



Die Kunststoffherstellung stellt oft hohe Ansprüche an die werkstoffliche Beständigkeit einer Pumpe.

Quelle: ©digitalstock – stock.adobe.com

Die richtige Werkstoffkombination macht die Zahnradpumpe gegen Korrosion immun

■ Holger Kremer

Umweltschutz ist das Gebot unserer Zeit. Gerade in industriellen Prozessen ist das nicht immer einfach, denn mehr Umweltschutz erfordert meist Veränderungen, die ihrerseits neue Herausforderungen bringen. In der Kunststoffherstellung führte der Ersatz eines als umwelt- und gesundheits-schädlich geltenden Lösungsmittels durch ein unbedenklicheres zur Korrosion an der Pumpe. Eine neue Werkstoffkombination verhindert diese Zerstörung. Zugleich erhöht sich durch sie der Wirkungsgrad und damit die Energieeffizienz – auch das ein Beitrag zum Umweltschutz.



Bei der Polymerisation des Hochleistungs-Thermoplastes Polyphenylsulfid (PPS) sollte das umweltschädliche Lösungsmittel Dichlorbenzol durch ein weniger schädliches ersetzt werden. Das alternativ eingesetzte Lösungsmittel arbeitete mit Jod als Katalysator. Dieses klassische Halogen ist chemisch aber sehr aggressiv. Das führte dazu, dass das Prepolymer bei einer Betriebstemperatur von 260 bis 290 °C noch einen relativ hohen Jodanteil enthielt und entsprechend belastend auf die Pumpe wirkte. Das Jod wird zwar im Prozess vollständig zurückgewonnen, ungeachtet dessen müssen aber bei den Aggregaten in diesem Prozessschritt chemisch wesentlich beständigere Werkstoffe als einfache Edelstähle eingesetzt werden. Eine Werkstoffkombination aus der Nickelbasislegierung Alloy C276 und dem Keramikwerkstoff Zirkonoxid hat sich schließlich als ideale Lösung erwiesen. Die hohe Robustheit dieser Materialkombination erleichtert es auch, Medien in der üblicherweise produktgeschmierten Zahnradpumpe zu fördern, die aufgrund ihrer niedrigeren Viskosität einen geringeren Schmierfilm bilden.

Jeder Werkstoff hat Vor- und Nachteile

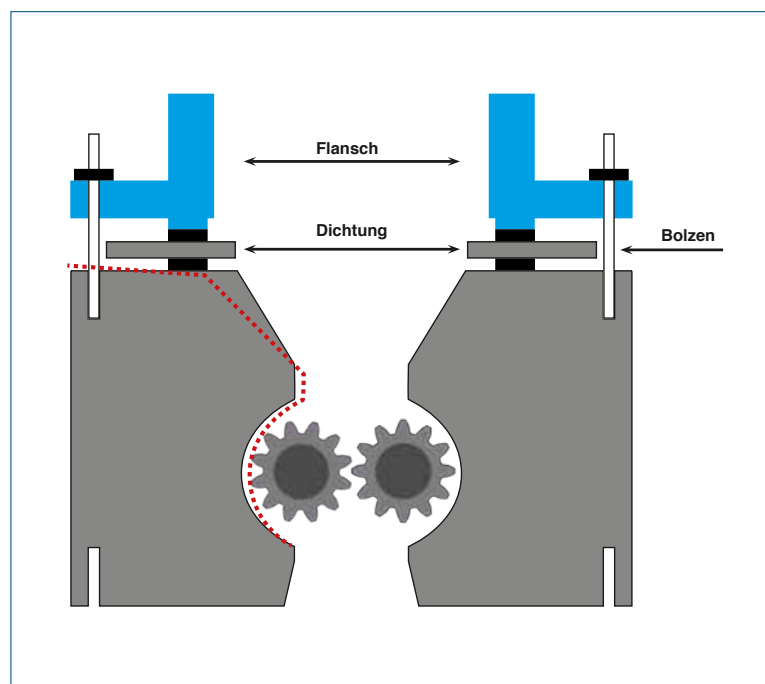
Die im Maschinenbau häufig eingesetzten metallischen Werkstoffe punkten üblicherweise entweder mit einer hohen mechanischen Festigkeit oder mit chemischer Beständigkeit. Bei Pumpen sind aber immer öfter beide Eigenschaften gefragt. Keramische Werkstoffe können hier eine Alternative sein, denn sie sind zugleich sehr hart und sehr korrosionsbeständig. Diesen Vorteilen steht allerdings ein Nachteil gegenüber: Keramiken sind spröde und können daher leichter brechen. Bei den im Gehäuse gekammerten Gleitlagern ist das spröde Verhalten nicht so kritisch, weil die Gleitlager auch auf die Pumpengröße bezogen eher kompakte Abmessungen haben. Bei den Zahnrädern, insbesondere der Antriebswelle, handelt es sich aber um verhältnismäßig große und lange Bauteile. Hier ist die Bruchgefahr ungleich größer.

In der Zahnradpumpe sind die Spalte zwischen dem Gehäuse, den Gleitlagern und den Zahnrädern prinzipbedingt sehr klein. Man kann sich leicht vorstellen, dass bereits kleinste im Medium enthaltene Partikel beim Ineinandergreifen der Zähne zur Beschädigung bzw. zum Bruch führen können. Beschädigungen können

aber auch schon beim Einbau der Pumpe in die Anlage auftreten, zum Beispiel wenn maximal zulässige Stutzenkräfte überschritten werden und sich das Gehäuse verformt. Aus diesem Grund ist man üblicherweise bestrebt, bei größeren Zahnradpumpen den Einsatz von keramischen Werkstoffen nach Möglichkeit zu vermeiden und Metalle bzw. Metalllegierungen einzusetzen.

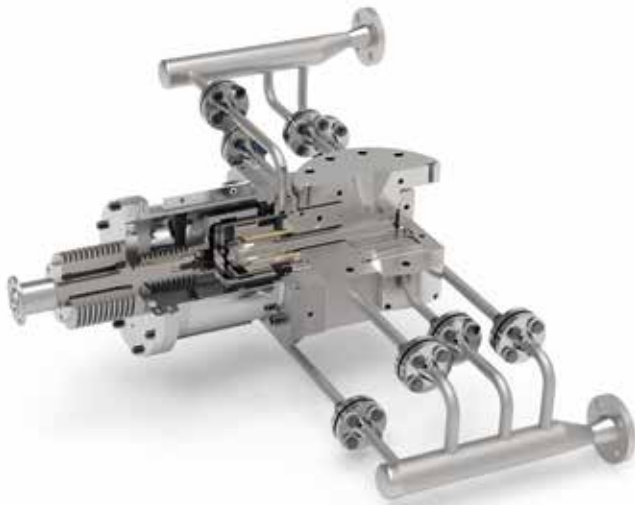
Probleme zeigten sich erst im laufenden Betrieb

Im eingangs beschriebenen Fall fiel die Entscheidung für den Gehäusewerkstoff recht schnell: Es sollte Alloy C276 sein. Schwieriger war die Suche nach geeigneten Werkstoffen für die Gleitlager und die Zahnräder. Für eine erste Pumpenausführung wurden Gleitlager und Zahnräder vor allem mit Blick auf die hervorragende Beständigkeit von Keramiken aus Siliziumcarbid (SiC) gefertigt. Zwar hat diese Pumpe sämtliche Betriebspunkte zur vollsten Zufriedenheit des Betreibers erfüllt, im Alltagsbetrieb wurden allerdings Nachteile sichtbar. Sowohl Zahnräder als auch Gleitlager zeigten sich anfällig für Brüche. Dazu kam es schon, wenn nur kleinste Partikel in die Pumpe gelangten. Hinzu kam, dass das Verspannen des Pumpengehäuses beim Einbau des gerade instandgesetzten Pumpenkopfes geradewegs zum nächsten Pumpenschaden führte.



Quelle: Wifite

Abb. 1: Verformung des Gehäuses durch unzulässige Stutzenkräfte



Quelle: Writte

Betriebsbedingungen und sachgemäßer Montage die längsten Standzeiten zu erwarten, der reale Betrieb der Anlage aber hat leider gezeigt, dass die erforderlichen, optimalen Betriebsbedingungen nicht immer vorliegen. In der Phase der Anlagenplanung konnten viele Parameter, insbesondere die für eine Pumpenauslegung wichtigen Daten wie Viskosität und Förderdruck, nur grob abgeschätzt werden. Um sicherzugehen, ist man daher bei den Abschätzungen vom jeweils ungünstigsten Fall ausgegangen und hat dann noch entsprechende Sicherheitszuschläge berücksichtigt. Basierend auf den inzwischen aus dem realen Betrieb gewonnenen Fahrdaten wurde das Anforderungsprofil der Pumpe hinterfragt und entsprechend angepasst.

Anfangs war man von einer sehr hohen Viskosität ausgegangen. Es stellte sich aber heraus, dass das Prepolymer nur eine um den Faktor 100 geringere Viskosität besaß. Es zeigte sich auch, dass der Differenzdruck nur noch halb so groß war. Die Folge davon war eine erhebliche Reduzierung der im Betrieb auf die Zahnräder einwirkenden Belastungen.

Sowohl die zu erwartende Lagerlast als auch das für den Betrieb der Pumpe erforderliche Drehmoment sind so stark abgesunken, dass sich der Wechsel auf Zahnradwellen aus Alloy C276 geradezu angeboten hat. Auch wenn Alloy C276 bei Weitem nicht die gleiche Härte wie SiC hat, ist diese Nickel-Basislegierung ausreichend zäh für die Anwendung.

Um auch bei den Gleitlagern die Bruchgefahr zu reduzieren, wurde auch hier nach Alternativen gesucht. Die Korrosionsproblematik macht den Einsatz metallischer Werkstoffe in diesem Fall unmöglich. Der Blick richtete sich wieder auf Keramiken, zumal es unter ihnen Werkstoffe gibt, die nicht ganz so bruchempfindlich sind wie SiC. Eine solche Alternative ist Zirkonoxid (ZrO_2). Es ist zwar nicht ganz so hart wie SiC, aber eben auch nicht so bruchempfindlich.

Ein weiterer positiver Effekt der neuen Werkstoffkombination aus Alloy C276 und Zirkonoxid ist die sehr ähnliche Wärmedehnung dieser beiden Werkstoffe bei einer Betriebstemperatur von 290 °C:

Abb. 2: Schnitt durch das magnetgekuppelte Pumpenaggregat

Metallische Werkstoffe punkten entweder mit einer hohen mechanischen Festigkeit oder mit chemischer Beständigkeit. Bei Pumpen sind immer öfter beide Eigenschaften gefragt.

Alloy C276 hat im Vergleich zu den üblicherweise eingesetzten Gehäusewerkstoffen eine verhältnismäßig geringe Zugfestigkeit und Dehngrenze. Aufgrund unzulässig hoher Stützkraften wurde das Gehäuse elastisch verformt, so dass die eng im Gehäuse anliegenden Gleitlager und Zahnräder bereits vor der Wiederinbetriebnahme als Folge der Gehäuseverformung gebrochen sind. Neben dem Schaden an sich war es für den Betreiber dabei vor allem inakzeptabel, dass bei jedem Schaden auch kleinste SiC-Partikel in den Prozess gelangten. Um Beschädigungen an den nachgeschalteten Aggregaten und Maschinen zu verhindern, mussten daher vor dem Wiederaufstart der Anlage aufwendige Reinigungsarbeiten durchgeführt werden.

In enger Zusammenarbeit mit dem Betreiber wurde daher gemeinsam ein neuer Lösungsansatz gefunden. Zwar sind mit SiC als Gleitlager- und Wellenwerkstoff bei optimalen



Alloy C276 (2.4819):

$$k = 12,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{K}}$$

Zirkonoxid (ZrO₂):

$$k = 10,0 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{K}}$$

Bei sich stark unterschiedlich ausdehnenden Werkstoffen verändern sich die Spiele in der Pumpe beim Aufheizen auf Betriebstemperatur sehr stark. Wenn man dieses Wärmedehnungsverhalten nur unzureichend oder auch gar nicht berücksichtigt, kann dies zu Problemen, im ungünstigsten Fall sogar zur Beschädigung und Zerstörung der Pumpe führen. Wichtig für den effizienten Betrieb ist es daher, dass die Spiele in der Pumpe bei Betriebstemperatur im opti-

malen Bereich liegen. Die Problematik besteht nicht, wenn sich Gehäuse, Gleitlager und Zahnräder mit steigender Temperatur ähnlich ausdehnen. Denn dann sind die Montage-Spiele nahezu identisch mit den Spielen im Betrieb im heißen Zustand.

Die mit

$$k = 3,5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{K}}$$

sehr geringe Wärmedehnung des SiC hat dazu geführt, dass die Pumpe im heißen Betriebszustand ein sehr großes Axialspiel gehabt hat. Etwa 70 Prozent der internen Verlustströme in einer Zahnradpumpe entfallen allein auf die beiden axialen Verlustströme. Ein kleineres Axialspiel im Betriebszustand hat daher eine Erhöhung des Wirkungsgrades zur Folge.

HAMPRO Hochdruckpumpen

HAMMELMANN®



Kolbenpumpen nach API-Standard zum Fördern von Flüssigkeiten in der chemischen und petrochemischen Industrie

Betriebsdruck 50 – 4000 bar
Fördermenge 0,1 – 180 m³/h
Fluidtemperatur -40 - +250°C

HAMPRO MC5 - 7 Plunger
180 m³/h, 250 bar, 1100 kW



Abb. 3: Produkt- und Verlustströme in der Zahnradpumpe

Abb. 4: Eintritt des Fördermediums in die Zahnradpumpe

Zahnradpumpen sind ideal für hochviskose Medien

In einer Zahnradpumpe umschließt das Pumpengehäuse die Zahnräder und Gleitlager. Das Fördermedium gelangt über den Pumpeneintritt in die Zahnzwischenräume und wird durch die Rotationsbewegung der Zahnräder von der Saug- zur Druckseite gefördert. Dort wird das Medium durch die ineinandergreifenden Zähne aus den Zahnzwischenräumen gequetscht. Die Lagerung der vier Wellenzapfen erfolgt in produktgeschmierten Gleitlagern. Mit einem Teilstrom des Fördermediums wird dort ein hydrodynamischer Schmierfilm aufgebaut.

Zähflüssige Medien sind für diesen Prozess besonders gut geeignet. Schon bei niedrigen Drehzahlen bauen sie üblicherweise einen starken und tragfähigen Schmierfilm in den Gleitlagern auf und trennen die Gleitflächen der Lager und der Wellenzapfen zuverlässig voneinander. Dünneflüssige und schlecht schmierende Fördermedien sind dagegen in einer Zahnradpumpe schwieriger zu befördern, weil sie meist nur einen sehr schwachen und wenig tragfähigen Schmierfilm ausbilden können. Sie sind aber nicht nur in puncto Gleitlagerung schlecht für die Zahnradpumpe geeignet. Ein ungenügender Schmierfilm führt auch dazu, dass es zwischen den belasteten Zahnflanken zur Misch-, im

Zahnradpumpen fördern gleichmäßig und pulsationsarm

Die zu den Strömungsmaschinen gehörenden Kreiselpumpen machen mit etwa 70 Prozent den Großteil der in der Industrie eingesetzten Pumpen aus. Verdrängerpumpen kommen auf einen Anteil von etwa 30 Prozent. Zu deren Untergruppe rotierende Verdrängerpumpen zählen die Zahnradpumpen mit einem Marktanteil von 11 Prozent. Sie stellen eine Nische dar, die aber einen festen Platz in der industriellen Anwendung hat. Betreiber schätzen an diesem Pumpentyp das pulsationsarme und gleichmäßige Fördern. Das einfache Funktionsprinzip macht es zudem möglich, niedrig- bis hochviskose Medien selbst bei hohen Drücken effizient zu fördern.

Quelle: Witte

ungünstigsten Fall sogar zur Festkörperreibung kommt, denn das für den Druckaufbau erforderliche Drehmoment wird einzig über die Zahnflanken von der Antriebs- auf die kurze Welle übertragen. Um in einem solchen Fall den Verschleiß zu verringern, ist es auch hier nötig, harte und verschleißfeste Werkstoffe einzusetzen.

Zwar ist die Förderaufgabe des neuen, umweltschonenden Prozesses an sich eher trivial, das Fördern eines Prepolymers mit einer Viskosität von 100 mPas gegen einen Druck von weniger als 10 bar stellt für eine Zahnradpumpe bei korrekter Auslegung keine große technische Herausforderung dar. Aufgrund der Korrosionsproblematik ist die Auswahl geeigneter Werkstoffe allerdings stark eingeschränkt.

Durch die neue Werkstoffkombination konnte der volumetrische Wirkungsgrad der Pumpe bei ansonsten gleichen Betriebsbedingungen deutlich erhöht werden.

Höherer Wirkungsgrad spart Energie

Durch den Wechsel auf die Werkstoffkombination aus Alloy C276 und ZrO_2 konnte der volumetrische Wirkungsgrad der Pumpe bei ansonsten gleichen Betriebsbedingungen von 77 auf 97 Prozent erhöht werden. Zwar hat schon die erste Pumpenausführung ihre Förderaufgabe erfolgreich erledigt, dennoch hat der nachträgliche Umbau noch einmal erhebliche Verbesserungen gebracht. Neben der geringeren Reparaturanfälligkeit wirkt sich auch der reduzierte Energiebedarf positiv auf die Betriebskostender Pumpe und somit der gesamten Anlage aus. Anders als bei sicherheits relevanten Aufgaben sollte bei der Pumpenauslegung mit Zuschlägen vorsichtig umgegangen werden. Ein zu großzügiger Umgang mit Zuschlägen führt zumeist dazu, dass unnötigerweise größere Pumpen, oftmals auch noch mit exklusiven Sonderwerkstoffen ausgestattet, ausgewählt werden. Auch sollte berücksichtigt werden, dass eine Pumpe nur effizient arbeiten kann, wenn sie in ihrem Auslegungspunkt betrieben wird. Behält man Kosten und Nutzen im Blick, kann es nützlich sein, auch bestehende Aggregate zu hinterfragen und gegebenenfalls anzupassen.

Autor:

Holger Kremer

Regional Sales Director

WITTE PUMPS & TECHNOLOGY GmbH, Tornesch



Jetzt verfügbar:
DIN EN ISO
2858-Modelle

Passende Verbindung.

Die NIKKISO Non-Seal Pumpe mit E-Monitor ist die kompakte Lösung für die schwingungsarme Förderung von kritischen Medien.

- Auch mit Anschlüssen gemäß DIN EN ISO 2858
- Einfache Integration ohne Modifikation der Rohrleitungen

Erfahren Sie mehr:

www.lewa.de/nikkisononseal

LEWA
Creating Fluid Solutions