



Hochtemperatur-Korrosionsprüfung

Ultraschallprüfung bis zu 550 °C

Die Korrosionsprüfung mit Ultraschall ist ein gängiges industrielles Verfahren zur Messung der Dicke von festen Materialien, wobei der Zugang nur von einer Seite des Prüfobjekts erfolgt. Ihr Hauptanwendungsgebiet ist die Überprüfung der Restwanddicke von Objekten, die der Korrosion oder Erosion unterliegen, wie Rohrleitungen oder Behälter. Die meisten Messungen werden bei Temperaturen bis zu 60 °C durchgeführt, wobei Standardgeräte und -verfahren verwendet werden können.

In Raffinerien und anderen petrochemischen Anlagen ist es jedoch oft notwendig, die Wanddicke von Anlagenteilen zu überprüfen, die Temperaturen von 60 °C bis 550 °C erreichen und während der Korrosionsmessung nicht abgekühlt werden können. Die Temperatur ist auch einer der Faktoren, die den Korrosionsprozess beschleunigen, so dass die Messung im Vergleich zu kälteren Objekten häufiger durchgeführt werden muss. Viele Raffinerien und Chemiewerke führen regelmäßige Stichprobenkontrollen der verbleibenden Wanddicke durch, um die Korrosionsrate richtig einzuschätzen und notwendige Erneuerungen vorherzusagen. Diese Messungen werden typischerweise manuell durchgeführt, wobei speziell entwickelte Geräte und modifizierte Prüftechniken verwendet werden.

Messmethode

Messungen bei hohen Temperaturen sind nicht einfach zu bewerkstelligen. Daher ist besondere

Vorsicht geboten, um sich nicht Verbrennungen auszusetzen. Die Bediener sind daran gewöhnt, geeignete Schutzkleidung zu tragen, während sie unter Bedingungen mit starker Wärmestrahlung arbeiten, oft an schwer zugänglichen Stellen. Um die Sicherheit des Bedieners zu gewährleisten und um Schäden an der Ausrüstung zu vermeiden, werden die Messungen nicht kontinuierlich, sondern in einem bestimmten Rhythmus durchgeführt.

Herausforderungen

Der Ultraschallprüfkopf

Der Prüfkopf ist naturgemäß das Element des Messsystems, das am stärksten der Wärme ausgesetzt ist. Der Aufbau einer Standardsonde basiert auf piezoelektrischen Materialien und Trägermaterialien, die einer Dauertemperatur über 60 °C nicht standhalten können. Um die Curie-Temperatur herum wird das piezoelektrische Material depolarisiert und die Ablösung zwischen dem Piezoelement und dem Trägermaterial (Dämpfer) beginnt. Aufgrund der unterschiedlichen Schrumpfung der zum Bau des Schwingers verwendeten Materialien unter Temperatureinfluss können auch andere Schäden (Ablösung) auftreten. In allen Fällen wird der Aufnehmer dauerhaft beschädigt, so dass für den Bau eines Hochtemperaturlaufnehmers spezielle Materialien erforderlich sind. Der wichtigste Faktor bei der Auswahl des richtigen Prüfkopfes ist daher die maximale Betriebszeit bei der Arbeitstemperatur, die die Sicherheit des Prüfkopfes gewährleistet.

Veränderungen der untersuchten Materialien bei hohen Temperaturen

Die korrekte Durchführung von Messungen an heißen Objekten erfordert auch Kenntnisse über die Veränderungen, die im untersuchten Material unter Temperatureinfluss auftreten. Ein wichtiger Faktor ist der Einfluss der Temperatur auf die Ultraschallwellen. Eine Erhöhung der Temperatur führt zu einer Erhöhung der Dämpfung des Materials und zu einer Verringerung der Ultraschallwellengeschwindigkeit. Die Moleküle des Materials beginnen, in einer zufälligen Bewegung schnell zu hüpfen. Als Folge davon wird das Ultraschallsignal immer schlechter übertragen. In Kohlenstoffstahl beträgt die Abnahme der Schallgeschwindigkeit etwa ein Prozent pro 100°F oder 55°C. Die Dämpfung bzw. der Energieverlust nimmt aus dem gleichen Grund bei Materialien mit hohen Temperaturen zu, und es wird schwieriger, ein starkes erkennbares Signal zu erhalten.

Koppelmittel

Die korrekte Ankopplung spielt ebenfalls eine wichtige Rolle im Messprozess, da sie den Luftspalt zwischen der Aufsatzfläche und dem Prüfobjekt beseitigt. Sie sorgt für eine effektive Übertragung der Ultraschallwelle auf das Prüfmaterial. Standard-Koppelgele für niedrige Temperaturen versagen in einer Umgebung mit hohen Temperaturen, da sie schnell verdampfen und ihre Eigenschaften verlieren. Zu diesem Zweck werden spezielle Koppelpasten verwendet, die unter dem Einfluss hoher Temperaturen ihren Zustand in Flüssigkeiten ändern und so eine effektive Prüfung ermöglichen.

Da das Koppelmaterial bei hohen Temperaturen keine viskose Form beibehalten kann, ist die Kontaktzeit selbst für das beste Koppelmaterial sehr kurz. Das Signal erscheint kurz, wird dann schnell schwächer und verschwindet schließlich ganz. Daher ist ein leistungsfähiges A-Bild-Ultraschallprüfgerät mit Signaleinfrierfunktion erforderlich, um die Amplitude bei Beendigung des Kontakts mit dem Material auszuwerten.

Equipment

In Anbetracht der oben genannten Herausforderungen sollten bei der Auswahl der Messausrüstung (zusätzlich zu den Anforderungen für Tieftemperaturmessungen) die folgenden Auswahlkriterien beachtet werden.

Ultraschallprüfkopf

- Geringstmögliche Einschaltdauer bei exakter Temperatur für die Anwendung (maximale Kontaktzeit plus Abkühlzeit vor dem nächsten Einsatz)
- Empfindlichkeit des Prüfkopfes bei der Anwendungstemperatur (viele Prüfköpfe verlieren bei hohen Temperaturen schnell an Leistung, trotz hoher Temperaturangabe)

Spezialisierte Ultraschallprüfköpfe bieten die Möglichkeit des Dauerbetriebs bis zu 350°C sowie deutlich verlängerte Betriebszyklen bis zu 550°C im Vergleich zu normalen Ultraschallprüfköpfen. Die maximale Abkühlzeit zwischen den Messungen beträgt nur 1 Minute, da sich das Gehäuse nur auf 350°C abkühlen muss und somit lange Abkühlzeiten verhindert werden.

Ultraschallprüfgerät

Die Ultraschallprüfung bei hohen Temperaturen ist durch viele Faktoren erschwert. Daher sollte das verwendete Prüfgerät über die folgenden Eigenschaften verfügen:

- Leistungsstarker Impulsgeber: Sender mit hoher Leistung (400-V-Rechtecksender, der genügend Energie zum Antrieb des Prüfkopfes liefern kann, um hohe Dämpfungsverluste zu kompensieren)
- Gerät mit hoher Verstärkung und geringem Rauschen, inklusive digitale Filter: Das Empfangssignal, das in der Regel nur kurzzeitig auftritt, muss für eine genaue Auswertung eine hohe Qualität aufweisen. Geräte, die digitale Filter enthalten, sind hier im Vorteil.
- Display mit Freeze-Funktion: Weiterhin sind eine entsprechende Größe des Displays für die A-Bild-Auswertung sowie eine Freeze-Funktion (die es erlaubt, die Gates während des Einfrierens einzustellen) von großem Vorteil.
- Maximale Betriebstemperatur: Da die Wärmeabstrahlung ein wichtiger Faktor ist, sollte die maximale Betriebstemperatur des Geräts geprüft werden, um Ausfälle aufgrund von Batterieüberhitzung zu vermeiden.

Koppelmittel

Der Arbeitsbereich des Koppelmittels garantiert, dass es nicht verdunstet oder kocht, bevor die eigentliche Messung durchgeführt werden kann. Zudem sollte es nicht zu schnell erstarren (dies würde eine Schallbarriere bilden), und keine gefährlichen oder schädlichen Dämpfe beim Schmelzvorgang abgeben. Folgende Faktoren sollten bei der Verwendung von Koppelmitteln für die Ultraschallprüfung berücksichtigt werden:

- Arbeitsbereich des Koppelmittels
- Chemische Zusammensetzung, wenn lokale Korrosionen vorhanden sind
- Stabiler Übertragungsfaktor bei hohen Temperaturen
- Entstehung von Dämpfen beim Schmelzen
- Leicht zu reinigen und anzuwenden

Messverfahren

Um den Messvorgang zu beschreiben, ist es hilfreich, mögliche Fehlerquellen bei der Messung zu analysieren:

Verringerung der Geschwindigkeit der Ultraschallwelle mit steigender Temperatur

Bei Kohlenstoffstahl wird die Verringerung der Geschwindigkeit auf etwa 1% pro 55 °C geschätzt. Das bedeutet, dass die Rücklaufzeit des Ultraschallechos zunimmt und das Ergebnis ohne Geschwindigkeitskorrektur künstlich hoch ausfällt. Dieser Fehler nimmt mit der Dicke des Prüfmaterials sowie der Temperaturerhöhung zu. Um diesen Fehler zu vermeiden, ist es wichtig, eine Kalibrierungsprozedur mit einem Prüfblock aus dem gleichen Material und mit der gleichen Temperatur wie das geprüfte Material durchzuführen. Im Idealfall kann der Kalibrierblock auf der Messstelle auf die Temperatur des Prüfobjektes erwärmt werden. Wenn dies nicht möglich ist, sollte eine entsprechende Schallgeschwindigkeitskorrektur (Softwareoption des Prüfgerätes) vorgenommen werden. Diese Option gibt dem Prüfer direkt Rückmeldung zur korrekten Auswertung.

Erhöhte Materialdämpfung bei steigender Temperatur

Bei Kohlenstoffstahl wird geschätzt, dass die Dämpfung einer 5 MHz-Longitudinalwelle bei Raumtemperatur 2 dB pro 100 mm Abstand beträgt. Ultraschallmessung, die auf dem Rückwandecho basiert, eine Korrektur von 4 dB pro 100 mm vorgenommen werden muss. Bei 500 °C beträgt die Dämpfung bis zu 30 dB (ca. 20 Mal höher). Dadurch ist eine erhebliche Verstärkungsanpassung erforderlich, um ein vernünftiges Signal zu erhalten.

Verschiebung des Nullpunkts bei Temperaturänderung

Bei Kontakt mit einem heißen Objekt erwärmt sich auch der Vorlauf des Prüfkopfes. Die Laufzeit der Ultraschallwelle zwischen dem piezoelektrischen Material und der Aufsatzfläche des Prüfkopfes wird somit länger. Dadurch kommt es zu einer künstlichen Vergrößerung der Dickenmesswerte. Dieser Fehler ist schwer zu korrigieren, da die Temperatur des Vorlaufs zum einen nicht genau bestimmt werden kann und zum anderen sich der Vorlauf nicht gleichmäßig erwärmt.



SONOSCAN TS5H and adapter for High Temperature UT



Hochtemperatur-Korrosionsprüfung mit SONOWALL 70 und SONOSCAN TS5H Ultraschallprüfset

Empfohlenes Equipment

SONOTEC bietet ein Hochtemperatur-Korrosions-Kit für das SONOWALL 70 A-/B-Scan Ultraschallprüfgerät an. Das komplette Set besteht aus den folgenden Komponenten:

- SONOWALL 70 - High-End A-/B-Bild Dickenmessgerät mit leistungsstarkem Impulsgeber bis 400V
- Temperaturkompensation - Funktion zur automatischen Anpassung der Schallgeschwindigkeit von heißen Prüfobjekten
- SONSOCAN TS5H-Prüfkopf - für präzise Hochtemperaturmessungen bis 550°C inklusive Panzerkabel und Griffverlängerung
- SONOGRID-Korrosionsmanagement-Software - für die effiziente Erfassung linearer/2D/3D-Matrixdaten
- Robuster Prallschutz - für maximalen Schutz gegen Stöße und Stürze



Hochtemperatur-Prüfset für SONOWALL 70

Kontakt und Support

SONOTEC GmbH
 Nauendorfer Str. 2
 06112 Halle (Saale)
 Deutschland

☎ +49 (0)345 / 133 17-0
 ✉ sonotec@sonotec.de
 🌐 www.sonotec.de
 🛡️ Zertifiziert nach ISO 9001

SONOTEC® ist eine eingetragene Marke

Rev. 3