



Abgetaucht

Zahnradpumpe zur Förderung von flüssigem Schwefel

Holger Kremer

Zahnradpumpen bilden in der Industrie bezogen auf die Gesamtpopulation eine kleine, aber feine Minderheit. Diese Statistik wird angeführt von den Kreiselpumpen mit einem Anteil von ca. 70 %. Die restlichen 30 % sind auf alle anderen Pumpenarten mehr oder weniger gleichmäßig verteilt. Nichtsdestotrotz hat die Zahnradpumpe aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Vielseitigkeit einen festen Platz in den Anlagen der Betreiber.

Zahnradpumpen werden für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen eingesetzt. Der Viskositätsbereich erstreckt sich dabei von wässrigen Medien bis hin zu hoch- und höchstviskosen Polymerschmelzen. Ebenso vielfältig wie die zu fördernden Medien sind auch die Aufgaben. Sie reichen von einfachen Transfer- und Druckerhöhungsanwendungen, über Dosieraufgaben bis hin zum Austrag hochviskoser Schmelzen in Polymerisationsprozessen. Charakteristisch für Zahnradpumpen, als Vertreter der rotierenden Verdrängerpumpen, ist die idealisiert druckunabhängige, volumetrische Förderung. Mit jeder Wellenumdrehung wird ein geometrisch definiertes Volumen von der Saug- auf die Druckseite gefördert. Im Gegensatz zu oszillierenden Verdrängerpumpen geschieht dies aber nahezu pulsationsfrei.

Entsprechend ausgelegt und mit der geeigneten Werkstoffpaarung ist es im Regelfall kein Problem für eine Zahnradpumpe, mit einer niedrigviskosen Flüssigkeit einen Druck von 10 bar aufzubauen. In diesem Fallbeispiel handelt es sich um flüssigen Schwefel mit einer Temperatur von 119 °C. Allerdings sind bei diesem speziellen För-

dermedium einige besondere Kriterien zu berücksichtigen. Um ungewollte chemische Reaktionen zu vermeiden, sollten möglichst hermetisch dichte Apparate und Maschinen eingesetzt werden. Ferner unterscheiden sich auch die physikalischen Eigenschaften von den zumeist in der chemischen Industrie verwendeten Medien.

Charakteristisch für Schwefel ist die starke Temperaturabhängigkeit der Viskosität. Der Schmelzpunkt liegt bei 115,2 °C, die Viskosität bei dieser Temperatur beträgt etwa 0,065 Pas. Mit steigender Temperatur sinkt die Viskosität, bis sie bei 140 °C mit 0,008 Pas ihr Minimum erreicht. Oberhalb von 140 °C steigt die Viskosität wieder stark an.

Ausführung als Tauchpumpe

Um eine zuverlässige Funktion der Pumpe zu gewährleisten, sollte sich daher die Temperatur des flüssigen Schwefels in einem engen, möglichst konstanten Bereich bewegen. Aus diesem Grund wurde von der klassischen Pumpenaufstellung neben bzw. unter dem Behälter abgesehen und die Pumpe als Tauchpumpe ausgeführt. Der Vorlagebehälter selbst sowie sämtliche Rohrleitungen sind doppelwandig ausgeführt und temperiert. Dadurch, dass die Pumpe komplett vom temperierten Medium umgeben ist, entfällt eine separate Beheizung des Pumpenkörpers.

Diesen spezifischen Anforderungen wurde mit einer anwendungsspezifischen Sonderkonstruktion Rechnung getragen. Bei dem Pumpenkopf selbst handelt es sich um eine Standard-Chemiezahnradpumpe. Basis für die Auswahl der Pumpengröße sind maßgeblich die Fördermenge und die Viskosität. Selbstredend wird für einen größeren Volumenstrom auch eine entsprechend größere Zahnradpumpe benötigt. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass größere Pumpen nur mit entsprechend niedrigerer Drehzahl betrieben werden dürfen.

Um die Pumpendrehzahl größenunabhängig beurteilen zu können, wird die Umfangsgeschwindigkeit des Wellenzapfens im Gleitlager betrachtet. Im Gleitlager treten die höchsten Scherraten auf. Zusätzlich müssen aber bei der Größenbestimmung auch die Viskosität und die Produkteigenschaften berücksichtigt werden.

Vereinfacht kann man sagen, je höher die Viskosität des Fördermediums ist, umso geringer ist die Drehzahl der Zahnradpumpe. In diesem konkreten Fall sollen 0,5 bis 1,1 l flüssiger Schwefel pro Minute gefördert werden. Die Auslegungstemperatur wurde mit 135 bis 145 °C spezifiziert, sodass mit einer Viskosität von 0,008 bis etwa 0,010 Pas zu rechnen ist. Anhand dieser Betriebsdaten wurde eine Chemie-zahnradpumpe vom Typ Chem 2,78-1/2 ausgewählt. Diese Pumpe hat ein spezifisches

Autor: Dipl.-Ing. Holger Kremer, Technical Services Manager, Witte Pumps & Technology GmbH, Uetersen

Fördervolumen von 2,78 cm³ pro Umdrehung und benötigt etwa eine Drehzahl von 600 min⁻¹, um den gewünschten Druck von 7 bar aufbauen zu können. Rein rechnerisch müsste die Pumpendrehzahl eigentlich bei 395 min⁻¹ liegen. Um die prinzipbedingten Verlustströme in der Pumpe zu kompensieren, wird eine entsprechend höhere Drehzahl von etwa 600 min⁻¹ benötigt. Diese Drehzahl entspricht einer Umfangsgeschwindigkeit von 0,785 m/s. Umfangsgeschwindigkeiten von bis zu 2 m/s wären theoretisch auch kein Problem gewesen. Um den Wärmeeintrag durch Reibungswärme möglichst gering zu halten, hat man sich bewusst für eine verhältnismäßig große Pumpe mit einer entsprechend niedrigeren Drehzahl entschieden.

Optimale Werkstoffkombi

Da sich die Pumpe im temperierten Behälter mit dem flüssigen Schwefel befindet, ist eine separate Beheizung des Pumpenkörpers nicht notwendig. Die Auslegung und Werkstoffauswahl erfolgte nach den gleichen Aspekten wie bei einer „normalen“ Zahnradpumpe. Als Gehäusewerkstoff wurde der austenitische Edelstahl 1.4571 eingesetzt. Dieser Edelstahl zeichnet sich im Allgemeinen durch eine gute chemischen Beständigkeit als auch durch eine gute Verfügbarkeit und Bearbeitbarkeit aus.



Der Pumpenkopf befindet sich in der Nähe des Behälterbodens und wird von der saugseitigen Produktöffnung mit flüssigem Schwefel gefüllt

Als Zahnradwerkstoff eignet sich 1.4571 aber nur bedingt. Verfügt er doch – wie bei Austeniten – üblich, nur über eine verhältnismäßig geringe Härte. Da das für den Betrieb erforderliche Drehmoment nur über die Zahnflanken von der Antriebs- auf die kurze Welle übertragen wird, sind entsprechend zähe und harte Werkstoffe erforderlich.

Bei Zahnradpumpen wird daher in der chemischen Industrie bevorzugt der martensitische Chromstahl 1.4112 eingesetzt. Dieser Werkstoff verbindet eine als durchaus gut zu betrachtende chemische Beständigkeit mit der entsprechenden Härte. Konkret für diesen Fall ist er nicht nur im spezifizierten Temperaturbereich vollständig chemisch beständig.

Besonderes Augenmerk ist bei der Auslegung der Gleitlager gefragt. In den Lagern ist es zwingend notwendig, dass sich ein hydrodynamischer Schmierfilm ausbildet. Dieser Schmierfilm befindet sich zwischen dem Wellenzapfen und der Lagerbohrung und verhindert ein Anlaufen sowie den daraus resultierenden Verschleiß. Da die Pumpe nur einen geringen Druck von 7 bar aufbauen muss, kann Kohle als Lagerwerkstoff eingesetzt werden. Kohle bietet ebenfalls eine gute chemische Beständigkeit sowie sehr gute Notlaufeigenschaften.



Da die Pumpe nur einen geringen Druck von 7 bar aufbauen muss, kann Kohle als Lagerwerkstoff eingesetzt werden



Für das Zahnrad wird bevorzugt der harte martensitische Chromstahl 1.4112 eingesetzt

Aufbau des Pumpenaggregats

Der Pumpenkopf befindet sich in Nähe des Behälterbodens und wird von der saugseitigen Produktöffnung mit flüssigem Schwefel gefüllt. Die druckseitige Rohrleitung wiederum befindet sich auf der gegenüberliegenden Gehäuseseite. Da diese Leitung durch den Behälterdeckel nach draußen geführt wird, wurde wie bei der weiterführenden Produktleitung eine doppelwandige, zusätzlich beheizte Rohrleitung ausgeführt. Der Pumpenmotor befindet sich auf dem Behälter. Mittels einer Motorlaterne wird er auf dem Pumpendeckel montiert und fixiert.

Eine besondere Problematik war die Kraftübertragung vom Motor zur Pumpe. Das Antriebsdrehmoment wird über eine sich in einem Tauchrohr befindliche Welle zur Pumpe übertragen. Diese Welle wird im Bereich des Behälterdeckels von einem Kugellager geführt. Das untere Ende wird mittels eines Adapters an der Antriebswelle der Zahnradpumpe befestigt. Die Wellenabdichtung befindet sich direkt an der Pumpe. Sie verhindert, dass flüssiger Schwefel in das Tauchrohr gelangt. Zur Sicherheit ist das Tauchrohr am Behälterdeckel noch mit einer Lippendichtung abgedichtet.

Die Pumpe ist seit über zehn Jahren erfolgreich in Betrieb. Ausfälle waren nicht zu beklagen. Bezüglich des Ersatzteil- und Instandhaltungsbedarfs ist diese Pumpe sehr unauffällig. Üblicherweise werden bei Chemie-zahnradpumpen die Gleitlager und Zahnräder in Intervallen von etwa zwei bis fünf Jahren gewechselt. Diese Zeitspanne ergibt sich aus den unterschiedlichen Anwendungen. Insofern wurden die in die Pumpe gesetzten Erwartungen mehr als erfüllt, was durch den zuverlässigen Betrieb eindrucksvoll dokumentiert wird.