

Technische Stellungnahme

Stahl-Email-Verbindungen: PTFE-umhüllte Dichtungen mit und ohne Diffusionssperre

Wir empfehlen für Stahl-Email-Verbindungen die Verwendung von PTFE-umhüllten Dichtungen ohne Diffusionssperre. Bei Verwendung einer Diffusionssperre besteht ein deutlich erhöhtes Risiko einer Rissbildung im Übergangsbereich von der Diffusionssperre zur Hülle. Nachfolgend finden Sie unsere Herleitung des Schadensmechanismus auf Basis einer Fehleranalyse nach Rissbildung einer Dichtung ($\sim \varnothing 950$ mm) in einer Stahl-Email-Apparateverbindung bei einem unserer Kunden im Feld.

Aktuell laufende Bauteilversuche bestätigen das oben beschriebene Schadensbild. Rissbildung tritt nur bei Verwendung einer Diffusionssperre auf. Entsprechend zeigen Dichtungen mit Diffusionssperre keine geringe Leckagen.

Wie entstehen die Risse?

Abbildung 1 (aus o.g. Schadensfall einer Stahl-Email-Flanschverbindung mit Auflagering) zeigt exemplarisch die Verpressung der Dichtung, oben mit schräger Flanschdichtleiste, deren inneres Ende in die „Innenverrundung“ verläuft, unten mit ebener Dichtleiste („Auflagering“). Gut erkennbar ist, dass die radiale Position der Diffusionssperre sich bereits zu Beginn der Montage im Bereich der Innenverrundung befindet, was bei Stahl-Email-Verbindungen mit Dichtungsabmessungen nach DIN 28148 typischerweise der Fall ist.

Durch diese Konstruktion kommt es zu folgenden Effekten:

Durch die Schräge ($1,5^\circ$) stellt sich der erste Kontakt im äußeren Bereich der Dichtung ein. Dies ist der Bereich der höchsten Flächenpressung, wie die Verfärbungen (das PTFE wird leicht transparent) in Abbildung 3 einer tatsächlich gerissenen Stahl-Email-Dichtung mit Diffusionssperre bestätigen.

Bei Aufbringen der Montagekraft kommt es zu einem Fließen der PTFE-Hülle nach außen und innen. Bedingt durch die Schräge wird die Dichtung zu Beginn der Montage vorrangig außen verpresst. Durch weiteres Aufbringen der Montageschraubenkraft wird die Kontaktfläche immer größer. Ab einer bestimmten Kraft / Stauchung kommt die Innenverrundung mit der Diffusionssperre in Kontakt und „schiebt“ diese nach innen vor sich her (ähnlich einer Teigrolle).

Die radiale Verschiebung der Diffusionssperre nach innen muss die vergleichsweise dünne Hülle durch Fließen kompensieren, da der äußere Teil der Hülle durch Reibung festgehalten wird. Dies führt zunächst zu Einschnüreneffekten im Hüllenmaterial und kann schlussendlich zum Riss führen. Die Lage der Risse auf der oberen Seite der Hülle in Abbildung 2 bestätigt diesen Schadensmechanismus.

Die Verformung der gegenüberliegenden, unteren Seite der Hülle bestätigt ebenfalls die Lage der Dichtung und die beschriebenen Mechanismen.

Ähnliches lässt sich in Versuchen nach EN 13555 mit ebenen Dichtleisten feststellen: PTFE fließt beim Aufbringen der Kraft von der Mitte der Dichtung aus gesehen radial nach außen und innen. Durch die ebene Stauchung wird auch die Diffusionssperre signifikant verpresst und durch Reibung gehalten. Dadurch wird das Fließen des Hüllenbereichs am Innendurchmesser behindert, weshalb sich das PTFE ab einem bestimmten Umformgrad in den Hohlraum zwischen Diffusionssperre und Dichtungsauflage „einknickt“. Dieser Effekt ist in Abbildung 2 auf der unteren Seite (gegenüber vom Riss) ebenfalls gut erkennbar. Rissbildung tritt durch die radialen Druckspannungen, verursacht durch die axiale Stauchung, bei ebenen Dichtleisten erfahrungsgemäß nicht auf. Vielmehr kommt das Fließen ab einer gewissen Restdicke der Hülle zum Erliegen. Es wird daher vermutet, dass die untere Seite durch eine ebene Dichtleiste, also hier durch den Auflagering verpresst wurde.

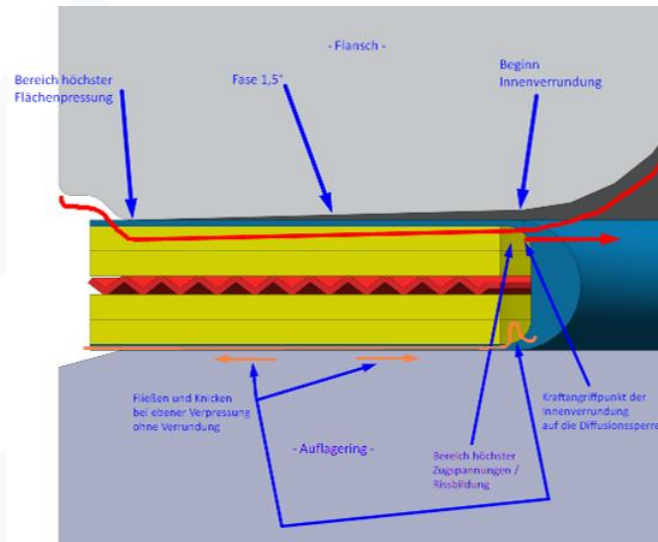
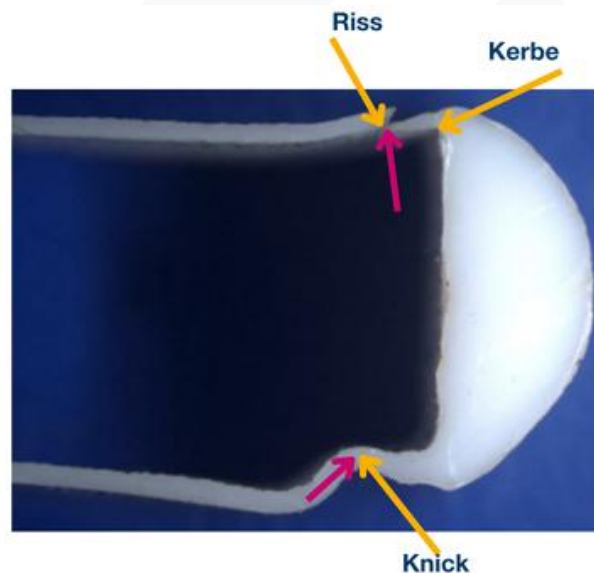


Abbildung 1 – Exemplarische Schnittdarstellung



Querschnitt im Bereich des Risses mit leichtem Knick auf
dere gegenüberliegenden Stelle

Abbildung 2 – Querschnitt gerissener Dichtung

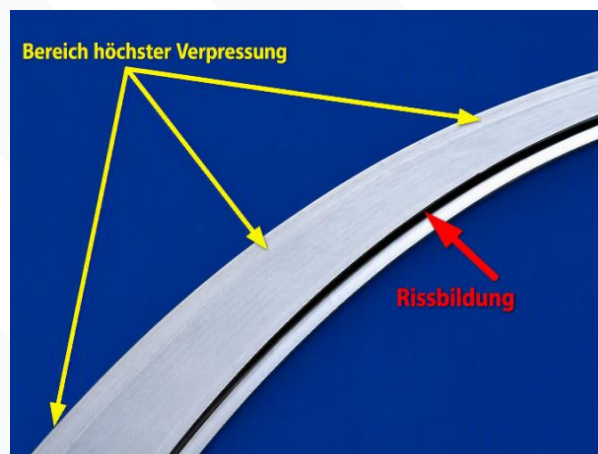


Abbildung 3 – Teilansicht gerissener Dichtung