



Ein neuer Pumpentyp ermöglicht es, auf einer Anlage nacheinander Polymere mit unterschiedlichem Fließverhalten herzustellen.

Quelle: Shutterstock.com

Pumpenoptimierung schafft Voraussetzung für weitere Anwendungsfelder in der Kunststoffherzeugung

■ Christian Neye

Bei der Kunststoffherstellung und -verarbeitung sind Außenzahnradpumpen heute meist die erste Wahl, denn sie können sowohl hoch- wie auch niederviskose Polymer-schmelzen schonend durch das System befördern. Über diese Flexibilität hinaus ermöglichen die Pumpen in diesen Anwendungen einen großen Druckaufbau und erzielen dabei einen hohen volumetrischen Wirkungsgrad. Eine neue Technologie macht diese Pumpen jetzt noch einmal deutlich effizienter. Sie beruht im Wesentlichen auf einer Optimierung der Innenraumgeometrie. Der dadurch gewonnene höhere volumetrische Wirkungsgrad ermöglicht es, diese Pumpen in noch weitaus mehr Anwendungen als bisher einzusetzen.



Im Fokus jeder Optimierung steht der volumetrische Wirkungsgrad, denn er stellt einen technologischen Maßstab für die Qualität einer Zahnradpumpe dar. Die neue Pumpenklasse setzt durch verbesserte Pumpeneffizienz sowie größeres Leistungsvermögen einen Meilenstein bei der Steigerung des Wirkungsgrades. Das Arbeitsfenster für den maximal erreichbaren Differenzdruck für niederviskose Produkte konnte um bis zu 80 Prozent vergrößert werden. Außerdem können nun bis zu 40 Prozent höhere Durchsätze bei gleichen Lagertemperaturen realisiert werden.

Diese Verbesserungen führen auch dazu, dass die Pumpe der neuen Generation in Bereichen eingesetzt werden kann, die dem Vorgängermodell noch weitgehend verschlossen geblieben waren. Es sind vor allem zwei Situationen, in denen die optimierte Pumpe der klassischen überlegen ist. Zum einen, wenn es darum geht, sehr niederviskose Produkte zu fördern – also etwa in der Startphase des Polymerisationsprozesses. Hier grenzte die Viskosität den Wirkungsgrad sowie den maximal erreichbaren Differenzdruck bislang stark ein. Zum anderen, was die Bedienung eines neuen Trends in der Kunststoffindustrie betrifft, auf einer Anlage nacheinander zwar vergleichbare, sich jedoch durch einen stark unterschiedlichen Melt Flow Index (MFI) auszeichnende Polymere zu fördern.

Optimierte Polymere brauchen optimierte Pumpen

Maßgeschneiderte Lösungen setzen heute bereits bei den polymeren Werkstoffen an. Neben der bereits etablierten Variation der Viskosität (oft charakterisiert durch einen MFI), die sich aus der Länge der Polymerketten ergibt, werden im Rohmaterial immer häufiger spezifische Eigenschaften erzeugt, sei es durch Modifikation mit anderen Blockbausteinen oder durch die Steuerung der Ketten- und Verzweigungsstruktur. Die so erzeugten Eigenschaften eines Materials könnten anders nur durch teure Additive erreicht werden.

Das Maßschneidern des Materials beeinflusst aber auch massiv sein Verhalten während des Verarbeitens. Deshalb sind eine größere Flexibilität und ein breiteres Anwendungsfenster der in diesen Systemen eingesetzten Pumpen nötig.

Mit dem verbesserten volumetrischen Wirkungsgrad und dem stabileren hydrodynamischen Schmierfilm der neuen Pumpenklasse wird dieses breitere Anwendungsfenster mit einer sehr hohen Robustheit unterstützt. Erreicht wurde dies durch das konsequente Re-Design der Wellen und Lager mit größeren Lagerflächen und einer verbesserten Schmierstromführung. Die Optimierung der Wellengeometrie durch dickere Lagerzapfen und unterschiedliche Zahnängen ermöglicht entweder einen höheren Förderdruck bei gleichem Durchsatz oder einen höheren Durchsatz bei gleichem Förderdruck. Alle diese Änderungen sind Grundvoraussetzungen dafür, dass eine Pumpe bei niederviskosen Anwendungen gegen einen hohen Differenzdruck sicher betrieben werden kann.

Das optimierte Design ermöglicht es, kleinere Pumpen mit höherer Drehzahl in einem optimalen Betriebsfenster auszulegen und zu betreiben. Das erfordert allerdings vom Betreiber ein gewisses Umdenken. Erfahrungswerte helfen ihm nicht weiter. In Betriebsphasen mit kleinerem Durchsatz wird die Gefahr stark eingeschränkt, dass die Pumpe zu langsam dreht. Damit besteht auch keine Gefahr, dass der Schmierfilm nicht richtig aufgebaut werden kann und folglich die Zahnradpumpe in Mischreibung gefahren wird. Die höhere Fließgeschwindigkeit im Lager reduziert die Verweilzeit und damit auch das Risiko der Degradation

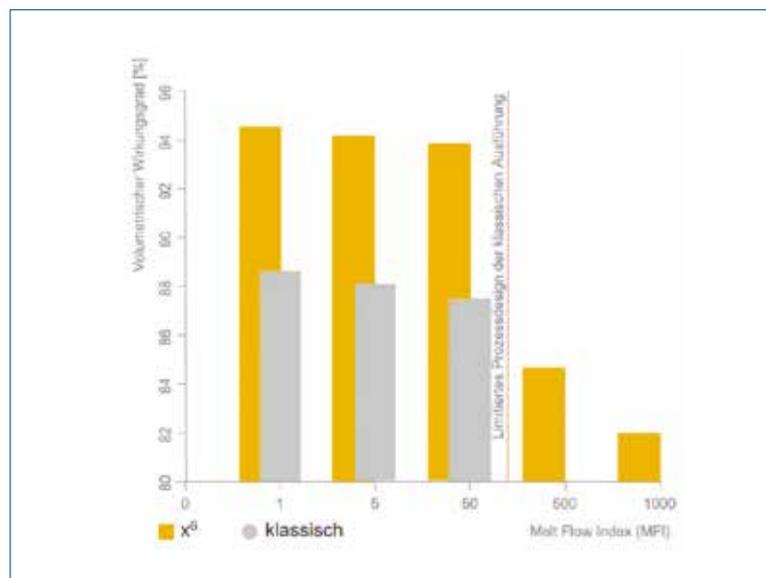
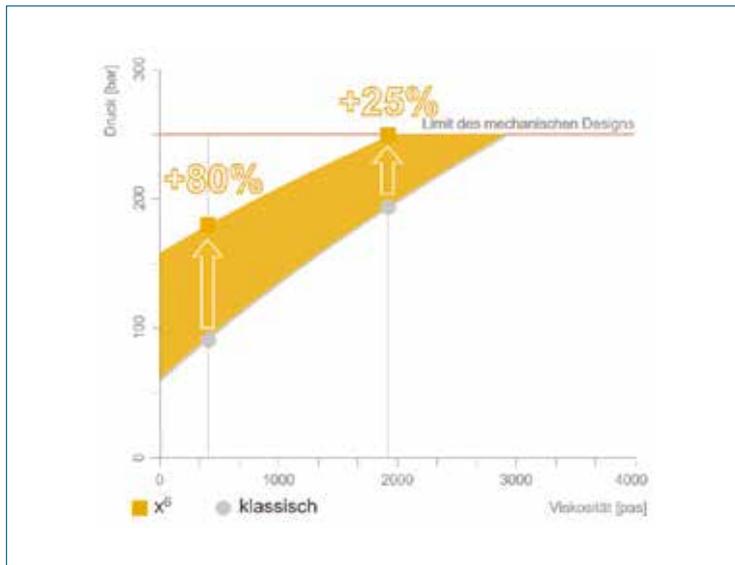


Abb. 1: Für ein Beispiel-Polymer berechneter volumetrischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom MFI

Quelle: Maag



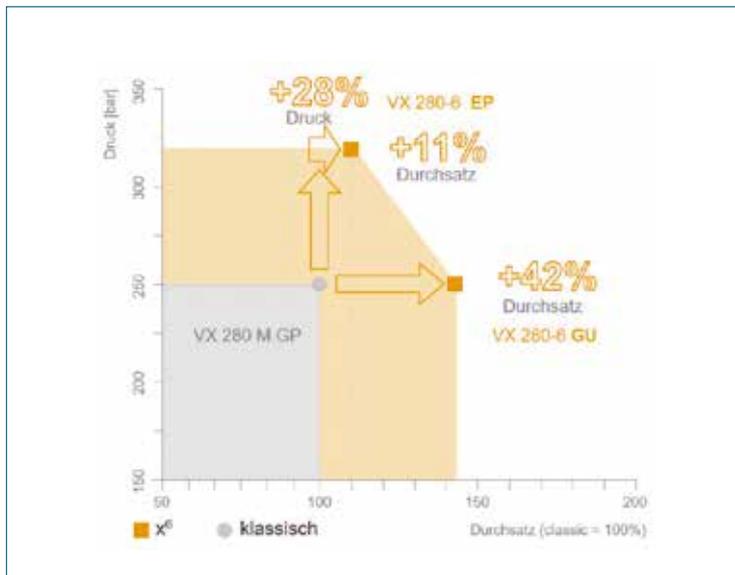
Quelle: Maag

Abb. 2: Für ein Beispiel-Polymer berechneter maximal erreichbarer Differenzdruck in Abhängigkeit von der Viskosität

des Produktes in der Pumpe. Das Resultat ist eine höhere Produktqualität und Betriebssicherheit in einem wesentlich breiteren Anwendungsbereich.

Je nach Anwendungsgebiet können die innovativen Pumpentypen für die Steigerung des durchgesetzten Polymeres oder für die Steigerung des Differenzdruckes eingesetzt werden. Dabei kann im Gegensatz zur klassischen Bauweise ein bis zu 28 Prozent höherer Druck gefahren bzw. können bis zu 42 Prozent mehr Polymer durchgesetzt werden.

Ein weiterer Aspekt ist die strömungstechnische Optimierung des Einlaufbereichs der neuen Pumpenklasse. Sie ermöglicht speziell bei den Extraktionspumpen eine gleichmäßigere Befüllung der Pumpe mit Polymer. Als Resultat kann die Pumpe mit niedrigeren Füllstandshöhen und der damit verbundenen geringeren Produktverweilzeit im Reaktor betrieben werden.



Quelle: Maag

Abb. 3: Erweiterung der Auslegungsgrenzen im Vergleich zum klassischen Design

Zusätzlich profitieren alle Zahnradpumpen der neuen Klasse von einer bis zu 50 Prozent reduzierten Rezirkulationsrate durch parasitäre interne Verluste vom druckhohen zum druckniedrigeren Niveau. Dadurch steigt die Energieeffizienz. Die gesamte Steigerung der Performance wird belegt mit einer höheren Pumpeffizienz, das bedeutet geringere Verluste. In diesem Zusammenhang werden im Betrieb der neuen Pumpen weniger Energie und kleinere Antriebsmotoren benötigt.

Die neue Pumpenklasse setzt durch verbesserte Pumpeneffizienz und größeres Leistungsvermögen einen Meilenstein bei der Steigerung des Wirkungsgrades.

Komplexe Verknüpfung verschiedener Parameter

Die Auslegung der Zahnradpumpe erfolgt durch eine komplexe Verknüpfung verschiedener Parameter auf der Basis einer langjährigen Praxiserfahrung. Zunächst werden die allgemeinen Betriebsdaten systematisch betrachtet. In der Folge findet eine grundsätzliche Vorauswahl des Pumpentyps und der Druckstufe statt. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Extraktionspumpen und Druckerhöhungspumpen für die klassische Förderung von Polymer mit hoch- oder niederviskosen Charakteristika und möglichen korrosiven Eigenschaften. Eine spezielle Ausführung der Druckerhöhungspumpen ist die Boosterpumpe, welche bei der Förderung während der Compoundierung direkt nach dem Extruder für den Druckaufbau sorgt.

Im Anschluss zur generellen Klassifizierung des Pumpentyps erfolgt eine exakte Evaluation der Anforderungen (Durchsatz, Differenzdruck) im Zusammenhang mit den gegebenen Charakteristika des Fördermediums hinsichtlich seines Verformungs- und Fließverhaltens (rheologische Betrachtung) und den Wechselwirkungen des Fördermediums. Daraus kann schließlich die geometrische Dimensionierung der Pumpenkomponenten abgeleitet werden. Um die Zahnradpumpe komplett auszulegen, müssen Dichtungsvarianten, Drosselausführungen und weitere einsatzspezifische Anforderungen definiert und spezifiziert werden.

Einflussfaktoren im Pumpensystem

Die rheologische Untersuchung des Fördermediums ist eine Schlüsselaufgabe bei der Auslegung der Zahnradpumpe. Ein Teil des bereits intern gefördert Fördermediums wird als Schmierstrom zwischen Wellen und Lagern verwendet und fließt dabei wieder zurück zur Saugseite, wo es wieder in den Förderstrom integriert wird. Die Schmierfilmdicke und -stabilität wird grundlegend durch das rheologische Verhalten des Fördermediums bestimmt und hat einen erheblichen Einfluss auf Betriebssicherheit und Verschleißverhalten zwischen Welle und Lager. Die Verwendung von speziellen Geometrien und Nuten kann die Gutmütigkeit des Systems wesentlich beeinflussen, zusätzlich stehen auch Kühlsysteme für Wellen, Lager und Dichtungen zur Auswahl. Die Auswahl dieser Designelemente hängt wesentlich auch von der Anwendung ab. Eine Lösung für Recyclinganlagen wird sich stark von der eines hoch gefüllten Compoundierers unterscheiden, und diese ist wiederum sehr verschieden zu Lösungen, die in der Polymersynthese zum Einsatz kommen. Die Betriebsparameter wie Temperatur, Durchsatz und Druckdifferenz bilden neben der rheologischen Charakterisierung des Fluids die Eckwerte für die detaillierte Auslegung der Pumpe. Die auf langjähriger Erfahrung aufgebaute Berechnungsmethode ermöglicht eine exakte Vorhersage des Pumpenzustands für das gesamte Anwendungsfenster der verschiedenen Konfigurationen (Größe und Spielvariationen). Der erfahrene Anwendungstechniker wählt aus den in Frage kommenden Konfigurationen die optimale Lösung aus. Das Ergebnis sind maßgeschneiderte Pumpen für den spezifizierten Einsatzfall unter Gewährleistung der Betriebssicherheit der Zahnradpumpe über einen langen Zeitraum.



MULTISAFE® Prozesspumpen für die chemische Industrie

Sicherer Transport von abrasiven,
aggressiven und toxischen Medien

Hauptanwendungen in der chemischen Industrie:

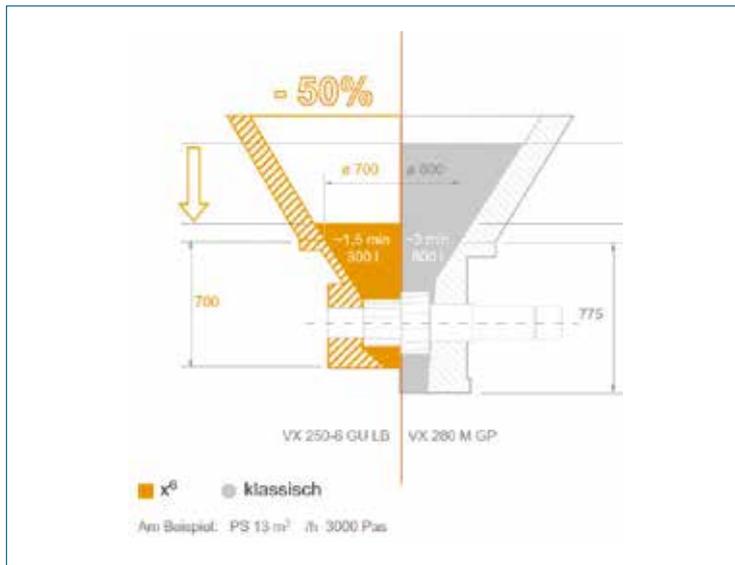
- Transport von Säuren und Laugen
- Förderung von toxischen Schlämmen
- Beschickung von Sprühtrocknern

Vorteile der FELUWA Pumpen:

- Fördermenge bis 1000 m³/h
- Druck bis 500 bar
- Werkstoffvielfalt für jegliche Anwendungen
- Hermetisch dichtes Pumpsystem schützt Mensch und Umwelt

*MULTISAFE® Doppel-
Schlauchmembranpumpe
Fördermenge: 2,1 m³/h
Druck: 60 bar
Fördermedium:
Polyaluminiumchlorid
Besonderheit: Titanleitungen*





Quelle: Maag

Wärmetransport von den Lagern in das Pumpengehäuse werden höhere Drehzahlen möglich, ohne dabei die durch das Produkt vorgegebene maximal zulässige Lagertemperatur zu überschreiten. Eine effiziente Pumpe resultiert außerdem, bei gleichbleibender Drehzahl und gleichbleibendem Durchsatz, in einer geringeren Erwärmung der Lager und folglich in einer niedrigeren Produkttemperatur während der Förderung. Die geringere Gefährdung zur Degradation des Produktes liefert eine höhere Produktqualität bei zugleich geringerem Energieaufwand.

Abb. 4: Für ein Beispiel-Polymer berechnete minimal nötige Füllstandshöhe der neuen Pumpenklasse im Vergleich zum klassischen Design

Die neuen Pumpen eignen sich auch gut für den Einsatz in der Polymerisation von Biokunststoffen. Diese Art der Kunststoffherzeugung mit biologischen Ausgangsstoffen wird in der Zukunft an Bedeutung gewinnen. Sie funktioniert prozesstechnisch ähnlich wie die konventionelle Polymerisation. Allerdings stellen Biokunststoffe mitunter höhere Anforderungen an die Werkstoffe einer Pumpe. Der bislang am häufigsten eingesetzte Biokunststoff Polylactid (PLA) beispielsweise basiert auf aggressiver Milchsäure. Der Pumpenwerkstoff muss daher so beschaffen sein, dass er Korrosion vermeidet.

Neue Pumpenklasse im Feld erprobt

Von der neuen Pumpengeneration sind mittlerweile schon über 1.000 Stück im Einsatz. Die mechanischen sowie die prozesslimitierenden Designvorgaben der Pumpe können durch den höheren volumetrischen Wirkungsgrad sowohl bei niederviskosen als auch hochviskosen Produkten für einen gesteigerten Durchsatz bei konstanter Produktqualität genutzt werden. Ausgehend von der modifizierten Wellen- und Zahngeometrie, dem verbesserten volumetrischen Wirkungsgrad sowie dem schnelleren

Autor:
 Christian Neye
 Product Manager
 MAAG Pump Systems AG,
 Oberglatt (Schweiz)



Quelle: Maag

Abb. 5: Die größte Zahnradpumpe der Welt wiegt 48 Tonnen und hat einen Einlaufdurchmesser von 3 Metern.