

Innovative Temperaturregelung bei der Wärmebehandlung von Wertstoffen in Drehrohröfen

von **Albert Book**

Der zunehmende Bedarf an Rohstoffen erfordert verbesserte Verfahren, um bei der Behandlung von Abfällen einen möglichst hohen Anteil an wiederverwertbaren Wertstoffen zurückzugewinnen. Neben der klassischen Müllverbrennung dienen neuartige Anlagenkonzepte sowohl zur Energieerzeugung und zur Pyrolyse, sprich der thermischen Zersetzung und Vernichtung von Abfällen, als auch zur Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe. Für die Wärmebehandlung von Schüttgutprozessen werden für den Zweck u.a. indirekt beheizte Drehrohröfen eingesetzt. Durch ein geregeltes Temperaturprofil lässt sich eine hohe Durchsatzleistung realisieren. Zur Erfassung der Temperatur wird das optische Temperaturmessverfahren verwendet. Pyrometer ermöglicht die schnelle und verschleißfreie Messung aus sicherer Entfernung. Der folgende Artikel beschreibt die richtige Auswahl und Anwendung von Pyrometern zur Messung der Oberflächentemperatur eines gekapselten Drehrohröfens.

Thermische Recyclingprozesse

Der Bedarf an Rohstoffen wächst durch die weltweite Bevölkerungsentwicklung stetig an. Im Sinne der Nachhaltigkeit gilt es daher, die wertvollen Rohstoffe in Verbrennungsanlagen nicht einfach zu vernichten, sondern in entsprechenden Recyclingverfahren zurückzugewinnen. Ein Verfahren ist die thermische Wärmebehandlung zur Verwertung von Plastikmüll, Altreifen, Klärschlamm oder Elektroschrott. Hier werden anstelle der klassischen Müllverbrennung aus energetischen Gründen bevorzugt Drehrohröfen eingesetzt. Ziel ist es, einen hohen Anteil an Wertstoffen zurück zu erhalten.

Auch zur thermischen Behandlung von Schüttgütern oder zum Kalzinieren von Rohstoffen, Baustoffen, Keramikprodukten oder pharmazeutischen Erzeugnissen werden inzwischen häufig Drehrohröfen eingesetzt.

Das Schüttgut wird während der Wärmebehandlung ständig durch die Rotation des leicht geneigten Rohres durch den Ofen bewegt. Charakterisierend für den Behandlungsprozess sind neben dem mechanischen Einfluss die Rotationsgeschwindigkeit, das Fließverhalten, die Dichte des Materials aber auch insbesondere das Temperaturprofil entlang des Drehrohres. Die Temperaturverteilung spielt daher für die verfahrenstechnische Auslegung der Wärmebehandlungsanlage eine entscheidende Rolle.

Je nach Art der Beheizung wird dabei zwischen direkt und indirekt beheizten Drehrohröfen unterschieden. Indirekt beheizte Öfen werden insbesondere dann eingesetzt, wenn das zu behandelnde Schüttgut ein definiertes Temperaturprofil durchlaufen muss, das Material zu starker Staubentwicklung neigt oder wenn es unter besonderer Schutzatmosphäre zu behandeln ist. Das Drehrohr ist in einem gekapselten Gehäuse eingebaut. Die Beheizung erfolgt mittels Gasbrennern, die das Drehrohr mit dem Rauchgas umspülen. Diese sind entsprechend dem materialbezogenen Temperaturprofil in mehrere Regelzonen entlang des Rohres aufgeteilt und umspülen mit ihren Rauchgasen das Drehrohr.

Infrarot-Temperaturmessung

Zur Erfassung des Temperaturprofils des rotierenden Drehrohres ist die optische Temperaturmessung mittels Infrarot-Thermometer bzw. Pyrometer ideal geeignet. Sie erfassen die Infrarotstrahlung des Mantels und berechnen daraus auf Basis des Planck'schen Strahlungsgesetzes die Oberflächentemperatur. Die Messung erfolgt berührungslos aus sicherer Entfernung und damit verschleißfrei. In wenigen Sekunden wird die Temperatur bestimmt und dient als Regelgröße für die Steuerung der Brenner.

Bei der Auswahl der optischen Temperaturmessgeräte kann zwischen zwei Messverfahren ausgewählt werden. Spektralpyrometer erfassen die Infrarot-Strahlung bei einer Wellenlänge. Quotienten- oder Zweifarben-Pyrometer messen die Strahlung bei zwei Wellenlängen und ermitteln. Der Quotient aus den beiden Strahlungsintensitäten verhält sich proportional zur Objekttemperatur (Bild 1). Beide Messverfahren kommen je nach Manteltemperatur, den Messbedingungen und der geforderten Messgenauigkeit zur Anwendung.

Da es sich bei der pyrometrischen Temperaturmessung um ein optisches Messverfahren handelt, können sowohl die Oberfläche des Mantels als auch eine Verschmutzung im Sichtfeld des Pyrometers die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messung beeinflussen. Wenn sich die Strahlungseigenschaft der Manteloberfläche des Drehrohres sprich der Emissionsgrad z.B. durch Schmutz oder Alterung verändert, wirkt sich dies bei einem Spektral-Pyrometer unmittelbar auf den Messwert aus. Das Quotienten-Messverfahren reagiert auf derartige Störeinflüsse weitestgehend unempfindlich. Eine Verschmutzung der Optik des Pyrometers oder des Schauglases als auch eine Schwächung der Infrarot-Strahlung durch Staub, Dampf und Rauch im Sichtfeld führen bei einem Spektral-Pyrometer unmittelbar zu einer Minderanzeige der Temperatur. Das Quotienten-Pyrometer liefert selbst bei einem Schwächungsgrad der Infrarotstrahlung von 90 % noch sichere Messwerte. Die einzige Einschränkung der Quotientenmessung ist aus energetischen Gründen der höhere Messbereichsanfang ab ca. 650 °C.

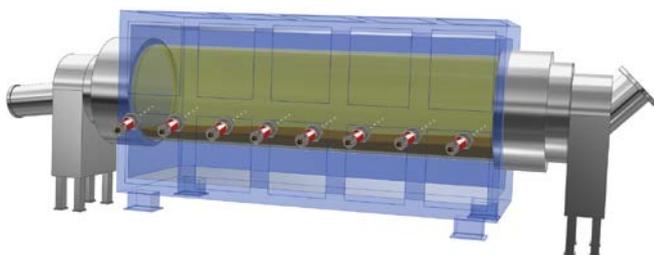


Bild 2 Indirekt beheizter Drehrohrofen mit je einem Messsystem pro Brennerzone

Messstellen und Montage der Pyrometer

Entlang der Achse des Ofens ist pro Zone ein Pyrometer montiert, um so das Temperaturprofil quer und längs des Drehrohres zu erfassen und die einzelnen Brenner individuell zu regeln (Bild 2).

Aufgrund der rauen Messbedingungen innerhalb der Kapselung des Drehrohrofens und der unterschiedlichen Oberfläche des Mantels werden bei ausreichender Manteltemperatur aus messtechnischen und sicherheitstechnischen Aspekten Quotienten-Pyrometer verwendet. An Messstellen, bei denen die Manteltemperatur auch unterhalb 650 °C absinken kann, bleibt nur die Möglichkeit Spektral-Pyrometer einzusetzen. Um die Öffnung des Ofens so klein wie möglich auslegen oder bestehende Öffnungen von Thermoelementen verwenden zu können, ist bei der Auswahl der Geräte auf ein hochwertige und parallaxefreie Optik mit einem schmalen und weitestgehend parallelen Sichtkegel zu achten. Sind die geometrische und optische Achse des Gerätes nicht identisch sprich das Gerät schießt, kann dies zu einer Einschnürung des Messfeld vom Pyrometer durch die Montagearmatur und Öffnung des Ofens kommen. Spektralpyrometer reagieren darauf unmittelbar mit einer Minderanzeige. Quotienten-Pyrometer können eine derart homogene Signalschwächung sogar bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Sie sind daher weniger ausrichtempfindlich.

Flammen können sich störend auf die optische Temperaturmessung auswirken. Bei der Festlegung der Montageorte des Messsystems ist daher auf einen ausreichend großen Abstand von der Flamme zum Sichtfeld der Pyrometer zu achten.

Zum mechanischen und wärmetechnischen Schutz der Linse des Pyrometers wird üblicherweise in die Montagearmatur ein

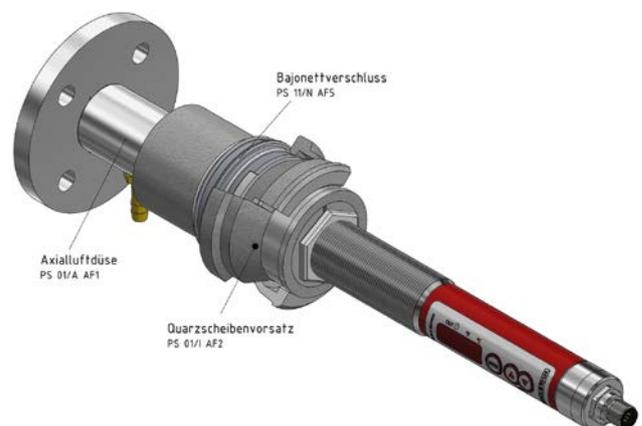


Bild 3 Messsystem bestehend aus Pyrometer und Montagearmatur mit Bajonettverschluss, Quarz-Schutzscheibe und Axialluftdüse

Quarzscheibenvorsatz eingesetzt. Dank des Bajonettverschlusses ist eine Demontage und Montage zur Prüfung und Reinigung der Schutzscheibe oder der Sichtöffnung schnell und einfach auch ohne Werkzeug selbst während des laufenden Betriebes möglich (**Bild 3**). Eine Axialluftdüse mit zirkulierender Luftführung sorgt für einen optimalen Schutz vor Verschmutzung bei gleichzeitig minimalen Luftverbrauch.

Um die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Messung darüber hinaus noch zu erhöhen verfügen modernen Quotienten-Pyrometern über eine SCM (Smart Contamination Monitoring) Funktion. Das Gerät überwachen permanent die Verschmutzung des Sichtfensters und das Zuwachsen der Ofenöffnung. Bei einem sich anbahnenden kritischen Zustand wird eine Warnmeldung generiert. Die Empfindlichkeit der Warnschwelle ist einstellbar.

Digitalisierung des Produktionsprozesses

Zur Anbindung an die Anlagensteuerung wird bislang noch häufig der analoge Stromausgang verwendet. Im Zuge der Umsetzung der Industrie 4.0 und damit der Vernetzung von Maschinen und Anlagen und Digitalisierung des Produktions- und Serviceprozesses werden zunehmend störsichere digitale Schnittstellen verwendet.

Durch die Einführung der neuen IO-Link Schnittstellentechnologie findet momentan im Bereich der digitalen Kommunikation ein Generationswechsel statt. Mit IO-Link wurde ein nach der IEC 61131-9 standardisiertes, herstellerunabhängiges und feldbusübergreifendes Kommunikationskonzept entwickelt. Geräte mit IO-Link Schnittstelle können mittels genormter IO-Link-Treiber in allen gängigen Feldbussteuerungen wie Profibus, Profinet, Ethernet, Modbus, EtherCAT oder CAN-Bus zur Prozessautomation betrieben werden (**Bild 4**). Zusätzlich zu verschiedenen Messwerten lassen sich Diagnosedaten auswerten und Störmeldungen zur Steuerung wie beispielsweise ein Warnhinweis bei einer verschmutzten Linse übertragen. Dies bildet die Basis für ein modernes Servicemanagement mit einer bedarfsorientierten Wartung im Störfall.

IO-Link Geräte lassen sich von der obersten Ebene der Prozesssteuerung auch dynamisch während des laufenden Betriebes zentral parametrieren. Nach dem Tausch eines Sensors wird automatisch die Identifikation überprüft und die in dem IO-Link Master gespeicherten Konfigurationsparameter zum Sensor übertragen. Die Installation einer falschen Geräteausführung und eine Fehlbedienung sind damit ausgeschlossen.



Bild 4 Moderne Pyrometer mit IO-Link Schnittstelle

Ein weiterer wesentlicher Vorteil von IO-Link ist die sehr einfache, schnelle, betriebssichere und kostengünstige Verdrahtung per standardisierten Kabeln und Schraubverbindungen.

Fazit

Um in Wärmebehandlungsprozessen eine hohe Ausbeute in der Wiedergewinnung von wertvollen Rohstoffen zu erzielen, sind innovative Messgeräte notwendig, um die Voraussetzungen für eine präzise und betriebssichere Temperaturmessung zu erfüllen.

Moderne Quotienten-Pyrometer zu optischen Temperaturmessung sind heutzutage in der Lage, verschleiß- und wartungsfrei selbst unter rauen Produktionsbedingungen den Anforderungen für eine dauerhafte und zuverlässige Messung gerecht werden.

Im Zuge der Umsetzung der Industrie 4.0 ist die Nutzung der digitalen Schnittstelle zwingend notwendig, um zusätzliche Messdaten, Diagnoseinformationen oder Störmeldungen auswerten und ein intelligentes Service-Management realisieren zu können.



Autor

Dipl.-Ing. Albert Book
KELLER HCW GmbH
Infrared Temperature Solutions (ITS)
Tel. +49 5451 85320
albert.book@keller.de
www.keller.de/its