

Trotzen selbst starken Säuren

Plattenwärmetauscher aus Siliziumkarbid

Plattenwärmetauscher stellen eine hocheffiziente apparative Lösung zur Wärmeübertragung dar. Für den Einsatz in korrosiven Anwendungen bietet es sich an, die Vorteile der Bauform mit der nahezu universellen Chemikalienbeständigkeit und Abrasionsfestigkeit des keramischen Werkstoffs Siliziumkarbid zu verbinden.

Bei vielen Bewertungskriterien von Wärmetauschern wie Baugröße/Platzbedarf, Gewicht, Übertragungsflächenbedarf, Füllvolumen, Foulingfaktoren oder Reinigungsaufwand übertreffen Plattenwärmetauscher klassische Rohrbündelapparate. So fällt zum Beispiel der Flächenbedarf im Durchschnitt um 40 bis 50 % geringer aus, je nach Anwendung sogar noch deutlich darunter. Die Platten haben meist eine Wanddicke von 1 bis 2 mm, was eine rationelle Fertigung durch Umformung ermöglicht. Das Werkstoffspektrum ist bei diesem Produktionsverfahren begrenzt auf Edelstähle, Sonderlegierungen, Kupfer, Titan oder auch imprägniertes Graphit. Die genannten Werk-

stoffe sind allerdings nur eingeschränkt chemikalienbeständig, insbesondere in extrem korrosiven Anwendungen. Somit liegt es nahe, die Vorteile der Bauform mit der nahezu universellen Chemikalienbeständigkeit und Abrasionsfestigkeit des keramischen Werkstoffs Siliziumkarbid zu verbinden. Die Abtragsraten liegen selbst bei anspruchsvollster chemischer Beanspruchung größtenteils weit unterhalb von $10 \text{ mg/cm}^2\text{a}$. Entscheidend dafür ist jedoch die verwendete Modifikation: Diese exzellente, praktisch universelle Chemikalienbeständigkeit bietet nur das direkt gesinterte Alpha-Siliziumkarbid, technisch abgekürzt SiC.

Mäanderförmige Kanalstruktur

Fertigungstechnologisch erfordert der Einsatz von keramischen Werkstoffen allerdings ein Umdenken. Die Formgebung der SiC-Platten erfolgt spanend im sogenannten Grünzustand, d. h. an den isostatisch gepressten, aber noch nicht gesinterten Platten. Die Platten besitzen je nach Größe und Ausführung eine Gesamtstärke von ca. 6 bis 10 mm aus der im Platteninneren der Kanalraum für die Medien ausgefräst wird. Die Kanalfläche besitzt Profilierungen, die zur Stromführung, zur Turbulenzerzeugung und zur Abstützung der Kanalfläche gegen die nächstfolgende Platte dienen. Eine mäanderförmige Kanalstruktur sorgt für eine sehr gute Flächenausnutzung bei weitgehend fehlenden Kurzschluss- und Totraumanteilen. Je nach Plattengröße und Anwendungserfordernis können weitere Design-Elemente implementiert werden.

Das grundsätzliche Konzept für Plattenwärmetauscher aus SiC wurde von 3M Technical Ceramics, ehemals ESK Kempten, zur Marktreife geführt. Insbesondere die materialspezifischen Herausforderungen in der Herstellung standen dabei im Vordergrund. Mit der Übernahme der Baureihe durch GAB Neumann kommt nun eine langjährige anwendungstechnische Kompetenz und die Erfahrung eines klassischen Apparatebauers hinzu. Der Apparatetyp ergänzt die Corresic-Produktfamilie mit den SiC-Wärmetauscher-typen Rohrbündel und Block. Im Rahmen des Produkttransfers wurde und wird der apparative Gesamtaufbau im Hinblick auf die anwendungstechnischen Erfordernisse optimiert und angepasst.



Bilder: 3M Technical Ceramics

Plattenwärmetauscher mit SiC-Platten verbinden die Vorteile der Bauform mit der nahezu universellen Chemikalienbeständigkeit und Abrasionsfestigkeit des keramischen Werkstoffs



Eine mäanderförmige Kanalstruktur sorgt für eine sehr gute Flächenausnutzung bei weitgehend fehlenden Kurzschluss- und Totraumanteilen

Eigenschaft	Norm	Symbol/Einheit	Wert
Dichte	DIN EN 623-2	ρ g/cm ³	3,15
Porosität (innere)	DIN EN 623-2	P %	< 2,0
Korngrößenspektrum		μm	10 ... 1.500
Elastizitätsmodul	DIN EN 843-2	E GPa	430
Weibull-Modul	DIN EN 843-5	m	10
Biegefestigkeit, 4-Pkt.	DIN EN 843-1	σ_B MPa	400
Druckfestigkeit	DIN 51104	σ_D MPa	> 2.500
Bruchzähigkeit		K_{Ic} MPa m ^{0,5}	4,0
Wärmeleitfähigkeit	DIN 821-2	λ W/mK	130
Wärmeausdehnungskoeffizient	DIN 821-1	α 10 ⁻⁶ /K	3,8 (25 ... 500°C)
spezifische Wärme	DIN 821-3	c_p kJ/kgK	0,69

Werkstoffkennwerte von 3M Siliziumkarbid Typ C

Universell korrosionsbeständig

Bei dem verwendeten Plattenwerkstoff 3M SiC Typ C handelt es sich um ein drucklos gesintertes SiC mit universeller Korrosionsbeständigkeit. Die konkreten Werkstoffkennwerte sind in der Tabelle zusammengefasst. Die maximalen Abmessungen von keramischen Platten sind im Vergleich zu metallischen Apparaten begrenzt. Dies hat zwei Gründe: Die Platten-Grünkörper müssen einerseits einen Sinterprozess bei ca. 2000 °C durchlaufen, wobei das aufwendige Sinterequipment einer beliebigen Vergrößerung der Platten technologische Grenzen setzt. Ein anderer Grund ist die Effektivität des Plattenprinzips. Der Wärmedurchgang liegt mit Faktor 2 bis 4 weit über anderen klassischen Wärmeübertragertypen. Folglich können bereits mit kleinen Wärmeübertragungsflächen hohe Übertragungsleistungen erzielt werden. Es gibt aktuell drei Baureihen bzw. Plattengrößen 260 x 120, 500 x 200 und 585 x 250 mm. Die Apparate sind KTW-konform und können auch FDA-konform ausgeführt werden.

Potenzielle Anwendungsgebiete

Der Werkstoff Siliziumkarbid ist aus wirtschaftlichen Gründen vorwiegend dem Einsatz bei hoch korrosiven und/oder abrasiven Prozessbedingungen vorbehalten. Wegen der nicht vorhandenen Kontaminations- und Emissionsgefahr kann er bei entsprechender Vorbehandlung auch im Bereich hochreiner Prozesse (bis ppt-Bereich) verwendet werden. Das Corresic-Portfolio an Siliziumkarbidwärmetauschern umfasst die Rohrbündelapparate Typ SR, die Blockwärmeübertrager Typ SE und die Plattenapparate Typ SP. Der Apparatetyp SP ist besonders für

Anwendungen mit hoher Leistung bei gleichzeitig geringen bis mittleren Durchflussmengen geeignet. So gibt es beispielsweise sehr häufig Bedarfsfälle, bei denen hochkonzentrierte Schwefelsäure verdünnt werden muss, wobei sich eine relativ hohe Mischungstemperatur einstellt. Obwohl die Säuredurchsätze oft gering sind (wenige m³/h), also kleine Strömungsquerschnitte erfordern, ergeben sich infolge großer angestrebter Temperaturdifferenzen (etwa 100 bis 140 °C) auch erhebliche Leistungen und demzufolge relativ große Flächenbedarfe. Rohrbündel- oder auch Blockapparate erfordern in solchen Konstellationen in der Regel Mehrfachdurchgänge, die durch eine verschlechterte mittlere Temperaturdifferenz den Flächenbedarf weiter vergrößern. Häufig müssen dann sogar mehrere Apparate in Reihe geschaltet werden, um die geforderte Kühlleistung bzw. Übertragungsfläche zu erbringen. Eine Reihe von Anwendungsfällen, insbesondere bei Temperaturüberschneidungen, sind mit Rohrbündel- oder Blockapparaten so gar nicht bzw. schwer realisierbar.

Kompakter Plattenapparat

SiC-Plattenwärmetauscher erlauben eine große Variabilität bei gleichzeitig einfacher Umsetzung der Mehrgängigkeit im Apparat. Dies zeigt das Beispiel einer 70 %igen Schwefelsäurekühlung eindrucksvoll, bei der eine Temperaturspreizung 140 °C/45 °C mittels Kühlwasser 25/38 °C zu realisieren ist. Zwei sehr lange, schlanke Rohrbündelapparate DN 125/je 4,5 m lang, können durch einen sehr kompakten Plattenapparat mit der Abmessung 0,6 x 0,6 x 0,35 m ersetzt werden. Der Flächenbedarf des Plattenapparats beträgt dabei sogar nur knapp 30 %

der gesamten Übertragungsfläche beider Rohrbündelapparate. In entsprechend umgekehrter Relation stehen auch die Wärmedurchgangszahlen. Bei diesem Vergleich stehen 34 SiC-Rohre 14 x 1,5 mm/4,0 m lang 30 SiC-Platten 500 x 200 x 7 mm gegenüber. Ähnliches gilt auch für Anwendungen mit höher- oder hochviskosen Medien. Auch hier zeigen sich die Vorteile von Plattenapparaten deutlich.

In einer SiC-Plattenwärmetauscherinstallation, bestehend aus vier Apparaten für Vorwärm- und Kühlprozesse eines speziellen Schwefelsäureprodukts konnten erfolgreich sehr große Graphit-Rohrbündelapparate durch SiC-Plattenapparate ersetzt werden. Die Übertragungsflächen liegen zwischen 1,5 bis 2,5 m² und der Betriebstemperaturbereich bei 15 bis 150 °C.

www.prozesstechnik-online.de

Suchwort: cav0717gabneumann



AUTOR
TOBIAS SCHNURPFEL
Geschäftsführer,
GAB Neumann



AUTOR
DR. MATTHIAS REITZ
Produktmanager SiC-
Wärmeübertrager,
GAB Neumann