

Hochtemperatur-Platten-Wärmeaustauscher in einem Chemiewerk

OLIVER NEEF, OSAMA NASSER

Die Temperatur- und Druckfestigkeit von Rohrbündel-Wärmeaustauschern hat ein Unternehmen mit der kompakten und materialsparenden Bauweise von Platten-Wärmeaustauschern kombiniert und damit einen Hochtemperatur-Plattenwärmeaustauscher geschaffen, der neue Einsatzbereiche erschließen soll. Neben den Eigenschaften der neuen Konstruktion wird eine Anwendung des Apparates im Reaktionsbereich der Styrolherstellung in einem Chemiewerk beschrieben.

Der Austausch von Wärme hat in nahezu jedem verfahrenstechnischen Prozeß eine zentrale Bedeutung. Durch die prozeßbedingte Notwendigkeit, Fluide zu erhitzen, zu kühlen, zu verdampfen oder zu kondensieren, ist der Einsatz von Wärmeaustauschern unumgänglich. Gerade in den vergangenen Jahren hat die Ersparnis teurer Primärenergie bei der Abwärmenutzung den Einsatz von Wärmeaustauschern gerechtfertigt. Bisher wurden in den meisten Anwendungsfällen Rohr- oder Plattenwärmeaustauscher eingesetzt.

Die Bauarten von Wärmeaustauschern sind so vielfältig wie ihre Anwendungen.

Abhängig vom jeweiligen Prozeß gibt es spezifische Varianten, wobei der Rohrbündel-Wärmeaustauscher in den verschiedensten Bauformen den Hauptanteil einnimmt. An zweiter Stelle liegt, mit steigender Tendenz, der Platten-Wärmeaustauscher. Auch hier gibt es zwischenzeitlich eine große Anzahl von verschiedenen Bautypen.

Mit der Entwicklung des vollverschweißten Hybrid-Wärmeaustauschers ist es gelungen, die Temperatur- und Druckfestigkeit des Rohraustauschers mit der kompakten und materialsparenden Bauweise des Plattenwärmeaustauschers zu kombinieren. Durch die kompakte, material- und platzsparende Bauweise konnte der Platten-Wärmeaustauscher in zunehmendem Maße neue Einsatzgebiete erobern. Bekanntermaßen liegt der k-Wert einer Platte höher als bei einem Rohr. Durch diese Tatsache ist der Materialanteil eines Platten-Wärmeaustauschers bei gleichen verfahrenstechnischen Vorgaben gegenüber dem Rohrbündel-Wärmeaustauscher wesentlich geringer.

Werkstofffrage klären

Die zu erwartenden Beanspruchungen für Platten-Wärmeaustauscher resultieren aus den Gegebenheiten der Prozeßabläufe. Einer der wichtigsten Parameter bei der Auswahl des Platten-Wärmeaustauschers ist die Werkstofffrage. Um die richtige Auswahl zu treffen, sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Temperatur
- Druck

- Konstruktion
- Medium

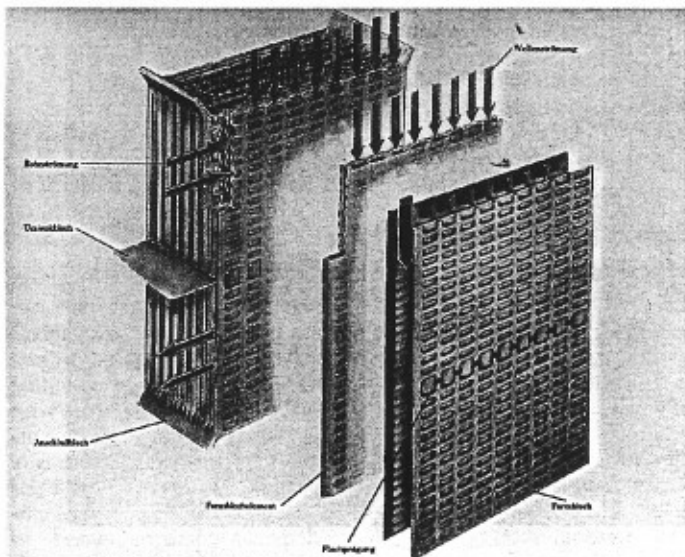
In erster Linie ist nun zu klären, wie die zur Verfügung stehenden Werkstoffe mit den zu erwartenden Medien harmonisieren. Die Konstruktionsweise des Apparates ist in die Konzeption einzubeziehen. Beispielsweise ist die Intensität des Korrosionsangriffes auf der Anströmseite des Apparates am stärksten und nimmt in Strömungsrichtung deutlich ab. Die geforderten Eigenschaften werden, je nach Mediumzusammensetzung und Arbeitstemperatur, weitgehend durch nichtrostende Stähle nach DIN 17441 oder höherlegierte, ferritische, austenitische, austenitisch-ferritische Stähle, Nickellegierungen und Titan abgedeckt.

Individuelle Problemlösungen

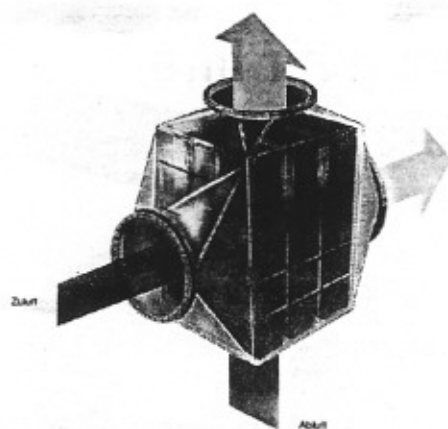
Die flexible Gestaltungsmöglichkeit des Hybrid-Systems gestattet individuelle Problemlösungen bei einfachster Bauweise.

Das Wärmeaustauscherpaket ist in seinen Abmessungen durch die Länge der eingesetzten Formbleche (Plattenlänge) sowie die Anzahl der übereinandergestapelten Formblechelemente (Stapelhöhe) gekennzeichnend. Durch die Möglichkeit, mehrere Pakete hintereinander anzuordnen, ist der Wärmeaustauscher-Block in allen Dimensionen variabel (**Bild 1**). Neben der Variation der äußeren Abmessungen kann die Geometrie der Strömungskanäle den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden.

Der Wärmeaustauscher kann als reiner Kreuzströmer oder Kreuzgegenströmer (**Bilder 2 und 3**) eingesetzt werden. Mehrere Durchgänge sind sowohl auf der Rohr-, als auch auf der Plattenseite realisierbar. Die Rohrquerschnitte sind durch unterschiedliche Prägertiefen im Bereich von 6,0 mm bis 9,0 mm veränderbar. Die plattenseitigen Strömungskanäle können durch eine spezielle seitliche Prägung erweitert werden. Auf der Plattenseite sind durch die Querprägungen sechs Strömungswege voneinander getrennt. Auf der Rohrseite wird bei Bedarf eine Trennung von Strömungswegen durch Flachprägungen erreicht. Die vielfache Umlenkung des Fluids führt zu einer Kreuz-Gegenstrom-Konfiguration, die eine weitgehende Annäherung an das Gegenstromprinzip bedeutet. Zur Umlenkung der Stoffströme müssen lediglich Umlenkleche in den Hauben und dem Paket installiert werden.



1: Der Wärmeaustauscher ist in seinen Abmessungen variabel: Formblech-Länge und Anzahl der übereinandergestapelten Formblechelemente können variiert werden



2: Hybrid-Wärmeaustauscher als Kreuzströmer

Die Temperaturgrenzen des Hybrid-Platten-Wärmeaustauschers liegen in der Regel bei -200 °C bis $+900\text{ °C}$. Der Druckbereich hat seinen momentanen oberen Grenzwert bei 60 bar Absolutdruck. Erfahrungen mit bereits eingesetzten Hybrid-Wärmeaustauschern haben gezeigt, daß, verglichen mit Rohrbündel-Wärmeaustauschern, die spezielle Konstruktion der Strömungskanäle einen wesentlich besseren Wärmeübergang sowohl bei Gasen als auch bei Flüssigkeiten erzielt. Der Hybrid-Wärmeaustauscher wird in allen Gebieten der Verfahrenstechnik als Kreuzströmer oder Kreuzgegenströmer in geschlossenen Systemen bei Übertragungen von Wärmeenergie zwischen den verschiedensten Medien eingesetzt. Heizflächendichten bis zu 250 m^2 Austauschfläche pro m^3 Bauvolumen sind realisierbar. Einzelapparate bis zu 7000 m^2 Heizfläche können gebaut werden.

Hochtemperatur-Hybrid-Wärmeaustauscher in der Styrolherstellung

Durch gezielte Weiterentwicklung der Konstruktion konnte der Hybrid-Wärmeaustauscher im Hochtemperaturbereich neue Anwendung finden. Bei der Hüls AG sollte der Hybrid-Wärmeaustauscher in einer Dehydrierungsanlage eingebaut werden. Mittels überhitztem Dampf von 750 °C wird dort ein Reaktionsgemisch von 580 °C auf über 600 °C erhitzt. Als Material wurde in diesem Fall der Werkstoff 1.4958, der auch unter der Bezeichnung Alloy 800 bekannt ist, gewählt.

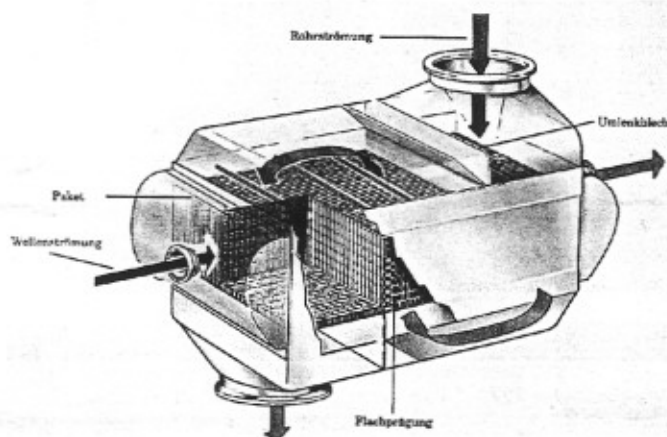
In einer vorhandenen Prozeßanlage ist die Installation neuer Einrichtungen aufgrund der vorhandenen baulichen Gegebenheiten meistens problematisch. Im vorliegenden Fall ist die mögliche Baulänge bzw. Bauhöhe des vorgesehenen neuen Wärmeaustauschers stark eingeschränkt. Bei der Auslegung des Wärmeaustauschers als Rohrbündelapparat ergab sich, daß aufgrund der Limitierungen und der daraus resultierenden möglichen Apparategeometrie die Rohrreihen am Eintritt des überhitzten Dampfes rechnerisch eine starke Schwingungsneigung aufwiesen. Bei den vorhandenen hohen Temperaturen ist diese Schwingungsneigung hinsichtlich der Lebensdauer des Apparates ein nicht zu unterschätzender Faktor und wäre im vorliegenden Fall nur durch höheren konstruktiv-

ven Aufwand in den Griff zu bekommen gewesen. Da der Apparat in ein komplexes statisches System von heißgehenden Rohrleitungen und Apparaten einzubinden war, mußte die Konstruktion hohe Stützenkräfte ($\sim 125\text{ kN}$) bedingt durch Kompensatorrückstellkräfte und Rohrschübe aufnehmen bzw. „durchleiten“ können und zudem für schnelle Temperaturwechselbeanspruchungen bei Anlagenschnellabschaltungen geeignet sein. Die Transferrohrleitungen für Dampf und Reaktionsgemisch sollten dabei direkt mit dem Apparat verschweißt werden.

Keine Lösung von der Stange

Während der Auslegung des Rohrbündelapparates wurden parallel Hersteller von Hybrid-Wärmeaustauschern angefragt, da auf-

3: Hybrid-Wärmeaustauscher als Kreuzgegenströmer



grund der Medien ein Plattenwärmeaustauscher als sinnvolle Alternative denkbar war. Aufgrund der hohen Temperaturen war aber nur eine voll geschweißte Gehäusekonstruktion mit verschweißten Plattensegmenten sinnvoll. Die Platten sollten in Blechprägetechnik gefertigt und maschinell verschweißt werden. Allen Beteiligten war schon im Vorfeld klar, daß eine Lösung von der „Stange“ nicht in Frage kam und eine völlige Neukonstruktion des Apparates erforderlich war.

In der Angebotsphase stellte sich aber schnell heraus, daß ein geschweißter Platten-Wärmeaustauscher (Hybrid-Wärmeaustauscher) selbst unter diesen speziellen Randbedingungen hinsichtlich der Abmaße, des Gewichtes und des Beschaffungspreises eine wirtschaftliche Alternative zu einem konventionellen Rohrbündel-Wärmeaustauscher darstellt. Obwohl – soweit bekannt – weltweit keine Betreibererfahrung mit einem solchen Apparat an der geplanten Einsatzstelle vorlag, entschloß man sich aufgrund der genannten Vorteile (ca. 40% Investorsparnis zur konventionellen Ausführung) und nach Abwägung möglicher Nachteile zum Einsatz dieses Apparates.

Während der Konstruktion des Apparates traten zahlreiche Probleme hinsichtlich der Anforderungen und der Eigenschaften des zu verwendenden Werkstoffes Nicrofer 32 20 H (VdTÜV-Werkstoffkennblatt 434) und der zu verwendenden Schweißzusatzwerkstoffe auf, für die aber in enger Zusam-

menarbeit mit den Hüls-Abteilungen Werkstofftechnik, Technische Überwachung und Verfahrensausrüstungen, der von der Hüls AG mit der Konstruktion und Berechnung der heißgehenden Transferrohrleitungen beauftragten Firma sowie dem vom Lieferanten beauftragten Ingenieurbüro (Apparatekonstruktion) eine Lösung gefunden werden konnte. Die bereits erwähnten hohen Stützenkräfte konnten mit einer speziellen Gehäuseausführung, einem speziell gelagerten Innenrahmen für das Plattenpaket und Schmiedestützen konstruktiv bewältigt werden. Der rechnerische Nachweis der Unterschreitung der zulässigen Spannungen im Apparategehäuse erfolgte dabei mittels des FEM-Programms ANTRAS.

Da bis dato keine eindeutigen Erfahrungen bezüglich der Prägbarkeit des verwen-

deten Materials vorlagen, konnten aufgrund der langen Materiallieferzeiten erst nach der Anlieferung der Bleche für das Plattenpaket erste Prägeversuche durchgeführt werden. Dabei stellte sich heraus, daß wider Erwarten die vorgesehene Prägetiefe ohne das Auftreten von Oberflächenrissen in den Blechen nicht erreicht werden konnte. Die erzielbare, etwas geringere Prägetiefe führte demzufolge rechnerisch zu einem etwas höheren Druckverlust des Apparates.

Die Abnahme des Apparates (Bauprüfung, Druckprobe usw.) erfolgte durch die Sachverständigen der Abteilungen Werkstofftechnik und Technische Überwachung der Hüls AG, welche bereits jahrelange praktische Erfahrungen mit dem verwendeten Werkstoff und dessen speziellen Eigenschaften haben.

Der Apparat wird in den nächsten Wochen installiert und in Betrieb genommen, so daß zum Zeitpunkt der Drucklegung noch keine Betreibererfahrungen vorliegen. Nähere Informationen vom Anbieter des Wärmeaustauschers über die Kennziffer

OTTO HEAT

324

und zu Erfahrungen des Anwenders über die Kennziffer.

HÜLS

325