

Erfahrungen mit mechanischen Hochdruckmanometern bis 10 000 kg/cm²*

Von E. STUCKI

Hænni & Cie. AG, Jegenstorf (Bern)

1. Das Wesen der mechanischen Druckmessung

Der Begriff «Hochdruckmanometer» ist nicht einheitlich definiert. Wir verstehen darunter Druckmeßgeräte mit Druckbereich über 100 kg/cm² und bleiben zurzeit, als oberste Grenze, bei 10 000 kg/cm² stehen.

Wenn unterhalb 100 kg/cm² ein Meßorgan undicht wird, holt man im Lager ein Ersatzgerät. Wenn im höheren Bereich dasselbe geschieht, gibt es gewöhnlich Gespräche bis zur obersten Geschäftsleitung und Untersuchungen bis ins kleinste Detail, und zwar mit Recht. In diesem oberen Bereich wirken immerhin Kräfte, die nicht ungefährlich sind und nicht unterschätzt werden dürfen.

Wird mit Flüssigkeit gearbeitet, genügen mechanische Schutzvorrichtungen zur Verhinderung von Unfallgefahr; steht das Meßgerät unter Einwirkung von Luft und hochgespannten Gasen, kann nach einem plötzlichen Federbruch die Expansion verheerende Wirkung haben, wenn nicht schon von Anfang an alle Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Wir wollen vorab das Meßorgan als solches ansehen.

2. Der Aufbau der Meßelemente

Die mechanische Druckmessung mit Röhrenfederanometern ist allgemein bekannt. Einseitig eingespannt und am freien Ende mit einem Zahnradgetriebe versehen, gibt die Formveränderung des Federrohres, auf einen Zeiger übertragen, ein Maß für den inneren Überdruck in dieser Feder (Abb. 1). Wir erkennen aus dieser Formulierung die wichtige Bedingung, daß das Federrohr bei diesem Vorgang weder bleibend deformiert

noch mit Sicherheitszuschlägen aus Festigkeitsgründen an der maximal möglichen Deformation innerhalb der Elastizitätsgrenze gehindert werden darf. Man erwartet von einem guten Druckmesser praktisch lineare Formveränderung zwischen der Belastung Null und einem gegebenen maximalen Wert, gleiche hysteresefreie Lage des Federendes bei vorwärts- und rückkehrender Belastung und ein Maximum an Bruchsicherheit. Diese Bedingungen stellen sehr hohe Anforderungen an das Material. Die Faktoren der Bearbeitbarkeit, der Korrosionsbeständigkeit, der Reinheit und der Analysenkonstanz sind für die Präzision der Instrumente von entscheidender Bedeutung. Es darf ohne weiteres die These aufgestellt werden, daß die Anzeigegenauigkeit sowie die Werteproduzierbarkeit durch die Materialqualität bestimmt wird. Ganz allgemein gilt im Hause Hænni der Grundsatz, daß nur bestqualifiziertes, in seiner Struktur homo-

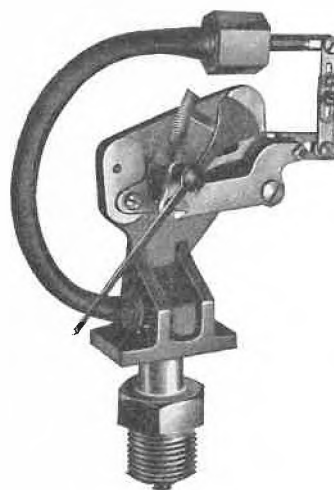


Abb. 1

* Vortrag, gehalten am «Symposium für Hochdrucktechnik in der Chemie», 26. Oktober 1963, Zürich.

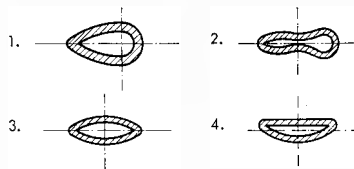


Abb. 2. Unzulässige Querschnittsveränderungen

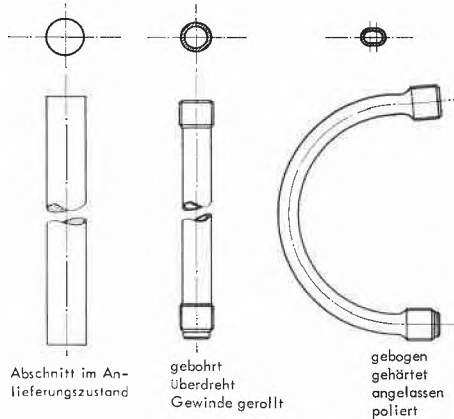


Abb. 3. Die Bearbeitungsstufen einer Hydraulikfeder

genes Stangenmaterial Verwendung finden darf (Abbildungen 2 und 3). Diese recht hoch gesetzten Grundsätze verlangen eine exakte Überwachung der Materialien vom Anlieferungszustand bis zur Schlußfertigung (Abb. 3). Kurzprüfverfahren nach Dr. Ing. DIERGARTEN, Dauerprüfungen und genaue Arbeitsvorschriften sind notwendig, um die heute verlangte Qualität zu garantieren. Grundsätzlich könnte man sich über zulässige und nicht mehr zulässige Materialfehler recht lange unterhalten. Um die Sicherheit der Instrumente zu gewähren, sind wir bestrebt, auch unscheinbare Materialfehler auszuscheiden.

Die Oberflächenbeeinflussung durch Kerbbildung, die zu Rissen führt und später als Ermüdungserscheinung zum Bruch, war früher nicht selten. Nur einwandfreie Oberflächenbearbeitung reduziert solche Einflüsse auf

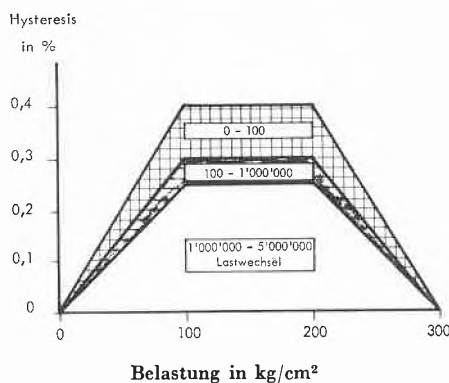


Abb. 4. Bestimmung der Hysteresiswerte an einer Hydraulikröhrenfeder, 0 bis 300 kg/cm², Durchmesser 100 mm, nach x Lastwechseln

ein Minimum. Noch wichtiger als die Bearbeitung ist die zur Erreichung der heutigen Qualität notwendige thermische Behandlung, die äußerst kompliziert ist. Das Gefüge muß richtig umgewandelt und homogen sein. Die bleibende Längenänderung bei der ersten Druckbelastung einer jeden Feder ist eine natürliche Erscheinung, das Ausmaß aber wird durch das Gefüge bestimmt. Abb. 4 gibt über die Konstanz solcher Federn Aufschluß. Aus ihr geht hervor, daß die Hysterese auch nach 5 Millionen Lastwechseln eine ausgezeichnete, ja sogar eine bessere als im Anfang sein kann. Gerade dieses Bild zeigt, wie notwendig es ist, bei der Bearbeitung von Hochdruckfedern die Kenntnisse der Metallurgie in die Detailkontrolle einzubauen und bei der Fabrikation auf alle Details der Materialwahl, der Bearbeitung, der thermischen Behandlung und der Dauerprüfung abzustellen.

3. Die Gestaltung der Gehäuse

Nur das eigentliche Meßwerk hat sich nach dem Verwendungszweck zu richten.

Wird mit Flüssigkeit gearbeitet, sind bis zum Druck von 1000 kg/cm² keine besonderen Vorkehrungen nötig, eine normale Manometerkonstruktion ist ohne Bedenken verwendbar. Über 1000 kg/cm² sind je nach Verwendung, Aufstellungsort und Beschaffenheit der Flüssigkeit Spezialkonstruktionen notwendig. Für Luft und hochgespannte Gase empfehlen wir zweckentsprechende Schutzmaßnahmen schon ab 100 kg/cm².

Das sogenannte Explosionsloch in der Rückwand (Abb. 5), mit mehr oder weniger staubdichter Abdeckung, werten wir mehr als Symbol und nicht als eigentlichen Schutz. Wir haben Hochdruckmanometer mit gebrochener Rohrfeder gesehen, mit zerstörtem Glas und Zifferblatt, zerbrochenem Gehäuse, aber mit intakten, noch staubdicht verschlossenen Explosionslöchern. Die plötzliche Explosion fragt nicht nach den Überlegungen des Konstrukteurs, sondern breitet sich nach dem geringsten Widerstand und der gezielten Richtung aus. Wir haben daraus die Konsequenz gezogen und für Luft und Gase sowie bei Flüssigkeiten für Drücke



Abb. 5

über 1000 kg/cm² Konstruktionen entwickelt, bei welchen die ganze Rückwand offen und höchstens mit einem grobmaschigen Gitter abgedeckt, dafür das Werk wönötig für sich gekapselt ist (Abb. 6). Das Gehäuse muß dabei aus widerstandsfähigem, aber verhältnismäßig weichem Material sein, damit Splitter in diesem stecken bleiben und nicht zusammen mit Gehäusebruchteilen davonfliegen. Je höher der Druck, desto notwendiger ist eine starke Konstruktion.



Abb. 6

Wir möchten auf eine Strömung hinweisen, die zurzeit Schule macht. Zur Verhinderung von Vibrationen werden dichte Meßgeräte empfohlen, bei welchen das Meßwerk in Glycerin oder einer anderen Flüssigkeit eingebettet ist. Die Absicht, dadurch Vibrationen zu dämpfen, ist glänzend und ausgezeichnet. Für Niederdruck ist dies eine ausgezeichnete Lösung. Wenn nun heute von Verbrauchern verlangt wird, auch Manometer über 100 kg/cm² in dieser Form zu liefern, müssen wir darauf aufmerksam machen, daß dadurch wirklich eine Kanone geladen wird. Bei einer Undichtheit, einem Riß oder einem plötzlichen Federbruch wirken nun die eingeschlossenen kg/cm² auf die Füllung im Gehäuse und über diese auf Gehäusewand und Abdeckscheibe. Wir haben solche Scheiben gesehen, die genau am Rand ausgestoßen und mit Wucht in den Arbeitsraum geschleudert wurden. Vor einem solchen Pulverfaß möchten wir eindringlich warnen.

4. Vorsichtsmaßnahmen

Als allgemeine Richtlinien für die Verwendung von Hochdruckmanometern haben wir schon im Jahre 1947 Regeln aufgestellt, an die wir hier kurz erinnern möchten:

- a) In der Bestellung soll genau angegeben werden, was gemessen werden soll, ob Gas oder Flüssigkeit.
- b) Der Skalenhöchstwert sollte, wenn möglich, mindestens zweimal größer sein als der Betriebsdruck, da-

mit doch das Federrohr nicht ohne Sicherheitszuschlag bis zum höchsten Wert beansprucht werden muß.

- c) Für Sauerstoff dürfen prinzipiell nur öl- und fettfreie Instrumente verwendet werden. Solche Apparate müssen auf dem Zifferblatt als solche bezeichnet sein.
- d) Die sorgfältige Entfettung im Werk des Lieferanten genügt nicht. Der Kunde muß peinlich darüber wachen, daß keine Fettstoffe in das Innere der Feder gelangen können.
- e) Druckstöße sind sorgfältig zu vermeiden, ebenfalls starke Vibration.
- f) Hydraulikmanometer, auch solche moderner zuverlässiger Bauart, werden am besten über Kopfhöhe montiert, um unter allen Umständen Verletzungen des Personals möglichst zu vermeiden.
- g) Bei Manometern für Wasserstoff sind Korrosionserscheinungen trotz sorgfältigster Materialwahl nicht ausgeschlossen, die später zum Federbruch führen. Gründliche Betriebskontrollen sind notwendig.
- h) Betriebspersonal, welches mit Hochdruckmanometern zu tun hat, muß über die Verhaltensmaßregeln und die Gefahren orientiert werden.
- i) Für Hochdruckmanometer, welche für Flüssigkeiten Verwendung finden, sind die vorerwähnten Vorsichtsmaßnahmen nicht notwendig, doch ist es auch hier nötig, daß das Personal Bescheid weiß.

5. Hochdruckmeßgeräte der beschriebenen Konstruktion

werden nicht selten mit elektrischen Berührungskontakten versehen. Die Konstruktion derselben ist hinlänglich bekannt und soll nicht wiederholt werden. Der Aufbau von Ferngebern zur elektrischen Wertübertragung ist heute allgemein üblich. Es ist einzig zu sagen, daß aus den erwähnten Gründen der Ferngeber mit Vorteil über dem Zifferblatt bzw. über der schützenden Trennwand angebracht wird, damit der Hinterteil ganz nach Sicherheitsgründen aufgebaut werden kann. Berührungskontakte und Ferngeber sind nicht vollständig funkenfrei, und dort, wo Explosionsgefahr vorhanden ist, sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Man verlangt vom Konstrukteur sehr oft absolut dichte Gehäuse, worüber bereits gesprochen wurde. Wir empfehlen in solchen Fällen vielmehr, im Bereich der elektrischen Teile Schutzgas laufend einzuführen. Diese Lösung hat sich bewährt. Zurzeit sind Konstruktionen im Gange, um mit induktiv gesteuerten Tasten explosionsicher und berührungsfrei einen oder mehrere Impulse zu geben und auf diese Weise in Funktion der Druckhöhe Sicherheitsvorrichtungen oder Steuerungen zu betätigen. Es läßt sich auch hier keine Universalregel angeben, die Lösung muß von Fall zu Fall studiert sein.