

Temperierung aus einer Hand

Primärenergiesysteme effektiv nutzen

Dipl.-Ing. Frank Kufen

Beim Chemieunternehmen Sigma-Aldrich in Steinheim nimmt die Temperierung der Reaktoren, Kondensatoren und Apparate eine Schlüsselstellung ein. Mit der kompletten Planung, Auslegung, Fertigung und Inbetriebnahme der Heiz- und Kühlsysteme wurde die Lauda GmbH beauftragt. Sie entwickelte ein spezielles Temperierkonzept für die verschiedenen Wärmeverbraucher in einem neuen Produktionsgebäude.



Die Kälteanlagen sind für eine Gesamtleistung von 320 kW bei einer Vorlauftemperatur des Wasser-Glykols von -30°C ausgelegt

Sigma-Aldrich ist ein führender Konzern im Bereich Life Science und High Technology mit einem jährlichen Umsatz von 1,4 Mrd. US\$. Am Standort Steinheim sind 160 Personen mit der Produktion von ca. 2000 unterschiedlichen organischen Verbindungen für die Spezialchemie beschäftigt. Lauda sollte für die verschiedenen Wärmeverbraucher in dem neuen Steinheimer Produktionsgebäude ein Temperierkonzept entwickeln, das die Primärenergiesysteme wie Dampf und Kühlwasser effektiv nutzt. Da etliche Verbraucher auch eine Tiefkühlung (-30°C) benötigten und kein derartiges System vorhanden war, musste auch über die Einrichtung eines neuen Tiefkältesystems nachgedacht werden. Es wurden zwei zentrale SUK 600 W-Kälteanlagen der Firma Lauda installiert, die Tiefkälte in Form von Wasser-Glykol über jeweils zwei 5 m^3 große Puffertanks aus Edelstahl den TR 400 HKT-

Sekundärkreisanlagen zur Verfügung stellen. Die Kälteanlagen sind für eine Gesamtleistung von 320 kW bei einer Vorlauftemperatur des Wasser-Glykols von -30°C ausgelegt.

Die Kälteanlagen arbeiten mit Schraubenkompressoren in einer speziellen Verbundschaltung. Über diverse Temperaturfühler wird entschieden, wie viele Kompressoren in Betrieb sind. Dieses Konzept stellt eine optimale energetische Fahrweise sicher und hilft Betriebskosten zu sparen. Eine der Kälteanlagen versorgt im Normalbetrieb die Lauda-Sekundärkreisanlagen TR 400 T, die für die Kühlung der Kondensatoren (-10°C) verantwortlich sind. Bei Bedarf kann diese Kälteanlage aber auch zur Kühlung der Reaktoren (-30°C) verwendet werden. Zur Wahrung der Verfügbarkeit und Betriebssicherheit bei z.B. exothermen Reaktionen sind beide Kälteanlagen mit redundanten Umwälzpumpen ausgerüstet, die im Stör-

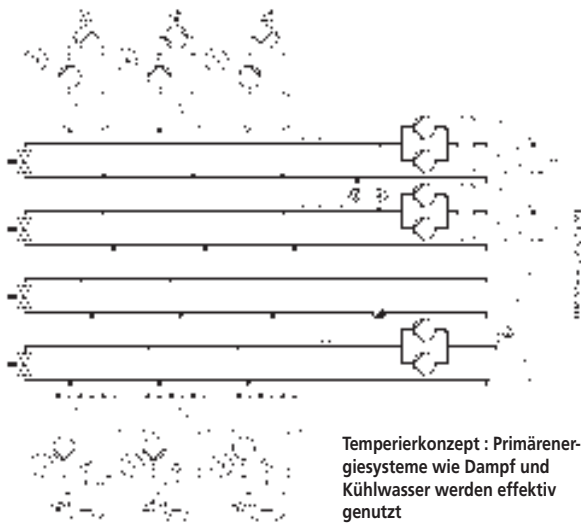
fall einer Pumpe automatisch auf die andere umschalten. Die Lauda-Sekundärkreisanlagen TR 400 HKT sind für die Temperierung der Reaktoren verantwortlich und mit jeweils drei Wärmetauschern ausgerüstet, die eine hydraulische Trennung zum jeweiligen Primärsystem sicherstellen. Diese Wärmetauscher bedienen sich der drei Primärenergien Dampf (vom Dampferzeuger), Kühlwasser (vom Kühlturm) und Wasser-Glykol (von Lauda-Kälteanlage).

Anforderungen an die thermische Prozessführung

Die Herstellung von Qualitätsprodukten im Chargenbetrieb setzt eine Prozessführung voraus, bei der der Temperaturverlauf als wesentlicher Parameter angesehen werden muss. Zur Erfüllung dieser Anforderungen eignet sich ein Flüssigkeitsumlaufsystem, das sich über Wärmetauscher der vorhandenen Primärenergiesysteme bedient. Als Wärmeträger wird dabei nur eine Flüssigkeit (z.B. Wasser-Glykol) benutzt, die mit Stickstoff überlagert wird. Die Verwendung eines einheitlichen Wärmeträgers (Mono-Fluid) über den gesamten Temperaturbereich (-30 bis $+160^{\circ}\text{C}$) ist dabei besonders vorteilhaft, da die konventionelle, direkte Aufschaltung von verschiedenen Energieträgern wie Dampf (zum Heizen), Kühlwasser (zum Kühlen) und Sole (zum Tiefkühlen) Nachteile mit sich zieht, wie z.B. Produktionsunterbrechung, Umschaltung und Umbau, Vermischung der verschiedenen Temperiermedien, keine nahtlose Temperaturführung. Ein weiteres großes Problem ist die Gefahr der Korrosion, was nur mit einem geschlossenen, unter Stickstoff stehenden Flüssigkeitssystem verhindert werden kann. Das wirkt sich entscheidend auf die Langlebigkeit und die Sicherheit der Apparate und Rohrleitungen aus. Werden die Doppelmäntel der Reaktoren direkt mit Kühlwasser, das z.B. von offenen Kühlturmsystemen kommt, zur Kühlung beaufschlagt, ist mit erheblichen Verschmutzungen zu rechnen, was den Wärmeübergang deutlich verschlechtert und zu erhöhten Prozesszeiten führt. Grundsätzlich ist immer eine hydraulische Trennung über Wärmetauscher anzustreben, da somit bei einem Produktdurchbruch in den Temperierkreis auch sichergestellt ist, dass keine Kontamination mit externen Systemen stattfinden kann. Ein weiterer großer Vorteil ist die weitgehende Unabhängigkeit von Schwankungen in den Primärkreissystemen, da auf der Wärmeträgerseite geregelt wird. Deswegen kann der regelungstechnische Aufwand in den Primärkreisen auf ein Minimum beschränkt werden.

Auslegung der Wärme- und Kälteleistung

Um die Temperiersysteme hinsichtlich Leistung, Wärmeträger und Abmessungen richtig auszulegen, müssen die Wärmeübergänge an den verschiedenen Apparaten betrachtet werden. Zentrale Fragen



sind hierbei beispielsweise: Wann von Kühlwasserkühlung auf Tiefkälte umzuschalten ist, für welche Leistung bei welcher Vorlauftemperatur die Kälteanlage zu dimensionieren ist oder ob der Reaktor überhaupt die angebotenen Leistungen der Temperier- und Primärsysteme übertragen kann. Diese Fragen haben entscheidenden Einfluss auf die Investitions- und Betriebskosten und sind zwingend nötig, um eine exakte Temperaturführung und energie-sparende Fahrweise zu erreichen. Deshalb ist es erforderlich, den Wärmeübergang zu berechnen. Hierfür sind Daten wie beispielsweise Bauform und Größe, Rührertyp und Austauschfläche erforderlich, um die Wärmedurchgangszahl k zu ermitteln. Basierend auf zahlreichen Daten und Gleichungen wurde mit Delta-T ein Computerprogramm entwickelt, das die Berechnung der Wärmedurchgangszahl sowie der Wärme- und Kälteleistung in Abhängigkeit von den Prozesstemperaturen, der Durchflussmenge an Wärmeträger, der Bauform des Reaktors, der Rührerbauform und Drehzahl zulässt. Alle Stoffwerte der einschlägigen Wärmeträger und Produkte sind in der integrierten Stoffdatenbank vorhanden und lassen sich für sämtliche Temperaturen und Drücke berechnen. Weiterhin finden sich die Daten aller gängigen Reaktor- und Rührerbauformen. Somit kann man schnell und einfach Berechnungen für verschiedene Temperaturen und Prozesse durchführen und Vergleiche mit anderen potentiellen Wärmeträgern anstellen.

Im Fall Sigma-Aldrich wurden mit den so gewonnenen Daten für alle Verbraucher Kennfelder für den Heiz-, Kühl- und Tiefkühlbetrieb erstellt, aus denen die erforderlichen Umwälzmengen, Wärme- und Kälteleistungen sowie die zu erreichbaren Heiz- und Kühlzeiten ablesbar sind. Diese Kennfelder dienen der optimalen Auslegung von Rohrleitungen, Armaturen, Apparaten, Pumpen und Wärmetauschern. Außerdem ist der Betreiber frühzeitig in der Lage, die Größe und Leistungen der Primärsysteme wie Dampf- und Kühlwasserversorgung zu bestimmen.

Anforderungen

Je nachdem, ob Reaktionen endotherm oder exotherm sind, muss Wärme zu- oder abgeführt werden. Die Wärmeübertragung kann zu großen Problemen führen, wenn z.B. Durchfluss-

mengen, Regelarmaturen und Austauschflächen zu klein oder zu groß dimensioniert sind. Nur, wenn das Temperiersystem und der Verbraucher optimal aufeinander abgestimmt sind, lassen sich optimale Regelergebnisse und damit eine hohe und gleichmäßige Produktqualität erzielen.

Das Temperiersystem muss eine Vielzahl von Funktionen und Anforderungen erfüllen:

- Regelgenauigkeit $\pm 0,5\text{K}$ im gesamten Temperaturbereich
- Regelung der Vorlauf- bzw. Manteltemperatur und der Produkttemperatur
- Programm- und Rampenfahrweise
- Regelung und Begrenzung der maximalen Temperaturdifferenz von Produkt- und Manteltemperatur (Emailschutz)

- Vermeidung von Über- und Unterschwingern $> \pm 2\text{K}$
- Möglichkeiten der Leistungsbegrenzung bei hohen Temperaturdifferenzen

Um dies zu erreichen, erfolgt die Einstellung der gewünschten Wärmeträgertemperatur über ein 3-Weg-Regelventil im Wärmeträgerkreis. Das bietet zudem den Vorteil konstanter Druckverhältnisse und Durchflüsse sowie ein sehr gutes Teillastverhalten.

Für den sicheren Betrieb sind folgende Sicherheitseinrichtungen vorzusehen:

- Frostschutteinrichtungen, um ein Aufrieren des Dampf- und Kühlwasserwärmetauschers zu verhindern
- Niveauüberwachung, um eine Über- oder Unterfüllung des Wärmeträgersystems zu vermeiden
- Strömungsüberwachung als Trockenlaufschutz der Pumpe
- Temperaturüberwachung, um eine unzulässige Überhitzung des Wärmeträgers zu vermeiden

Plug & Play-Modullösung

Lauda lieferte sämtliche Anlagen komplett vorgeprüft und anschlussfertig auf die Baustelle an. Obwohl die Steuerung der Sekundärkreisanlagen durch Sigma-Aldrich realisiert wurde, sind die Anlagen bereits im Lauda-Prüffeld im gesamten Temperaturbereich gefahren und alle Messstellen und Regelkreise kalibriert worden. Die Ergebnisse wurden in einem gemeinsamen FAT-Protokoll festgehalten. Vor Ort mussten lediglich noch die elektrischen und rohrtechnischen Anschlüsse hergestellt werden. Die Inbetriebnahme und Schulung der Temperiersysteme erfolgte durch das Lauda-Service Center.

Aus cav 6/05

Die Sekundärkreisanlagen TR 400 HKT sind für die Temperierung der Reaktoren verantwortlich und mit jeweils drei Wärmetauschern ausgerüstet

