Präzise Zahnringpumpen

Mikropumpen für den vielfältigen Einsatz in der chemischen Verfahrenstechnik

Philipp Adryan

Im Zuge von Prozessintensivierungen werden in der chemischen Industrie zunehmend kontinuierliche Verfahren etabliert, die die bestehenden, batchweise betriebenen Prozesse ersetzen. Zusätzlich werden Edukte in erhöhten Konzentrationen eingesetzt und dementsprechend in kleineren Volumina appliziert. Daraus ergibt sich ein gesteigerter Bedarf an hochpräzisen, pulsationsarmen Pumpen für kleine Volumenströme, die weiterhin den geforderten Leistungsanforderungen in Bezug auf Druck und chemische Beständigkeit in den Produktionsanlagen standhalten.

Unternehmen in der chemischen Industrie sehen sich derzeit immer mehr gezwungen, ihre Produktionsanlagen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit und Effizienz zu optimieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben und der Nachfrage nach Ressourcen schonenden und nachhaltigen Produkten gerecht zu werden. Der Einsatz geringerer, höher konzentrierter Mengen reduziert die Kosten für Lagerhaltung und Transport. Diese Verringerung der Chemikalienmengen stellt erhöhte Anforderungen an die verwendete Pumpentechnologie in Bezug auf hohe Präzision, geringe Druck- und Volumenstrompulsation, hohe chemische Beständigkeit und lange Standzeiten.

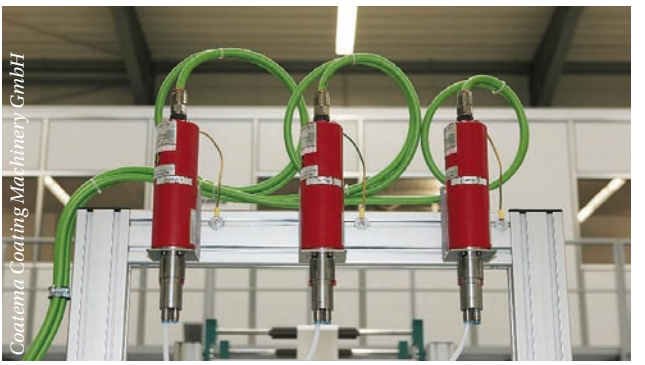
Autor: *Dr. Philipp Adryan, HNP Mikrosysteme GmbH, Parchim*

Viele Förderaufgaben können von Kolben-, Schlauch- oder Membranpumpen erfüllt werden. Bestehen jedoch hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit sind zumeist spezielle Pumpensysteme notwendig. Kolben- und Membranpumpen zeigen, gerade bei geringen Volumenströmen, starke Pulsation. Pulsationsdämpfer können dies zwar kompensieren, schränken aber die Flexibilität der Anlagen stark ein, da sie lediglich in einem schmalen, individuell abgestimmten Volumenstrombereich arbeiten.

Rotatorische Verdrängerpumpen besitzen bauartbedingt geringe Druck- und Volumenstrompulsation. Die Leistungsfähigkeit wird begrenzt durch ihre inneren Spaltweiten. Eine Verdopplung der Spalthöhe hat eine Verachtfachung der Rückströmung zur Folge. Da das rotierende System jedoch reibungsarm drehbar bleiben muss, kann der Spalt nicht beliebig klein gewählt werden. Mikrozahnringpumpen von HNP Mikrosysteme besitzen mit 2 µm sehr geringe Spaltweiten, woraus sich ihre relativ hohe Drucksteifigkeit und Leistungsfähigkeit ableitet.

Präzision in Fertigung und Förderung

Mikrozahnringpumpen (mzr-Pumpen) gehören zu der Gruppe der Innenzahnradpumpen. Diese rotatorischen Verdrängerpumpen besitzen einen Innen- und einen Außenrotor als Verdrängersystem. Der Außenrotor weist einen Zahn mehr auf als der Innenrotor. Die Geometrie der Rotoren leitet sich von Rollkurven ab – sogenannten Trochoiden. Im Vergleich zu den klassischen evolventenverzahnten Innenzahnradpumpen kommen die trochoidverzahnten mzr-Pumpen mit deutlich weniger Zähnen aus. Von Bedeutung sind Verzahnungsverhältnisse von 6/7 bzw. 10/11 Zähnen. Der Innenzahnring wird über eine Welle drehsteif angetrieben und befindet sich im kämmenden Eingriff mit dem Außenzahnring, der in der Rotorenaufnahme frei drehbar gelagert ist. Durch die exzentrischen Drehachsen der Rotoren ergibt sich ein System mehrerer, an den Berührpunkten abgeschlossener Kammern, die sich stetig saugseitig öffnen und druckseitig schließen. Eine Platte mit einer nierenförmigen Ein- und Auslassöffnung verbindet gleichzeitig mehrere Förderkammern.



Mikrozahnringpumpen in einer Beschichtungsanlage

Daraus ergibt sich ein gleichmäßiger Förderstrom mit geringster Pulsation. Die Werte liegen bei einem Zähneverhältnis von 6/7 ca. 6 %, bezogen auf das Verdrängungsvolumen des Rotorsatzes. Eine Verzahnung von 10/11 ermöglicht aufgrund der höheren Anzahl sowie der geringeren Größe der Förderkammern noch geringere Werte. Die mzr-Pumpen zeichnen sich somit sowohl in der Präzision ihrer Fertigung als auch in der Genauigkeit des resultierenden Förderstroms aus und können daher im Labor häufig verwendete Spritzenpumpen ersetzen.

Den hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit und langen Serviceintervallen von Pumpensystemen in Produktionsanlagen der chemischen Verfahrenstechnik werden Mikrozahnringpumpen nicht zuletzt durch bürstenlose Gleichstrom-Servomotoren gerecht. Eine integrierte Steuerung ermöglicht gleichermaßen die kontinuierliche Förderung von Flüssigkeiten in einem Drehzahlbereich 1 bis 6000 U/min sowie die positionsgenaue diskrete Dosierung weniger Mikroliter.

Mikrozahnringpumpen sind ventillose Pumpen. Ausgestattet mit einem magnetgekuppelten Antrieb kommen mzr-Pumpen der hermetisch inerten Baureihe gänzlich ohne dynamische Dichtungen aus. In Kombination mit den eingesetzten verschleißarmen Werkstoffen, die auch die Förderung nichtschmierender Flüssigkeiten wie Wasser oder organischer Lösungsmittel erlauben, werden regelmäßig Serviceintervalle von 15 000 h und mehr erreicht.

Beschichtungen in Labor und Produktion

Aufgrund der ausgeprägten Pulsationsarmut und der bauartbedingten hohen Präzision von Mikrozahnringpumpen werden diese erfolgreich in Beschichtungsanlagen eingesetzt. Denn das kontinuierliche Aufbringen dünner Schichten von einem bis zu einigen hundert Mikrometern Nassfilmdicke in der Beschichtungstechnologie stellt höchste Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des geförderten Volumenstromes.

Sowohl in kleinen Laborbeschichtern als auch in Produktionsanlagen im Rolle-zu-Rolle-Verfahren versorgen mzr-Pumpen Schlitzdüsen und Rakelsysteme zur Herstellung von gedruckter Elektronik, Solarzellen oder Batteriesystemen. Die unterschiedlichen Rotorgrößen ermöglichen dabei das Scale-up vom Labor über das Technikum bis in die Produktion unter Verwendung der gleichen Pumpentechnologie und somit die leichte Übertragung der im kleinen Maßstab gesammelten Erfahrungen in die größere Produktionsanlage.

Hohe Drücke und hohe chemische Beständigkeit

Die geringen Spaltweiten im Rotorsatz von wenigen Mikrometern ermöglichen hohe Differenzdrücke von bis zu 60 bar. Dadurch wird auch die Förderung von niedrigviskosen Medien wie verflüssigten oder überkritischen Gasen mit akzeptablen volumetrischen Wirkungsgraden möglich. Aber auch hochviskose Medien wie Klebstoffe, Harze und Wachse mit bis zu 1 000 000 mPas bei bis zu 150 °C wurden mithilfe von mzr-Pumpen erfolgreich appliziert. Einsatz finden die Pumpen weiterhin in Probenschleifen an Druckreaktoren. Sie erlauben die Online-Analytik von Reaktionen wie der Hydroformylierung in Autoklaven auf einem hohen Druckniveau.

Größtmögliche chemische Beständigkeit wird durch den Einsatz unterschiedlicher ultraharter Werkstoffe erreicht. Für die funktionellen Komponenten werden nickelgebundenes Wolframkarbid (Hartmetall) und verschiedene keramische Materialien wie hochreines Aluminiumoxid, Zirkonoxid sowie gesintertes Siliziumkarbid verwendet. Die Gehäuse der mzr-Pumpen können aus Edelstahl, der Nickelbasislegierung Alloy C22 sowie Titan oder Tantal hergestellt werden.

Zusammengefasst ermöglichen Mikrozahnringpumpen also ein präzises und zuverlässiges Liquid Handling schmierender und nichtschmierender Medien mit Viskositäten von 0,2 bis 1 000 000 mPas und Volumenstrombereiche von wenigen Mikrolitern bis zu 1 l/min. Gezielt ausgewählte Werkstoffkombinationen garantieren eine hohe chemische Beständigkeit und Verschleißarmut und damit ein langes Serviceintervall. Hohe Differenz- und Systemdrücke machen mzr-Pumpen zu leistungsfähigen Komponenten in einer Vielzahl von Anwendungen in Labor, Technikum und Produktion.