

Rasch zur richtigen Gradzahl

Thermometer-Kalibrierung: Mobile Geräte als kosteneffiziente Lösung

Danica Schwarzkopf
Thermometer in industriellen Herstellungsprozessen stehen unter Dauerstress. Ihre Eigenschaften werden durch mechanische Beanspruchung, häufige Temperaturwechsel und Betrieb an der oberen Grenztemperatur verändert. Gewissheit über die Messqualität der Temperaturfühler verschafft nur eine regelmäßige Kalibrierung. Dabei kann man in den meisten Fällen auf die aufwändige Überprüfung im Speziellabor verzichten.

Dipl.-Ing. Danica Schwarzkopf ist Produktmanagerin Temperatur Kalibriertechnik bei der Alexander Wiegand SE & Co. KG in Klingenberg

Beim Einsatz von Mobilgeräten spielt sich der Thermometer-Check ausschließlich in der Anlage ab. Deren Stillstandszeit reduziert sich so auf ein Minimum, außerdem entfällt das Transportrisiko beim Labor-Versand. Die Vor-Ort-Lösung bietet darüber hinaus einen Kontrollvorteil: Sie stellt nicht nur die Messabweichung vom Fühler, sondern die der gesamten Messkette fest. Bleibt die Frage: Welches Kalibriergerät eignet sich für welche Aufgabe? Die Antwort darauf verlangt eine gründliche Vorbereitung.

Kriterium Temperatur

Erstes Entscheidungskriterium sind die jeweiligen Prozesstemperaturen. Portable Geräte können je nach Ausführung einen Bereich von -55 bis +1100 °C darstellen. Kalibratoren, die Prüfwerte unterhalb der Umgebungstemperatur erreichen, arbeiten mit Peltier-Elementen (aktive Kühlung). Geräte für Temperaturen oberhalb der Umgebungstemperatur werden mit einer elektrischen Widerstandsheizung auf die erforderliche Gradzahl gebracht. Wer mit verschiedenen Temperaturen gleichzeitig arbeiten muss, sollte mehrere Kalibratoren

einsetzen. Das ist in der Regel kosteneffektiver als der Einsatz nur eines Gerätes.

Drei Kategorien mobiler Kalibratoren stehen den Anwendern zur Auswahl: Temperatur-Blockkalibratoren, Mikrokalibrierbäder und Multifunktionskalibratoren.

Temperatur-Blockkalibratoren bestehen aus einem elektrisch beheizten Metallblock, einer genauen Temperaturregelung und einem internen Referenzthermometer. Der Metallblock nimmt eine auswechselbare Einsatzhülse zur Adaption der Thermometer auf. Diese Hülse wird, je nach Durchmesser der Prüflinge, individuell angefertigt. Bei einem Blockkalibrator kann man im Bereich zwischen -55 und +650 °C von Messunsicherheiten zwischen 0,15 und 0,8 K ausgehen, bei Temperaturen bis +1100 °C von bis zu 3 K.

Mikrokalibrierbäder ähneln den Blockkalibratoren vom Aufbau her. Sie verfügen aber anstelle des Blocks über einen Tank, dessen Flüssigkeit (Wasser oder Öl) mit einem magnetischen Rührer gleichmäßig temperiert wird. Seine Wandung enthält das Referenzthermometer, das auch zum Regeln herangezogen wird. Der Tank ist gegenüber dem Gehäuse thermisch isoliert und lässt

erschieden in
INDUSTRIELLE AUTOMATION
 6/2012



01 Produktportfolio Temperaturblockkalibratoren: Einer passt immer

sich mit einem Stahldeckel transportsicher verschließen. Mikrokalibrierbäder erreichen im Bereich von -35 bis +255 °C Messunsicherheiten von 0,1 bis 0,3 K. Multifunktionskalibratoren stellen eine Kombination der beiden anderen Gerätetypen dar. Sie bieten je nach Bauart bis zu vier verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Multifunktionsgeräte können standardmäßig als Mikrokalibrierbad verwendet werden. Jedoch lässt sich der Tank mit einer passenden Einsatzhülse ergänzen. Weiteres Zubehör ermöglicht die Kalibrierung von Oberflächen- und Infrarotthermometern. Multifunktionskalibratoren können Temperaturen im von -35 bis +165 °C realisieren. Sie arbeiten, je nach Einsatz, mit Messunsicherheiten bis zu 0,1 K.

0,5 mm für den Wärmeübergang

Die Wahl des Kalibriergeräts richtet sich neben den Temperaturen nach der Art der im Prozess eingesetzten Thermometer. Bei Fühlern mit gleicher und bekannter Geometrie ist ein Temperatur-Blockkalibrator die ideale Lösung. In diesen Fällen lassen sich die Bohrungen der Einsatzhülse optimal anpassen (Mindest-eintauchtiefe: 70 mm) und die Messunsicherheiten reduzieren.

Für eine genaue Kalibrierung ist die thermische Ankopplung der Temperaturfühler an Block und Einsatzhülse entscheidend. Bei einem zu großen Bohrungsdurchmesser verschlechtert der Luftspalt zwischen

Bohrungswand und Fühler den Wärmeübergang. Längere Ausregelzeiten und Messfehler sind die Folge. Ein Spielraum von maximal 0,5 mm gilt als ein Kompromiss zwischen akzeptablem Messfehler und dem Risiko, dass sich der Fühler verklemmt.

Weil alle Blockkalibratoren unten geschlossen und oben offen sind, entsteht zwangsläufig ein vertikaler Temperaturgradient in Block und Einsatzhülse. Er führt zu Messfehlern, wenn der Prüfling nicht auf dem Hülsenboden aufsitzt. Denn Gradienten über die ersten 40 mm oberhalb des Bodens leisten den größten Beitrag zur Messunsicherheit und werden deshalb auch in Datenblättern angegeben. Liegt die Messstelle des Prüflings außerhalb dieser Zone, wird die Kalibrierung durch einen „axialen Inhomogenitätsfehler“ verfälscht.

Können Prüflinge nicht bis auf den Hülsenboden eingebaut werden, sollte man ein externes Referenzthermometer hinzuziehen. Dann befinden sich Referenz und Prüfling im gleichen Temperaturgradienten. Der Inhomogenitätsfehler wird so weitgehend kompensiert und die Messunsicherheit bedeutend verringert.

Keine Gradientenbildung

Aufgrund des axialen Gradienten sollten Temperaturfühler mit kurzem Tauchschaft (< 70 mm) nur in einem Mikrokalibrierbad überprüft werden. Die Anschaffung eines solchen Geräts lohnt sich auch, wenn mehrere Fühler gleichzeitig sowie Thermometer von größerer Dimension oder unbekannter Geometrie kalibriert werden müssen. Die thermische Ankopplung der Fühler im Flüssigkeitstank ist deutlich besser als im

02 Temperaturblockkalibrator CTD9300: Kalibrierung mit einer externen Referenz



Block, da das Rühren der Flüssigkeit für eine homogene Temperaturverteilung sorgt und eine Gradientenbildung verhindert. Die Drehzahl des Rührers wird an die Viskosität des jeweiligen Mediums angepasst: bei Öl hoch, bei Wasser niedrig. Je höher die Drehzahl, desto besser ist die Temperaturverteilung. Zu schnelles Rühren jedoch führt zu Strudelbildung, Instabilitäten und eventuell zum Überlaufen.

Steigt der Pegel über Maximum, wird nicht nur der Tank, sondern auch das Badgehäuse aufgeheizt, was Messfehler verursacht. Aus Sicherheitsgründen ist das Gehäuseoberteil des Mikrobades als Wanne ausgeführt, um überlaufende Flüssigkeit aufzufangen.

Zum Kalibrieren werden die Fühler so tief wie möglich eingetaucht und mithilfe des Schutzdeckels oder mit einem Stativ positioniert. Der Deckel isoliert den Tank nach oben hin, verbessert die Temperaturstabilität und führt schneller zum Erreichen des Sollwerts.

Trotz der gleichmäßig verteilten Temperatur im Bad benötigen die Prüflinge dennoch eine gewisse Mindesteintauchtiefe. Eine Faustregel lautet: empfindliche Länge + 10 × Durchmesser. Ist die empfindliche Länge nicht bekannt, kann man in erster Näherung den 15-fachen Durchmesser als Tauchmaß ansetzen. Bei weniger tief eintauchenden Prüflingen ist mit einer erhöhten Messunsicherheit zu rechnen, deren tatsächlicher Betrag ohne genaue



03 Multifunktionskalibrator CTM9100

Kenntnis des Fühleraufbaus nicht geschätzt werden kann.

Spezielle Anwendungen

Wer neben konventionellen Prozessthermometern noch Oberflächen- und Infrarotfühler kalibrieren muss, wird zu einem Multifunktionskalibrator greifen. Die Prüfung von Oberflächen-Temperaturfühlern ist kompliziert, weil das aufgesetzte Messgerät Wärme ableitet und dadurch einen kalten Fleck auf der Oberfläche erzeugt. Beim Multifunktionskalibrator wird die Kalibriertemperatur in einer speziellen Hülse erzeugt und mit einem externen Referenzthermometer direkt unter der Oberfläche gemessen. Durch die Integration der Temperatur über seine sensitive Länge hinweg ermittelt das Referenzgerät auch die Temperatur des kalten Flecks und ermöglicht so eine stimmige Kalibrierung des Oberflächenfühlers. Die Nutzung als Infrarot-Kalibrator erfordert eine weitere Hülse. Aufgrund ihrer Konstruktion und Ober-



04 Passendes Zubehör zu jeder Anwendung des Multikalibrators

flächenbeschaffenheit erreicht sie einen Emissionsgrad von 1 (idealer Strahler). Der Messfleck des zu kalibrierenden Pyrometers darf aber auf keinen Fall größer sein als der Durchmesser der Infrarothülse.

Kühl kalkulieren

Auf den ersten Blick erscheinen Multifunktionskalibratoren als „eierlegende Wollmilchsau“. Doch technische Omnipotenz bedeutet nicht automatisch Kosteneffizienz. Das Instrumentarium zur Thermometer-Prüfung in komplexen Industrieprozessen muss daher kühl kalkuliert werden. Am Ende, das lehrt die Erfahrung, bringt der Einsatz unterschiedlicher Geräte für bestimmte Aufgaben das ökonomisch bessere Ergebnis - trotz höherer Anschaffungskosten.