

Leckagefreie, magnetgekuppelte Kreiselpumpen zur Förderung von Thermalölen

Ing. Harry Schommer

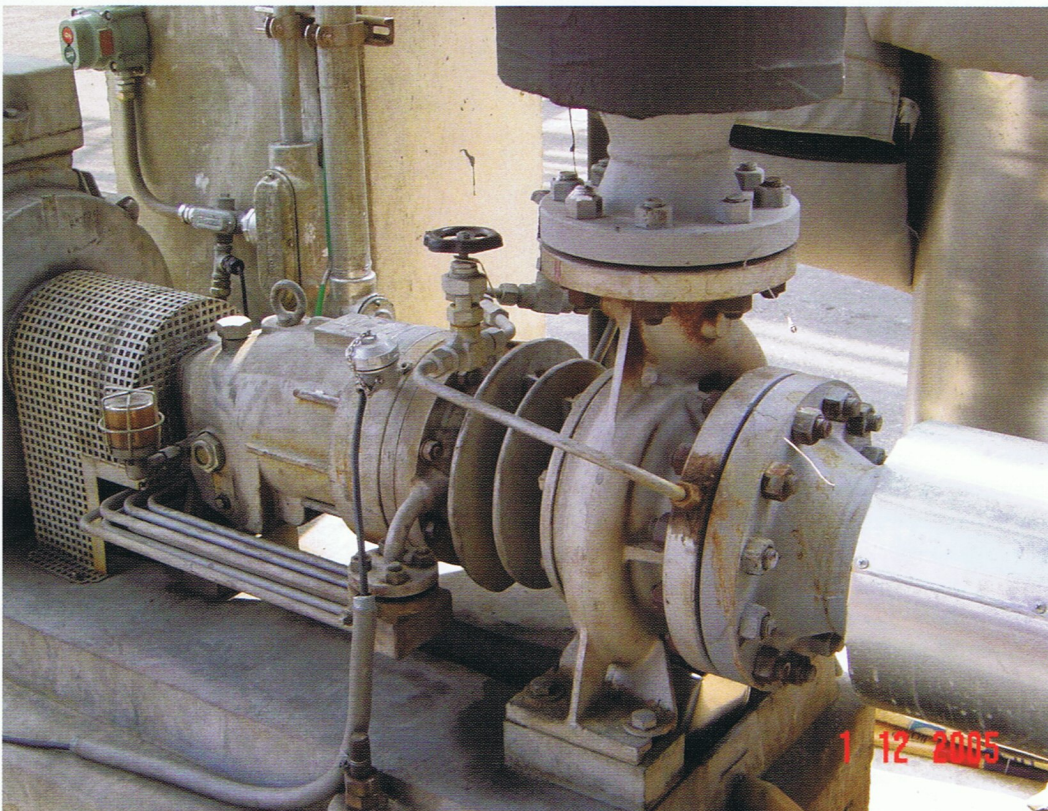
In früheren industriellen Heizanlagen mit Wärmeträgerölen wurden in erster Linie organische Öle auf Mineralölbasis eingesetzt. Diese Öle sind geeignet für Temperaturen bis max. 350°C, die Anlagen waren „drucklos“, da die auftretenden Dampfdrücke unterhalb des Atmosphärendruckes lagen. Pro-

bleme traten auf im Bereich zwischen 300 und 350°C, die Öle alterten, wurden instabil, zersetzten sich, bildeten Ölkohle. Ablagerungen dieser Crackprodukte beeinträchtigten den Wärmeübergang, führten zu Leckage an den Wellendichtungen und zu Störungen im System. Rückstände in den Rohrleitungen mussten regelmäßig entfernt werden.

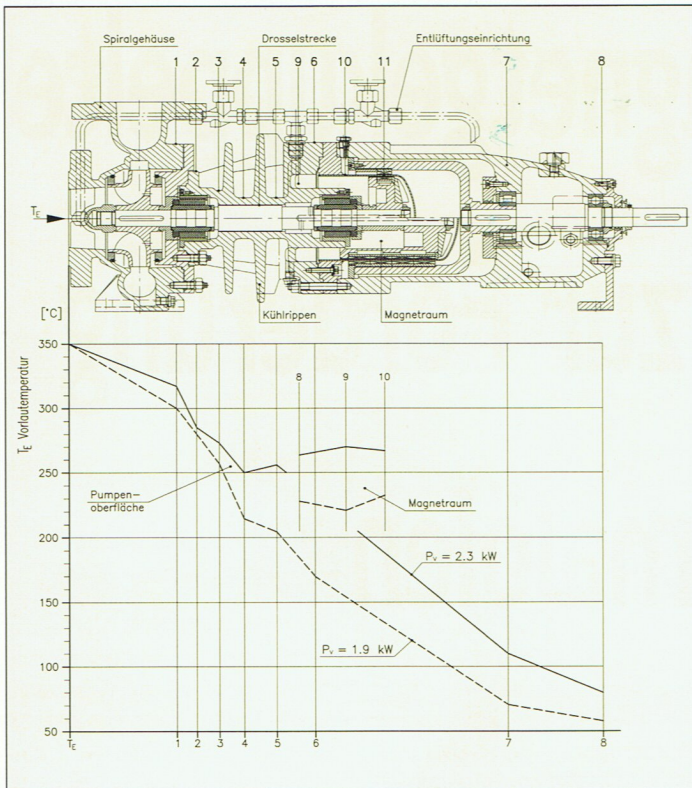
Zur Erhöhung der Gebrauchsdauer entwickelte die chemische Industrie in den letzten Jahren synthetische Wärmeträgeröle mit einer thermischen Stabilität bis 400°C. Neben der verbesserten thermischen Stabilität und der längeren Standzeit bieten diese Öle zudem den Vorteil niedriger Viskositäten beim Kaltstart, d.h. die Umwälzpumpen benötigen kei-

ne überdimensionierten Antriebe und arbeiten bei Betriebstemperaturen mit besseren Wirkungsgraden.

Die meisten der synthetischen Öle sind jedoch Benzolverbindungen und stellen daher erhöhte Anforderungen an die Wellenabdichtungen der eingesetzten Umwälzpumpen. Leckagen sind gesundheitsgefährdend, geruchsintensiv und un-



◀ Abbildung 1:
magnetgekuppelte Pumpe
in einer Anlage der
Großchemie



▲ **Abbildung 2:** Durch die Trennung von Spirale und Magnetraum reduziert sich die Temperatur an der Pumpenoberfläche und im Spalttopfbereich, wie aus den dargestellten Messwerten ersichtlich ist, erheblich.

bedingt zu vermeiden. Zu beachten ist auch der Dampfdruck der synthetischen Öle bei hohen Betriebstemperaturen. So liegt der Dampfdruck von Diphyl bei 360°C bei 6,5 bar und steigt bei 400°C auf ca. 11 bar an. Aufgrund der problematischen Leckagen und der Tatsache, dass es ohne zusätzliche Fremdkühlung durch Verdampfung des Fördermediums zwischen den Gleitflächen zu Trockenlauf und Zerstörung der Dichtung kommt, verbietet sich hier der Einsatz von einfachwirkenden Gleitringdichtungen. Es sind doppelwirkende Systeme mit Vorlagebehälter und aufwendiger Instrumentierung erforderlich. D.h. zur Förderung synthetischer Öle sollten bei Temperaturen über 300°C daher ausschließlich leckagefreie Pumpen ohne Wellenabdichtung eingesetzt werden. Neben Spaltrohrmotorpumpen kommen hier in erster Linie magnetgekoppelte Pumpen in Frage. Abbildung 1 zeigt derartige Pumpen in einer Anlage der Großchemie.

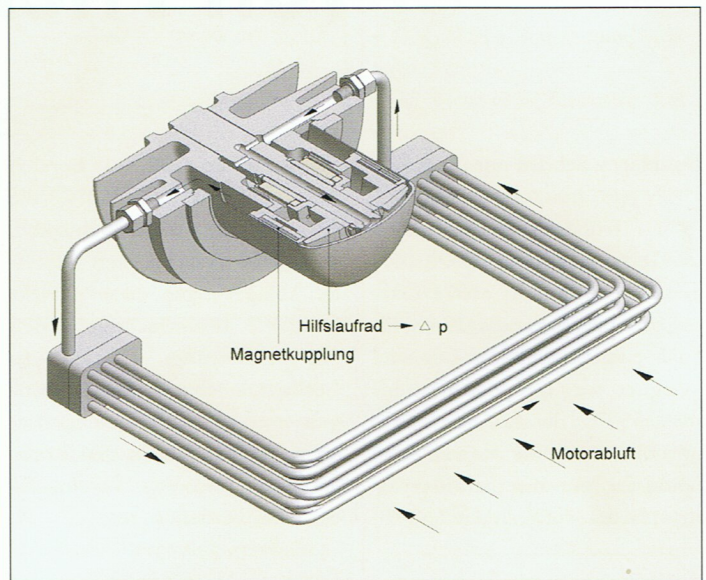
Die konstruktiven Besonderheiten dieser Pumpe sind

- ein Kühlstück
- die Ausführung mit externer Zirkulation über Hilfslaufrad und externen Wärmetauscher
- produktberührte Gleitlager/Spalttopf
- Wälzlagerung/Anlaufsicherung-Überwachung
- Motorüberwachung
- Temperaturüberwachung, Spalttopfoberfläche

Das übertragbare Moment einer Permanentmagnetkupplung auf Kobaltsamarium-Basis ist stark temperaturabhängig. Reversible und irreversible Verluste reduzieren die Übertragungsleistung bei 300°C um ca. 30%. Zur Förderung von Thermalölen im Bereich zwischen 300 und 400°C ohne zusätzliche Fremdkühlung wurde gemäß Abbildung 2 eine Pumpenkonstruktion entwickelt, die sowohl den Temperaturgrenzen der Magnete Rechnung trägt, als auch gewährleistet, dass die Temperaturen am spalttopfseitigen

Wälzlager in zulässigen Grenzen liegen. Durch die Trennung von Spirale und Magnetraum reduziert sich die Temperatur an der Pumpenoberfläche und im Spalttopfbereich, wie aus den dargestellten Messwerten ersichtlich ist, erheblich. Die Drosselstrecke zwischen Spiralgehäuse und Magnetraum verhindert zudem den Austausch von Fördermedium zwischen beiden Räumen, d.h. eventuell in „schwarzen Anlagen“ vorhandene ferritische Feststoffe (Zunder, Rostpartikel, Schweißperlen)

Vorlauftemperatur des Fördermediums beeinflusst wird. Dies zeigt sich deutlich im Temperaturverlauf, wobei der Abkühlereffekt im Messpunkt 4 durch die Aufheizung mit 2,3 kW Magnetverlustleistung im Spalttopfbereich unterbrochen wird. Durch Reduzierung der Magnetverlustleistung von 2,3 auf 1,9 kW (Spalttopfwerkstoff Hastelloy C anstelle von 1.4571) wird bei gleicher Vorlauftemperatur eine Absenkung der Spalttopftemperatur von ca. 265°C auf ca. 225°C erzielt. Beim Anfahren dieser Pumpen



▲ **Abbildung 3:** Bei Antriebsleistungen von mehr als 22 kW und Magnetverlustleistungen über 2,0 kW wird ein externer Kühlkreislauf vorgesehen. Durch das Hilfslaufrad auf der Rotorrückseite wird im Spalttopfbereich ein konstanter Zirkulationsstrom erzeugt, der das im Spalttopf aufgeheizte Öl über einen externen Kühler - durch Abstrahlung an die Atmosphäre und durch die Motorabluft - entsprechend abkühlt.

werden ferngehalten und können sich nicht zwischen getriebenem Rotor und Spalttopf festsetzen. Diese Tatsache, zusammen mit dem gegenüber Spaltrohrmotorpumpen erheblich größerem Spaltspiel zwischen getriebenem Rotor und Spalttopf, sowie die verschleißfesten SiC-Lager, gewährleisten höchste Verfügbarkeit. Interessant ist nach Abbildung 2, dass die für die Auslegung des Magnetantriebes entscheidende Temperatur im Spalttopfbereich mehr von der Magnetverlustleistung als von der

mit kaltem Thermalöl wird die Temperatur im Magnetraum durch den Aufheizeffekt der Magnetverlustleistung unter Umständen kurzzeitig höher liegen als die Vorlauftemperatur. Dies ist jedoch aufgrund der niedrigen Dampfdrücke von Thermalölen (bis ca. 210°C < 1 bar) unproblematisch. Probebetrieb mit Wasser ist jedoch unmöglich, da es hierbei zu Dampfbildung im Spalttopfbereich und damit zur Zerstörung der Gleitlager kommt. Unter Berücksichtigung der Temperaturbeständigkeit der allgemein

eingesetzten Kobalt-Samarium-Magnete [1], aber auch unter Beachtung des Temperaturverhaltens der Wälzlagerung sollten Spalttopftemperaturen von 250°C nicht überschritten werden. In der Praxis bedeutet dies, dass Thermalölumwälzpumpen im Temperaturbereich von

350°C bei Magnetverlustleistungen bis ca. 2 kW, mit geschlossenem Magnetraum (dead end) gemäß Abbildung 2 ausgeführt werden können. Dies entspricht in etwa einer Antriebsleistung von 22 kW. Bei größeren Antriebs- bzw. Magnetverlustleistungen sind zusätzliche Maß-

nahmen zur Temperaturreduzierung im Magnetbereich erforderlich.

Bei Antriebsleistungen von mehr als 22 kW und Magnetverlustleistungen über 2,0 kW wird nach Abbildung 3 ein externer Kühlkreislauf vorgesehen. Durch das Hilfslaufrad auf der Rotorrückseite wird im Spalttopfbereich ein konstanter Zirkulationsstrom erzeugt, der das im Spalttopf aufgeheizte Öl über einen externen Kühler – durch Abstrahlung an die Atmosphäre und durch die Motorabluft – entsprechend abkühlt. Thermalölumwälzpumpen mit externem Kühler gemäß Abbildung 3 können eingesetzt werden bis zu Magnetverlustleistungen von 10 kW. Die Kühlwirkung des externen Kreislaufes kann verstärkt werden durch ein auf der Pumpenwelle angeordnetes Lüfterrad.

Bei Einsatz verlustarmer Sandwich-Spaltöpfe [2] können magnetgekuppelte Thermalölumwälzpumpen ohne Fremdkühlung eingesetzt werden für Antriebsleistungen bis 132 kW/2900 min⁻¹.

Als Werkstoff für die im Fördermedium angeordneten Gleitlager hat sich Siliziumkarbid SiC aufgrund seiner Verschleißfestigkeit allgemein als Standardwerkstoff durchgesetzt [3], wobei die kohlenstoffbeschichteten Lager auch kurzzeitigen Trockenlauf tolerieren [4]. Es ist darauf zu achten, dass die Gleitlagerkonstruktion den Besonderheiten des keramischen Werkstoffes gerecht wird [1,3]. Beim Einsatz von SiC ist bei der Verbindung von SiC mit metallischen Trägerteilen zu beachten, dass die Ausdehnungskoeffizienten der Metallteile das Vierfache von SiC aufweisen. Probleme ergeben sich insbesondere bei der Befestigung der Wellenschutzhülse auf der Pumpenwelle. Die Verbindung muss so ausgebildet werden, dass im kalten Zustand absoluter Rundlauf gewährleistet ist und dass bei Er-

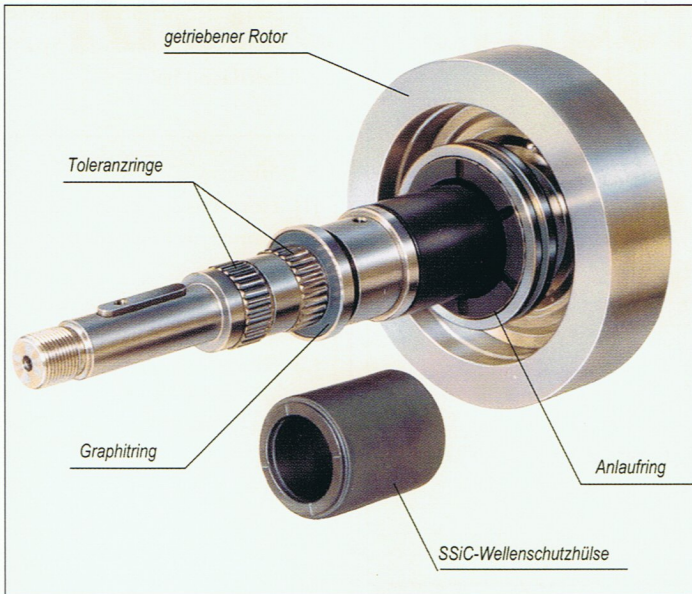
wärmung auf Betriebstemperatur im SiC-Teil keine unzulässigen Spannungen entstehen. Die Mitnahme der Hülse muss kraftschlüssig erfolgen, formschlüssige Mitnehmer oder Verdrehsicherungen durch Passfedern oder Stifte können insbesondere beim Anfahren Beschädigungen der SiC-Bauteile bewirken und sind somit unbedingt zu vermeiden.

Die Abbildung 4 zeigt eine Konstruktion, die diesen Bedingungen gerecht wird. Zwischen Pumpenwelle und Wellenschutzhülse sind als Mitnehmer elastische, metallische Toleranzringe angeordnet, die die unterschiedlichen radialen Wärmedehnungen kompensieren, während kompressible Graphitringe die auftretenden axialen Dehnungen kompensieren.

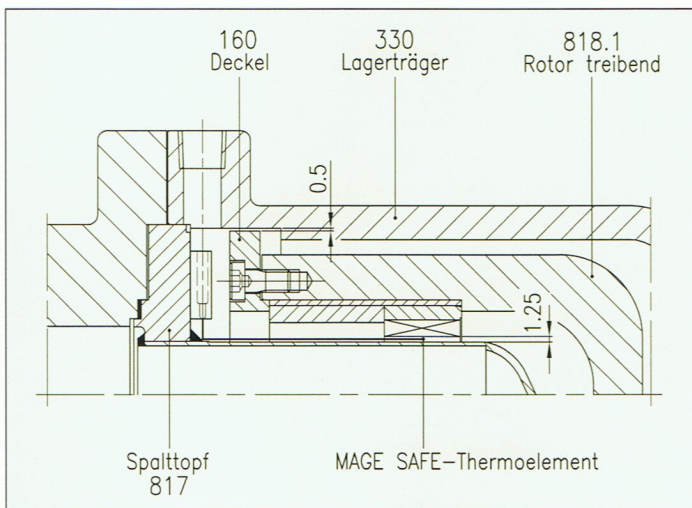
Die in den Standardmagnetpumpen üblicherweise eingesetzten dauerfettgeschmierten Wälzlager können die Forderungen der ISO 5199 und der API 610 nach 17000 bzw. 25000 Betriebsstunden nicht erreichen. Zur Erzielung der vorstehend genannten Betriebsstundenzahlen wurde daher eine verstärkte, ölgeschmierte Lagerung entwickelt. Die Ölstandskontrolle erfolgt über einen Constant Level Oiler, die Abdichtung des Ölbad zum Spalttopf und zur Atmosphäre durch berührungsfreie Labyrinth-Abdichtungen.

Im Gegensatz zur verschleißfreien SiC-Lagerung, mit unter normalen Betriebsbedingungen unbegrenzten Standzeiten, sind jedoch auch die verstärkten Wälzlager einem natürlichen Verschleiß ausgesetzt. Daher sollte eine regelmäßige Kontrolle des Schwingungsverhaltens erfolgen, um sich anbahnende Lagerschäden rechtzeitig zu erkennen, bevor ernsthafte Schäden an der Pumpe entstehen können.

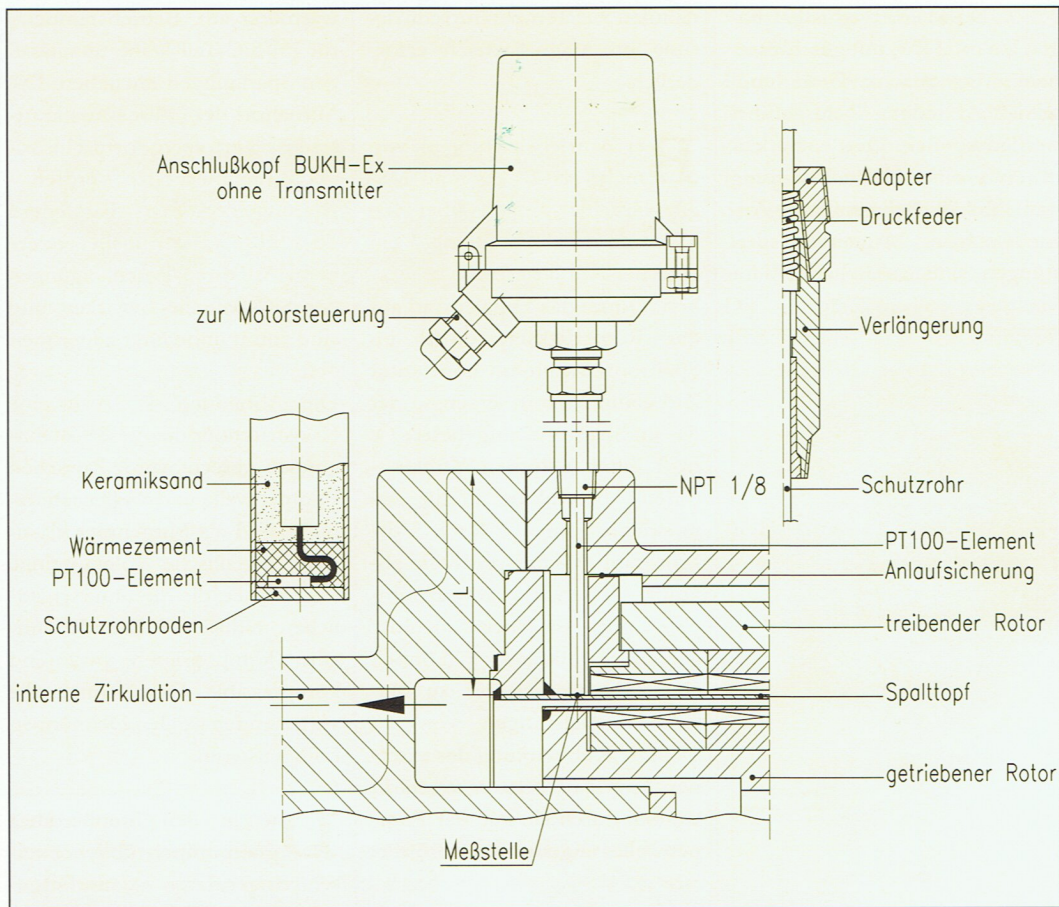
Es ist zu beachten, dass es bei ausgeschlagenen Wälzlagern durch die vorhandene Restunwucht zu einer exzentrischen Rotation (taumeln) des treibenden



▲ Abbildung 4: Beim Einsatz von SiC ist bei der Verbindung von SiC mit metallischen Trägerteilen zu beachten, dass die Ausdehnungskoeffizienten der Metallteile das Vierfache von SiC aufweisen. Diese Konstruktion wird diesen Bedingungen gerecht. Zwischen Pumpenwelle und Wellenschutzhülse sind als Mitnehmer elastische, metallische Toleranzringe angeordnet, die die unterschiedlichen radialen Wärmedehnungen kompensieren, während kompressible Graphitringe die auftretenden axialen Dehnungen kompensieren.



▲ Abbildung 5: Bei ausgeschlagenen Wälzlagern kommt es durch die vorhandene Restunwucht zu einer exzentrischen Rotation (taumeln) des treibenden Rotors. Eine Anlaufsicherung muß hier ein Anlaufen des treibenden Permanentmagneten am Spalttopf verhindern. Durch die unterschiedlichen Spaltspiele zwischen dem rotierenden Deckel und dem Lagerträger einerseits und dem treibenden Magneten und dem Spalttopf andererseits ist ein Anlauf am Spalttopf nicht möglich.



▲ Abbildung 6:

Bei diesem PT100-Temperaturfühler ist der Schutzrohrboden flach ausgeführt, so dass ausreichend Kontakt zur Spalttopfoberfläche gegeben ist. Das Fühlerelement ist direkt auf dem Schutzrohrboden befestigt. Eine integrierte Druckfeder sorgt dafür, dass der Schutzrohrboden ständigen Kontakt mit der Spalttopfoberfläche hält.

Rotors kommt, d.h. eine geeignete Anlaufsicherung muss in diesem Zustand ein Anlaufen des treibenden Permanentmagneten am Spalttopf verhindern. Nach Abbildung 5 verhindern die unterschiedlichen Spaltspiele zwischen dem rotierenden Deckel und dem Lagerträger einerseits und dem treibenden Magneten und dem Spalttopf andererseits den Anlauf am Spalttopf.

Bei defekter Wälzlagerung läuft der Deckel am gesamten Umfang der Aufnahmebohrung im Lagerträger an. D.h. falls keine laufende Vibrationskontrolle stattfindet, kann der Luftspalt auch durch einen berührungsfreien Näherungssensor überwacht werden. Bei Bedarf entsprechende Unterlagen beim Hersteller anfordern.

Bei Einsatz der MAG-SAFE Überwachung zerstört der exzentrisch rotierende treibende Magnet den Nickeldraht des

MAG SAFE und löst damit die Abschaltung des Antriebes aus.

Kommt es im Anfahrbetrieb durch fehlerhafte Dimensionierung des Magnetantriebes bzw. Blockieren des Laufrades zum Abriss der magnetischen Feldlinien, dreht der Antriebsmotor bei stehendem Pumpenläufer leer durch. Dies ist besonders kritisch bei großen Pumpen mit externer Zirkulation zur Abführung der Magnetverlustwärme (Abbildung 3). Da in diesem Betriebszustand die Funktion des Hilfslaufrades nicht mehr gegeben ist, kommt es durch Überhitzung zur Zerstörung der Magnete. Gegen diesen Schaden kann die Pumpe durch eine entsprechende Überwachung des Antriebsmotors geschützt werden. Die Wächter benötigen keine zusätzlichen Sensoren oder Hilfsleitungen an der Pumpe, sondern werden direkt in die Zuleitung des Antriebsmotors, bei

Ex-Anlagen außerhalb des gefährdeten Bereiches, geschaltet.

Zur Temperaturüberwachung werden bevorzugt die handelsüblichen Widerstandsthermometer PT100 eingesetzt. Die PT100-Temperaturfühler besitzen einen Messwiderstand aus Plating, der bei 0°C einen Widerstand von 100 Ohm aufweist. Temperaturveränderungen an der Messstelle bewirken eine Änderung des Widerstandes und damit der angelegten Spannung. Die Spannungsänderung wird in einem nachgeschalteten Regler so verarbeitet, dass bei Überschreitung einer vorgegebenen Grenztemperatur der Antriebsmotor stillgesetzt bzw. Alarm ausgelöst wird. Bei Einsatz von PT100-Fühlern ist darauf zu achten, dass die Geräte tatsächlich für Oberflächentemperaturmessungen ausgelegt sind. Abbildung 6 zeigt einen PT100-

Temperaturfühler, der den Anforderungen an derartige Fühler in besonderem Maße gerecht wird. Der Schutzrohrboden ist flach ausgeführt, so dass ausreichend Kontakt zur Spalttopfoberfläche gegeben ist. Das Fühlerelement ist direkt auf dem Schutzrohrboden befestigt. Eine integrierte Druckfeder sorgt dafür, dass der Schutzrohrboden ständigen Kontakt mit der Spalttopfoberfläche hält.

Schrifttum:

- [1] Hermetisch dichte Kreiselpumpen mit Magnetkupplung
Ing. Harry Schommer, CAV 06/1986
- [2] Sandwich für satte Leistung
Ing. Harry Schommer, Chemische Produktion Aug. 1997
- [3] Siliziumkarbid
H. Koch, A. Schelken, CAV 03/1985
- [4] Magnetkupplungspumpen mit trockenlaufsicheren Lagern
Chemie-Technik 1997 Nr. 10
- [5] Auf der sicheren Seite
Ing. Harry Schommer, Chemie Technik Nr. 1/2 2004

Kennziffer 206

Dickow Pumpen KG
Fax-Info +49(0)8638 / 602-200
verkauf@dickow.de
www.dickow.de
ACHEMA 2006,
Halle 8.0, P27-P30