

Lecklokalisierung mit Laser

Flexibel und leistungsfähig

Dipl.-Phys. Gerhart Schroff, Dipl.-Ing. Michael Stetter

Die lokalisierende Dichtheitsprüfung mit laseroptischen Systemen ermöglicht eine flexible automatisierte Qualitätskontrolle. Integriert in industrielle Fertigungsprozesse erlauben optische Lecklokalisierungssysteme auch bei einer breiten Produktvielfalt eine nahezu umrüstfreie, sichere Dichtheitsprüfung und eröffnen damit völlig neue Perspektiven in der industriellen Qualitätssicherung.

In dem optischen Lecklokalisierungssystem STS 400 (Abb. 1) wird ein neuartiges optisches Rückkopplungsprinzip zur lokalisierenden Dichtheitsprüfung (Patent angemeldet) eingesetzt. 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 Testgas wird nun genau dann das Licht des Laserstrahls absorbieren, wenn der Laserstrahl eine Leckstelle beleuchtet. Die so optisch angeregten Testgasmoleküle verlieren diese aufgenommene Energie allerdings sehr schnell wieder und treten somit mit ihrer Umgebung in direkte Wechselwirkung. Hierzu können die unterschiedlichsten Relaxationsprozesse, wie etwa Fluoreszenzstrahlung, aber auch strahlungslose Übergänge beitragen.

Das beleuchtete Testgas kann nun so auf das optische Dichtheitsprüfsystem rückkoppeln,

daß sich das Testgas sicher und schnell detektieren läßt.

Optische Rückkopplung

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 im STS 400 verwirklichte optische Rückkopplungsprinzip (Abb. 2) einen robusten und sicheren Betrieb unter industriellen Bedingungen.

Da zum Entstehen einer Rückkopplung auf das optische System ganz bestimmte, testgasspezifische Relaxationsprozesse in dem von dem Laserstrahl beleuchteten Untersuchungsvolumen ablaufen müssen, kann aus dem Auftreten dieser Rückkopplung sicher zwischen dem zu detektierenden Testgas und der, das Laserlicht ebenfalls teilweise absor-

bierenden Prüfobjektoberfläche unterschieden werden. Der Rückkopplungskreis beinhaltet die zur Beleuchtung des Untersuchungsvolumens notwendige Strahlquelle, bestehend aus dem Laser und der zum Verschwenken des von dem Laser erzeugten Laserstrahls notwendigen Strahlableitungseinheit, einen empfindlichen Detektor und eine Regeleinheit. Wird nun bei dem Verschwenken des Laserstrahls über das Prüfobjekt das aus einem Leck am Prüfobjekt ausgetretene Testgas beleuchtet, so entstehen testgasspezifische Signale. Der Detektor registriert diese Signale zusammen mit den immer vorhandenen Hintergrundsignalen. Die Regeleinheit liefert ein Ausgangssignal, welches sich immer dann ändert, wenn in den von dem Detektor registrierten Signalen charakteristische Merkmale enthalten sind, welche die in den Testgasmolekülen ablaufenden Abregungsprozesse auszeichnen.

Dies geschieht in der Art, daß ein abgeändertes – beispielsweise vergrößertes – Ausgangssignal den Betriebszustand der Strahlquelle so abändert, daß bei Vorhandensein solcher testgasspezifischer Signalanteile die Analyse der von dem Detektor gelieferten elektrischen Signale durch die Regeleinheit zu einem weiter abgeänderten – also weiter vergrößerten – Ausgangssignal führt, was dann wiederum zu einem noch weiter geänderten Betriebszustand der Strahlquelle führt und dadurch eine noch weitere Abänderung – noch weitere Vergrößerung – des Ausgangssignals der Regeleinheit nach sich zieht, usw.

Dieses im STS 400 verwirklichte Rückkopplungsverfahren ist, abstrakt gesehen, sehr eng mit der Erkenntnis verknüpft, daß das Vorhandensein eines Lautsprechers im Erfassungsbereich eines Mikrophons sehr leicht dadurch erkannt werden kann, indem der Lautsprecher von dem verstärkten Aus-



Abb. 1 Optisches Lecklokalisierungssystem

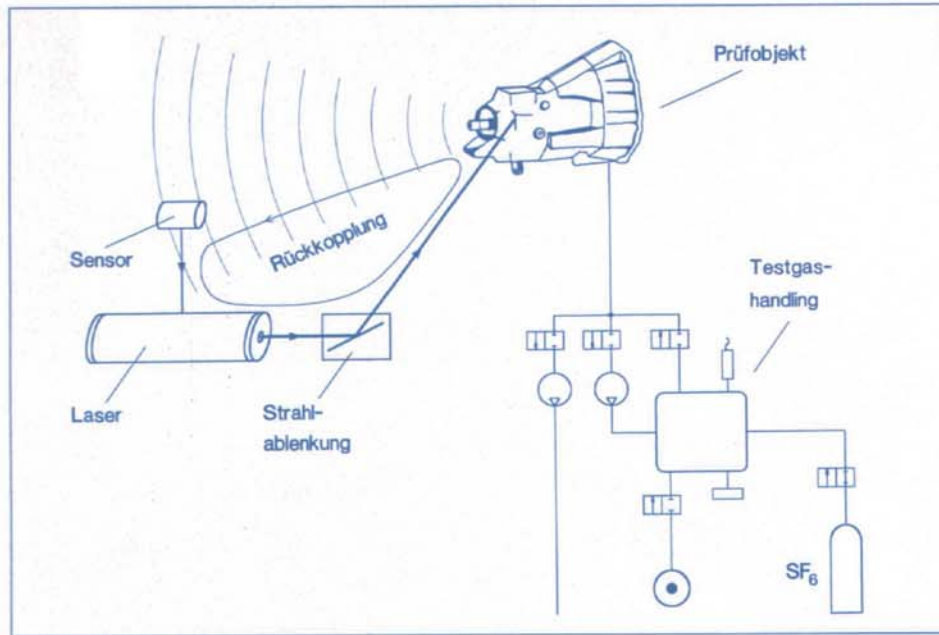


Abb. 2 Schematische Darstellung des Rückkopplungsverfahrens bei der Lecklokalisierung

gangssignal des Mikrophons angesteuert wird, was zu einer dann akustischen Rückkopplung führt, wobei sich üblicherweise ein „Pfeifton“ einstellt. Dieser Effekt ist beispielsweise aus öffentlichen Veranstaltungen oder aus Rundfunksendungen mit telefonischer Beteiligung der Hörer allgemein bekannt. Übertragen auf das optische Rückkopplungsverfahren bedeutet dies dann, daß, hervorgerufen durch Intensitätsänderungen des Laserlichtes, an dem aus dem Leck austretenden Testgas Abregungsprozesse induziert werden.

Diese von dem Detektor registrierten Signale beeinflussen dann die Intensitätsänderung des Laserlichtes, was wiederum bei vorhandenem Leck zu charakteristischen Signalen am austretenden Testgas führt, so daß ein vom Laserstrahl beleuchtetes Leck zu einer Oszillation dieses Rückkopplungskreises führt. Da jedes aus der Physik bekannte optische Gasnachweisverfahren für ein solches Rückkopplungsverfahren zum Zwecke der Leckdetektion herangezogen werden kann, ist es im Prinzip möglich, nahezu jedes technisch relevante Gas nachzuweisen. Für den industriellen Einsatz sind für die Dichtheitsprüfung vor allem das Inertgas SF₆ und das Gas N₂ aufgrund ihrer hervorragenden Nachweisempfindlichkeit gut geeignet.

Systemkonzept

Das optische Lecklokalisierungssystem STS 400 setzt sich aus dem Meßkopf und einer separaten Versorgungs- und Steuerelektronik zusammen. Der Meßkopf umfaßt einen luftgekühlten CO₂-Wellenleiterlaser sowie die zum Verschwenken des Laserstrahls notwendige Strahlableitungseinheit (Scanner).

Dem für das menschliche Auge unsichtbaren Laserstrahl des CO₂-Lasers ist ein roter Laserstrahl überlagert, so daß das Abrastern des Prüfbjcktes visuell nachvollzogen werden kann. Eine am Meßkopf angebrachte Video-Kamera erlaubt die Darstellung des Prüfbjcktes auf einem Bildschirm.

Ein Microcontroller erfaßt die bei einer Prüfung gewonnenen Daten und macht sie dem Anwender in Form eines „Leckstellenbildes“ zugänglich. Dieses Leckstellenbild wird nun dem von der Video-Kamera gelieferten Bild des Prüfbjcktes überlagert. An den Stellen, an denen Leckagen erkannt wurden, wird das auf dem LCD-Bildschirm dargestellte Prüfbjckte farbig markiert. Dem Benutzer ermöglicht dies eine einfache visuelle Beurteilung des Prüfvorganges. Über eine Monitorbuchse kann dieses auf dem Bildschirm dargestellte Prüfergebnis beispielsweise über einen externen Video-Drucker als Prüfprotokoll für eine Nacharbeit ausgegeben werden.

Ergänzend zu dieser Möglichkeit der visuellen Inspektion der Leckstellen anhand des Leckstellenbildes erlaubt das System einen vollautomatischen Prüfbetrieb mit einer seriellen RS232-Schnittstelle. Wesentlich für diese einfache Möglichkeit der Einbindung in einen automatisierten Produktionsablauf ist die Möglichkeit, für einen Einrichtbetrieb am Bildschirm verschiedene Scanbereiche durch das Aufziehen entsprechender Fenster definieren und durchnumerieren zu können. Für jeden so definierten Bereich findet dann eine getrennte IO/NIO-Bewertung statt. Es kann beispielsweise daher einer einzelnen Dichtstelle ein separater Scanbereich zugeordnet werden. Diese Vorgehensweise führt somit auch zu einer deutlichen Reduzierung

der Prüfzeit immer dann, wenn Teilbereiche des Prüfbjcktes nicht abgescannt werden müssen, da diese beispielsweise bereits als Einzelteile vorab schon geprüft wurden.

Zur Systemkalibrierung kann in aller Regel ein Prüfling mit bekannten Leckagen verwendet werden. Es wird dann die Größe der das Testgas enthaltenden Bereiche ermittelt und automatisch dem entsprechenden Kalibrierleckwert zugeordnet.

Dies ist notwendig, da sich je nach Größe des Prüflings, aber auch in Abhängigkeit der konkreten Vorgaben durch die Prüfanlage unterschiedlich große Testgas enthaltende Bereiche ergeben können. Unabdingbar für jedes in der industriellen Qualitätssicherung eingesetzte System ist heutzutage sowohl ein robustes Design, als auch eine einfache und übersichtliche gehaltene Bedienoberfläche. Im STS 400 sind ferner folgende Systemfunktionen realisiert: Ein integriertes Selbstdiagnosemodul, eine Master-Funktion, verschiedene Prüfparametersätze, galvanisch entkoppelte und überspannungsgeschützte Schnittstellen, eine interne Echtzeit-Uhr, eine Option zur Ferndiagnose sowie ein Fehlerspeicher. Hierdurch wird in der Regel ein einfacher und sicherer Betrieb, aber auch eine lückenlose Dokumentation aller internen Systemparameter sichergestellt.

Anwendungsbereiche

Bei der lokalisierenden optischen Dichtheitsprüfung wird der Prüfling definiert mittels Testgas mit Druck beaufschlagt. Je nach Größe der zu detektierenden Leckagen kann zum Beaufschlagen des Prüflings mit Druck auch ein Gemisch aus beispielsweise Luft oder Stickstoff mit dem jeweiligen Testgas verwendet werden.

Damit die Leckagen detektiert werden können, muß sichergestellt sein, daß das Testgas an die Prüflingsaußenseite gelangt und dort mit einem Laserstrahl beleuchtet werden kann. Dies ist in der Regel durch ein hinreichend langes Bedrücken des Prüfbjcktes mit Testgas einfach sicherzustellen. Es können sowohl komplexe, großvolumige Teile in der Endmontage – beispielsweise PKW-Motoren –, als auch kleine, in hoher Stückzahl produzierte Teile sicher auf Leckstellen überprüft werden.

Der vollautomatische Einsatz ermöglicht gleichbleibend niedrige Rückweisungs-raten, da im Gegensatz z.B. zur Unterwasser-Dichtheitsprüfung keine bedienerabhängigen Einflüsse vorliegen. Das System eignet sich daher insbesondere zur Qualitätssicherung und Fertigungskontrolle in der Produktion.

Weitere Informationen KON 500