

Zahnradpumpen mit SiC-Innenleben

Der Korrosion die Zähne zeigen

Zahnradpumpen mit metallischem Innenleben eignen sich für viele Applikationen mit viskosen Medien, die für eine ausreichende Schmierung sorgen. Doch was tun, wenn schlecht schmierende und sogar korrosive Medien im Spiel sind? Der Beitrag beantwortet diese Frage.

Bei Zahnradpumpen handelt es sich um rotierende Verdrängerpumpen. Betreiber schätzen an diesem Pumpentyp das einfache, aber effektive Förderprinzip. Das Fördermedium fließt auf der Pumpeneintrittsseite in die Zahnzwischenräume, durch die Rotationsbewegung der Zahnräder wird es außen herum von der Saug- zur Druckseite gefördert. Die ineinandergreifenden Zähne der beiden Zahnradwellen quetschen das Medium dort aus den Zahnzwischenräumen. Die beiden Zahnradwellen sind in produktgeschmierten Gleitlagern gelagert. Mit einem (geringen) Anteil des Förderstroms wird dort ein hydrodynamischer Schmierfilm aufgebaut.

Dieses simple Wirkprinzip ist Fluch und Segen zugleich. Für viskose, gutschmierende Medien sind Zahnradpumpen ein hervorragend geeigneter Pumpentyp. Mit kleinen wie mit großen Mengen kann ein sehr weiter Druckbereich abgedeckt werden. Im Gegensatz zu Strömungsmaschinen sinkt die Fördermenge kaum mit steigendem Differenzdruck.

Schwieriger sind Anwendungen für niedrig viskose, schlecht schmierende Medien. Bedingt durch den nur schwachen Schmierfilm sind harte, verschleißfeste Werkstoffe vorzuziehen. So soll bei unzureichendem Schmierfilmaufbau zumindest der Verschleiß an Gleitlagern und Zahnrädern in einem für den Betreiber erträglichen Maß gehalten werden. Kritisch wird es, wenn zu den schlechten

Schmier- auch noch korrosive Eigenschaften hinzukommen. Bei den metallischen Werkstoffen geht die Schere zwischen mechanischer und chemischer Beständigkeit weit auseinander. Vereinfacht kann man sagen, dass ein metallischer Werkstoff umso weicher wird, je (chemisch) beständiger er ist.

Keramik als Alternative

Bei kleinen Zahnradpumpen werden bereits vereinzelt keramische Zahnräder aus Siliziumkarbid (SiC) eingesetzt, größere Pumpen werden bislang ausschließlich mit metallischen Wellen ausgestattet. Nicht nur die Herstellung keramischer Zahnräder stellt eine große Herausforderung dar, der komplette Aufbau der Pumpe muss auf die speziellen Werkstoffeigenschaften von SiC abgestimmt werden. Siliziumkarbid besticht zwar durch seine große Härte und seine nahezu universelle chemische Beständigkeit, zugleich legt es aber auch ein extrem sprödes Verhalten an den Tag. Dies hat nicht nur Auswirkungen auf den späteren Betrieb der Pumpe, vielmehr muss die gesamte Auslegung der Pumpenkomponenten daraufhin abgestimmt werden.

So ist es theoretisch zwar noch möglich, eine Passfedernut in einer Welle aus SiC zu fertigen, spätestens bei der Übertragung des erforderlichen Antriebsmomentes würde die Welle dann aber aufgrund der Schwächung an dieser Stelle brechen. Aus diesem Grund ist die Antriebswelle mit einer Polygonverzahnung ausgestattet. Bei der Verzahnung handelt es sich um eine klassische Geradverzahnung, selbstverständlich sind evtl. Übergänge und Radien entsprechend auf die besonderen Eigenschaften von Siliziumkarbid abgestimmt.

Als Gleitlagerwerkstoff bietet sich ebenfalls SiC an, Gleitlager aus diesem Material sind seit

Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz. Ein positiver Nebeneffekt dieser SiC/SiC-Werkstoffpaarung ist, dass sich das Spiel zwischen Gleitlagern und Zahnrädern aufgrund der identischen Wärmeausdehnung nicht verändert. Bei metallischen Zahnradwellen führt die im Vergleich sehr große Wärmeausdehnung dazu, dass bei höheren Betriebstemperaturen die Bohrung von SiC-Gleitlagern entsprechend vergrößert werden muss. Andernfalls würde der Wellenzapfen durch seine Wärmeausdehnung das Gleitlager von innen sprengen (1.4112: $k = 11,2 \cdot 10^{-6} \text{ mm/mm-K}$ bei 300°C , SiC: $k = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mm/mm-K}$ bei 300°C).

Allerdings wirkt sich bei höheren Betriebstemperaturen die Ausdehnung eines metallischen Pumpengehäuses entsprechend negativ auf den Pumpenwirkungsgrad aus. Die starke Wärmeausdehnung sorgt dann selbst bei kleinsten Montageaxialspielen für ein sehr großes Spiel im Betrieb. Dies wiederum sorgt für steigende Rückstromverluste in der Pumpe und einer Reduzierung des Wirkungsgrades.

Korrosives Prepolymer pumpen

Die von einem langjährigen Kunden hergetragene Anwendung war geradezu prädestiniert für eine solche Pumpe mit Zahnrädern aus Siliziumkarbid: 34 l/min eines niedrigviskosen und korrosiven Prepolymers müssen unter Vakuumbedingungen aus einem Reaktor ausgetragen werden.

Aufgrund des Jodanteils im Prepolymer sind die üblicherweise eingesetzten Edelstähle chemisch ungeeignet. Das als beständig geltende Hastelloy C276 (2.4819) kann zwar als Gehäusewerkstoff eingesetzt werden, wegen der geringen mechanischen Festigkeit ist es aber als Zahnradwerkstoff für diese Anwendung ungeeignet. Der Einsatz von Zahnrad-

Autor



Holger Kremer

Leiter Technical Services,
Witte Pumps & Technology

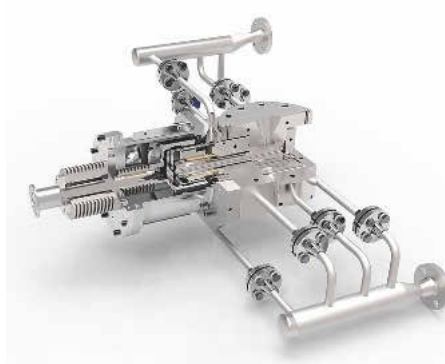


Funktionsweise einer außengelagerten Zahnradpumpe

wellen aus Siliziumkarbid in Kombination mit SiC-Gleitlagern bietet sich daher geradezu an. Basierend auf der Viskosität und der gewünschten Fördermenge wurde die Pumpengröße bestimmt. Eine Pumpe mit einem spezifischen Fördervolumen von $92,6 \text{ cm}^3$ pro Umdrehung benötigt eine Drehzahl von etwa 520 min^{-1} , um das Prepolymer mit einem Druck von 10 bar in den nachfolgenden Reaktor zu fördern. Die errechnete Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 1 m/s ist verhältnismäßig moderat, sodass nicht mit einer Schädigung der (Pre) Polymerketten beim Durchtritt durch die Pumpe zu rechnen ist. Der Vergleich der Umfangsgeschwindigkeiten des Wellenzapfens im Gleitlager ist ein geeignetes Werkzeug, auf einfache Art und Weise pumpengrößenunabhängige Aussagen über die maximal zulässigen Drehzahlen einer Pumpe zu machen.

Wie bereits erwähnt, sorgt das metallische Gehäuse in Kombination mit den keramischen Wellen und Lagern zu einem verhältnismäßig großen Axialspiel bei hohen Betriebstemperaturen. Im Vergleich zu einem Montagespiel von $50 \mu\text{m}$ bei 20°C wächst das Axialspiel auf das Sechsfache und beträgt etwa $300 \mu\text{m}$ bei einer Betriebstemperatur von 260°C . Dies führt bei dieser Pumpengröße zu einem Drehzahlanstieg von ca. 150 min^{-1} , eine etwa 40% höhere Drehzahl als bei einem gleichbleibenden Axialspiel.

Als Wellendichtung ist eine Magnetkupplung vorgesehen. Mittels Permanentmagneten wird das erforderliche Antriebsmoment berührungslos übertragen, der Spalttopf sorgt für eine zuverlässige, hermetische Abdichtung des Pumpenraumes von der Umgebung. Um eine gleichmäßige Beheizung auch im Magnetraum jederzeit zu gewährleisten, wird der dop-



Aufbau einer magnetgekoppelten Zahnradpumpe

pelwandige Spalttopf ebenso wie das Gehäuse mittels Wärmeträgeröl beheizt.

Separate Lagerung des Innenrotors

Eine Besonderheit bildet die separate Lagerung des Innenrotors. Diese Konstruktion stellt sicher, dass ausschließlich Drehmoment auf die Antriebswelle übertragen wird. Von der Masse des Innenrotors verursachte radiale Kräfte werden von eben dieser Lagerung aufgenommen und nicht auf die Gleitlager übertragen. Bei der konventionellen Magnetkupplung, bei der der Innenrotor direkt auf der Antriebswelle sitzt, führt die starke radiale Belastung der Gleitlager zu verstärktem Verschleiß. Für die sichere und zuverlässige Funktion dieser Wellendichtung ist es sehr wichtig, dass sowohl der Innen- als auch der Außenrotor sehr genau gegenüber dem Spalttopf ausgerichtet sind. Andernfalls würde dieser außermittige Lauf zum Anlaufen und zur Beschädigung des Spalttopfes führen. Dieses Detail ist insbesondere aufgrund der gewünschten Einbausituation von großer Bedeutung. Die Pumpe ist unten an den Prepolymerreaktor geflanscht. Dieser ist von oben her abgehängt, sodass Reaktor und Pumpe beim Aufheizen

um einige Millimeter – deutlich mehr, als der für die Magnetkupplung zulässige Versatz – nach unten wachsen. Somit ist es nicht möglich, den Außenrotor direkt auf die Getriebe- welle zu montieren. Stattdessen ist am Pumpengehäuse eine Motorlaterne montiert und zentriert. In dieser Motorlaterne wird der Außenrotor mittels Wälzlagern gelagert. Außenrotor und Motorlaterne folgen somit jeder Vertikalbewegung der Pumpe. Um den Höhenunterschied zwischen dem Pumpenaggregat samt Magnetkupplung und dem Antrieb auszugleichen, wird wie bei klassischen Austrags- pumpen eine Gelenkwelle eingesetzt. Selbst größere Achsversätze können problemlos ausgeglichen werden, ein umständliches und fehlerträchtiges Ausrichten von Pumpe und Antrieb ist nicht erforderlich. Da Hastelloy C276 im Vergleich zu 1.4313 eine etwa 2,5-fach geringere 0,2%-Dehngrenze aufweist, musste das Gewicht von Laterne und Außenrotor möglichst gering ausfallen. Aufgrund der Lage des Außenrotors ergibt sich ein verhältnismäßig langer Hebelarm, sodass bei einer zu großen Masse eine Verformung bzw. Verwindung des Pumpengehäuses zu befürchten gewesen wäre. Im ungünstigsten Fall hätte dies zum Bruch der spröden Gleitlager und Zahnradwellen aus Siliziumkarbid geführt.

Sauberkeit ist Pflicht

Bedingt durch die engen Spiele zwischen den sich relativ zueinander bewegenden Bauteilen sind Zahnradpumpen von Haus aus empfindlich, selbst gegenüber kleinsten Partikeln. Insofern war der Betreiber auch ohne die Besonderheiten der Werkstoffpaarung SiC/SiC sensibilisiert bzgl. einer umfassenden und gründlichen Reinigung der Anlage vor der Erstinbetriebnahme. Abschließend bleibt festzuhalten, dass sich die Pumpe Tag für Tag im Betrieb bewährt, unauffällig und zuverlässig verrichtet sie ihren schwierigen Dienst.

» www.prozesstechnik-online.de

Suchwort: cav0416witte



Komplettes Pumpenaggregat mit Antrieb