



APPLICATION NOTE

Die angemessene Auskleidung im MID

Magnetisch-Induktive Durchflussmessgeräte (MIDs) eignen sich für viele Anwendungen. Denn sie sind zuverlässig, hemmen den Medienfluss nicht, lassen sich gut in Prozessleitsysteme einbinden und arbeiten über viele Jahre störungsfrei. Die wesentliche Bedingung für das Funktionieren ist, dass die Medien leitfähig sind – und die MIDs innen eine nicht leitfähige Beschichtung aufweisen. Warum?

MIDs funktionieren nach dem von Faraday entdeckten Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Ein in das Messgerät integrierter Elektromagnet erzeugt ein Feld, das von dem zu messenden Medium durchflossen wird. Weil das Medium leitfähig ist, wird eine Spannung induziert. Diese Spannung tasten zwei Messelektroden ab, welche in die Wandung des MID integriert sind. So kann der Volumendurchfluss ermittelt werden.

Damit dieses Prinzip funktioniert, muss die Innenwand des Durchflussmessgerätes elektrisch nicht leitend sein. Die robusten Messrohre von MIDs für industriellen Einsatz sind aber fast immer aus Stahl und/oder Edelstahl gefertigt. Ohne eine nicht leitende Auskleidung könnte ein solcher MID nicht arbeiten.

Die meisten Hersteller von MID bieten für die vielen Einsatzzwecke verschiedene Auskleidungen an, die sich nicht nur durch die Materialeigenschaften, sondern auch durch den Preis unterscheiden. Die Auswahl der Auskleidung hängt neben der Frage nach der Wirtschaftlichkeit vom Medium und den Prozessbedingungen Temperatur und Druck ab. Allerdings ist Vorsicht geboten: Nicht jeder Hersteller bietet jede Auskleidung an. Und für bestimmte Auskleidungsmaterialien gibt es technische Grenzen, die nicht überschritten werden konnten.

Hier sollen die gängigsten Auskleidungen und ihre typischen Einsatzzwecke zusammen mit ihren besonderen Vor- und Nachteilen vorgestellt werden.

Der Allrounder: Teflon-Verbindungen

Teflon ist ein Handelsname des Kunststoff-Herstellers DuPont und steht für Polytetrafluorethylen (PTFE). Der Stoff ist chemisch extrem träge und daher sehr resistent gegen Korrosion. Außerdem ist Teflon im Vergleich zu anderen thermoplastischen Kunststoffen relativ wärmebeständig; er behält seine elektrischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften bis zu Temperaturen über 300 °C. Schließlich verhält sich Teflon in Verbindung mit Lebensmitteln unauffällig gemäß den Anforderungen der Richtlinie 21 CFR 177.1550 der amerikanischen Food and Drug Association (FDA). So war es nahezu selbstverständlich, dass dieser Stoff Eingang fand in die Auskleidung von Messrohren für magnetisch-induktive Messgeräte. Eine Weiterentwicklung des Werkstoffes PTFE ist das Perfluoralkoxi (PFA), das neben seiner verbesserten Verarbeitbarkeit eine höhere Diffusionsdichtigkeit aufweist.

Die mangelnde Diffusionsdichtigkeit oder, umgangssprachlich ausgedrückt, die relativ großen offenen Poren des Werkstoffes verursachen unter bestimmten Bedingungen

Probleme. Kleine Moleküle, z.B. Wasser, Salzsäure oder Salpetersäure, können unter bestimmten Umständen den Werkstoff durchdringen (Fluid-Permeation, welche besonders bei großem Temperaturgefälle vom Fluid über das Messrohr zur Umgebung auftritt). Dieses Phänomen führt bei magnetisch-induktiven Durchflussmessern dann dazu, dass sich zwischen der stählernen Rohrwand und der Kunststoffauskleidung leitfähige Flüssigkeit ansammelt, welche auf die Dauer zu Kurzschlüssen zwischen den Elektroden oder zu Messwertverfälschungen führt. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, liegt darin, das Messrohr an der Unterseite anzubohren und damit eine Drainageöffnung zu schaffen. Für die PFA-ausgekleideten MIDs von Yokogawa gibt es diese Drainageöffnung optional. Eine weitere Lösungsmöglichkeit besteht darin, das Messrohr mit einer Wärmeisolierung zu umkleiden.

Eine weitere Einschränkung der ansonsten sehr positiven Eigenschaften des „Teflon“ liegt in seiner großen thermischen Ausdehnungskonstante gegenüber dem Stahlrohr. Es ist leicht vorzustellen, was passiert, wenn ein heißes Medium durch den MID fließt: Die Auskleidung dehnt sich stärker aus als das umschließende Stahlrohr. Weil sie nach außen nur unzulänglich ausweichen kann, wölbt sie sich nach innen, verändert dabei den Rohrquerschnitt und wird mechanisch instabil. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, liegt darin, die Rohrauskleidung mit einem Lochblech zu verstärken. Diese Technik erfordert eine etwas aufwändigere Herstellung der Auskleidung. Sie wird in diesem Fall über Spritzverfahren eingebracht. Die kostengünstigere Variante mit einem eingepressten Teflonschlauch hat dagegen eine geringere Beständigkeit gegen Wärmeverformung und eine höhere Anfälligkeit gegen die Fluid-Permeation.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser mit PFA-Auskleidung sind Generalisten, die einen Großteil aller Anwendungen abdecken, beginnend bei heißen Flüssigkeiten bis zu 160 °C über Säuren und Laugen bis hin zu Lebensmitteln und Pharma-Produkten. Andere Auskleidungswerkstoffe werden meistens erst in Betracht gezogen, wenn PFA seine Grenzen erreicht, z.B. in abrasiven Anwendungen.

Beständig durch Nachgiebigkeit

Naturkautschuk und Produkte, die aus Naturkautschuk hergestellt sind, dienen seit hunderten von Jahren als Beschichtung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, z.B. bei Kleidung. Da Kautschuk neben seiner Undurchlässigkeit für Flüssigkeiten auch ein guter elektrischer Isolator ist und sich relativ einfach verarbeiten lässt, ist er ein sehr gut geeigneter Auskleidungswerkstoff für magnetisch-induktive Durchflussmesser. Interessanterweise kommt er häufig dann zum Einsatz, wenn abrasive Medien einem Werkstoff wie PTFE oder PFA ihre Grenzen aufzeigen (Bild AXF abrasiv). Abrasive Medien treten häufig als Gemenge von Wasser mit feinen granularen Schwebekörpern auf. Zu nennen sind z. B. Beimischungen aus Lehm, Sand, Zement, Beton oder Schlamm, wie sie in der Erdölindustrie, im Bergbau oder in der Bauindustrie vorkommen. Diese Schwebekörper wirken bei einem Werkstoff mit einer geringen Elastizität auf Druckeinwirkung spanabhebend, z.B. bei PTFE oder PFA. Die abrasive Wirkung verstärkt sich, wenn die Schwebekörper zuvor einen Zerkleinerungsprozess durchlaufen haben und dadurch scharfkantig sind. Ein elastisch weicher Werkstoff wie Kautschuk kann dem im Wasser schwebenden harten Korn hingegen nachgeben und es anschließend wie ein Trampolin zurückschleudern. Die Oberfläche der Auskleidung bleibt dabei unverletzt.

Kautschukwerkstoffe werden in das Messrohr einvulkanisiert, ein Verfahren, bei dem der Werkstoff unter Wärmeeinwirkung eine dauerhafte adhäsive Verbindung mit der Rohrwand eingeht (Bild AXF einvulkanisiert). Ansonsten weist Kautschuk nur eine geringe korrosive und thermische Resistenz auf – die maximale Anwendungstemperatur liegt bei 80 °C.

Die Lösung fürs Wasser

Hartgummi ist ebenfalls ein auf Kautschuk basierender Isolierstoff. Der Name „Hartgummi“ bezeichnet eine ganze Reihe von Werkstoffgemischen, welche eine höhere Härte aufweisen als der „normale“ weiche Kautschuk. Sie werden als kostengünstige Auskleidungen für Anwendungen im Wasser- und Abwasserbereich eingesetzt. Ihre Beständigkeit gegen Säuren und Laugen ist je nach Einzelwerkstoff mäßig bis gut, diejenige gegen Lösungsmittel eher gering. Hartgummi wird ebenfalls in das Messrohr einvulkanisiert.

Eine Spezialanwendung für Hartgummi ist der Einsatz im Trinkwasserbereich, weil der Werkstoff die Bildung von Keimschichten unter dem Einfluss von fließendem Wasser nicht zulässt.

Ein derartiges Verhalten des Auskleidungswerkstoffes wird durch Langzeittests von speziellen Prüflabors festgestellt. Die Prüfberichte dienen als Bewertungsgrundlage für die zertifizierte Zulassung für den Einsatz im Trinkwasserbereich.

Verschleißfestes PUR

Polyurethan (PUR) bezeichnet eine Familie von Kunststoffen, die durch Polyadditionsreaktionen eines Polyalkoholes mit einem Polyisocyanat entstehen. Je nach Beschaffenheit und Zusammensetzung der Reaktionspartner können Polyurethane weich und elastisch oder hart sein. Den Polyurethanen eigen ist ihre gute elektrische Isolierfähigkeit. Da sie sich relativ unkompliziert verarbeiten lassen und gute Adhäsionseigenschaften haben, wird Polyurethan auch als Auskleidung für magnetisch-induktive Durchflussmesser eingesetzt und dabei meistens über Spritzverfahren eingebracht. PUR hat nur eine eingeschränkte Beständigkeit gegen Lösungsmittel und gegen Wärmeeinwirkung. Jedoch zeigt es sich als sehr verschleißfest. Somit kann PUR als Auskleidungswerkstoff Anwendungen im unteren positiven Temperaturbereich abdecken, auch wenn das Medium abrasiv ist.

Da Polyurethan sich einfach verarbeiten lässt, ist es auch prädestiniert für die Auskleidungen von großen Nennweiten (bei Yokogawa bis zu 2600 mm Durchmesser).

Ein Fall für Chlor und Ozon

Ein besonderer Werkstoff für Auskleidungen ist sicherlich Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM). Das Material eignet sich hervorragend im Bereich kalter Anwendungen sowie im Einsatz mit chlorhaltigem Wasser und Ozon (O₃). Chlorhaltige Wasser und Ozon treten z.B. in Schwimmbädern und in der Abwasserbehandlung auf. EPDM hat gute Abwehreigenschaften gegen diese Stoffe, zeigt aber nur geringe Resistenz gegen Erwärmung sowie gegen korrosive und gegen abrasive Substanzen.

Keramische Auskleidungen: edel und vielseitig

Keramik ist ein anorganischer und nichtmetallischer Werkstoff, der seine endgültige Struktur nach dem Formen durch einen Brenn- und Sinterprozess erhält. Keramik ist ein guter elektrischer Isolator und hochgradig beständig gegen Korrosion und Abrasion.

Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit keramischer Auskleidung haben die größte theoretische Einsatzbandbreite. Nur wenige Säuren und alkalische Substanzen greifen die Oberfläche an. Wenn adhäsive Medien gemessen werden sollen, kann man dem „Festkleben“ des Mediums an der Rohrwand durch Polieren der Oberfläche begegnen.

Ein Nachteil von Keramik – neben ihrem hohen Preis – liegt in ihrer Sprödigkeit und den eng gesetzten technischen Grenzen, Keramiken herzustellen. Damit Keramik mechanisch zuverlässige Eigenschaften erhält, muss sie ein gleichmäßiges Gefügedesign haben. Darum gibt es keramisch ausgekleidete MIDs nur im unteren Größenbereich bis 200 mm Nennweite.

Obwohl Keramik hohe Temperaturen erträgt, reagiert sie empfindlich auf starke und große thermische Schwankungen. Beim Einsatz von keramisch ausgekleideten MIDs muss daher bei der Planung des Prozessablaufes darauf geachtet werden, dass die thermische Transiente über die Zeit bestimmte geschwindigkeitsabhängige Werte nicht übersteigt (Bild thermische Transiente für Keramik).

Entwicklungsstand auf hohem Niveau

Rohrauskleidungen für magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte decken in ihrer Vielfalt die meisten Anforderungen zufrieden stellend ab. In einigen Ausnahmefällen werden die Durchflussmesser als „Wegwerfartikel“ eingesetzt, weil die Medien die Auskleidung so stark belasten, dass die Lebensdauer systematisch begrenzt wird. Hier stellt sich häufig die Frage, ob es wirtschaftlicher ist, speziell für diese Anwendung einen neuen Auskleidungswerkstoff zu entwickeln oder ein abgenutztes Gerät durch ein neues zu ersetzen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass im europäischen Wirtschaftsraum Durchflussmessgeräte meistens nach der Druckgeräterichtlinie CE-kennzeichnungspflichtig sind. Wenn der Druckkörper korrosiv oder abrasiv abgenutzt ist, ist er nicht mehr zu dieser Richtlinie konform.

Die Art der Beschichtung ist natürlich nicht das einzige Auswahlkriterium für das Messrohr eines MID. Die Beschaffenheit der Elektroden und der Erdungsringe ist je nach Messanforderung von großer Bedeutung. Wenn man hier beispielsweise die breite Produktpalette von Yokogawa sieht, bekommt man einen Eindruck von den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Auch die Elektronik ist ein wichtiger Auswahlparameter – hier bietet der Markt viele Varianten von „ganz schlicht“ bis „raffiniert“. Yokogawa bietet beim ADMAG AXF standardmäßig neben vielen anderen Features zum Beispiel eine Funktion, die automatisch Ablagerungen im Messrohr erkennt. Zunehmend legen Anwender auch Wert auf einfache und zuverlässige Integration in Prozessumgebungen, was das genannte Gerät neben Puls- und Stromausgang mit HART, BRAIN und Foundation Fieldbus realisiert. Die richtige Auslegung eines MID ist zwar keine Geheimwissenschaft, aber wie bei allen wichtigen Feldgeräten heißt es auch hier: Eine gründliche Beratung durch Fachleute lohnt sich!



Bild AXF abrasiv:
Magnetisch-induktiver Durchflussmesser mit PFA-Auskleidung nach längerem Einsatz mit abrasiven Medien; deutlich erkennbar das Lochblech, welches zur Verstärkung der Auskleidung mit eingegossen wurde

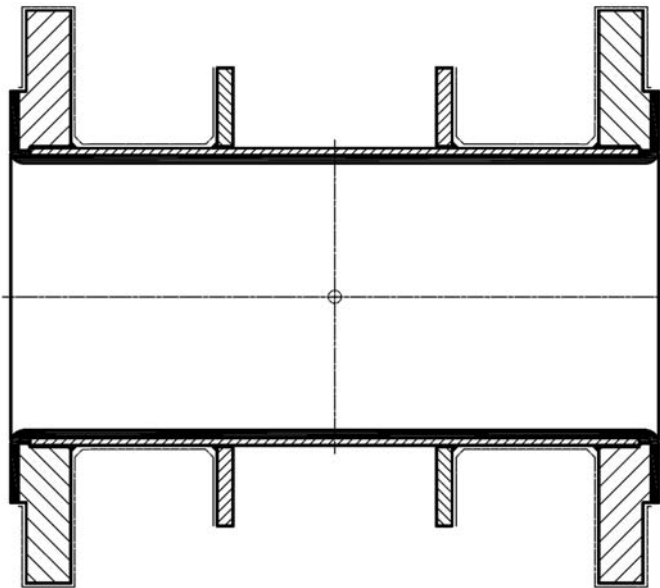


Bild AXF vulkanisiert:

Prinzipskizze eines Magnetisch-Induktiven Durchflussmessgerätes mit einvulkanisierter Auskleidung; die Auskleidung wird bis über die Dichtleiste des Flansches geführt

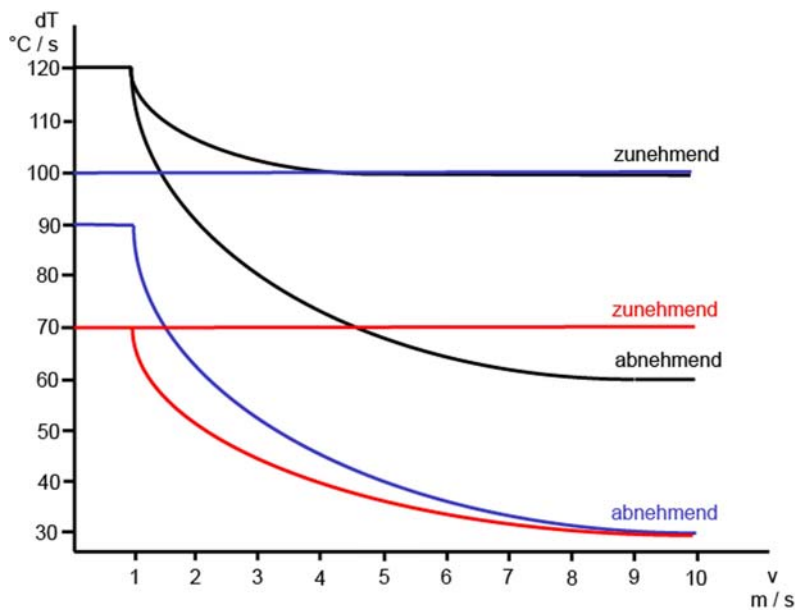


Bild Thermische Transiente:

Maximal zulässige Temperaturveränderung pro Sekunde der keramischen Rohrauskleidung in Abhängigkeit der Durchflussgeschwindigkeit des Mediums und des Rohrdurchmessers (schwarz = 2,5 ... 25 mm, blau = 40 ... 50 mm, rot = 80 ... 200 mm); am Beispiel des ADMAG AXF von Yokogawa ist zu erkennen, dass die thermische Verträglichkeit der keramischen Auskleidung mit bis zu 180 °C recht gut ist, doch dieser Werkstoff reagiert recht sensibel auf thermische Schocks

Sie haben Fragen?

Einfach mailen an: info@de.yokogawa.com