

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2014

ISGATEC® 

Produktivitätssteigerung durch moderne Lecksuchgeräte auf Wasserstoff-Basis

Egal ob Hersteller oder Zulieferer, Unternehmen im Bereich Automotive >>1 stehen vor großen Herausforderungen: Sie müssen sich auf einem globalen Markt gegen einen immer stärkeren Konkurrenzdruck und immer kürzere Modelllebenszyklen behaupten. Ihre Kunden wünschen sich qualitativ hochwertige und dennoch kostengünstige Produkte – und das selbstverständlich just in time. Die Fertigung dieser Industrie ist daher auf maximale Produktivität und Effizienz getrimmt. Ständige Prozessoptimierung und ein hohes Maß an Automatisierung sollen dabei helfen, eines der wichtigsten Etappenziele zu realisieren – kurze Produktionszyklen. Produktionsmängel können das hier Erreichte aber schnell zunichte machen, denn das Aufspüren von Fehlerquellen und die Nachbearbeitung nehmen meist genauso viel Zeit in Anspruch wie die Fertigung. Gerade bei Leckagen und Dichtheitsmängeln ist die Fehlersuche der größte Zeitfaktor. Moderne Wasserstoff-Lecksuchgeräte bieten hier eine kostengünstige Lösung für das kostspielige Ärgernis.

Zur Lecksuche und Dichtheitsprüfung wird bei der Wasserstoff-Methode ein Formiergas – üblicherweise ein Standardgemisch aus Stickstoff und Wasserstoff – eingesetzt. Das Gemisch setzt sich aus 5% Wasserstoff (H_2) und 95% Stickstoff (N_2) zusammen. Das Formiergas ist vollkommen ungiftig und reagiert als inertes Gas nicht mit den Oberflächen anderer Werkstoffe. Dank der niedrigen Wasserstoff-Konzentration ist das Gemisch zudem nicht entzündlich. Formiergas wird daher auch als Schutzgas beim Schweißen, Löten oder Walzen verwendet. Also immer



>>1: Produktion in der Automobilindustrie

dann, wenn unter großer Hitzeeinwirkung die Gefahr besteht, dass zu bearbeitende Metalle oxidieren könnten. Aufgrund dieser Eigenschaften wird Formiergas international mit der Norm ISO 10156:2010 klassifiziert. Formiergas ist zudem unproblematisch in Herstellung, Transport und Lagerung, was niedrige Marktpreise von wenigen Euro pro 1.000 l ermöglicht. Ein dichtes Händlernetz garantiert die schnelle und sichere Verteilung. Als standardisiertes Produkt mit den beschriebenen Eigenschaften eignet sich Formiergas damit hervorragend für den industriellen Einsatz.

Wasserstoff in der Lecksuche

Was Formiergas darüber hinaus für den Einsatz als Spürgas in der Lecksuche so attraktiv macht, ist allerdings nicht so sehr eine Eigenschaft des Wasserstoffs sondern ein Merkmal unserer Atmosphäre. Freier Wasserstoff kommt nur in Spuren in ihr vor. Auf 10.000.000 Moleküle in der Luft entfallen lediglich fünf Wasserstoffatome, was einer Konzentration von 0,00005% oder 0,5 ppm entspricht. Gegen diese geringe Hintergrundkonzentration, auch Untergrund genannt, lässt sich ein plötzlicher Anstieg der Wasserstoffkonzentration durch austretendes Prüfgas mit einem Sensor hervorragend detektieren. Das ist einer der Gründe, warum sich die Wasserstoff-Lecksuche inzwischen branchenübergreifend immer mehr gegen die herkömmlichen Methoden der optischen Lecksuche im Wasserbad oder mittels Lecksuchspray durchsetzt.

Nutzen in der Automobilindustrie

Gerade für die Automobil- und Zulieferindustrie offenbart der Vergleich von Wasserbad und Lecksuchspray, meist eine Seifenlauge, mit der Wasserstoff-Methode noch eine ganze Reihe weitere Vorteile. Bei den herkömmlichen Methoden ist bereits der Einsatz von Flüssigkeiten ein Problem. Schließlich werden Fahrzeugkomponenten trocken und sauber verbaut. Nach dem Einsatz der herkömmlichen Prüfmedien Wasser oder Lauge müssen die Prüfteile erst wieder mühsam und zeitaufwändig getrocknet werden. Bei der Verwendung von Lecksuchspray entstehen zudem Schmierfilme auf den Prüfteilen, die es sorgfältig zu entfernen gilt. Schließlich dürfen einige Komponenten wie etwa Getriebeteile überhaupt nicht mit Flüssigkeiten in Berührung kommen, da bereits sensible Elektronikteile verbaut sind oder Korrosionsgefahr besteht.

Der Faktor Zeit

Aber schon die Prüfverfahren selbst disqualifizieren sich oftmals durch den enormen Zeitbedarf: Bei der integralen Dichtheitsprüfung des Kraftstoffsystems

eines Motors stellt der Prüfer z.B. eine Leckrate von 5×10^{-2} mbar l/s fest und schließt aufgrund der geringen Abweichung zur Grenzleckrate auf ein recht kleines Leck. Um mit den herkömmlichen visuellen Methoden die Leckstelle zu finden, benötigt man aufgrund der komplexen Geometrie des Prüfteils im schlimmsten Fall aber mehrere Stunden. Nicht alle Bereiche des Motors sind leicht zugänglich. Leckagen unterhalb von Verschraubungen oder in verwinkelten Ecken werden daher leicht übersehen. Je kleiner dabei das Leck, umso geringer die Wahrscheinlichkeit, dass die aufgetragene Seifenlauge reagiert. Die Oberflächenspannung der Lauge ist einfach zu groß, als dass bei sehr niedrigem Druck noch Bläschen entstehen könnten. Hier nun eine Leckstelle zu finden, wird mitunter zu einem wahren Geduldsspiel. Manche Bereiche sind von außen zudem überhaupt nicht einzusehen. Lecks lassen sich dabei nur noch indirekt erkennen, was in entscheidendem Maße von der Erfahrung des Prüfers abhängt. Da die Produktionslinie für die Dauer dieses Vorgangs nicht stillstehen kann, muss der Motor, nach der Dichtheitsprüfung zuerst an einen Nachbearbeitungsplatz gebracht werden. Ein zeit- und damit kostenintensives Ärgernis. Bei der Wasserstoff-Methode erfolgt die Leckortung zwar auch erst an einem Nachbearbeitungsplatz. Sie nimmt aber meist nur wenige Minuten in Anspruch, und ist im Durchschnitt um den Faktor 10 schneller, Anschaffungskosten amortisieren sich damit sehr schnell.

Anwendererfahrungen machen deutlich, dass die Wasserstoff-Methode eine etwa fünf- bis zehnfache Zeitersparnis gebracht und die Effizienz des Produktionsprozesses deutlich gesteigert hat. Früher wurden z.B. am Nachbearbeitungsplatz teilweise mehrere Stunden gebraucht, um Leckagen zu finden – z.T. konnten sie gar nicht lokalisiert werden. Heute dauert hier die Leckortung an einem Motor nur noch zwischen 10 und 20 Minuten.

Hohe Nutzerfreundlichkeit

In der Anwendung ist die Wasserstoff-Lecksuche denkbar einfach. Der Prüfer bringt zunächst Formiergas unter einem bestimmten Druck in das Prüfteil ein. Mit einem empfindlichen Wasserstoff-Sensor am Ende einer Sonde (Messkopf) sucht er dann alle kritischen Bereiche ab. Er fährt dabei mit dem Messkopf, der mit dem eigentlichen Lecksuchgerät verbunden ist, wenige Zentimeter über der Oberfläche des Prüfteils entlang. Tritt an einer Leckstelle Prüfgas aus, detektiert der Sensor den darin enthaltenen Wasserstoff und das Lecksuchgerät macht den Prüfer durch audiovisuelle Signale auf das Vorhandensein einer Leckstelle aufmerksam. Das Lecksuchgerät lokalisiert aber nicht nur die exakte Leckstelle

– es beschränkt sich also nicht nur auf eine „simple“ Ja/Nein-Aussage – es stellt außerdem fest, wie viel Wasserstoff über die Leckstelle entweicht. Das Lecksuchgerät gibt dem Prüfer somit Aufschluss über die Größe des Lecks. Die Prüfteile bleiben zudem sauber, das Gas greift ihre Oberflächen nicht an und der Sensor nimmt auch den Austritt von Wasserstoff an Stellen wahr, die für das Auge nicht sichtbar sind.

Die Bedeutung von Leckgrößen

Die Quantifizierbarkeit der Leckraten – und daraus abgeleitet der Leckgrößen – bringt noch eine ganze Reihe weiterer Vorteile mit sich. Sind die Grenzleckraten einzelner Bestandteile eines Prüfteils bekannt, können anhand der gemessenen Leckrate z.B. irreguläre Leckstellen von normalen, technisch bedingten Undichtigkeiten unterscheiden werden. Eine Leckrate von 5×10^{-3} mbar l/s gibt hier womöglich eine konstruktionsbedingte Undichtigkeit an, z.B. bei Dichtungen oder Gewinden, eine Leckrate von 5×10^{-2} mbar l/s hingegen bereits ein echtes Leck. Die Prüfung ermittelt so nur relevante Lecks und lässt zudem Rückschlüsse über die Natur des Fertigungsfehlers zu, was die Nachbearbeitung deutlich beschleunigt. Da die überarbeitete Komponente ebenfalls überprüft wird, macht sich der Vorteil der Wasserstoff-Methode gleich doppelt bemerkbar. Die herkömmlichen Prüfmethode bringen dagegen keinerlei Erkenntnisgewinn: die Anzahl der austretenden Bläschen pro Zeiteinheit – wenn sie denn austreten – sagt unter praktischen Bedingungen noch nichts über die Leckrate aus. In der Realität hängt die Blasenbildung nicht so sehr von der Größe des Lecks, sondern vielmehr von der Beschaffenheit der Austrittsstelle ab, ihrer Geometrie, ihrer Lage, ob sie verdeckt ist oder verschmutzt. Die Quantifizierbarkeit von Leckgrößen und die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse ist beim Blasentest eher Wunschdenken.

Spürbare Unterschiede

Die Vorteile der Wasserstoff-Lecksuche hängen in entscheidendem Maße von der Empfindlichkeit und Qualität des Sensors ab. Ein guter Wasserstoff-Messkopf zeichnet sich durch kurze Ansprechzeiten und eine hohe Empfindlichkeit aus. So lassen sich in der Theorie auch kleinste Leckagen aufspüren. Im praktischen Einsatz sind aber noch eine ganze Reihe weiterer Eigenschaften von Bedeutung. State-of-the-Art-Sensoren und innovative Software, wie sie etwa im Lecksuchgerät Sensistor ISH2000 >>2 Verwendung findet, weisen eine hohe Selektivität und schnelle Abklingzeiten des Sensors auf. Die Selektivität garantiert, dass das Lecksuchgerät nicht auf wasserstoffhaltige Verbindungen in der Umgebungsatmosphäre reagiert, z.B. aus Schmier- oder Lösungsmitteln, wie

sie sich in allen Fertigungsbereichen finden. Die Abklingzeiten beziehen sich auf das Sensorsignal und die Wasserstoffsättigung des Sensors nach der Lokalisation einer Leckstelle. Erst wenn das Signal abgeklungen ist, kann nach weiteren Leckstellen gesucht werden – je kürzer die Wartezeit, umso besser. Eine kompakte und robuste Bauweise für den industriellen Einsatz, flexible und gut zu erreichende Verbindungsstellen sowie an nähernde Wartungsfreiheit des Geräts können je nach Szenario aber ebenfalls entscheidend sein.



>>1: Modernes Lecksuchgerät mit hoher Selektivität (Bilder: Inficon GmbH)

Geringe Investitionskosten + niedrige Betriebskosten = Kosteneffizienz

Die Wasserstoff-Lecksuche ist im praktischen industriellen Einsatz zudem flexibel für eine Vielzahl von Fahrzeugkomponenten einsetzbar. Die Möglichkeiten reichen hier von Behältern, Leitungen und Ventilen im Kraftstoff- und Abgassystem, dem Ölkreislauf und dem Kühlmittelkreislauf über Zylinderkopfdichtungen bis hin zu Getrieben und Kupplungen. Auf hohe Investitions- und Betriebskosten, etwa für eine umfangreiche Nachbearbeitungsline inkl. Trocknungsofen, können Nutzer von Wasserstoff-Lecksuchern dabei verzichten. Zwar ist Seifenlauge günstiger als Formiergas, bezieht man aber die Reduzierung der Arbeitszeit in die Bilanz mit ein, ergibt sich durch die Wasserstoff-Lecksuche sogar eine deutliche Kosteneinsparung. Hinzu kommen die positiven Effekte durch die deutliche Qualitätssteigerung. Ausschuss, Reklamationen und Garantiefälle gehen signifikant zurück und damit ebenso die Kosten für deren Management.

Anwender setzen diese Technik heute erfolgreich ein. Unter Qualitätsaspekten sind hier große Schritte in Richtung „Null-Fehler“ Anlieferqualität zum Kunden zu nennen. Dies hat zu einer noch höheren Kundenzufriedenheit sowie einer Reduzierung der Reklamationskosten geführt.

Mythen in der Wasserstoff-Lecksuche

Die frühere branchenweite Annahme, Wasserstoff würde sich im Vergleich zu Helium schneller verflüchtigen, was die Gefahr einer steigenden Hintergrundkonzentration und damit einer Sättigung oder „Verseuchung“ eines Lecksuchge-

räts verringere, ist heute nicht mehr gültig. Die Annahme beruhte auf der Beobachtung, dass bei der Detektion von Wasserstoff das Sensorsignal schon nach wenigen Sekunden wieder abgeklungen war, der Sensor also scheinbar wieder frei von Wasserstoff sei. Beobachtet wurde dieser Effekt zwar lediglich beim Einsatz von Sensistor-Lecksuchgeräten, avancierte aber zum branchenweiten Argument für die Wasserstoff-Lecksuche – und gegen den Einsatz von Helium. Der direkte Vergleich der beiden unterschiedlichen Lecksuch-Technologien unter kontrollierten Bedingungen zeigt aber deutlich, dass die kurzen Abklingzeiten des Sensors nur auf die intelligente Konstruktion und ebensolche Software der Sensistor-Geräte zurückzuführen sind. Das heißt aber auch: mit Lecksuchgeräten dieser Produktlinie profitieren Anwender weiterhin von dem positiven Effekt, er hat nur eine andere Ursache.

Ausblick – die Prüfung in der Linie

Die integrale Dichtheitsprüfung wird heute noch vielfach mit der Druckabfallmethode (oder Differenzdruck-Prüfung) durchgeführt. Treten bei diesem letzten Prozessschritt in der Produktionslinie Mängel zutage, wird die Komponente ausgeschleust und nachbearbeitet. Häufig ist dieses Verfahren aber nicht genau genug. Je nach Anforderung bieten sich daher zwei Alternativen an, die sich automatisiert und innerhalb der Linie einsetzen lassen, die Effizienz noch weiter steigern, wesentlich genauer sind und eine hohe Reproduzierbarkeit bieten. Benötigt der Anwender nur eine Aussage über die Dichtheit einer Komponente, bietet sich die integrale Prüfgasmethode in der Akkumulationskammer an. Im Gegensatz zur Druckabfallmethode, bei der die Komponenten kühl und trocken sein müssen, können hier auch warme oder feuchte Komponenten direkt aus der Linie geprüft werden – ohne dass die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse leidet. Ist eher die Position und die Art des Lecks relevant, ist ein vollautomatisiertes Prüfsystem, das die beiden Prozessschritte Prüfung und Lecksuche miteinander kombiniert, die logische Wahl. Derzeit werden Prüfanlagen erprobt, bei denen ein Roboterarm mit Schnüffelsonde das Prüfteil nach einem programmierten Muster abfährt und Leckagen ortet. Zwar muss auch in diesem Fall eine fehlerhafte Komponente anschließend aus der Linie ausgeschleust werden, der Zeitaufwand bei der Fehlersuche reduziert sich durch die beschriebenen Vorteile der Wasserstoff-Methode und den hohen Automatisierungsgrad jedoch drastisch. Gerade in der Serienproduktion können solche Prüfstände daher in Zukunft – auch dank standardisiertem Handling – noch kürzere Rüst- und Prüfzeiten ermöglichen und damit die Produktivität weiter steigern.