



Temperaturprofile im Hydrocracker überwachen

Mehr Produktivität und Sicherheit mit neuer Kabelsonde

Pietro Miceli,
Endress+Hauser
Deutschland



Eine genaue und zuverlässige Temperaturkartierung dicht gepackter Katalysatorbetten von Reaktoren leistet einen wichtigen Beitrag zu einem stabilen und profitablen Anlagenbetrieb. Bei der Raffinerie Heide kommt nun ein Multipoint-Thermometer vom Typ iTherm Multisens von Endress+Hauser im Hydrocracker zum Einsatz, mit dem Temperaturprofile überwacht und dadurch sowohl die Profitabilität als auch die Sicherheit der Anlage gesteigert werden.

In Schleswig-Holstein und insbesondere in Dithmarschen hat Erdöl eine lange Tradition. Bereits seit über 150 Jahren werden hier an der Nordseeküste Ölkreide und Rohöl gefördert und verarbeitet. Auf insgesamt 134 ha Fläche verarbeitet die Raffinerie Heide jährlich mehr als 4 Mio. Tonnen Rohöl an ihrem Unternehmensstandort in Hemmingstedt. Inzwischen kommt ein bedeutender Anteil des in Schleswig-Holstein verbrauchten Benzin- und Dieseltreibstoffs aus dieser Erdölraffinerie. Die Raffinerie Heide legt großen Wert auf Nachhaltigkeit und hat einige Projekte

gestartet, welche einen bedeutsamen Beitrag zur Energiewende leisten sollen. Ein Beispiel ist das Reallabor-Projekt Westküste 100 mit dem Ziel, zukünftig nachhaltiger zu fliegen, zu bauen und zu heizen.

Genaueres Messen sichert Qualität und Effizienz

In Öl- und Gasraffinerien sind Anlagen für katalytisches Hydroprocessing wie Hydrocracker (HCU) auf leistungsstarke Katalysatortechnologien angewiesen, um die Produktumwandlung zu maximieren, während

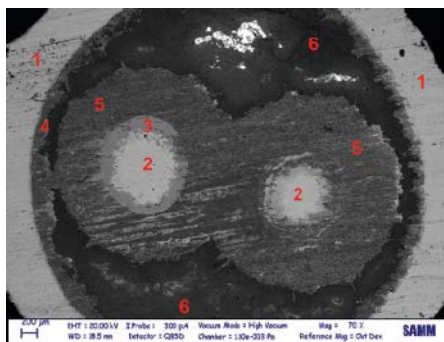


Abb. 1: Elektronenmikroskopaufnahme eines Standard-Thermoelements

1. Außenmantel
2. Thermoelementschenkel (+/-) Kerne
3. Thermoelementschenkel (+/-) verunreinigter Kranz
4. Nickelmigration aus dem Außenmantel
5. Magnesiumoxid (MgO)-Pulver, durch Nickel (Ni) und Schwefel (S) verunreinigt.
6. Magnesiumoxid- oder Aluminiumoxid-Pulver

Elektronenmikroskopaufnahme

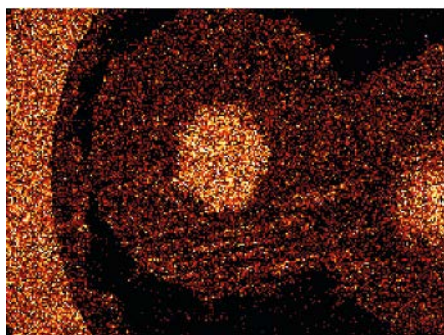


Abb. 2: Verteilung vom Nickel (Ni)



Gewichtsprozent von gering (dunkel) bis hoch (hell)

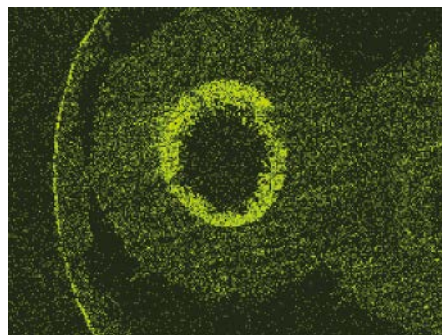


Abb. 3: Verteilung vom Schwefel (S)



Gewichtsprozent von gering (dunkel) bis hoch (hell)

Zweite Sicherheitsschicht

Mit der neuen iTherm Profilesens-Technologie wird eine zweite Schutzschicht für Thermoelement-Messsysteme eingeführt. Eine zusätzliche Metallbarriere (Abb. 4, Punkt 3) isoliert jeden Sensor in einem eigenen MgO-Bett und sorgt so für die vollständige Unabhängigkeit der Sensoren.

Mehrere Thermoelemente können innerhalb einer einzigen Sonde gruppiert werden, wobei jedes Thermoelement eine ultrahohe Messleistung auch unter schwierigsten Betriebsbedingungen liefert. Das Sensorlayout (Routing), die Länge und die Anzahl der Sensoren wird individuell an die Prozessspezifikationen angepasst. Diese Bauform hat sich im Betrieb bewährt und senkt das Risiko von einem vorzeitigen Sensordrift, Korrosion oder Kurzschlüssen ganz erheblich.

eine effiziente Reaktionsführung die Umweltbelastung und die Kosten geringhalten soll.

Um die Raffinerieprozesse in Heide zu überwachen und präzise zu steuern, setzt der Betreiber auch auf die Feldinstrumente des Messtechnik-Herstellers Endress+Hauser. An vielen Stellen der Anlage ist der Parameter Temperatur besonders relevant, weil er maßgeblich ist für die Steuerung der Anlage sowie für die Qualität der Reaktionen. In großen Reaktoren wie z.B. dem Hydrocracker reicht es jedoch nicht aus, die Messung nur durch wenige Thermometer oder gar nur durch ein einziges Gerät vorzunehmen, weil an verschiedenen Stellen des Reaktors unterschiedliche Temperaturen vorherrschen. Hier kommen große Multipoint-Thermometer zur Temperaturprofilanalyse zum Einsatz, die eine Vielzahl an Thermoelementen bündeln, welche die Temperaturen an verschiedenen Punkten messen und ein differenziertes Abbild der Temperaturverteilung zeigen. Dies steigert sowohl die Qualität der Reaktion als auch die Sicherheit der Anlage.

Multipoint-Thermometer für extreme Prozessbedingungen

Multipoint-Temperaturmessgeräte mit Thermoelementen sind in der Industrie weit verbreitet, da sie die optimale Wärmeverteilung überwachen und so Hotspots und eine verfrühte Deaktivierung des Katalysators unter hoher Temperatur und hohem Druck sowie korrosiven Bedingungen vermeiden.

Die meisten konventionellen Multipoint-Thermoelementsonden haben jedoch zwei große Schwächen:

- **Zuverlässigkeit:** Ein als Schwefelwasserstoff- (H_2S -)Verunreinigung bekanntes Phänomen schädigt unter bestimmten Prozess-

bedingungen herkömmliche Magnesiumoxid (MgO)-Kabel. Eine H_2S -Verunreinigung kann die Messgenauigkeit beeinträchtigen. Erklärtes Ziel ist es daher, durch zuverlässige Messungen den Produktionsbetrieb in einer sicheren Fahrweise zu halten.

- **Einbaugröße:** Die Thermoelementsonden sind vergleichsweise invasiv, d.h., sie nehmen wertvollen Platz in Katalysatorbetten ein, was zu unerwünschten Druckabfällen und Channeling führen kann. Durch ihre Abmessungen verhindern sie dichtere Katalysatorfüllungen.

Maßgeschneiderte Lösungen

Bei Prozesstemperaturen von bis zu $450^\circ C$ und einem Druck von ca. 200 bar sowie H_2S im Prozess sind die Thermoelemente im HC-Reaktor

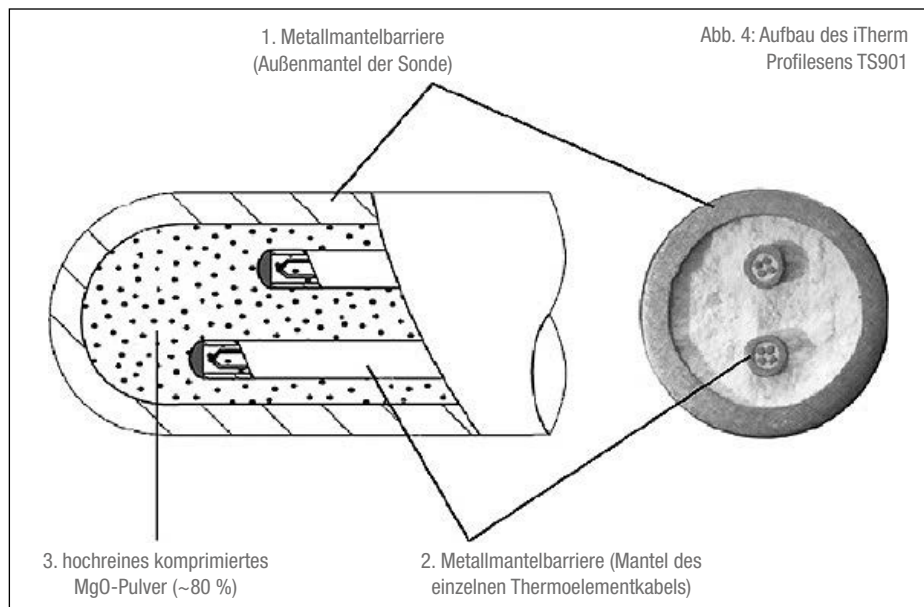




Abb. 5: In der Öl- und Gasindustrie herrschen raue Umgebungsbedingungen für Sensoren und Korrosion kann das zum Problem werden.

der Raffinerie Heide extremen Bedingungen ausgesetzt. Da in der Vergangenheit immer wieder Thermoelemente unzuverlässig gearbeitet haben, wurde 2018 ein Feldtest mit den neuen Multipoint-Thermometern iTherm Profilesens TS901 gestartet und die Sensoren wurden im Rahmen des Tests mit herkömmlichen Thermoelementen verglichen. Auch bei diesem Feldtest ist bei einem Standardthermoelement bereits nach kurzer Zeit ein Drift zu erkennen gewesen. Die neue Sensortechnologie iTherm Profilesens waren jedoch davon nicht betroffen. Nach einiger Zeit folgten weitere Standardthermoelemente, die einen Drift aufwiesen oder ausgefallen sind. Die Thermoelemente der Serie von Endresse+Hauser blieben alle stabil.

Aufgrund dieser Ergebnisse hat sich die Raffinerie Heide entschieden, beim Stillstand im Jahr 2021 die Multipoint-Sensoren komplett mit der neuen Sensortechnologie iTherm Profilesens auszustatten.

Anfang Juni 2021 wurden die neuen Thermoelemente eingebaut. Für die Montage waren drei Arbeitstage geplant. Aufgrund der neuen Technologie war die Montagezeit im Vergleich zu den alten Sensoren jedoch um ca. 50 % kürzer. Die Mitarbeiter der Raffinerie Heide waren begeistert, wenn man bedenkt, dass die Anlage früher als geplant wieder in Betrieb gehen konnte – Zeit ist Geld!

Die Auswirkungen einer H₂S-Verunreinigung

Ein Sensordrift oder eine Beschädigung verursacht fehlerhafte Messwerte, die vom Betriebs- und Prozesssteuerungspersonal unentdeckt bleiben können. Dieses Szenario ist nicht unkritisch, da falsche oder fehlende Informationen in der Messkette zu betrieblichen Entscheidungen mit schlechten Ergebnissen für die Reaktionseffizienz führen.

Den Untersuchungen der Messtechnikspezialisten aus Weil am Rhein und der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur zufolge sind die Abweichungen in der Messgenauigkeit (Drift) von verunreinigten Thermoelementen üblicherweise negativ: Der angezeigte Wert ist niedriger als die tatsächliche Temperatur. Abgesehen davon, dass es sich hierbei um ein großes Kostenproblem handelt – Energieverschwendung und schnellerer Katalysatoralterung – stellt ein solcher Zustand außerhalb der Spezifikation ein Sicherheitsrisiko dar. In wasserstoffreichen Umgebungen kann es an Schwachstellen des Metallmantels zu wasserstoffinduzierten Spannungsrissen kommen, die mit der Zeit so groß werden, dass der Metallmantel komplett bricht. Diese Beschädigung führt dazu, dass größere

Moleküle der Prozessflüssigkeit (z.B. H₂S) in das Innere des isolierenden MgO-Pulvers gelangen und es verunreinigen.

MgO-Pulver kann dann unter anderem mit Schwefel und Nickel reagieren. Das nun verunreinigte MgO-Pulver ermöglicht durch die Kombination von Nickel aus den Thermoelement-Leitungen, dem Metallmantel sowie Schwefel aus dem Prozess die Bildung von hochleitfähigem Ni₃S₂ (Abb. 1).

Wenn der verunreinigte Bereich wächst, bilden die freiliegenden elektrischen Leitungen einen Kurzschluss, der die Genauigkeit des Sensors beeinträchtigt oder dazu führt, dass die „hot junction“ des Thermoelements wandert. Es besteht ein Risiko, dass die gemessene Temperatur nicht mehr der tatsächlichen Prozesstemperatur entspricht.

Doppelt geschützte Sensoren

Ein neues robustes Design für Multipoint-Thermoelementensonden fasst mehrere Thermoelementensonden in eine Kabelsonde zusammen.

Die minimalinvasiven Multipoint-Kabelsonden iTherm Profilesens TS901 bestehen aus zwei oder mehr unabhängigen Temperatursensoren, die in einen gemeinsamen Außenmantel aus Metall eingebettet sind. Der Außenmantel fungiert als integriertes Schutzrohr, während der Zwischenraum mit hochverdichtetem, isolierendem MgO-Mineralpulver gefüllt ist.

Da die Sensoren völlig unabhängig voneinander sind, hat eine Verschmutzung des äußeren MgO-Pulvers keinen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit der Sensoren im Inneren und auf deren Betrieb. Diese doppelte Schutzschicht führt zu einer sehr hohen Sensorzuverlässigkeit, wie man sie von einem separaten Schutzrohr erwarten würde, während gleichzeitig die Flexibilitätseigenschaften biegsamer Kabelsonden erhalten bleiben.



Abb. 6: Die neue Sensortechnologie ist mit einem doppelten Schutzmantel versehen, der dennoch eine flexiblen Einbau erlaubt.

Ergebnis und Rendite

Zusätzlich zur verbesserten Prozesssicherheit, -steuerung und -zuverlässigkeit erschließt die Messtechnologie das Rentabilitätspotenzial in dreierlei Hinsicht:

- platzsparend für eine dichtere Katalysatorfüllung (minimalinvasives Design)
- vermeidet vorzeitige Stillstände oder Wartungsarbeiten wegen ausgefallener Messgeräte (Robustheit)
- Prozesse werden näher an ihrem Leistungsoptimum betrieben (höhere Messgenauigkeit)

Während ein Drift bei Thermoelementmessungen ein bekanntes Phänomen ist, sind die zugrundeliegenden Ursachen für das Fehlverhalten der Sensoren jenseits des typischen Drifts den Betreibern von Raffinerien noch weitgehend unbekannt. Das Wandern der „hot junction“ bleibt in den meisten Fällen sogar unerkannt, sodass Prozesssteuerungsingenieure das verlorene Potenzial nicht einmal bemerken.

Umfangreiche Tests und wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass mechanische Beanspruchung, Abrieb, Korrosion, wasserstoffinduzierte Spannungsrisse und daraus resultierende H₂S-Verunreinigungen die Hauptursachen für den Verlust von zuverlässigen Daten sind und die Prozesseffizienz, -sicherheit und -kontrolle bedrohen.

Mit der neuen iTherm Profilesens-Technologie von Endress+Hauser wird eine zweite Schutzschicht für Thermoelement-Messsysteme eingeführt, während die Sensoren vollständig unabhängig bleiben. Mit einer hohen Messleistung auch unter schwierigen Betriebsbedingungen hat sich das Design im Betrieb bewährt und senkt ganz erheblich das Risiko von vorzeitiger Sensordrift, Korrosion oder Kurzschlüssen.



Abb. 7: iTherm Profilesens TS901

Bilder © Endress+Hauser

Der Autor

Pietro Miceli, Produktmanager Marketing Temperatur, Endress+Hauser Deutschland, Weil am Rhein

Kontakt

Endress+Hauser Deutschland, Weil am Rhein
Tel.: +49 7621 975 01
info.de@endress.com · www.de.endress.com

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101111>

SPS 2021 als 3Gplus-Veranstaltung

Unter Berücksichtigung der aktuellen Corona-Verordnung der Bayerischen Landesregierung findet die SPS vom 23.–25.11.2021 in Nürnberg als sogenannte 3G plus-Veranstaltung statt. Teilnehmen dürfen damit vollständig Geimpfte und Genesene sowie Personen mit einem höchstens 48 Stunden alten negativen PCR-Test. Diese Regelung ermöglicht ein weitgehend uneingeschränktes Messe-Erlebnis bei maximalem Infektionsschutz. „Als Veranstalter ist es unsere Aufgabe, die bestmöglichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Messeteilnahme sowie eine Plattform für fachlichen Austausch zu bieten. Nach diesen persönlichen Begegnungen sehnt

sps

smart production solutions

31. Internationale Fachmesse der industriellen Automation

sich die gesamte Branche nun schon seit fast zwei Jahren. In Abstimmung mit dem Ausstellerbeirat der SPS haben wir uns daher für eine Durchführung der Veranstaltung unter 3G plus-Bedingungen entschieden“, erklärt Sylke Schulz-Metzner, Vice President SPS bei Mesago. Das bedeutet, der Zugang zum Messegelände wird ausschließlich Geimpften, Genesenen und PCR-Getesteten gestattet, wobei

der Test nicht älter als 48 Stunden sein darf. Im Gegenzug können Aussteller und Besucher auf das Tragen eines Mund- und Nasenschutzes verzichten. Die Pflicht, einen Mindestabstand zu anderen Personen einzuhalten entfällt ebenso wie sämtliche Personenobergrenzen. Auf dem Gelände der NürnbergMesse werden entsprechende Kontrollstellen vorgesehen, die die Einhaltung der 3G plus-Regeln sicherstellen. Sowohl auf der Messe in Nürnberg als auch die digitale Eventplattform „SPS on air“ wartet mit hochkarätigen Beiträgen auf. Interessierte können sich ab sofort für das diesjährige Automatisierungshighlight registrieren. Das

hybride Veranstaltungsticket ermöglicht dabei sowohl den Zutritt zur Präsenzmesse in Nürnberg als auch den Zugang zur begleitenden digitalen Plattform. Ergänzend ist auch ein rein digitales Ticket erhältlich, das Interessierten, die nicht persönlich in Nürnberg dabei sein können, ein Zugang zur SPS und den Innovationen in der Automatisierung ermöglicht.

Kontakt

Mesago Messe Frankfurt GmbH, Stuttgart
info@mesago.com
<https://sps.mesago.com>