

Eine Exothermie beherrschbar machen Teil I

Haron Sekkai

Haron Sekkai Ingenieurbüro

Einleitung:

Zu den großen Herausforderungen im Chemielabor zählt sicherlich die Exothermie. Werden zwei oder mehrere Stoffe zusammen gebracht, können exotherme Reaktionen auch schnell zu einem Sicherheitsrisiko werden. Weit verbreitet sind heute kontrollierte Reaktionen.

Hierbei wird in der Regel ein Stoff zuerst in ein geeignetes Gefäß (z.B. eine Glasdoppelmantel) eingebracht. Der Reaktor ist mit einem Temperiergerät verbunden, das den Doppelmantel des Reaktors temperieren kann. Durch das Temperiergerät und den Doppelmantel des Reaktors fließt dann eine Temperierflüssigkeit. In der Regel befindet sich im Reaktorkern ein Prozessfühler, der die Prozesstemperatur misst und an das Temperiergerät liefert. Primäre Aufgabe des Temperiergerätes ist es dann, auf den Sollwert zu regeln. Bei einer Exothermie (z.B. durch Einleitung eines weiteren Stoffes in den Reaktorkern) muss das Temperiergerät die Exothermie möglichst schnell und sicher ausregeln.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Vorgänge:

Der Sollwert (dunkelblau) soll z.B. 20°C betragen. Neben dem Sollwert sind auch die Vorkühltemperatur (hellblau) und die Prozesstemperatur (rot) im Temperaturdiagramm dargestellt.

Welche Herausforderungen ergeben sich nun bei einer derartigen Exothermie?

Ein genauer Blick auf die Thematik und die Applikation lohnt sich. Klar, eine Aussage über die Exothermie und die zeitliche Entwicklung ist schwer. Zumal die Energie durch den Reaktor und das Temperiergerät aufgefangen werden muss. Betrachten wir deshalb hier einmal den Reaktor:

Der Reaktor

Auch hier gilt: Reaktor ist nicht gleich Reaktor. Wie in Abbildung 1 gezeigt, reagiert die Prozesstemperatur auf die Manteltemperatur. Für den Mantel des Reaktors gilt also, dass die

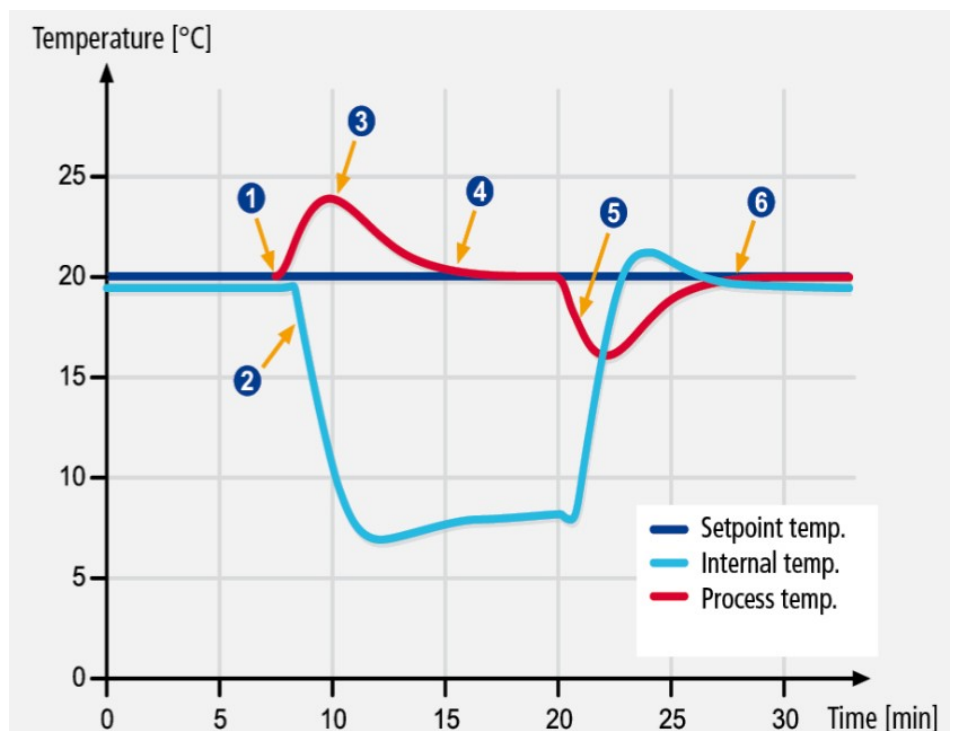


Abb. 1: Temperaturdiagramm einer exothermen Reaktion

- (1) Im Reaktorkern kommt es zu einer Exothermie. Die Prozesstemperatur steigt!
- (2) Die Manteltemperatur reagiert etwas verzögert und arbeitet gegen die Exothermie. Die Manteltemperatur fällt!
- (3) Die Exothermie konnte abgefangen werden. Die Prozesstemperatur erreicht den Maximalwert, die Manteltemperatur erreicht den Minimalwert.
- (4) Die Exothermie kann kontrolliert beim gewünschten Sollwert betrieben werden. Zwischen Prozesstemperatur und Manteltemperatur stellt sich ein charakteristisches Delta T ein.
- (5) Ist die Exothermie beendet, fällt die Prozesstemperatur weiterhin, da die Manteltemperatur noch unter dem Prozesswert liegt. Die Manteltemperatur steigt jedoch schnell an und erreicht in der Regel ein Maximum, das etwas über dem Sollwert liegt. Die Prozesstemperatur erreicht ein Minimum und nähert sich wieder (beeinflusst durch die Manteltemperatur) dem gewünschten Sollwert.
- (6) Der Prozess ist wieder im Gleichgewicht

„Kälteenergie“ ohne große Verzögerung durch den Mantel in den Prozess gelangen muss. Das Mantelmaterial, die Mantelstärke und auch der Spalt (Abstand Mantelinnenwand und Mantelaußenwand) spielen eine zentrale Rolle. Im Prinzip gilt:

- Je besser die Wärmedurchgangszahl, desto besser der Energietransfer

- Je dünner die Mantelstärke zum Prozess, desto besser der Energietransfer
- Je größer der Spalt, desto besser der Energietransfer
- ...

Neben diesen Faktoren spielen noch weitere Faktoren eine wichtige Rolle. Hierbei ist auch der innere Aufbau des Reaktors zu beachten. Viele Reaktorhersteller liefern Glasgefäße mit glatten Mantel-Innenwänden. Das kann Probleme bereiten. Wie nachfolgend erläutert wird:

Glasreaktor mit glatter Innenwand und Glasreaktor mit Strömungsstörer

Abbildung 2 zeigt links einen klassischen Doppelmantelreaktor. Die Temperierflüssigkeit wird am unteren Anschluss zugeführt und fließt am oberen Anschluss wieder zurück zum Temperiergerät. Bei einem Triple Wall Reaktor (rechts) mit Strömungsstörer fließt die Temperierflüssigkeit auch am unteren Anschluss in den Mantel und oben wieder zurück. Wie in diesem Artikel erläutert wird, ist diese Technik ~~ist~~ dem klassischen Reaktor jedoch überlegen.

Zeitlicher Temperaturverlauf der Manteltemperatur

Abbildung 3 zeigt, dass ein Triple Wall Reaktor bereits nach etwa 15 Minuten die Temperatur erreicht hat. Ein klassischer Doppelmantelreaktor braucht deutlich länger. Durch den Einsatz eines Triple Wall Reaktor lässt sich somit positiv Einfluss auf das Delta T zwischen Manteltemperatur und Prozesstemperatur nehmen. Das Delta T wird kleiner werden. Der Versuch wird schneller ausgeglet. Mehr Sicherheit ist die Folge.

Ein weiterer positiver Effekt für das Temperiergut im Reaktorkern ergibt sich durch die homogene Verteilung der Temperatur im Mantel.

Abbildung 4 zeigt links die Temperaturverteilung im Triple Wall Reaktor und rechts die Temperaturverteilung im klassischen Doppelmantelreaktor. Im Doppelmantelreaktor ist deutlich eine Zone mit unterschiedlicher Temperatur zu sehen.

Fazit

Eine Exothermie lässt sich besser, nämlich schneller und sicherer durch einen Triple Wall Reaktor mit Strömungsstörer ausregeln. Neben Schnelligkeit und Sicherheit bietet ein solcher Reaktortyp auch noch eine qualitativ bessere Prozessgüte, da Temperaturzonen innerhalb des Reaktormantels vermieden werden.

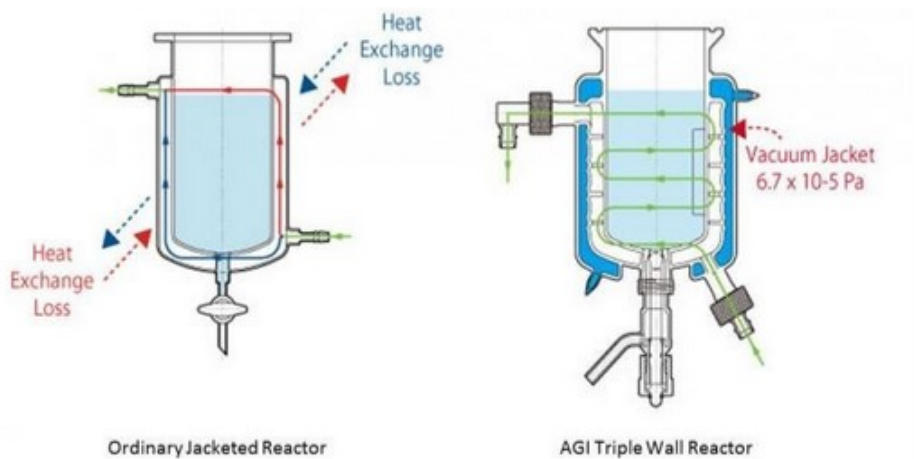


Abb. 2: Darstellung eines Doppelmantelreaktors

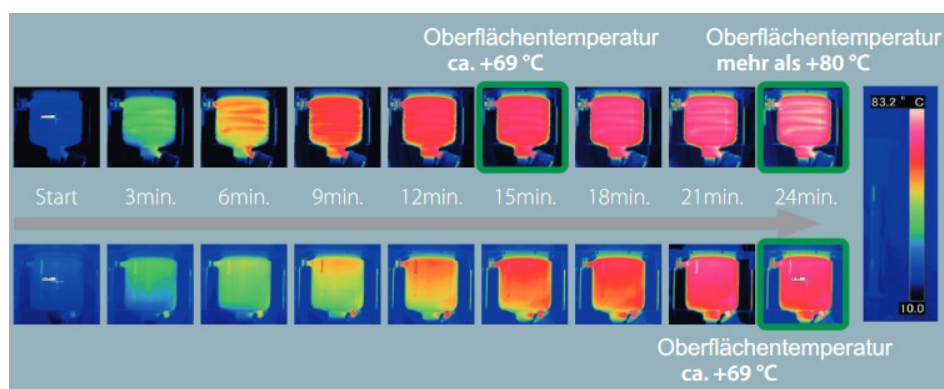


Abb. 3: Zeitlicher Temperaturverlauf in einem Triple Wall Reaktor (oben) im Vergleich mit einem Doppelmantel Reaktor (unten)

Gleichmäßiges Erhitzen / Kühlen

Glas Ring Baffles verhindern Kurzschlüsse von Wärmeübertragungsflüssigkeiten

- Optimale Wärmeübertragung
- Gleichmäßige und effiziente Temperaturstabilität

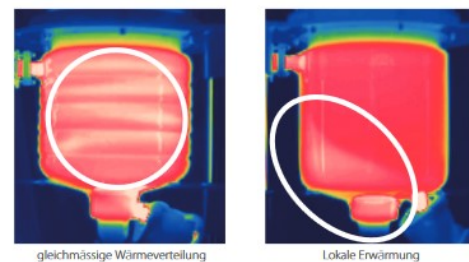


Abb. 4: Temperaturverteilung im Triple Wall Reaktor (links) im Vergleich mit einem Doppelmantel Reaktor (rechts)

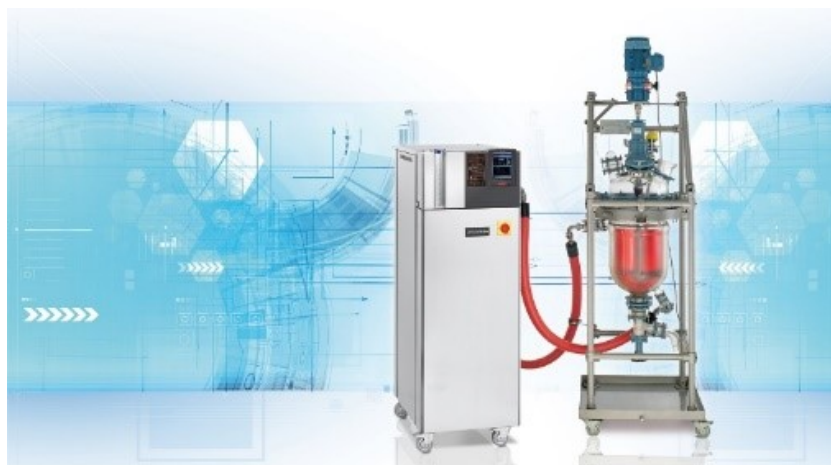


Abb. 5: Dynamisches Temperiersystem mit Glasreaktor