

Hybrid-Wärmeübertrager

Von Osama Nasser, Kreuztal *)

Der Autor berichtet über einen Schwerpunkt im Produktionsprogramm der Otto Heat GmbH: den vollverschweißten Hybrid-Wärmeübertrager. Er füllt die Lücke zwischen den konventionellen Rohrbündel-, Platten- und Spiralwärmeübertragern. Durch die flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten ist bei gegebenen thermischen, physikalischen und geometrischen Voraussetzungen eine optimale Problemlösung möglich.

Summary of the report:

Hybrid-Heat Exchanger

A main point in the production program of the firm Otto Heat is the totally welded Hybrid-Heat Exchanger. It fills the space between the conventional pipe bundle-, plate- and spiral heat exchanger. With the flexible design possibilities of the Hybrid-system, an optimal solution of any problem is possible for thermal, physical and geometrical prerequisites. With its extremely compact construction (250 m² effective heating surface/m³) the result is very small dimensioned and low in weight. The Hybrid-Heat Exchanger is being utilized in all areas of process engineering as a cross streamer or counter cross streamer in closed systems, transmitting heating energy between different liquid and gaseous media. Next to the simple heat exchanger it can also be used as a vapourizer and condenser. The concession data lie at around 60 bar/900 °C.

These heat exchangers are built as fully welded constructions, without soldering joints or large surface sealings. All materials which are corrosion proof can be used. Prerequisite is simply bend- and weldability. The conformity to the different problems is reached by simple subdivision into different flow directions (cross countercurrent). The separate heat exchanger elements can be adapted in a cost efficient manner to many different media types, with a stamping tool with respectively differently finished stamping depth. The pipe shaped flow diameters with regular cross imprints not only provide a better heat transfer (than »stumble corners« for the flow), they also provide support between adjoining pipe diameters resulting in a considerable stiffening of the profiled sheet package. Through standardized elements with fixed widths, any length of plates (until appr. 8 m) and number of plates (until about 1 500 piece per block) heating surfaces up to 7 500 m²

per heat exchanger could be realized. Through the not-oscillatory construction and the elastic balancer for heat tension a high operational safety is guaranteed.

Allgemeines

Die Übertragung 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 Wärmeübertragern unumgänglich. Gerade in den letzten Jahren hat die Ersparnis teurer Primärenergie bei der Abwärmenutzung den Einsatz von Wärmeübertragern gerechtfertigt. Bisher wurden in den meisten Anwendungsfällen Rohr- oder Plattenwärmeübertrager eingesetzt.

Technisches Know-how und moderne Fertigungsanlagen bilden die Basis für die Produktion einer neuen Generation von Wärmeübertrager-Systemen für verfahrenstechnische Anlagen.

Der vollverschweißte Hybrid-Wärmeübertrager füllt die Lücke zwischen den konventionellen Rohrbündel- und Plattenwärmeübertragern. Jedes System für sich hat seine spezifischen Vor- und Nachteile (Bild 1).

Mit der Entwicklung des Hybrid-Wärmeübertragers ist es gelungen, die Temperatur- und Druckfestigkeit des Rohrübertragers mit der kompakten und materialsparenden Bauweise des Plattenübertragers zu kombinieren.

Durch die flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten des Hybrid-Systems ist bei gegebenen thermischen, physikalischen und geometrischen Voraussetzungen eine optimale Problemlösung möglich.

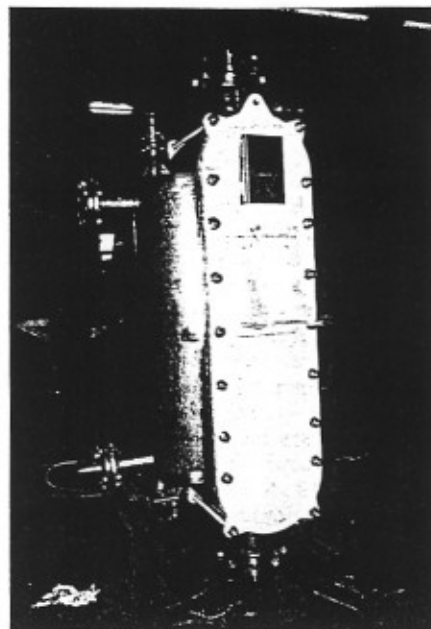


Figure 1. Totally welded Hybrid-heat exchanger

Bild 1. Vollverschweißter Hybrid-Wärmeübertrager

Die Temperaturgrenzen des Hybrid-Platten-Wärmeübertragers liegen in der Regel bei -200 °C bis +900 °C. Der Druckbereich hat seinen momentanen oberen Grenzwert mit 60 bar Absolutdruck.

Erfahrungen durch eingesetzte Hybrid-Wärmeübertrager haben gezeigt, daß, vergleichend mit Rohrbündel-Wärmeübertragern, die spezielle Konstruktion der Strömungskanäle einen wesentlich besseren Wärmeübergang sowohl bei Gasen als auch bei Flüssigkeiten erzielt.

Der Hybrid-Wärmeübertrager 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 m² Übertragerfläche je m³ Bauvolumen sind realisierbar. Einzelapparate bis zu 7 000 m² Heizfläche können gebaut werden.

Aufbau des Hybrid-Wärmeübertragers

Grundelement für alle Bauformen des Hybrid-Wärmeübertragers ist ein geprägtes Formblech mit einer Breite von 360 mm und Blechdicken von 0,4 mm bis 0,8 mm.

Zwei identische Formbleche seitenverkehrt übereinandergelegt und an den Seiten durch eine Rollnaht druck- und gasdicht verschweißt, ergeben ein Form-

*) Dipl.-Ing. O. Nasser ist Ressortleiter Energietechnik bei der Otto Heat Heizungs-, Energie- und Anlagentechnik GmbH & Co. KG, Kreuztal.

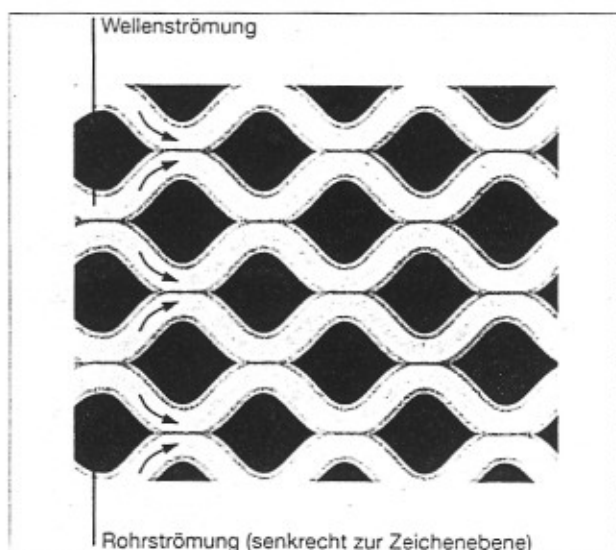


Figure 2. Cut through a Hybrid-heat exchanger

Bild 2. Schnitt durch einen Hybrid-Wärmeübertrager

blechelement. Es werden neun rechteckige Strömungskanäle mit wellenförmigem Verlauf gebildet, die die plattenseitige Strömung ermöglichen. Die Abgrenzung der neun separaten Strömungskanäle ist durch Querprägungen gegeben, auf denen die Formbleche aufeinanderliegen.

Der wellenförmige Verlauf bewirkt große Turbulenzen und somit gute Wärmeübergangsverhältnisse.

Das Hybrid-Paket entsteht, indem mehrere Formblechelemente gestapelt und an den Stirnseiten mit Quernähten verschweißt werden. Durch die spezielle Prägung werden elliptische Rohre senkrecht zu den plattenseitigen Strömungskanälen gebildet.

Erweiterter Einsatz als Heizvorwärmer

Wie in der Schnittdarstellung schon optisch zu erkennen ist, läßt die Rohrseite bei gleicher Anströmfläche größere Volumenströme zu als die Wellenseite. Durch mehrerer Prägeschritte, also größere Plattenlänge, kann die Menge des rohreseitigen Volumenstroms noch gesteigert werden, so daß sich die Rohrseite für den kondensierenden ND-Dampf in einem Vorwärmer anbietet, weil für den Dampf große Anströmflächen notwendig sind. Durch die kompakte Bauform ist der Hybrid-Wärmeübertrager in seinem Regelverhalten besonders gut für die Kondensatstauregelung geeignet.

Der Dampf wird über einen Halbzylinder verteilt und kondensiert auf der waagrecht angeordneten Rohrseite. Das Kondensat kann im unteren Teil über mehrere rohreseitige Wege geführt werden, wobei ein integrierter Unterkühler mit Kreuzgegenstrom entsteht. Durch Anstauen des Kondensates bis zum oberen Ende der Dampfhaube kann der stehende Vorwärmer bis auf 0 % heruntergekühlt werden.

Schnittdarstellung des Blechpaketes

Die Schnittdarstellung zeigt, daß nahezu die gesamte Blechfläche für die Wärmeübertragung zur Verfügung steht. Das eingesetzte Material wird also optimal genutzt (Bild 2).

Die Möglichkeit, sehr geringe Blechdicken zu verwenden, hat neben der Materialeinsparung den Vorteil, daß der Wärmedurchgang bei Werkstoffen mit geringer Wärmeleitfähigkeit weniger beeinflusst wird.

Jede Querprägung unterbricht den Rohrquerschnitt und schafft eine neue Anströmkante.

Neben den großen Turbulenzen in den Querprägungen (Stolperstellen) und den damit verbundenen positiven Einflüssen auf den Wärmeübergang und die Verschmutzungsneigung wirkt sich der Rohrdurchmesser derart aus, daß für die gegebene Wärmeübertragungsaufgabe eine sehr kurze Rohrlänge ausreicht und damit der Druckverlust gering bleibt.

Dieses kommt besonders dann zum Tragen, wenn große Ströme gekühlt oder erwärmt werden sollen.

Besonderheiten des wellenseitigen Strömungsquerschnittes

Die Strömungsgeometrie der Wellenseite ergibt einen wellenförmigen Spalt ohne tote Strömungsecken mit sehr guter Wärmeübertragung bei gleichzeitig nied-

rigen Druckverlusten. Der Druckbereich der Wellenseite liegt je nach Blechstärke und Prägeform bei 0 bar bis rd. 60 bar Absolutdruck. Mögliche Querprägungen zwischen den Wellen ergeben auch bei ungünstigen Anströmverhältnissen eine gleichmäßige Auslastung der Heizfläche. Durch die große wellenseitige Strömungsfläche ist die Einteilung in mehrere Strömungswege und damit eine gute Näherung an das Gegenstromprinzip möglich.

Für Medien mit besonders ungünstigen Verschmutzungseigenschaften kann der Wellendurchgang für eine mechanisch-physikalische Reinigung entsprechend erweitert werden.

Besonderheiten des rohreseitigen Strömungsquerschnittes

Die Strömungsgeometrie der Rohrseite wird durch rohrförmige Querschnitte von 330 mm langen Strömungskanälen gebildet. Regelmäßige Querprägungen in einem Abstand von 36,7 mm erzeugen Stolperstellen für die Strömung, wobei jede Querprägung eine neue Anströmkante mit großen Turbulenzen in der Grenzschicht der Strömung bildet. Diese wesentliche Erniedrigung des Wärmeübergangswiderstandes wird im Gegensatz zu anderen Möglichkeiten (Umlenkung der Strömung) mit einem geringen Druckverlust erreicht.

Fertigung

In einer Paketierungsvorrichtung werden die Formblechelemente einzeln gestapelt und auf Stapelhöhe plus Schweißzugabe gepreßt. Hier wird auf die genau festgelegte Lage der Heftstelle geachtet.

Mit je einem Halbautomaten werden an beiden Seiten die Quernähte fallend ohne Zusatzwerkstoff geschweißt. Es ist auf die satte Auflage der Bleche zu achten und der Anpreßdruck der Cu-Backen der Werkstoffqualität und Wanddicke anzupassen.

Eine visuelle Kontrolle durch die Schweißaufsicht wird in regelmäßigen Abständen durchgeführt.

Die Ecknaht ist die schweißtechnisch aufwendigste Naht und hat zwei Anforderungen zu erfüllen. Zum einen die vorgeschriebene Dichtheit zwischen Wellen-

und Rohrseite und zum anderen als Anschlußnaht für die Anschlußprofile (Hauben usw.). Auf eine gute Nahtvorbereitung wird hier speziell geachtet.

Weiterhin ist auf die Parallelität der beiden Nähte (Anschluß Profile) und die Einhaltung des Höhenmaßes (Stapelhöhe) zu achten. Für diese Arbeiten werden die Schweißer besonders geschult und über Farbeindringprüfung und Beugung der Fehlerhäufigkeit bei den Dichtheitsprüfungen überwacht.

Die vollgeschweißte Ausführung bedeutet sichere Trennung der beiden Medien, Einsatz bei höheren Drücken und Temperaturen, d.h. bedeutend erweitertes Einsatzgebiet als z.B. bei Plattenwärmeübertragern.

Die Seitenplatten sind mit eingeschraubten Ankern gehalten und nach Bedarf mit Tragpratzen, die Rohr- und Wellenseite mit halbrunden oder eckigen Hauben versehen. Die Hauben sind eingeschweißt oder nach Wunsch geschraubt.

Der Hybrid-Wärmeübertrager hat alle für den Betrieb erforderlichen Stützen und Nocken/Meßstützen.

Individuelle Problemlösungen

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

Das Wärmeübertragerpaket ist in seinen Abmessungen durch die Länge der eingesetzten Formbleche (Plattenlänge) sowie die Anzahl der übereinandergestapelten Formblechelemente (Stapelhöhe) gekennzeichnet. Durch die Möglichkeit, mehrere Pakete hintereinander anzuordnen, ist der Wärmeübertrager-Block in allen Dimensionen variabel.

Neben der Variation der äußeren Abmessungen kann die Geometrie der Strömungskanäle den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden.

Der Wärmeübertrager kann als reiner Kreuzströmer oder Kreuzgegenströmer eingesetzt werden. Mehrere Durchgänge sind sowohl auf der Rohr-, als auch auf der Wellenseite realisierbar.

Die Rohrquerschnitte sind durch unterschiedliche Prägertiefen im Bereich von 6 mm bis 11 mm veränderbar.

Die wellenseitigen Strömungskanäle können durch eine spezielle seitliche Prägung erweitert werden. Auf der Wellenseite sind durch die Querprägungen neun 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.

Somit können Wärmeübertrager für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle angeboten werden, wobei das Ausgangsmaterial stets ein Blech mit identischen Abmessungen bleibt. Die sich daraus ergebenden Vorteile hinsichtlich der Fertigung ermöglichen maßgeschneiderte Problemlösungen zu konkurrenzfähigen Preisen.

Die Merkmale des Hybrid-Systems in Kurzform

- Rohrförmige Strömungsquerschnitte ohne Strömungsschatten mit regelmäßigen Querprägungen, die einerseits als Stolperstellen in der Strömung für eine erhebliche Steigerung des Wärmeübergangs sorgen, ohne den Druckabfall wesentlich zu erhöhen, andererseits bewirken die Querprägungen eine Abstützung zwischen benachbarten Rohrquerschnitten und erreichen damit eine erhebliche Versteifung des Formblechpaketes.
- Die Wärmeübertragung findet über die zwischen 0,4 mm bis 0,8 mm dicke Wand des Übertragerelementes statt, die als Primärheizfläche ausgebildet ist.
- Einsatz von korrosionsbeständigen Materialien ohne Rücksicht auf die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes, solange dieser verform- und schweißbar ist.
- Reinigungsmöglichkeit der Strömungskanäle mit Wasser-, Luft- und Dampfstrahl sowie chemisch.
- Vollverschweißte Konstruktion, somit keine Lötstellen oder großflächigen Dichtungen.
- Anpassung an die verschiedensten Aufgabenstellungen durch einfache Unterteilung in mehrere Strömungswege (Kreuzgegenstrom).

• Eine Anpassung der thermodynamischen Eigenschaften der Wärmeübertragerelemente wird sehr kostengünstig durch ein Prägwerkzeug und unterschiedliche Prägertiefen vorgenommen.

• Durch die automatisierte Fertigung der Formbleche und höchste Präzision der Schweißarbeiten wird ein Höchstmaß an Qualität bei gleichzeitig geringem Kostenaufwand gewährleistet.

• Es kann ein großer Temperatur- und Druckbereich abgedeckt werden. Drücke: rd. 60 bar Absolutdruck (mit Sonderkonstruktionen auch höher).

• Die Temperaturbelastungsgrenzen liegen bei -200 °C bis +900 °C.

• Hohe Betriebssicherheit durch nicht schwingungsfähige Konstruktion und elastischen Ausgleich von Wärmespannungen.

• Durch standardisierte Elemente mit fixer Breite, beliebiger Plattenlänge (bis rd. 12 m) und Plattenzahl (bis rd. 1 500 Stück je Block), können Heizflächen bis zu 7 000 m² je Wärmeübertrager realisiert werden.

• Durch die kompakte Bauweise wird weniger Material eingesetzt. Dadurch vermindert sich das Betriebsgewicht (Stahl-Unterbau). Ebenso wird eine geringe Füllmenge an Medien (Hold-up) benötigt.

• Niedrige Füllmengen und die dünne Wanddicke verleihen dem Hybrid-Wärmeübertrager ein sehr gutes und sehr schnelles Regelverhalten.

Schlußbemerkung

Durch die flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten des Hybrid-Systems ist bei gegebenen thermischen, physikalischen und geometrischen Voraussetzungen eine optimale Problemlösung möglich.

Die Auslegung des Apparates wird über die gegebenen Rahmenbedingungen durch EDV mit bewährten Programmen ermittelt. Die physikalischen Daten für eine Vielzahl von Stoffkombinationen sind dafür abrufbar. Zulassungen aller bedeutenden Abnahmegesellschaften für den Hybrid-Wärmeübertrager liegen bereits vor.

Beim Bau des Hybrid-Systems kommen durch die Dünnblechverarbeitung unter Einsatz moderner Schweißverfahren leichte, platzsparende und wirtschaftliche Wärmeübertrager auf den Markt. Dieses System hat seinen angestammten Platz in der Industrie eingenommen und wird bei konsequenter Weiterentwicklung in immer mehr Industriezweige der Verfahrenstechnik eindringen. (6018)