

## **Leistungsmerkmale von mechanischen genuteten Rohrverbindungen von Victaulic unter extremen Brandbedingungen**

Von: Len Swantek und Catsy Lam

Für die täglichen Anwender von mechanischen Rohrleitungssystemen ist der Name „Victaulic“ gut bekannt für seine zuverlässigen genuteten Leitungssysteme für eine Vielzahl von Anwendungen. Was allerdings nicht so offensichtlich sein mag, ist die Fähigkeit von Victaulics genuteten Rohrkupplungen, Direkteinwirkungen von Feuer unter Einsatzbedingungen standzuhalten, die zu den kritischsten der Branche gehören. Ob es sich um ein gewerbliches Gebäude handelt, ein Chemiewerk, eine Bohrinnsel, eine Kraftstoffraffinerie oder den Maschinenraum eines Schiffs – durch die Einwirkung von Feuer wird die Fähigkeit dieser Produkte, ihren vollen Nenndruck und die vorgesehene Dichtungsleistung an Verbindungen zu bringen, in keiner Weise beeinträchtigt. In der vorliegenden Studie wird diskutiert, warum genutete Rohrkupplungen von Victaulic feuerbeständig sind und welche spezifischen Brandschutznormen sie erfüllen, und es werden Beispiele echter Validierungsprüfungen gegeben, die von US- und internationalen Zertifizierungsstellen durchgeführt werden.

### **Das Gehäuse: die erste Verteidigungslinie gegen Feuer**

Die Gehäuse der Kupplungen von Victaulic werden gemäß ASTM A-536 aus strapazierfähigem Gusseisen der Materialklasse 65-45-12 gefertigt. Diese Gehäuse können direkter Feuereinwirkung bei Temperaturen über 760 °C ohne nachteilige Auswirkungen auf ihre strukturellen oder metallurgischen Eigenschaften widerstehen.

Diese erste Verteidigungslinie schützt die interne Dichtung vor direkter Flammeneinwirkung und starker Hitze vom Brandherd. Abhängig von der Dauer der direkten Flammeneinwirkung gibt das Gusseisengehäuse schließlich einen Teil der Wärme an seine internen Oberflächen und somit auch an die Dichtung ab.

Um ein gleich bleibendes Brandverhalten zu gewährleisten, werden die Verbundstoffe von Victaulics Dichtungen so entwickelt, dass sie ein einzigartiges Gleichgewicht zwischen Wärmebeständigkeit und Druckempfindlichkeit bieten. Das Ziel besteht hier darin, den höchsten Grad an Dichtungsleistung bei maximalen Temperaturen beizubehalten. An dieser Stelle kommen die Dichtungseigenschaften ins Spiel.

### **Dichtungseigenschaften, und wie sie dazu beitragen, den höchsten Dichtungsgrad während eines Brands zu gewährleisten**

Es gibt mehrere Schlüsselfaktoren, durch die die Beständigkeit einer Dichtung gegen extreme Hitze bestimmt wird:

- 1) Die Rezeptur des Verbundstoffs und der Fertigungsprozess
- 2) Die Eigenschaften des Dichtungsmaterials und die Form der Dichtung

Für die Rezeptur des Verbundstoffs der Dichtungen werden Inhaltsstoffe mit hohen Zersetzungstemperaturen verwendet, um minimalen Materialverlust während eines Brands zu gewährleisten. Der Verbundstoff wird außerdem so entwickelt, dass bestimmte Veränderungen kritischer Materialeigenschaften wie Härte, Zugfestigkeit, Streckdehnung, Druckverformung und Druckspannungsrelaxation möglich sind.

Die Wärmestabilität von Elastomeren basiert auf vielen Faktoren wie Polymertyp, Füllstofftyp, Härtern, Antioxidanzien und anderen in der Rezeptur verwendeten Zusätzen sowie der aus dem Härtingsprozess resultierenden Vernetzungsdichte. Jeder Zusatzstoff wird mithilfe speziell angelegter Experimente untersucht, und die Rezeptur des Verbundstoffs wird optimiert, um die höchste Wärmebeständigkeit zu erzielen. Der Härtingsprozess wird ebenfalls optimiert, um den maximalen Aushärtungsgrad mit den gewünschten Materialeigenschaften einheitlich über dem gesamten Dichtungsquerschnitt zu erhalten. Sowohl die Dichtungsrezeptur als auch der Fertigungsprozess werden genauestens kontrolliert, um sicherzustellen, dass die Wärmebeständigkeit der Dichtung in ihrer endgültigen Form bzw. Geometrie beibehalten wird.

Die Feuerwiderstandsdauer der Dichtung wird durch ihre Form weiterhin erhöht. Die Form wird passend zu den spezifischen Dichtungsmaterialeigenschaften bei unterschiedlichen Belastungszuständen entwickelt. Das Volumen des Dichtungsquerschnitts wird optimiert, um Wärmeausdehnung des Dichtungsmaterials sowie des Rohrs bei extremen Temperaturen auszugleichen. Die Konzentration und Verteilung der Belastung über die gesamte Dichtungsgeometrie wird untersucht, um Aufplatzen, Reißen und dauerhafte Verformung der Dichtung zu verhindern. Die Dichtungsgeometrie wird ebenfalls optimiert, um sicherzustellen, dass immer eine ausreichende Dichtkraft an der Rohroberfläche vorhanden ist, damit eine druckempfindliche Dichtung beibehalten wird.

Zusammen genommen tragen diese Merkmale dazu bei, die Unversehrtheit der Dichtung bei extremer Hitze zu bewahren. Die Dichtung weist nur minimale Zersetzung auf, sie bricht in den Gehäusen nicht zusammen, ihre physikalischen Eigenschaften ändern sich nur minimal, und sie sorgt dauerhaft für leckdichte Leistung.

## **Qualifizierung des Produkts für Normen und Standards**

Um die komplette mechanische Verbindung für spezifische Märkte oder Anwendungen zu qualifizieren, werden Kupplung und Dichtung auf Rohrenden montiert und dann entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Normen über einem Brandherd positioniert. Die komplette Rohrverbindung wird dann intensiven Feuerwiderstandsprüfungen ausgesetzt, die von den zuständigen Behörden im jeweiligen Markt bzw. der Region vorgeschrieben werden.

Zum Beispiel müssen genutete mechanische Rohrverbindungen, die in der maritimen Industrie für den Einsatz an Bord von Schiffen vorgesehen sind, einer 30-minütigen Brandprüfung bei 800 °C ohne Undichtigkeiten oder Fehlfunktionen standhalten. Die Prüfung wird in Übereinstimmung mit den „Regeln“ jeder Behörde durchgeführt und befolgt auch die internationalen Brandprüfungsnormen ISO-19921 und ISO-19922. An verschiedenen Stellen der Prüfungsanordnung werden Thermoelemente platziert, um die Oberflächentemperatur über die gesamte Prüfungszeit hindurch zu überwachen. Aufgrund der Wärmeübertragungsrate von Gusseisen sind diese Oberflächentemperaturen auch durch den Querschnitt der Kupplung hindurch einheitlich, woraus sehr ähnliche Einwirkungstemperaturen an der Dichtungsoberfläche resultieren. Diese Charakteristik trockener Wärme kann besonders schädigend sein, wenn die Materialeigenschaften nicht während der gesamten Prüfungsdauer beibehalten werden können. Nach der Brandprüfung wird die mechanische Verbindung einer hydrostatischen Druckprüfung mit dem Anderthalbfachen ihres Nennbetriebsdrucks unterzogen, wobei keine Undichtigkeiten entstehen dürfen. Diese Prüfung repräsentiert eines der anspruchsvollsten Brandschutzkriterien für einen weiten Bereich von Zweigen der Schwerindustrie.

Eine weitere extreme Qualifikationsprüfung bei Brandeinwirkung wird von der VdS Schadenverhütung GmbH in Deutschland als Teil der Zertifizierungsanforderungen für mechanische Verbindungen in Brandschutzsystemen für Gebäude und Anlagen durchgeführt. Im Labor wird die montierte mechanische Verbindung einem Feuer in einer Wanne mit Methanol als Brennstoffquelle ausgesetzt. In diesem Szenario wird die Testverbindung vollständig von einem konzentrierten Feuer umgeben und muss bis zu 15 Minuten lang einer direkten Flammentemperatur um 800 °C standhalten, wobei kein Wasser in der Baugruppe sein darf. Die gleichen Wärmeübertragungsraten, die bei der Brandsimulation gemäß ISO-19921 zur Geltung kamen, sorgen auch hier wieder dafür, dass diese extremen Temperaturen die Dichtungsoberfläche in der zusammengebauten Kupplung erreichen. Bei dieser Prüfung liegt kein interner Druck vor, der der Dichtung dabei helfen könnte, eine feste Abdichtung an der Rohroberfläche beizubehalten. Die Dichtung muss sich vollständig auf ihre eigenen physikalischen Eigenschaften verlassen, um der Temperatur standzuhalten und ihre Gesamtform und Geometrie sowie ihre Druckspannungsrelaxations-Eigenschaften während der Branddauer zu bewahren. Dieser Brandprüfung folgt ebenfalls eine hydrostatische Druckprüfung mit dem Anderthalbfachen des Nennbetriebsdrucks des Produkts, wobei die Prüfungsanordnung auf Undichtigkeiten überwacht wird.

Andere ähnliche Brandprüfungen wie z. B. API-607 und UL-852 werden routinemäßig eingesetzt, um neue Dichtungsmaterialien und Kupplungskonstruktionen zu prüfen, die für Anwendungen mit hohem Gefahrenpotential vorgesehen sind, bei denen durchgehend ein Brandrisiko vorhanden ist. Als Teil der Qualifizierungsanforderungen für solche Normen können Komponenten, die in trockenen Brandschutzsystemen verwendet werden, direkten Flammentemperaturen von über 871 °C ausgesetzt werden.

## **Vergleich mit alternativen Rohrverbindungs-methoden**

Anders als bei Flanschverbindungen, bei denen die interne Dichtung zwischen den Oberflächen der Gegenflansche freiliegt, wird die Dichtung in einer mechanischen Kupplung vollständig von den Kupplungsgehäusen und den Gegenrohrenden eingeschlossen. Dadurch wird verhindert, dass die Dichtung schädlichen Bedingungen durch direkte Hitze oder Flammen ausgesetzt wird. Die Kompression von Baugruppe und Dichtung wird radial um die Rohrenden herum durch die Art der Schraubenausrichtung erzielt (senkrecht zum Rohr im Vergleich zu tangentialen Verschraubungen

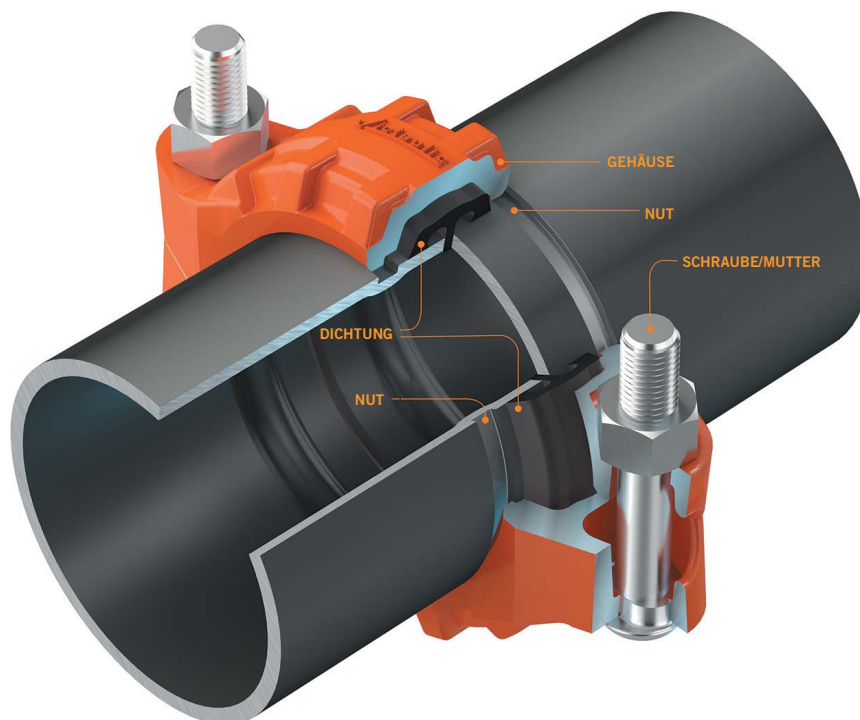
oder Verschraubungen in Längsrichtung des Rohrs bei Flanschverbindungen). Bei dieser Ausrichtung wird jede schrittweise Ausdehnung der Schrauben bei extremer Hitze durch die interne Kompression der Dichtung zusammen mit einem gewissen Prozentsatz der Dichtungsdehnung ausgeglichen, so dass es in der Kupplung kommen kann. In allen Fällen bricht die Dichtung unter diesen Bedingungen nicht zusammen und behält ihre Abdichtung am Rohr bei.

Gewindeverbindungen sind ebenfalls mit der Zeit leckanfällig, da die Dichtungsmaterialien austrocknen und Risse bekommen, wodurch es zwischen den Gegengewinden zu kleinen Leckagen kommt. Durch direkte Einwirkung von Feuer auf diese Verbindungen wird dieser Austrocknungs- oder „Alterungseffekt“ beschleunigt, wobei die Verbindungen ungeachtet der Qualität der ursprünglichen Gewindefertigung und der Montage der Verbindung und der dabei aufgewandten Sorgfalt Leckagen entwickeln können.

Wenn genutete mechanische Kupplungen von Victaulic ordnungsgemäß und entsprechend den veröffentlichten Leistungsangaben des Produkts in Anwendungen installiert werden, liegen keine Bedenken hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit dieser Verbindung gegenüber den extremen Bedingungen bei einem Brand vor. Dies ist ein äußerst wichtiger Vorteil für den Gebäudeeigentümer und wird oft als selbstverständlich betrachtet, weil die Verbindungen viele Jahre lang still und zuverlässig hinter Wänden, Decken und an anderen verdeckten Stellen ihre Arbeit leisten.

## Ein bewährtes Konzept

Produkte von Victaulic bewähren sich seit nahezu 100 Jahren in einer Vielzahl von Rohrleitungssystemanwendungen. Ob es sich um ein Brandbekämpfungssystem handelt, das still über ein Gebäude und seine Bewohner wacht, oder um eine periodisch betriebene Hydraulikleitung an Bord eines Hochseeschiffs – mechanische Rohrkupplungen, Formteile und Zubehörteile von Victaulic geben den Kunden Vertrauen, da sie wissen, dass diese Produkte unter extremsten Bedingungen getestet und validiert worden sind. Durch Investitionen in Forschung und Entwicklung neuer Produkte, Materialien und Fertigungsprozesse behält Victaulic seine Position als weltweiter Marktführer für zuverlässige Rohrverbindungslösungen der Weltklasse bei.



Es gibt mehrere Merkmale, durch die sich extreme Hitzebeständigkeit von mechanischen Verbindungen erzielen lässt: das Gusseisengehäuse, die Eigenschaften des Dichtungsmaterials und die resultierende Dichtkraft, wenn die Schrauben und Muttern fest angezogen sind.



Die Feuerwiderstandsdauer der Dichtung wird durch ihre Form weiterhin erhöht. Die Form wird entwickelt, um den Eigenschaften der jeweiligen Dichtungsmaterialien optimal zu entsprechen, während die Geometrie optimiert wird, um sicherzustellen, dass immer genügend Kraft auf die Dichtung ausgeübt wird, um eine druckempfindliche Abdichtung zu gewährleisten.



Victaulic FireLock™ Installation-Ready™ Formteile werden von UL, LLC in den USA als Teil der Zertifizierungsanforderungen für mechanische Verbindungen zum Einsatz in Trockenrohr-Brandschutzsystemen für Gebäude und Anlagen getestet.

## Globale Fertigungskonsistenz

Als Erfinder und Innovator des genutzten Rohrverbindingssystems behält Victaulic die strikte Kontrolle über den ganzen Produktlebenszyklus von der Entwicklungsphase bis zu Test und Inspektion in der Nachproduktionsphase. Wenn die Nennwerte für Temperatur, Druck und Flüssigkeiten für diese Produkte festgelegt worden sind, müssen sie durch die Materialien, Unterbaugruppen und kompletten Endprodukte konsequent eingehalten werden. Das Unternehmen ist bestrebt, an allen seinen weltweiten Produktionsstandorten hochwertige Produkte herzustellen, und arbeitet eng mit seinen Kunden zusammen, um sicherzustellen, dass kritische Anforderungen eingehalten oder übertroffen werden. Produkte von Victaulic werden außerdem von einer großen Anzahl von US- und internationalen Regulierungsbehörden eng überwacht, die routinemäßige Prüfungen durchführen, damit gleich bleibende Qualität und Übereinstimmung mit regionalen Normen und Standards gewährleistet wird.

## Biographien der Autoren

**Len Swantek** ist „Director of Global Regulatory Compliance“ bei Victaulic. Er hat über 28 Jahre Erfahrung in unterschiedlichen technischen Positionen und Verwaltungsrollen bei Victaulic, u. a. in den Bereichen Anwendungstechnik, Entwicklung von Normen und Standards, Produktzertifizierung und behördliche Prüfungen.

Er ist außerdem Mitglied der „National Fire Protection Association“ (NFPA), der „National Fire Sprinkler Association“ (NFSA), des „European Fire Sprinkler Network“ (EFSN) und der „Fire Protection Association“ (FPA).

Herr Swantek leitet das Team für globale Regulierungen von Pennsylvania in den USA aus, das mit mehr als 80 internationalen Regulierungsbehörden weltweit zusammenarbeitet.

**Catsy Lam** ist „Material Sciences Technical Leader“ bei Victaulic und hat über 10 Jahre Erfahrung mit der Produktentwicklung von Dichtungsmaterialien, Beschichtungen, Schmierstoffen, Klebstoffen und nichtmetallischen Leitungen. Sie ist verantwortlich für Rezepturen und Verbundstoffzusammensetzung, Prüfung und Validierung von Materialeigenschaften, chemische Analyse, technischen Support, Produktspezifikationen und technische Normen.

Frau Lam dient auch als technische Leiterin bei der Entwicklung von Dichtungsmaterialien wie Elastomeren, Thermoplasten, Hochleistungskunststoffen und Polymer-Verbundstoffen für die weltweit verwendeten Rohrleitungslösungen von Victaulic.

Sie ist Mitglied des „Materials Technology Institute“ (MTI) und der „American Chemical Society Rubber Division“ (ACS).