

Kombi-Leistung

Mischleistung im CSE-XR-Wärmeübertrager

Der CSE-XR-Wärmeübertrager besitzt auch für exotherme Reaktionen vorzügliche Eigenschaften. Aufgrund der hohen Mischleistung und des kleinen Verweilzeitpektrums kann er in Polymerisationsprozessen sowie auch für Schmelzen mit 10000 Pa·s eingesetzt werden.

Im CSE-XR-Mischer-Wärmeübertrager (Bild 1) ergibt sich eine intensive Quermischung, die einen konvektiven Wärmetransport von der Wandung zur Kanalmitte bewirkt. Der geringe Druckverlust erlaubt eine schonende Behandlung von temperaturempfindlichen Fluiden. Da der Mischer-Wärmeübertrager-Querschnitt in der Hauptströmungsrichtung geometrisch überall definiert ist, reduziert sich die Maldistribution auf ein Minimum, so dass eine enge Verweilzeitverteilung gewährleistet ist. Diese Eigenschaften zeichnen den CSE-XR-Wärmeübertrager besonders aus, so dass heute schon Einsatzbereiche abgedeckt werden, die früher ausschließlich für dynamische Kühlsysteme, Knetter und Extruder bestimmt waren. Der CSE-XR-Wärmeübertrager wird für folgende Anwendungen eingesetzt:

- Heizen und Kühlen im laminaren Strömungsbereich;
- Kühlen und Homogenisieren von Flüssigkeiten mit großen Viskositätsunterschieden;
- zur Temperaturüberwachung und zum Homogenisieren bei Beschichtungsanlagen;
- Kühlen und Homogenisieren von Schmelzen für die Chemiefaserindustrie;
- Temperieren und Mischen von Polyolen mit Treibmitteln und Isocyanaten;
- zur Verarbeitung und Herstellung von Klebstoffen und Hotmelts;
- zur Temperaturüberwachung und zum Homogenisieren von Kunststoffschmelzen und Kunststoffschäumen;
- als isothermer Verweilzeitreaktor für niedrigviskose und hochviskose Flüssigkeiten;
- als Polymerreaktor für Massepolymerisationen;
- als isothermer Begasungsreaktor für Gas-Flüssig-Systeme;
- zum externen Kühlen und Mischen von gerührten Tankreaktoren;
- zum Heizen von viskosen Flüssigkeiten mit Dampf bei größeren Betriebsdrücken.

Alain Georg, Geschäftsführer; M. B. Däscher, Projektierung und Verkauf; Tobias Vögeli, Projektierung und Entwicklung; Fluitec



Die sehr hohe Wärmeübertragung lässt vermuten, dass der CSE-XR-Wärmeübertrager über eine ausgezeichnete Mischleistung verfügt. Um dies nachzuweisen, wurde eine numerische Strömungssimulation mit dem Programm Fluent und eine Mischgütemessung mit Hilfe von Image Processing (FIP) durchgeführt.

Homogenitätserfassung laminar

Bild 2 zeigt die Mischgüte dargestellt als relative Standardabweichung. Die numerisch gerechnete Methode weicht von der fotometrischen Analyse mit steigendem L/D-Verhältnis erheblich ab. Bei der CFD-Berechnung wird für eine homogene Mischung die kleinere relative Länge benötigt. Obwohl der Druckverlust und das Strömungsverhalten sehr genau simuliert werden können, reicht die Vernetzung von $3,2 \times 10^6$ Netzpunkten noch nicht aus, um eine Mischung genau zu berechnen. Die Messwerte vom Image Processing können gut mit Messungen der Entfärbungsmethode verglichen werden. Sie sind hochauflösend und genau.

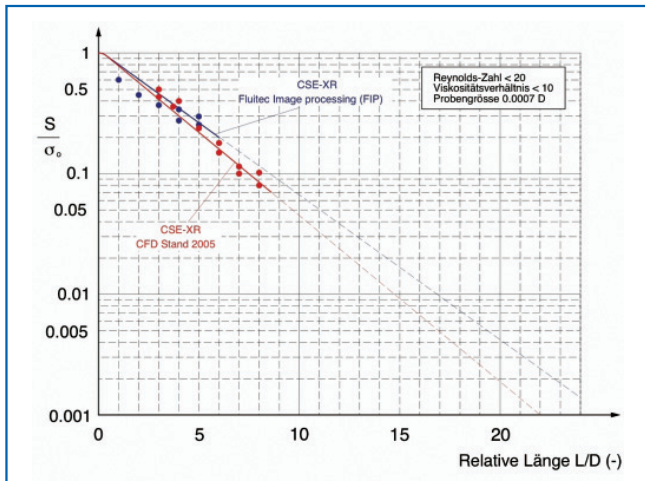
Bild 3 zeigt den mittig dosierten Querschnitt eines CSE-XR-Wärmeübertragers. Die relative Standardabweichung beträgt 23 %. Das bedeutet, dass eine beim Eintritt in den Wärmeübertrager bestehende Inhomogenität um den Faktor 4 bis 5 abgebaut wird.

Perfekte Temperaturprofile

Thermisch betrachtet, kann ein CSE-XR-Wärmeübertrager nach einer relativen Län-

1: CSE-XR-Wärmeübertrager für scherempfindliche, hochviskose Polymere ($h > 1000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$)





2: Mischgüte des CSE-XR-Wärmeübertragers

ge $L/D = 5$ eine Temperaturschwankung von $\pm 10\text{ °C}$ auf $\pm 2\text{ °C}$ bis $\pm 2,5\text{ °C}$ ausgleichen. Nach umfangreichen Versuchen ist es heute möglich, das Temperaturprofil über den Querschnitt auch nach Kühlprozessen mit sehr hohen Temperaturdifferenzen am Austritt zu berechnen. Garantiewerte von $\pm 1\text{ °C}$ bis $\pm 2\text{ °C}$ sind üblich. Bei einer Beschichtungsanlage beispielsweise musste ein Hotmelt mit einer Viskosität von rund $2000\text{ Pa}\cdot\text{s}$ von 140 °C auf 80 °C gekühlt werden. Die Kühlwassertemperatur betrug 70 °C . Auf der Produktionsanlage wurden Garantiemessungen am Austritt des CSE-XR-Mischer-Wärmeübertragers durchgeführt. Das Temperaturprofil konnte bei



3: Epoxyschnitt eines CSE-XR-Wärmeübertragers nach einer relativen Länge $L/D = 5$

kontinuierlicher Produktion über den Querschnitt betrachtet auf $80\text{ °C} \pm 1,5\text{ °C}$ eingestellt werden.

Auch momentane Temperaturschwankungen von bis zu $\pm 20\text{ °C}$ vor dem Wärmeübertragereintritt können aufgrund der hohen Mischleistung im CSE-XR-Wärmeübertrager ausgeglichen werden.

Dies erfordert jedoch eine Auslegung des Wärmeübertragers mit zusätzlichen Kriterien. Dafür existieren umfangreiche Berechnungsgrundlagen, die das Temperaturprofil im CSE-XR-Wärmeübertrager radial wie auch longitudinal bestimmen können.

Mischleistung im CSE-XR-Wärmeübertrager

Die sehr hohe Wärmeübertragung im CSE-XR-Wärmeübertrager lässt vermuten, dass der Wärmeübertrager auch über eine sehr gute Mischleistung verfügt. Um dies nachzuweisen, wurde eine numerische Strömungssimulation mit dem Programm Fluent und eine Mischgütemessung mit Hilfe von Image Processing durchgeführt. Die Resultate bestätigen, dass der CSE-XR-Wärmeübertrager im laminaren Strömungsbereich bezüglich Mischleistung mit herkömmlichen statischen Mixern vergleichbar ist.

Hohe Mischleistung für die Reaktionstechnik

Das Erfassen der Mischgüte am CSE-XR-Wärmeübertrager im laminaren Strömungsbereich ist sehr gut und ermöglicht es, verfahrenstechnische Prozesse zu kombinieren. Ein Beispiel ist das Mischen von zwei hochviskosen Flüssigkeiten. Mit den benötigten relativen Längen von $L/D = 12$ bis 20 kann gleichzeitig eine beachtliche Wärmemenge zu- oder abgeführt werden. Daher wird der CSE-XR-Mischer-Wärmeübertrager vermehrt für chemische Reaktionen, wie Veresterungen, Masse-, Emulsions- oder Dispersionspolymerisationen, eingesetzt.