

Für schwierige Fälle

Laseroptischer Lecktest zum Nachweis von flüssigen Prüfmedien

GERHART SCHROFF UND MICHAEL STETTER

Viele industriell hergestellte Produkte enthalten bei ihrer Verwendung Flüssigkeiten. Dieses trifft beispielsweise auf technische Produkte wie etwa kraftstoffführende Komponenten im PKW zu. Aber auch eine große Anzahl von Konsumprodukten, zum Beispiel Farbsprühdosen, Haarspraydosen, Sahnesprühdosen, Inhalations-sprays, Feuerlöscher, Feuerzeuge oder etwa Campinggaskartuschen, enthalten flüssige, teils unter Druck stehende Stoffe. Um diese Produkte auf ihre Dichtigkeit hin überprüfen zu können, werden in der Regel trockene Prüfverfahren eingesetzt. Dazu zählen Druckänderungsverfahren oder Gasnachweisverfahren. Allen diesen Prüfverfahren gemeinsam ist, dass der Prüfling mit einem gasförmigen Prüfmedium mit Druck beaufschlagt wird, welches im Ge-

Dipl.-Phys. Gerhart Schroff und Dipl.-Ing. Michael Stetter sind Geschäftsführer der Gemtec Laseroptische Systeme GmbH, 71364 Winnenden, Tel. (0 71 95) 9 11-29 50, info@gemtec-online.de

brauch nicht im Prüfling vorliegt. Daraus ergibt sich dann die Schwierigkeit, dass empirisch ein Zusammenhang gefunden werden muss, welche Leckrate des gasförmigen Prüfmediums dann welcher Leckrate des flüssigen Mediums entspricht, damit das Produkt im verfüllten Zustand als dicht angesehen werden kann.

Trockene Prüfverfahren sind teilweise nicht anwendbar

Bei einigen Produkten ist es auch aus technischen Gründen nicht möglich, mit trockenen Prüfverfahren diese auf Dichtigkeit zu überprüfen. Etwa aufgrund eines sehr hohen Prüfdrucks oder bedingt durch die technische Funktion des Bauteils, welche eine Dichtheitsprüfung nur im verfüllten Zustand zulässt. Dieses ist beispielsweise bei einigen Komponenten aus dem Bereich der Diesellochdruckeinspritzung in Kraftfahrzeugen der Fall. Dabei liegt der Prüfdruck teils bei 200 MPa und die Prüflinge enthalten technische Kom-

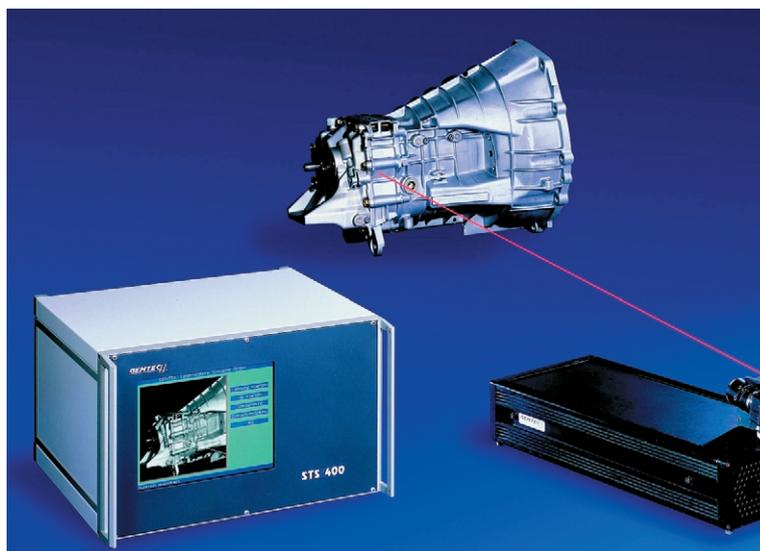
ponenten wie etwa Druckregelventile, die trocken nicht geprüft werden können.

Mit flüssigen Medien gefüllte Produkte können daher in zwei Gruppen unterteilt werden:

- ▶ die erste Gruppe enthält Stoffe, die einen hohen Dampfdruck bei Raumtemperatur haben,
- ▶ die zweite Produktgruppe enthält im Gebrauch ausschließlich Stoffe, die bei Raumtemperatur einen vernachlässigbar kleinen Dampfdruck haben.

Zur ersten Produktgruppe zählen beispielsweise Farbsprühdosen, Haarspraydosen, Sahnesprühdosen, Inhalationssprays, Feuerlöscher, Feuerzeuge und Campinggaskartuschen. Diese Produkte enthalten alle zumindest einen der nachfolgend genannten Stoffe, wie etwa Propan, Butan, Dimethylether, N₂O, CO₂ oder H₂O, welche für die Dichtheitsprüfung als Testgase in Frage kommen. Alle diese Stoffe können mit den laseroptischen Gasnachweissystemen von Gemtec schnell und mit hoher Genauigkeit nachgewiesen werden. Für die zweite Produktgruppe, die keinen Stoff mit nennenswertem Dampfdruck enthält, kann zum Zwecke der Dichtheitsprüfung einer dieser Stoffe im gewünschten flüssigen Prüfmedium vor der Prüfung gelöst werden. Im Falle eines Lecks tritt dann zusammen mit dem flüssigen Medium auch das darin enthaltene Testgas aus. Dieses neuartige als TLF-Prüfverfahren (Testgas in liquid Fluids) bezeichnete Dichtheitsprüfverfahren, bei welchem im flüssigen Prüfmedium ein gut nachweisbares Testgas vor der Prüfung gelöst wird oder bei dem das verfüllte Produkt das Testgas beispielsweise bereits als Treibgas enthält, wurde zuerst für die

Bild 1: Dichtheitsprüfsystem STS 400 zur Leckortung.



automatisierte Dichtheitsprüfung von Dieselhochdruckkomponenten eingesetzt.

Bei den laseroptischen Dichtheitsprüfsystemen von Gemtec erfolgt der Testgasnachweis mittels des fotoakustischen Effektes. Der fotoakustische Testgasnachweis ermöglicht sowohl eine lokalisierende Dichtheitsprüfung als auch eine integrale Dichtheitsprüfung.

Bei den lokalisierenden Dichtheitsprüfsystemen kommt ein neuartiges optisches Rückkopplungsprinzip zum Einsatz. Zur Detektion von Leckagen wird das Prüfobjekt mit einem Laserstrahl abgerastert. Der Strahl wird, in analoger Weise zu dem Elektronenstrahl einer Bildröhre, über das Prüfobjekt oder Teilbereiche des Prüfobjektes geschwenkt. Das an den Leckstellen des Prüfobjektes austretende Medium setzt dann das darin gelöste Testgas wieder frei und dieses wird das Licht des Laserstrahls absorbieren, wenn der Laserstrahl eine Leckstelle beleuchtet. Die optisch angeregten Testgasmoleküle verlieren die aufgenommene Energie allerdings sehr schnell durch Stöße mit anderen Molekülen wieder und treten somit mit ihrer Umgebung in direkte Wechselwirkung. Das durch diesen Vorgang erzeugte Schallsignal kann dann über



Bild 2: CRI-Rail eingelegt in der Testkammer einer TLF-Dichtheitsprüfanlage.

einen Rückkoppelkreis so auf das System rückkoppeln, dass sich das Testgas sicher und schnell detektieren lässt. Im Gegensatz zu konventionellen spektroskopischen Gasnachweisverfahren, bei welchen etwa Hintergrundstrahlung oder auch elastische Streuvorgänge an Staubpartikeln, am Prüfling oder sonstigen Oberflächen zu Fehlern bei der Testgasdetektion führen können, ermöglicht das in diesen Leckortungs-

systemen verwirklichte optische Rückkopplungsprinzip einen robusten und sicheren Betrieb unter rauen industriellen Bedingungen. Bild 1 zeigt das für die lokalisierende Dichtheitsprüfung ausgelegte Laserscansystem STS 400.

Leckratenberechnung durch fotoakustische Prüfsysteme

Bei der integralen Dichtheitsprüfung wird Gas aus der Umgebung des mit dem Testgas bedrückten Prüflings entnommen und in die Nachweiszelle der Systeme gebracht. Die Nachweiszelle verfügt über ein Fenster, durch die Laserstrahlung eindringen kann. Ist Testgas in der Nachweiszelle, kann mit dem fotoakustischen Effekt dessen Konzentration

bestimmt und daraus dann die Leckrate berechnet werden. Ein großer Vorteil fotoakustischer Dichtheitsprüfsysteme besteht darin, dass die Bestimmung der Testgaskonzentration sowohl bei Atmosphärendruck als auch bei sehr niedrigen Drücken stattfinden kann. Wird der Prüfling

FAZIT

- ▶ Dichtheitsprüfungen flüssigkeitsgefüllter Produkte erfolgen meist mit trockenen Verfahren
- ▶ Der Einsatz trockener Prüfverfahren ist in manchen Fällen technisch nicht möglich
- ▶ Fotoakustische Prüfsysteme ermöglichen eine automatisierte Dichtheitsprüfung



Bild 3: Handlingsystem einer TLF-Dichtheitsprüfanlage.

in eine Testkammer gebracht und diese evakuiert, so ist dafür bereits ein Vakuum von zirka 10 bis 20 hPa ausreichend, um Leckraten von 10^{-9} mbarl/s detektieren zu können. Bleibt der Druck in der Testkammer während der Prüfung auf Atmosphärendruck, so können noch Leckagen von 10^{-7} mbar l/s detektiert werden.

Fotoakustische Gasnachweissysteme bieten aufgrund der Vielzahl an detektierbaren Testgasen somit erstmals die Möglichkeit, bereits verfüllte Produkte adäquat auf ihre Dichtigkeit hin überprüfen zu können.

CRI-Rails können automatisiert überprüft werden

Mit dem TLF-Prüfverfahren wurde es erstmals möglich, Dieselhochdruckkomponenten wie etwa CRI-Rails automatisiert auf Dichtigkeit überprüfen zu können. Für viele dieser Komponenten ist als Prüfmedium ein Prüföl vorgeschrieben. Eine Dichtheitsprüfung mittels einer Druckabfall- oder Differenzdruckmethode ist bei Drücken von 200 MPa nicht mehr möglich, wenn Prüföl-Leckraten von etwa $0,02 \text{ mm}^3/\text{s}$ noch erkannt werden sollen. Die einzige bisher eingesetzte Prüfmethode ist der so genannte „Löschblatttest“, obwohl die benötigte Nachweisempfindlichkeit von etwa $0,02 \text{ mm}^3/\text{s}$ auch mit dieser Prüfmethode nicht erreicht wird.

Bei dem neuen TLF-Prüfverfahren zur Dichtheitsprüfung werden die Vorteile eines flüssigen Prüfmediums mit den Vorteilen eines fotoakustischen Gasnachweises kombi-

niert. Bild 2 zeigt ein CRI-Rail, eingelegt in die Testkammer einer TLF-Dichtheitsprüfanlage zur integralen Dichtheitsprüfung im Vakuum. Der Prüfablauf sieht dann so aus, dass in einem Mischbehälter ein gut nachweisbares Testgas in dem Prüfmedium gelöst wird. Das so präparierte Prüföl wird dann definiert in den Prüfling gefüllt und der Prüfling für die gewünschte Druckhaltezeit, in diesem Fall für 45 s, auf dem Prüfdruck gehalten. Sollte der Prüfling eine undichte Stelle haben, so tritt an dieser das Prüföl und eine der Prüfölmengen proportionale Testgasmenge aus. Aus der ausgetretenen Testgasmenge kann dann eindeutig die Prüföl-Leckrate bestimmt werden. Als Gasnachweissystem wird ein fotoakustisches Gasnachweissystem vom Typ LTS 311 V verwendet, das auch stark ölhaltiges Analysengas störungsfrei auswerten kann. Mit dem TLF-Prüfverfahren können bei dieser Anwendung noch Prüföl-Leckraten von $0,01 \text{ mm}^3/\text{s}$ erkannt werden.

Das in Bild 3 gezeigte Handlingsystem der zu prüfenden CRI-Rails entnimmt die in einer Prüflingsablage manuell oder automatisiert abgelegten Prüflinge, legt diese automatisiert in die Testkammer ein, entnimmt diese nach der Prüfung wieder aus der Testkammer und versieht die IO-Teile mit einem Etikett. Danach wird das Rail in eine zweite Ablage abgelegt und verpackt. **MM**

www.maschinenmarkt.de

► Gemtec