

Redaktion: Konradin-Verlag, Dr. Bernd Rademacher

Autor: Manfred Hermanns, CTO VAU Thermotech GmbH & Co. KG

Es geht noch nachhaltiger: Fernwärme-Heißwasserbereitung mittels Hybrid Tubular-Plattenwärmetauschern als Heizkondensatoren

Ein Vergleich eines Hybrid Tubular-Plattenwärmetauschers (Hybrid Tubular Plate Heat Exchanger) mit einem Rohrbündelwärmetauscher (Shell & Tube Heat Exchanger) hinsichtlich effizienter und kostengünstiger Fernwärme-Heißwasserbereitung in Heizkraftwerken

Kürzlich berichtete eine Tageszeitung über die Modernisierung eines nordbayrischen Heizkraftwerks. Dort wurde ein Rohrbündel-Wärmetauscher als Heizkondensator für Turbinenabdampf und Fernwärme-Heißwasser eingebaut. Der Zeitung zufolge wiegt dieser Apparat 26 Tonnen, ist zehn Meter lang, misst 1,6 Meter im Durchmesser und besteht aus 1.804 Rohren. Er überträgt mit einer Heizfläche von 800 Quadratmetern eine Wärmeleistung von 51 Megawatt.

Maßstabsgetreuer Größenvergleich eines Rohrbündelwärmetauschers (links) mit einem Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher (rechts)



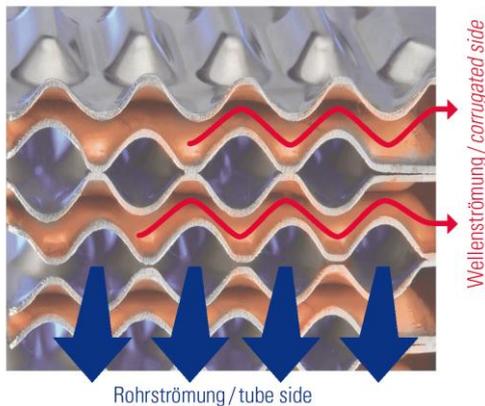
Zum Vergleich: Ein vollverschweißter Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher von VAU Thermotech, der für die Erzeugung von Fernwärme-Heißwasser in einem niederländischen Müllheizkraftwerk verwendet wird, überträgt eine Wärmeleistung von 52 Megawatt bei einer Heizfläche von lediglich 382 Quadratmetern und einem Gewicht von gerade einmal 7,8 Tonnen. Doch warum ist ein Hybrid Tubular-Wärmetauscher leistungsfähiger, benötigt nur 48 Prozent der Übertragungsfläche und einen um 70 Prozent geringeren Materialeinsatz?

tauscher leistungsfähiger, benötigt nur 48 Prozent der Übertragungsfläche und einen um 70 Prozent geringeren Materialeinsatz?

Praxisvergleich Rohrbündel mit Hybrid				Vorteile Hybrid Tubular-Wärmetauscher
Leistung	MW	51	52	1,9 Prozent mehr Leistung
Heizfläche	m ²	800	382	Etwa halbe Heizfläche bei gleicher Leistung
Gewicht	t	26	7,8	Gewichtersparnis bis zu 75 Prozent
Länge	m	10	2,3	Benötigt nur ca. 1/5 der Aufstellfläche
Breite	m		1,3	
Höhe	m		3,57	
Durchmesser	m	1,6		
Aufstellfläche	m ²	16	2,99	Gut 50 Prozent räumlicher Bedarf
Aufstellraum	m ³	25,6	10,67	
Aufstellung	-	liegend	stehend	Kompakteres Kessel-/ Maschinenhaus

Rohr- und Plattenwärmetauscher in Einem

Der Grund dafür ist der sandwichartige Aufbau der vollverschweißten Formblechelemente, die auf- und aneinandergelegt eine Rohr- und eine Wellenseite ergeben. Durch die spezielle Plattengeometrie werden optimale Strömungsquerschnitte für den kondensierenden Dampf auf der einen Seite (Rohrseite) und eine turbulente Wasserströmung auf der anderen Seite (Wellenseite) erzeugt. Im Vergleich zu einem Rohrbündelwärmetauscher bietet der so entstandene Hybrid aus Rohr- und Plattenwärmetauscher eine in etwa drei Mal höhere spezifische Heizflächendichte pro m³ Raum.



Die im Hybrid eingebauten Edelstahl-Heizflächen-Plattenpakete sind variabel und modular in Länge, Breite und Höhe aufbaubar. Dadurch kann die Wärmeübertragungsfläche zwischen 50 und 10.000 m² variiert und der Apparat anhand der bereits vorhandenen baulichen Gegebenheiten (Raumgröße, Rohrleitungen, Anschlüsse) konstruiert und gebaut werden.

Basierend auf Auslegungsparametern werden die Strömungsquerschnitte des Hybrid Tubular-Wärmetauschers durch die flexibel einstellbare Prägetiefe der Prägewerkzeuge angepasst. Die Prägetiefe hat direkten Einfluss auf die Druckverluste, den Wärmeübergang und die Geometrie der Wärmeübertragungsfläche. Zur Wahl stehen Durchmesser zwischen fünf und zehn Millimetern auf der Rohrseite und Spaltbreiten zwischen vier und acht Millimetern auf der Wellenseite.

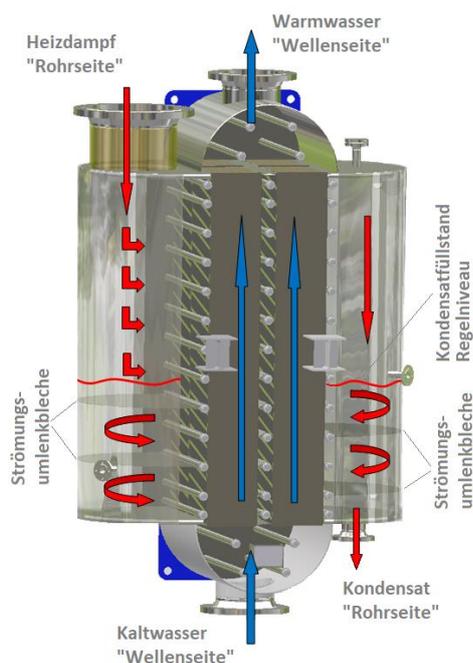
Zwar reduzieren größere Prägetiefen Heizflächendichte und spezifischen Wärmeübergang, wirken sich jedoch vorteilhaft auf Reinigung und Standzeit des Apparats aus. Denn mit einem ausreichend dimensionierten Querschnitt lässt sich die Rohrseite gut mit Reinigungslösungen durchspülen – ohne den Apparat zu zerlegen. Die Wellenstruktur hingegen sorgt für Verwirbelungen, die es Wasserinhaltsstoffen erschweren, sich festzusetzen.

Insgesamt lässt sich mit dem Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher eine höhere Leistung bei kompakten Bauformen realisieren, was den Materialeinsatz reduziert sowie Gewicht und Herstellungskosten senkt.

Die Funktionsweise des Hybrid Tubular-Wärmetauschers als Heizkondensator

Die Heißwasserbereitung in einem Hybrid Tubular Plate Heat Exchanger erfolgt im Kreuzstrom: Dampf tritt von oben in die Einströmhaube ein, strömt waagrecht durch die Rohrseite, erwärmt das über die Wellenseite gepumpte Wasser und kondensiert dabei.

Das Kondensat sammelt sich auf der Rohrseite an der Behälterunterseite und wird über die Umlenkleche zum Kondensataustrittsstutzen in mehreren Wegen zwangsgeführt. Dadurch wird es präzise auf eine bestimmte Solltemperatur unterkühlt. Die Anzahl der Strömungswege sind in der Unterkühlzone frei wählbar. Die Einleitung von Prozesskondensat mit einem höheren Druckniveau ist hier ebenso möglich.



Im Gegensatz zu klassischen Plattenwärmetauschern, bei denen die Anschlüsse direkt auf der Platte angebracht werden, befinden sich diese beim Hybrid in den angeschweißten Ein- und Ausströmhauben. Daraus ergeben sich mehrere Vorteile: So können in Abhängigkeit der geometrischen Größe der Plattenpakete alle beliebigen Nennweiten angebracht werden, zum Beispiel Rohrdurchmesser bis DN 1.500 beim Dampfeintritt. Ferner erfordern spezielle Betriebsarten und Funktionen zusätzliche Anschlüsse. Im Vakuumbetrieb müssen beispielsweise nicht kondensierbare Gase an bestimmten Stellen im Apparat abgesaugt werden, was dank des Designs des Hybrid Tubular-Plattenwärmetauschers leicht realisierbar ist. Ebenso können Füllstandrohre und -anzeiger, Messstutzen, Entlüftungen, Entgasungen bzw. Entleerungen flexibel am Behälter angebracht werden.

Da der Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher – genauso wie der Rohrbündelwärmetauscher – an alle Betriebsbedürfnisse anpassbar ist, ist das Behälterdesign des Hybrid Tubular Plate Heat Exchanger dem des Shell & Tube-Wärmetauschers sehr viel ähnlicher als dem üblichen Plattenwärmetauscher.

Heizleistung bedarfsabhängig und stufenlos zwischen 0 und 100 Prozent abrufbar

Heizungswasservorlauftemperaturen sind witterungsgeführt. Dem müssen Heizleistung und Heißwasserbereitung Rechnung tragen. Im Gegensatz zu einem Rohrbündel-Wärmetauscher ist bei einem Hybrid Tubular-Wärmetauscher die Nutzung der Heizfläche komfortabel zu regeln, indem die vom Dampf durchströmte Fläche des Plattenpakets über die „Kondensatstauregelung“ entsprechend minimiert oder maximiert wird.

Wie der Begriff andeutet, erfolgt die Steuerung der Heizleistung über das Kondensatablaufventil, das die Kondensatablaufmenge regelt. Eine Reduzierung des Ventilquerschnittes lässt das Kondensatniveau auf der Rohrseite ansteigen. Dadurch vermindern sich die freie Kondensationsfläche und die übertragende Leistung. Wird hingegen wieder eine größere Heizfläche benötigt, ist nur das Kondensatablaufventil zu öffnen und schon wird eine größere Übertragungsleistung freigegeben. Muss der Kondensator doch einmal stillgelegt werden, wird der Dampfraum vollständig mit Kondensat geflutet. Positiver Nebeneffekt: das Kondensat schützt den Apparat gegen Korrosion (nasse Konservierung). Im Übrigen ist die Leistung – wie auch bei allen anderen dampfbeheizten Apparaten – ebenfalls über den Dampfdruck mit einem entsprechenden Dampfdruckregelventil regelbar.

Die besondere Kondensatstauregelung des VAU Thermotech Hybrid Tubular-Wärmetauschers ermöglicht es, die Heizleistung nahezu stufenlos zwischen 0 und 100 Prozent zu skalieren. Das schnelle Regelungsvermögen gegenüber eines Rohrbündelwärmetauschers geht einher mit einer guten Wärmeübertragung und einer hohen Heizflächendichte.

Plattenwärmetauscher sind nicht gleich Plattenwärmetauscher und Dampf ist nicht gleich Dampf

Bei einem dampfbeheizten Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher kommen Plattenwandstärken ab 0,8 mm zum Einsatz. Auf den ersten Blick mag der etwas höhere Materialeinsatz im Vergleich zu einem klassischen Plattenwärmetauscher mit Wandstärke von 0,4 mm als zu hoch bzw. im Vergleich zu einem Rohrbündel-Wärmetauscher mit einer Wandstärke von 1,2 mm als zu gering erscheinen.

Doch gerade bei einem Einsatz von feuchtem Dampf im Zweiphasengebiet ist der Hybrid Tubular-Wärmetauscher mit seinem stärkeren Edelstahlblech besser gegen Abrasion durch mit hoher Geschwindigkeit auftreffende Wassertropfen geschützt als ein Plattenwärmetauscher. In Kraftwerken, die eine hohe Ausfallsicherheit aufweisen müssen, ist dies entscheidend. Ein Hybrid garantiert damit längere Standzeiten durch geringere Abnutzung.

Großvolumige Ströme erzeugen über einen größeren Strömungsquerschnitt geringere Geschwindigkeiten und dadurch geringere Druckverluste. Das vollverschweißte Plattenpaket des Hybrid Tubular-Wärmetauschers wird mit seinem drucktragenden Gehäuse komplett verschweißst. Die Folge: es werden keine Dichtungen benötigt, die spröde werden und regelmäßig ausgetauscht werden müssten.



Bei der thermischen und mechanischen Auslegung eines Heizkondensators sind stets Dampfzustand und Dampfqualität zu berücksichtigen. Nicht kondensierbare Gase verringern den Kondensationsdruck und sollten im laufenden Betrieb abgesaugt werden, um die Heizfläche nicht zu blockieren und totzulegen.

Eine Überhitzung des einströmenden Dampfes sowie auch feuchter Dampf haben Einfluss auf die Dampfmenge und auf die mechanische Festigkeit der verarbeiteten Materialien. Zur guten Auslegung eines jeden Heizkondensators gehört daher die sorgfältige Nachberechnung der verschiedenen Lastfälle, Designwerte, des Minimums und Maximums jeweils in Abhängigkeit der möglichen Betriebsdrücke.

Nur so sind mechanische Belastungen aller Bauteile, die in Folge von Strömungsgeschwindigkeiten, Druckverhältnisse, Dampfzustände und thermische Spannungen auftreten, prognostizierbar.

Fazit: für moderne Kraftwerke gilt

Seit fast 30 Jahren arbeiten vollverschweißte Hybrid Tubular-Wärmetauscher als Heizkondensatoren störungsfrei in verschiedenen Kraftwerken, Heizkraftwerken und Müllverbrennungsanlagen. Sie haben damit mittlerweile ähnliche Standzeiten erreicht, wie der klassische Rohrbündel-Wärmetauscher.

Beispiele für die jahrzehntelang erfolgreiche Nutzung von Hybrid Tubular-Wärmetauschern als Heizkondensatoren finden sich in den Heizkraftwerken von Wärme Hamburg und den Stadtwerken Augsburg. Bei beiden Betreibern werden aktuell die sich immer noch in Betrieb befindlichen Hybrid Tubular-Wärmetauscher durch solche mit einer höheren Heizleistung ausgetauscht.

Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher sind preiswert in der Anschaffung, flexibel in der Bauform, besitzen ein geringes Gewicht und bieten auf wenig Fläche eine hohe Heizleistung. Im Betrieb zeichnen sie

sich durch Wartungsfreundlichkeit, Ermüdungsbeständigkeit, Effizienz und flexible Anpassung an unterschiedliche Anforderungen aus.

Durch ihre hohe Standzeit sorgen sie für eine sichere und kontinuierliche Verfügbarkeit der Fernwärme-Heißwasser Bereitung. Eine Erweiterung oder Neuplanung eines Kraftwerkes mit diesem Apparatetyp wird Wirkungsgrad, Wirtschaftlichkeit und die variabelere Nutzung der Gesamtanlage erhöhen.

(10.705 Zeichen inkl. Leerzeichen)

Beispielhafte Gegenüberstellung zweier Hybrid Tubular-Plattenwärmetauscher



Hybrid Tubular-Wärmetauscher
des AEB Amsterdam (52 MW)



Hybrid Tubular-Wärmetauscher
des HEW Hamburg (60 MW)