichte Wärmetauscherrohre können ersetzt werden. Dadurch wird die Kapazität des Wärmetauschers vollständig wiederhergestellt. Das Ersetzen ist jedoch sehr zeitaufwendig und erfordert oft die Demontage des Wärmetauscherrohrbündels.

#### 3.2 Zerstörendes Reparaturverfahren: Einschlagen von konischen Stopfen

Die einzelnen Rohre werden verschlossen und aus dem Prozess herausgenommen. In Niederdruckerwendungen wird zumeist dieses zerstörende Reparaturverfahren verwendet.

Ein kegelförmiger Stift wird von Hand in den Rohrboden des Wärmetauscherrohrs gehämmert (Abbildung 2).

Dieses Verfahren hat die jedoch gravierende Nachteile:

- Durch das manuelle Hämmern kann der Rohrboden beschädigt werden.
- Die beim Hämmern verwendete Kraft kann weder gesteuert noch gemessen werden.



Abb. 2: Zerstörendes Reparaturverfahren bei Niederdruckerwendungen

Wenn sich der Wärmetauscher wieder im Betriebsprozess befindet oder eine Druckprüfung durchgeführt wird, besteht die Möglichkeit, dass der Stift aus dem Rohrboden „herausschießt“. Dies hat in der Vergangenheit in mehreren Fällen zu Verletzungen und sogar schon zu Todesfällen geführt.

Bei Hochdruckerwendungen erfolgt die Reparatur des undichten Rohrs durch Einhämmern eines Kegelstifts und dessen zusätzliches Anschweißen am Rohrboden (Abbildung 3).



Abb. 3: Zerstörendes Reparaturverfahren bei Hochdruckerwendungen

Diese Methode hat neben den schon dargestellten noch andere Nachteile:

- Die durch das Schweißen verursachte Hitzebelastung des Rohrbodens führt regelmäßig zu Undichtigkeiten an den umliegenden Rohren
- Diese Methode führt nachweislich zu kosten- und zeitaufwendigen Reparaturen und letztendlich zur Notwendigkeit einer vollständigen Demontage des Wärmetauschers
- Bei Schweißarbeiten in einem explosionsgefährdeten Bereich müssen aufwändige Sicherheitsvorkehrungen eingehalten werden.

### 3.3. Rohrverschluss mit dem Pop-A-Plug® -System - TÜV- zertifizierte und zerstörungsfreie Verschlussstechnik undichter Wärmetauscherrohre

Das Problem tritt häufig auf: Einzelne Rohre eines Wärmetauschers sind undicht und belasten die Effektivität des gesamten Apparates. Die althergebrachten Methoden der Stilllegung einzelner Rohre – z.B. das Zuschweißen der Rohre an der Rohrplatte oder das Hineinschlagen eines Stopfens (wie oben beschrieben) – beschädigen die Rohrplatten zum Teil irreparabel und beinhalten erhebliche Unfall- und Gefahrenpotentiale.

Viele Rohrstopfen, die angeboten werden, erfüllen den Zweck der problemlosen Installation und Stilllegung nur unzureichend: sie sind schwer zu installieren und ragen aus der Rohrplatte hervor. Der „Pop-A-Plug“ ist ein 3-teiliger mechanischer Rohrstopfen (Abbildung 4).

Es handelt sich um ein zerstörungsfreies System zum Rohrverschluss.



Abb. 4: Komponenten des „POP-A-PLUG“-Stopfens

Der Stopfen besteht aus einem konischen Stift, einem innen und außen gerillten Ring und einem Gewinde mit einer definierten Sollbruchstelle. Während der Installation wird der Kegelstift (3) durch den Ring (2) gezogen, so dass sich dieser nach außen ausdehnt, bis er die Innenwand des Rohrs berührt.

Die Innenwand des Rohrs und die Bohrung in der Wärmetauscherplatte begrenzen die mögliche Ausdehnung des Rings, wodurch eine verstärkte Kraft auf den Ring ausgeübt wird.

Sobald die vorgegebene Installationskraft erreicht ist, bricht das Gewinde an der Sollbruchstelle (1) und der Stopfen wird von seiner Installationsvorrichtung abgetrennt.

Die Installation ist einfach und schnell: man positioniert den Stopfen im Rohrbodenbereich und installiert ihn mit Hilfe einer druckluftbetriebenen Hydraulikpumpe.

## 4.2 Instandhaltung von Rohrbündelwärmeübertragern

---



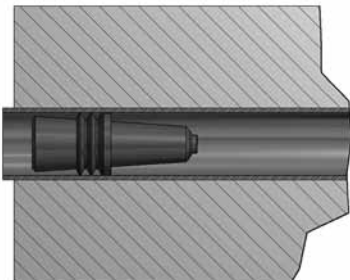
Abb. 5a:  
Schematische Übersicht der  
Installationsvorrichtung



Abb. 5b: Hydraulische  
Installationsvorrichtung

Die Sollbruchstelle am Stopfen kontrolliert die nötige Setzkraft und verhindert Folgeschäden an benachbarten Rohren und dem Rohrboden.

Der Pop-A-Plug® Rohrstopfen kann auch zum direkten Verschluss der Bohrung in der Bodenplatte genutzt werden, ohne dass es zu einer Medienvermischung kommt. Abbildung 6 zeigt einen installierten Stopfen.



Die Stopfen sind in verschiedenen Materialien erhältlich (Kohlenstoffstahl, rostfreier Stahl, Messing, Titan, Monel usw.), denn Grundprinzip der Anwendung ist die *Gleichheit von Stopfenmaterial und Rohrmaterial*, um die sichere Abdichtung auch bei Temperaturschwankungen zu gewährleisten.

Abb. 6: Installierter „Pop-A-Plug“-Stopfen



Die Rohrstopfen werden mit einer Bürste zur Rohrvorbereitung geliefert, die zum Reinigen der Rohrwand dient. Ebenso ist eine Lehre im Lieferumfang enthalten, um die richtige P2-Größe zu bestimmen (Abbildung 7).

Abb. 7: Vollständiger Installationssatz



Der Stopfen kann mit einem speziellen Werkzeug (Abbildung 8) aus dem Rohr entfernt werden.

Abb. 8: Werkzeug zum Entfernen des installierten Stopfens



Abb. 9: Installation der Stopfen in der Praxis

Es wird bei Wärmetauschern mit bis zu 480 bar Betriebsdruck in verschiedenen, anspruchsvollen Bereichen der Chemie, Petrochemie und in (Kern-)Kraftwerken eingesetzt.

Das System ist TÜV-zertifiziert (heliumleckdicht bis 480 bar), erfüllt die Anforderungen gemäß ANSI N45.2 und 10CFR50.

#### 4. Sleeving von Wärmetauscherrohren

Die meisten Schäden an Rohrbündeln in Wärmetauschern entstehen in unmittelbarer Nähe von Rohreingang oder Rohrausgang, meistens sogar direkt in der Rohrplatte. Der Grund für solche Erosions- und Korrosionsschäden in diesen Bereichen liegt hauptsächlich an den Verwirbelungen des Mediums, die besonders im Einund Auslauf der Wärmetauscherrohre beträchtliche Schäden anrichten können, während sie im mittleren Bereich ruhiger durch die Rohre strömen. Traditionell war eine Neuberohrung des gesamten Bündels, entweder vor Ort oder in der Werkstatt, die einzige machbare Reparaturmethode.

Als kostengünstige Alternative zur Standzeitverlängerung kann dem Kunden als Dienstleistung das sogenannte *Sleeving* angeboten werden, das hydraulische Setzen von Rohrschutzhülsen (eng. Sleeves) in das beschädigte Rohr.

## 4.2 Instandhaltung von Rohrbündelwärmeübertragern

---



Abb. 10: eingesetzte Sleeves (weiß)

Diese TÜV anerkannte Methode zur Standzeitverlängerung von schadhafte Rohrbündeln an Wärmetauschern wurde schon erfolgreich bei Betriebsdrücken bis zu 250 bar und Temperaturen bis 270°C eingesetzt. Dabei wurde über Längen bis 6,50 m bei geraden und 2,5 m bei U-Rohrbündeln gearbeitet.

Vor jedem Einsatz der *Hydra-Loc Sleeves* begutachten Techniker den schadhafte Wärmetauscher in enger Zusammenarbeit mit der Engineering-Abteilung der EST Group und beurteilen die Durchführbarkeit der vorgesehenen Reparatur. Nach einer positiven Beurteilung der Machbarkeit werden die schadhafte Rohre so vorbereitet, dass die Rohrschutzhülsen gesetzt werden können.

Diese werden dann in die Rohre eingeführt und hydraulisch aufgeweitet, so dass sie in direkten Kontakt mit der Rohrwand kommen.

In Spezialfällen kann durch ein Bestreichen der Sleeves mit einem Spezialkleber vor dem Einsetzen und Aufweiten sogar eine gasdichte Abdichtung erreicht werden. Die Sleeves sind in Größen (bis 50 mm) erhältlich, in verschiedenen Edelstahlarten sowie in zahlreichen Nickel- und Kupferlegierungen, darunter auch in Monel.



Abb. 11: Einsetzen der Rohrschutzhülsen