

Großvolumige Knetreaktoren

Einsatz in thermischen Prozessen mit langer
Verweilzeit

Dipl.-Ing. J. List

Die Industrie verlangt heute Prozesse, mit denen energieeffizient, umweltschonend und mit gleichbleibend hoher Qualität produziert wird. Diese Forderungen führen häufig weg von der klassischen Rührkessel-Technologie zu Verfahren, bei denen in hoher Konzentration gearbeitet werden muß. Aufgrund der Produktrheologie wird der Einsatz von Apparaten erforderlich, die den nötigen Wärme- und Stoffaustausch durch intensives Mischen und Kneten aufrechterhalten.

Die wichtigsten Anforderungen an solche Apparate sind eine hervorragende Misch- und Knetwirkung in allen Phasen (flüssig, hochviskos, fest), die Vermeidung von stagnierenden Produktzonen, präzise Produkttemperaturführung sowie eine mechanische Robustheit, die die Verarbeitung höchster Viskosität bis zum Feststoffumbruch erlaubt. Außerdem müssen sie über lange Verweilzeiten, eine geschlossene Bauweise für Druck- oder Vakuumbetrieb und Baureihen für Chargen- oder kontinuierlichen Betrieb verfügen. Zur Durchführung solcher Prozesse werden beispielsweise die seit langem bekannten

Schaufeltrockner, Sigma oder Doppelmulden-Knetter eingesetzt. Auch haben sich die Knettrockner Discotherm B und der zweiwellige AP-Misch-/Knet-Reaktor (AP = Alle Phasen) in diesem Marktsegment gut eingeführt. Alle diese Apparate können aber nur einen Teil der obengenannten Anforderungen voll abdecken. So hat der Discotherm B eine hervorragende Selbstreinigung der Heizflächen, läßt aber in bezug auf Misch- und Kneteffizienz sowie die Verarbeitung von Produkten höchster Viskosität noch Wünsche offen. Andererseits erfüllt der AP-Reaktor die Ansprüche der Misch- und Knetwirkung, hat

aber bezüglich der Selbstreinigung einige Schwächen aufzuweisen. Die nachstehend vorgestellten Apparateentwicklungen ORP (Opposite Rotating Reactor) und CRP (Co-Rotating Prozessor) erfüllen die obengenannten Anforderungen in optimaler Weise und eröffnen damit weitere Möglichkeiten in der Prozeßoptimierung.

Arbeitsprinzip

Die Zweiwellenapparate ORP und CRP sind großvolumige, kontinuierlich oder absatzweise arbeitende Misch-/Knetreaktoren für thermische Prozesse mit hochviskos-pastösen Produkten sowie Feststoffe, die in der Verarbeitung eine klebrige, krustende Phase durchlaufen. Zwei parallel angeordnete Rührer arbeiten ineinandergreifend in einem horizontalen Gehäuse mit 8förmigem Querschnitt.

Die Rührer (Haupt- und Putzrührer) sind mit radial aufgesetzten, heiz- bzw. kühlbaren Scheiben versehen, an deren Außendurchmesser U-förmige Misch-/Knetbarren aufgeschweißt sind. Die kinematische Bewegung, Form und Anordnung dieser Misch-/Knetbarren sind so gewählt, daß sie beim Eingreifen die Wellenkerne sowie die Scheiben mit den Misch-/Knetbarren des anderen Rührers flächendeckend abreinigen und gleichzeitig eine intensive Misch- und Knetwirkung erzeugen. Die Eingriffskinematik ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. In beiden Apparaten laufen die Rührer mit unterschiedlicher Drehzahl, beim ORP in gegenläufiger Drehrichtung, während sie beim CRP gleichsinnig drehen. Dadurch kann den unterschiedlichen Anforderungen an die Produktknetung optimal Rechnung getragen werden.

Die intensive Quervermischung ist von der axialen Transportbewegung weitgehend entkoppelt. Die Apparate werden mit einer Produktfüllung zwischen 40 und 75% betrieben, so daß große Gas- oder Dampfmen gen problemlos abgeführt werden können.

Allgemeine Merkmale und Vorteile

Die Geräte verfügen über eine sehr intensive Misch- und Knetwirkung in allen Phasen (flüssig, pastös, hochviskos, krustend und rieselfähig). Die mechanische Beanspruchung des Produkts kann durch Auswahl des

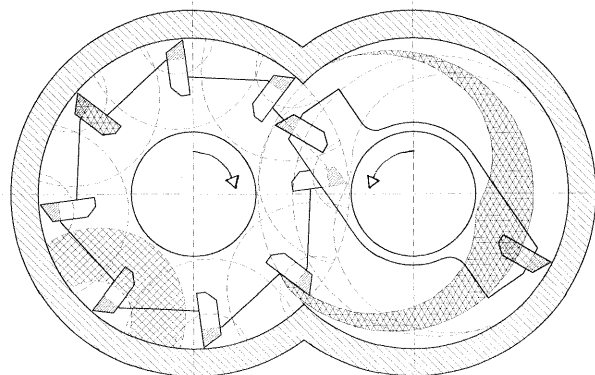


Abb. 1 Eingriffskinematik des ORP

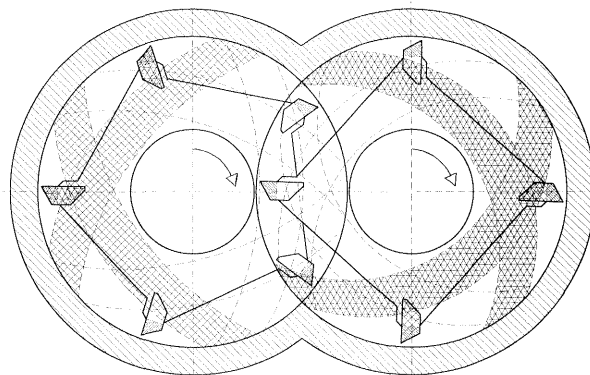


Abb. 2 Eingriffskinematik des CRP

Tabelle 1 Apparatespezifische Merkmale der Apparate ORP und CRP

ORP	CRP
gegenläufig drehende Rührwellen	gleichläufig drehende Rührwellen
typisches Drehzahlverhältnis 1:4 Selbstreinigung der Rührwellen	typisches Drehzahlverhältnis 4:5 beste Selbstreinigung der Rührwellen
Intensive Misch- und Knetwirkung mit stärkerer Zug-/Druck-Beanspruchung sowie Plastifiziereffekt	Intensive Misch- und Knetwirkung mit stark scherender Beanspruchung des Produkts

gegenläufigen (ORP) bzw. gleichläufigen (CRP) Rührprinzips von einer Zug-/Druck- zu einer Scher-Beanspruchung optimal den Anforderungen angepaßt werden.

Eine intensive Erneuerung der Phasengrenzflächen erhöht den Stoff- und Wärmeaustausch. Die selbstreinigenden Kontaktflächen vermeiden stagnierende Produktzonen und garantieren zu jeder Zeit offene Gasphasen.

Große Wärmeaustauschflächen ermöglichen eine genaue Temperaturführung bei Prozessen mit starken Wärmetönungen, große Nutzvolumina mit Füllgraden von 60 bis 75% erlauben große Mengenleistungen, auch bei

Prozessen, die lange Verweilzeiten erfordern. Eine geringe Axialvermischung bei gleichzeitig intensiver Quervermischung führt zu engen Verweilzeitspektren. Das Verweilzeitspektrum läßt sich durch die verschiedenen Rührergeometrien in weiten Grenzen beeinflussen. Die Apparate verfügen außerdem über große Querschnitte für die Zu- und Abfuhr von Gasen und Dämpfen. Dies ist speziell wichtig bei Flashverdampfungen von überhitzten Lösungen und für schäumende Produkte. Die geschlossene Bauweise ermöglicht Prozesse unter Vakuum oder Druck sowie die Verarbeitung von toxischen und explosionsgefährlichen Stoffen.

Das Arbeitsprinzip läßt sich durch entsprechende Wahl der Rührergeometrie für kontinuierlichen oder batchweisen Betrieb einsetzen. Die dissipierte Wärmeenergie ist im Vergleich zur Energie, die durch die Kontaktflächen übertragen wird, gering, so daß auch für hochzähe Produkte eine genaue Temperaturführung möglich ist. Apparatespezifische Merkmale sind in der Tabelle 1 dargestellt. Technische Daten:

- Apparatevolumen: 20 bis 10000 l
 - Konstruktionstemperatur: bis 350 °C
 - Konstruktionsdruck: 0 bis 1000 kPa abs.
 - Heizflächen: 1,2 - 98 m²
 - Konstruktionsmaterialien: C-Stahl und alle schweißbaren rostfreien Stähle
- In Abbildung 3 sind die Rührwellen des CRP dargestellt.

Anwendungen

Aufgrund der apparatespezifischen Merkmale sind die Anwendungen sehr vielfältig. Die nachstehende Auflistung kann deshalb nur einige typische Beispiele beschreiben.

- Backreaktionen: Beispielsweise Polyacetalharze, Sufanilsäure, Polyphosphate. Eine präzise Temperaturführung, eine gute Selbstreinigung und die Vermeidung von stagnierenden Produktzonen sind für die Produktqualität ausschlaggebend.
- Polykondensation: Beispielsweise Polyester, Polyamid, Melamin- oder Harnstoffharze. Eine große Oberflächenerneuerung, insbesondere bei hohen Viskositäten >2000 Pas., eine genaue Temperaturführung und eine gute Selbstreinigung des Produktraums und der Rührer zur Vermeidung von Stippen ist erforderlich.
- Fest-Flüssig-Reaktionen und Fest-Gas-Reaktionen mit langsamer Reaktionskinetik: Beispielsweise Illmenitaufschluß, Cu-Phtalocyanin, Ammoniumpolyphosphat. Verweilzeiten von 10 Min. bis mehrere Stunden bei engem Verweilzeitspektrum, hervorragende Mischwirkung und genaue Temperaturführung sind die wichtigsten Anforderungen an den Apparat.
- Polymerisation: Beispielsweise Elastomere, Silikonkautschuk, Hydrogele. Eine intensive Produktbewegung in Kombination mit großen Wärmeaustauschflächen zur Abführung der Reaktionswärme sowie eine gute Selbstreinigung der produktberührten Teile zur Vermeidung von stagnierendem Produkt sind verfahrensbestimmend.
- Eindampfung und Trocknung: Beispielsweise TDI-Rückstand, synthetischer Kautschuk. Eindampfung und Trocknung von organischen Produkten aus der Lösung, insbesondere solcher, die nicht kristallisieren. Diese Produkte sind in der Regel sehr klebrig und durchlaufen eine ausgesprochene Zähphase. Große selbstreinigende Wärmeaustauschflächen in Verbindung mit einer guten Misch- und Zerkleinerungswirkung sowie ein hohes Drehmoment an den Rührern sind Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Prozeß.

Weitere Informationen **cav-288**

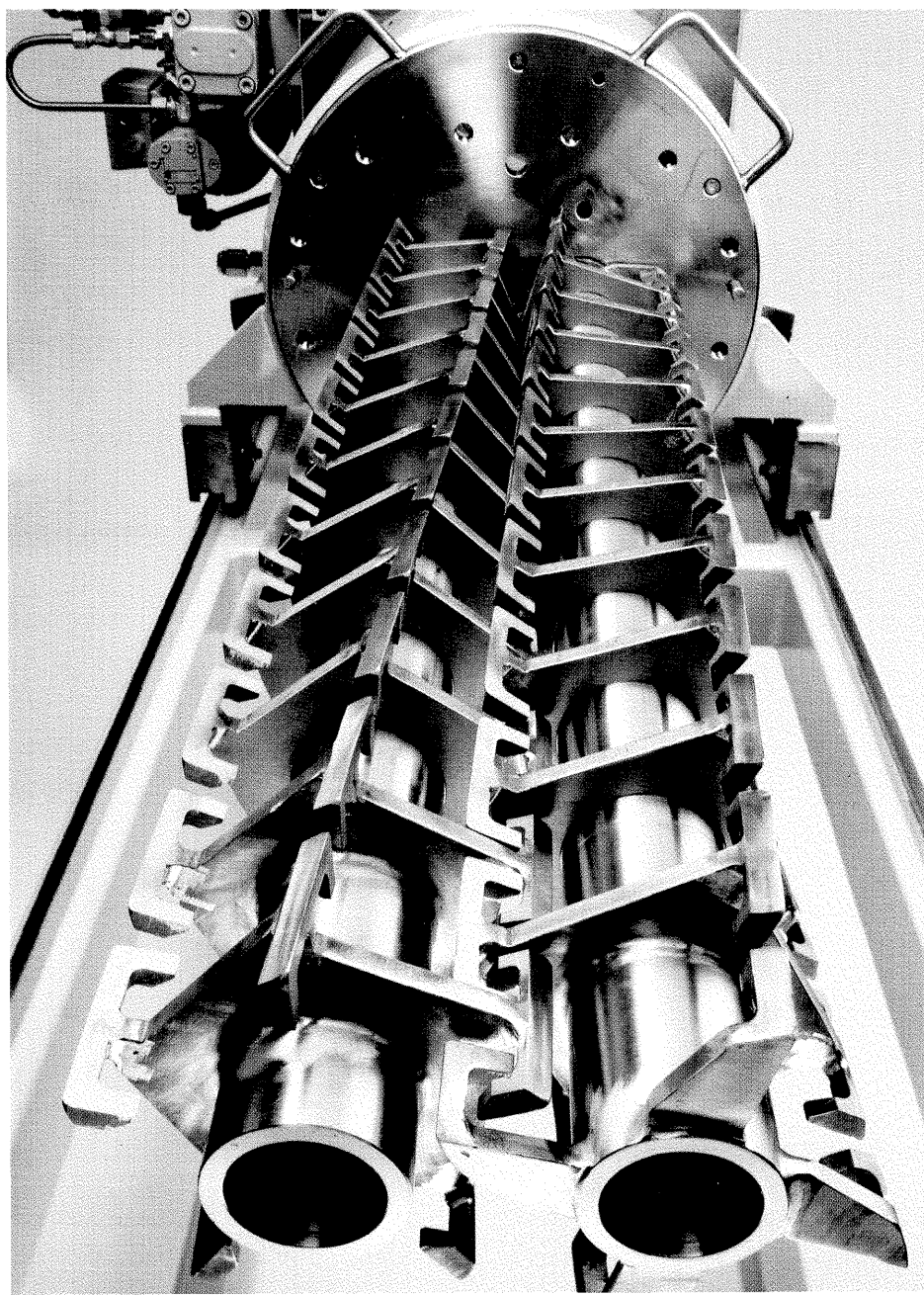


Abb. 3 Rührwellen des CRP