

# 15 000 bar im Visier

## Neuartiger Druckaufnehmer für weiten Anwendungsbereich

Höchste Drücke genau zu messen, galt bislang als enorm schwierig. Eine Möglichkeit indes bietet die Folien-DMS-Technik, wenn deren monolithischer Meßkörper optimal bemessen und erst im letzten Schritt mit dem DMS-Messgitter versehen wird.

**Absolutdruckaufnehmer des Typs ‚P3MB‘:  
Geeignet etwa für den Einsatz in der  
Innenhochdruckumformung  
bis 5 000 bar.  
Bild: HBM**



**B**isherige Ansätze zum Bau von Druckaufnehmern für sehr hohe Drücke stießen an technische Grenzen bei der Herstellung der Aufnehmer. Denn eine Schweißnaht oder Fügestelle am Gehäuse stellen bei Drücken oberhalb von 4 000 bar ein erhebliches Risiko dar. Und sie begrenzen in starkem Maße die Anzahl möglicher Lastzyklen.

Diese Probleme lassen sich jedoch durch monolithischen Aufbau des Meßkörpers und elektro-mechanische Umsetzung per Folien-DMS lösen. Eine große Bedeutung kommt dabei dem Aufbau des Meßkörpers zu. Baut sich nämlich hoher Druck innerhalb eines Rohres oder eines Meßkörpers auf, bedeutet das nicht zwangsläufig ein Reißen des Rohres.

Auch wenn die Zugspannung an der Innenseite des Rohres möglicherweise bereits über der Streckgrenze liegt, können äußere Bereiche des Rohres noch sehr gut ‚tra-

gen‘. Erhöht sich der Druck weiter, ‚wandert‘ der Punkt, an dem die Streckgrenze überschritten wird, nach außen. Bei Erreichung der äußersten Schicht würde das Rohr reißen.

Abhilfe bringt eine größere Wanddicke, die aber noch genügend Empfindlichkeit für eine ausreichende Gesamtgenauigkeit des Aufnehmers aufweisen muß. Diese und weitere Maßnahmen, wie etwa das ‚Autofrettage‘ (siehe Textkasten) flossen in die Konstruktion der Ultra-Hochdruck-Aufnehmer ‚Blue Line‘, Ergänzungen der bewährten HBM-Druckaufnehmer der Serie ‚P3MB‘, ein.

Dem Anwender stehen damit nunmehr Aufnehmer für die Meßbereiche 0 bis 5 000, 0 bis 10 000, sowie 0 bis 15 000 bar zur Verfügung. Der Aufnehmer des Typs ‚P3M3P‘ ist korrosionsbeständig und genügt der Schutzklasse IP67. Der

### Die P3MBP Blue Line Serie

- Monolithischer Meßkörper
- keine Schweißnaht, kein Klemmen
- dadurch deutlich höhere Lebensdauer
- Folien-DMS-Prinzip ermöglicht Auswahl der optimalen Messkörpergeometrie aus einer großen Formenvielfalt: Wahl der ‚Rohrfeder‘ für die BlueLine-Serie.

P3MBP/15000 bar hingegen gilt gegenwärtig weltweit sogar als der einzige Aufnehmer für einen Nenn-Druck von 15 000 bar.

Die P3MBP Blue-Line-Aufnehmer werden derzeit zum Beispiel in Prüfständen für das Testen von Komponenten für Dieseleinspritzanlagen eingesetzt. Der höchste Druck von derzeit 15 000 bar wird dabei in sogenannten Autofrettage-Prüfständen benötigt.

Ein weiteres Anwendungsfeld in der Automobilindustrie bietet die Innenhochdruckumformung (IHU). In diesem Bereich gilt es Drücke bis etwa 5 000 bar zu erfassen. Der erste Schritt bei dieser Art der Teilefertigung erfolgt bei 200 bis 400 bar. In diesem Bereich wird das Ausformen und Anlegen ausgeführt. Im zweiten

### Erreichung kleinstmöglicher Unebenheiten

Druckbereich zwischen 4 000 und 5 000 bar wird die sogenannte Kalibrierung des Werkstoffes durchgeführt, um kleinstmögliche Unebenheiten und Feinheiten des Werkstoffes zu erreichen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für Druckaufnehmer ist das Wasserstrahlschneiden. In einer Wasserstrahlschneidemaschine kommen ein bis zwei Druckaufnehmer zum Einsatz. Einer an der Hochdruckpumpe, ein weiterer im Sichtfeld des Bedieners, der eine analoge Anzeige bevorzugt.

Dabei werden sowohl Manometer als auch elektrische Meßtechnik ein-



**Meßkörperaufbau und unterschiedliche Meßprinzipien von Druckaufnehmern für unterschiedliche Meßbereiche. Grafik: HBM**

gesetzt. Bei letzterer erfolgt die Kontrolle des Prozesses wie bei einer Werkzeugmaschine mit einer NC-Steuerung, etwa einer Simatic. Der Eingangswert kann über einen Analogeingang 0 bis 10 Volt eingespeist werden.

Ein neues Feld für die Anwendung von Druckaufnehmern zeichnet sich im Umfeld der Hochdruck-

### Hydrostatischer Ultrahochdruck

sterilisierung von Lebensmitteln ab. Bei der Hochdruckhaltbarmachung wird ‚hydrostatischer Ultrahochdruck‘ eingesetzt, der mittels eines externen Druckverstärkers Wasser mit einem Druck von 6 000 bis 7 000 bar beaufschlagt.

Bei dieser allseitigen ‚Kompression‘ treten im Produkt keinerlei Scherkräfte auf, der Druck wirkt vielmehr ‚harmonisch‘ auf das Lebensmittel ein. Der unmittelbare Einfluß des Druckes sorgt für adiabatische Temperaturerhöhung im gesamten Produkt. Nach Ende der Behandlung – etwa zwei bis vier Minuten – und Druckrückgang sinkt die Produkttemperatur sofort wieder auf den Ausgangswert. Resultat: Der applizierte Druck reduziert die Anzahl an Mikroorganismen, das Produkt wird haltbar.

Noch stehen obengenannte Anwendungen für Hochdruckaufnehmer erst am Anfang der Entwicklung. Weitere werden hinzukommen, allein aufgrund der Tatsache, daß Komponenten wie Ventile, Fittings und Rohre auch Drücken oberhalb 2 500 bar genügen müssen.

Fazit: Mit dem Design und der Auslegung des neuen, patentierten Hochdrucksensors gelang es erstmals einen Sensor zu entwickeln, der für alle beschriebenen Anwendun-

### Autofrettage, was ist das?

Autofrettage kommt aus dem Französischen und bedeutet Selbstschrumpfung. In der Hochdrucktechnik bedeutet das gezielte Einbringen von Eigenspannungen in dickwandige Bauteile durch einen hohen inneren Überdruck, der den Fließdruck überschreiten muß. Bei einer Vielzahl von Hochdruck-Bauteilen wird durch Autofrettage ein gewünschter Spannungszustand erzeugt. Im Resultat ergibt sich eine Verfestigung des Materials durch gezielte Überlastung. Im Hinblick auf zu erwartende hohe Lastwechselzahlen bringt das eine deutliche Verbesserung.

gen geeignet ist. Er bietet hohe Lastwechselzahlen bei gleichzeitig hoher Genauigkeit – bislang unerreicht in diesen Druckbereichen.

*Dr.-Ing. André Schäfer*

Wünschen Sie weitere Informationen zu den beschriebenen Hochdruck-Aufnehmern und möglichen Anwendungsgebieten? Dann bitte nutzen Sie den Kennziffern-Service der ‚fluid‘.

**Kennziffer 209**

### Warum 15 000 bar?

Bislang wurden jegliche Lastzyklenangaben von Herstellern von Ultrahochdruckmeßtechnik vermieden. Für die Aufnehmer der Serie P3MBP Blue Line hingegen besteht eine klare Abschätzung. Aktuell steht die Forderung nach Aufnehmern mit Nenndruck 15 000 bar aus dynamischen Anwendungen der Automobilindustrie im Zusammenhang mit der Autofrettage von Serienteilen an Dieselmotoren. Dabei bietet der Sensor bei dynamischer Belastung mit 100 Prozent Schwingbreite (mithin von 0 bis 15 000 bar) eine geschätzte Lebensdauer von gerade einmal 500 Lastzyklen.

Bei dynamischen Anwendungen gilt es also den geeigneten Nennmeßbereich zu wählen, denn bei 6 000 bar verhält sich der für 15 000 bar ausgelegte Aufnehmer dauerfest (erwartete  $10^7$  Lastzyklen).

Für niedrigere Drücke stellen sich die Verhältnisse weniger dramatisch dar. Der 10 000 bar-Aufnehmer bietet eine Haltbarkeit von 1 000 Lastzyklen bei 100 Prozent Schwingbreite. Für 5 000 bar ist Dauerfestigkeit zu erwarten.

Der 5 000 bar-Aufnehmer kommt auf 10 000 Lastzyklen bei 100 Prozent Schwingbreite, für 3 500 bar dürfte er sich als dauerfest erweisen.