



Die Kombination macht's

Mikromakro-Technologie für schwierige Mischaufgaben bei laminarer Strömung



1: Mikromakro-Mischer für schwierige Mischaufgaben

Bei anspruchsvollen Mischaufgaben versagen viele herkömmliche Mischer – Qualitätsprodukte lassen sich dann kaum herstellen. Mit der neuentwickelten Mikromakro-Technologie, bei der gezielt Statik-Mischer verschiedener Geometrien und Nennweiten eingesetzt werden, kann die Mischgüte selbst bei schwierigsten Mischaufgaben deutlich verbessert werden.

Unter Mikromakro-Mischen versteht man den gezielten Einsatz von Statikmischern verschiedener Geometrien und Nennweiten. Grundsätzlich muss zuerst eine gleichmäßige Vorverteilung im Makro-Mischer erreicht werden, danach wird im Mikro-Mischer eine bestmögliche Feinverteilung erzielt.

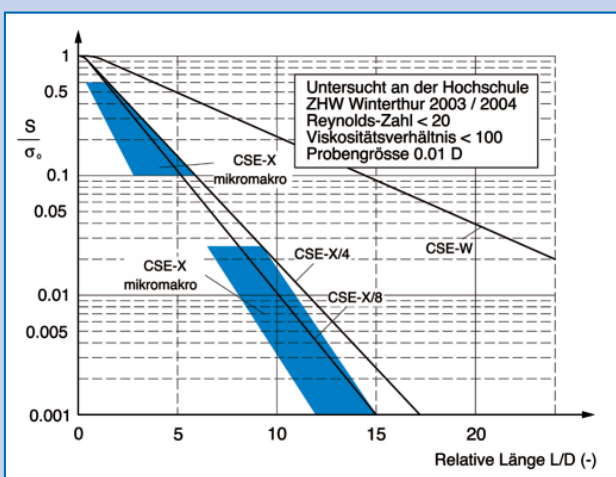
Im laminaren Strömungsbereich wird als Basisgeometrie der CSE-X-Mischer eingesetzt, der sich seit Jahren für eine Vielzahl von Anwendungen bewährt hat. Mit der Mikromakro-Technologie werden diese Elemente in verschiedener Bauform kombiniert, um Mischleistung und Energieauf-

wand zu verbessern. Der CSE-X-Mischer besteht aus einem Gerüst gegeneinander geneigter Stege. Jeweils um 90° verdreht angeordnet, ergeben mehrere Elemente den Mischer. Das L/D-Verhältnis des Mischelementes kann 0,5 oder 1 betragen. Die Anzahl der Stege ist jeweils abhängig von der Mischaufgabe sowie dem Durchmesser des Mixers. Üblicherweise werden die Mischer mit vier, sechs, acht, zehn oder zwölf Stegen bestückt.

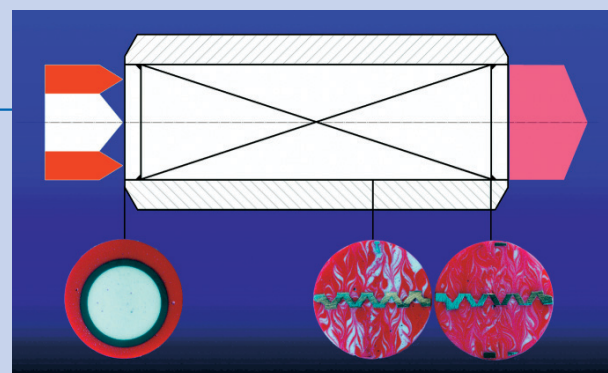
Im laminaren Strömungsbereich $Re < 20$ wird eine homogene Mischung primär durch Konvektion mittels Schichtenbildung erzielt. Die Mischgüte einer löslichen Mischaufgabe



Alain Georg, Martin B. Däscher, Tobias Vögeli; Fluitec



2: Relative Standardabweichung



3: Mischbild eines Mikromakro-3D-Moduls für die Faserindustrie

ist größtenteils vom Volumenstrom- und vom Viskositätsverhältnis abhängig. Bild 2 zeigt die Mischgüte ausgedrückt als relative Standardabweichung in Funktion der Mischlänge L/D für verschiedene Mischer.

Hohe Mischgüte

Darüber hinaus können andere Parameter, wie Diffusion, Schergeschwindigkeit, Verweilzeit und Froude-Zahl, die Mischgüte zusätzlich beeinflussen. Mit dieser Technologie kann die Mischgüte speziell bei schwierigsten Mischaufgaben verbessert werden. Am Ende eines Mischers erhöhen beispielsweise Mischelemente mit einer größeren Anzahl von Stegen das Potenzial des diffusiven Mischens. Mit gezieltem Einsatz von verschiedenen Nennweiten kann die Mischgüte durch die erhöhte Schergeschwindigkeit verbessert werden (Bild 3).

Der Druckverlust für die laminare Strömung kann wie folgt berechnet werden:

$$\Delta p_L = NeRe \cdot \eta \cdot w \cdot L/D^2$$

Für den Vergleich der Druckverluste bei Statikmischern mit gleicher Nennweite und vergleichbarer Homogenität werden üblicherweise die NeRe-Zahl und die relative Länge L/D benötigt. Der Widerstandsfaktor kann somit wie folgt ermittelt werden:

Widerstandsfaktor = NeRe-Zahl x relative Länge
bei gleicher Nennweite und Homogenität.

Der Vergleich von CSE-X-Mischern bei einer relativen Standardabweichung von 0.01 stellt sich folgendermaßen dar:

CSE-X/4-Mischer DN50 mit vier Stegen:

relative Länge L/D = 13, NeRe = ca. 750

Widerstandsfaktor = 13 x 750 = 9 750

CSE-X/8-Mischer DN50 mit acht Stegen:

relative Länge L/D = 10, NeRe = ca. 1 200

Widerstandsfaktor = 10 x 1 200 = 12 000

Bei vergleichbarer Mischgüte benötigt zum Beispiel der Mischer CSE-X/4 mit vier

KOMPAKT

Mikromakrotechnologie

Unter Mikromakromischen versteht man den gezielten Einsatz von Statikmischern verschiedener Geometrien und Nennweiten. Grundsätzlich muss zuerst eine gleichmäßige Vorverteilung im Makro-Mischer erreicht werden, danach wird im Mikro-Mischer eine bestmögliche Feinverteilung erzielt. Der Mischer CSE-X wird seit Jahren für Anwendungen mit höchsten Anforderungen eingesetzt. Bei der Mikromakro-Technologie werden diese Elemente in verschiedener Bauform kombiniert, um Mischleistung und Energieaufwand zu verbessern. Mit dieser Technologie kann die Mischgüte speziell bei schwierigsten Mischaufgaben bei laminarer Strömung verbessert werden.

Stegen rund drei Mischelemente mehr als der CSE-X/8-Mischer. Trotzdem erzeugt der CSE-X/4-Mischer einen um 19 % kleineren Druckverlust. Dies ist umso erstaunlicher, da die hydraulischen Durchmesser in etwa vergleichbar sind. Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass mit der Mikromakro-Technologie folgende Vorteile ermöglicht werden:

- Reduktion des Druckverlustes bei gleich bleibender relativer Länge,
- Reduktion der Mischlänge bei minimaler Erhöhung des Druckverlustes sowie
- Verhindern von unvollständiger Vermischung durch Sedimentation und Bildung von stabilen Schichten infolge von Dichteunterschieden.

Ideales Verweilzeitverhalten

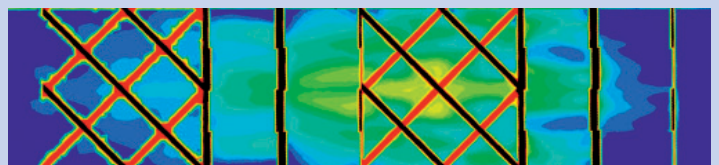
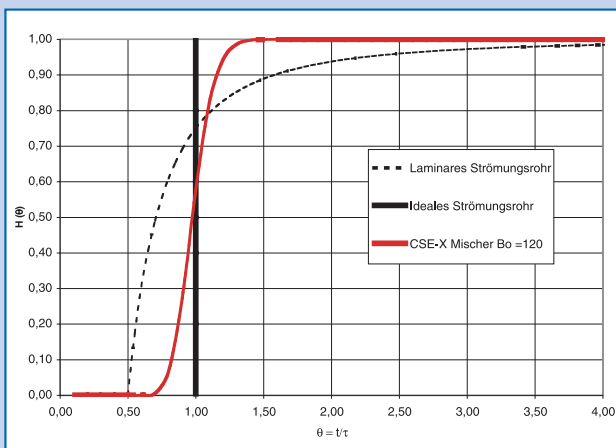
Die CSE-X-Mischer zeichnen sich durch eine hohe Mischleistung bei kurzer Einbaustrecke aus. Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass CSE-X-Mischer ein ausgezeichnetes Verweilzeitverhalten aufweisen. Aus Bild 4 wird ersichtlich, dass sich CSE-X-Mischer stark einer idealen Pfropfenströmung

annähern. Dies weist auf ein gutes Selbstreinigungsverhalten hin, das speziell bei hygienischen Anwendungen von größter Bedeutung ist. Die Untersuchungen wurden mit Glukosesirup mit Viskositäten von 1 bis 500 Pas durchgeführt. Während die Farbaditive im Leerrohr noch an der Rohrwand haften, waren diese in den CSE-X-Mischern bereits nicht mehr sichtbar.

Wichtige Anwendungen in der chemischen Verfahrenstechnik sind Vermischen von pumpbaren Flüssigkeiten, Dispergieren und Emulgieren von ineinander unlöslichen Flüssigkeiten, Mischen und Homogenisieren von Kunststoffschmelzen, Gas-Flüssig-Kontakturen, als allgemeiner Plug-flow- und Loop-Reaktor in High-chem-Prozessen sowie für Reaktionen mit Wärmetönung von hochviskosen Flüssigkeiten, wie beispielsweise einer Polymerisation, wo neben hoher Misch-Effizienz und enger Verweilzeitverteilung auch Wärme zu- oder abgeführt werden muss.

Weiter Info

P+F 614



5: CFD-Berechnung des CSE-X-Mischers

4: Verweilzeitverhalten des CSE-X-Mischers