

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1485/2007
(22) Anmeldetag: 21.09.2007
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2013

(51) Int. Cl. : **F28F 1/40** (2006.01)
F28F 13/12 (2006.01)

(30) Priorität:
27.09.2006 DE 102006045650 beansprucht.

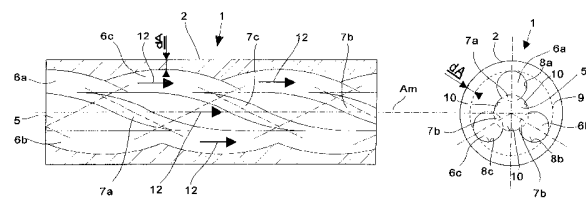
(56) Entgegenhaltungen:
EP 1378719 A1 DE 2305791 A1
DE 10038624 A1 EP 0257220 A1

(73) Patentinhaber:
TECHEFFEKT ANSTALT
FL-9494 SCHAAN (LI)

(72) Erfinder:
AMMANN JOSEF DIPL.ING. (FH)
SCHAAN (LI)

(54) HELIX-KANAL FÜR EINE ERZWUNGENE STRÖMUNG

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Helix-Kanal für eine erzwungene Strömung in einem Wärmeübertrager, der einen zentralen Strömungskanal und mindestens einen wendelförmig um den zentralen Strömungskanal umlaufenden Aussenströmungskanal aufweist, wobei der Aussenströmungskanal einen radialen Fluidübergang zum zentralen Strömungskanal aufweist. Der Wirkungsgrad eines Wärmeübertragers soll verbessert werden. Hierzu ist stromabwärts vom ersten Kanalabschnitt ein zweiter Kanalabschnitt angeordnet, der mindestens einen Aussenströmungskanal enthält und eine Drosseleinrichtung im zentralen Strömungskanal aufweist. Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf einen Fluidströmungsblock, die Verwendung des Helix-Kanals als Stoffübertrager, Fluidmischer und als Katalysator.



Figur 2a

Figur 2b

Beschreibung

WÄRMEÜBERTRAGER MIT EINEM HELIX-KANAL FÜR EINE ERZWUNGENE STRÖMUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager mit einem Helix-Kanal für eine erzwungene Strömung, mit einem ersten Kanalabschnitt, der einen zentrischen Strömungskanal und mindestens einen wendelförmig um den zentrischen Strömungskanal umlaufenden Außenströmungskanal aufweist, wobei der Außenströmungskanal einen radialen Fluidübergang zum zentrischen Strömungskanal aufweist.

[0002] Ein gattungsgemäßer Übertrager von Wärme von einer Wärmequelle zu einem Fluid ist aus der DE 20 2005 000055 U1 bekannt. Der Wärmetauscher umfasst ein Rohr, in dem mehrere Kanäle enthalten sind, die sich in Längsrichtung des Rohres erstrecken. Die Kanäle sind schraubenförmig bezüglich der Längsachse des Rohres angeordnet und durch innenwandige Rippen, die sich ebenfalls schraubenförmig um die Längsachse des Rohres erstrecken voneinander getrennt. In den Kanälen ist jeweils eine weitere, in der Höhe kleinere Rippe angeordnet, die ebenfalls schraubenförmig um die Längsachse des Rohres umläuft. Die die Kanäle trennenden höheren Rippen erstrecken sich möglichst weit in die Rohrmitte hinein; dennoch verbleibt ein kleiner zentrischer Bereich durch den die Kanäle miteinander in Verbindung stehen. Lediglich eine Seite des Wärmetauschers ist der Wärmequelle zugewandt. Der Zweck dieser Ausgestaltung besteht nunmehr darin die Wärme möglichst gleichmäßig dem Fluid zuzuführen, weil sämtliche Fluidbereiche sich aufgrund der Schraubenform der Kanäle zumindest bereichsweise auf der Seite der Wärmequelle befinden.

[0003] Die Verwendung wendelförmiger Kanäle ist zur Verbesserung der Übertragungsleistung z.B. auch aus der EP1348914A1 bekannt, bei der jedoch kein zentrischer Strömungskanal vorgesehen ist, ähnlich wie bei der Konstruktion aus der FR1158943. Eine Variante für die Ausführung von wendelförmigen Strömungskanälen ist z.B. auch aus der EP0184544B1 bekannt. Für die Erhöhung der spezifischen Übertragungsleistung gibt es zudem unterschiedlichste Maßnahmen, wie z.B. Rippen (JP8136177), Turbolatoren (EP0184544, EP0122746), Geometrien zur Grenzschichtablösung (EP0530721), Erzeugung von Längswirbel (DE19526917, DE19654367), Jetsysteme usw. Neuere Untersuchungen konzentrieren sich auf die Erzeugung von Sekundärströmungen durch gewellte Kanäle (DE10304692). Je nach Aufgabenstellung und Ausprägung der Kriterien wird ein Optimum aus diesen bekannten Lösungsmöglichkeiten gesucht. Den größten Einfluss auf die Übertragerleistung und den Druckverlust hat der hydraulische Durchmesser der Kanalform. Der minimale freie Querschnitt der Kanalform ist durch die Qualität des Fluidums (Verschmutzung) oder durch das Herstellungsverfahren begrenzt. So sind folgende Basiskanäle und Kennzahlen für die laminare Strömung bekannt:

Kanalform	Dimensionen	Nu	ξRe
Kreis	Durchmesser d d_{hyd}	3.66	64
Dreieck gleichseitig	Seitenlänge s $d_{hyd}=s/\sqrt{3}$	2.49	53
Spalt	Plattenabstand s $d_{hyd}=2*s$	7.54	96

Nu ist die Nusseltzahl und Re ist die Reynoldszahl.

[0004] Für kompliziertere Kanalformen müssen diese Zahlen immer separat ermittelt werden. Generell besteht bei einer laminaren Strömung das Problem in einer niedrigen Nusseltzahl. Der Wärmeübergang erfolgt bei dieser Strömungsform überwiegend durch Leitung und beim Stoff-

übergang durch Diffusion. Die Nusseltzahl kann mit den bekannten Maßnahmen nur unwesentlich gesteigert werden. Bei der Anwendung bekannter Maßnahmen ergeben sich folgende Nachteile:

- [0005]** • Hoher spezifischer Druckverlust
- [0006]** • Verschmutzungsgefahr im Bereich von Anströmkanten, Strömungsablösungen, Toträume hinter Umlenkungen
- [0007]** • Schlechte Reinigungsmöglichkeiten der Fluidkanäle
- [0008]** • Hoher Spülaufwand der laminaren Grenzschicht bei zyklischem Fluidwechsel wie z.B. bei einem regenerativen Übertrager für die Wärmerückgewinnung

[0009] Zudem ist bei der Anwendung mit einem 2 Phasen-Fluid die Benetzung der Kanalwand unzureichend. Dies wird z.B. vermehrt für die Brennwertgeräte in der Heiztechnik und der adiabaten Kühlung in der Raumluftechnik gefordert.

[0010] Es ist nunmehr die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen verbesserten gattungsgemäßen Fluidströmungskanal bereitzustellen. Insbesondere soll die Übertragungsleistung für laminare Fluidströmungen verbessert werden.

[0011] Es ist nunmehr die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen verbesserten gattungsgemäßen Wärmeübertrager bereitzustellen. Insbesondere soll die Übertragungsleistung für laminare Fluidströmungen verbessert werden.

[0012] Diese Aufgabe wird bei einem Wärmeübertrager mit Helix-Kanal der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass stromabwärts vom ersten Kanalabschnitt ein weiterer Kanalabschnitt angeordnet ist, der den mindestens einen Außenströmungskanal enthält und eine den Strömungsquerschnitt verändernde Drossleinrichtung im zentralen Strömungskanal aufweist. Durch eine Drosselung im zentralen Strömungskanal wird erreicht, dass einerseits kein Fluidstromanteil ungenutzt den zentralen Kanal durchströmt und andererseits die Dean-Strömung im Außenströmungskanal einen neuartigen Einrollvorgang aufweist. Die Dean-Strömung wird gemäß Literatur in einem Kennzahlbereich beobachtet. Diese Kennzahl ist eine Funktion der Reynoldszahl und des Krümmungsverhältnisses. Bei Unterschreitung dieser Kennzahl kann keine Dean-Strömung beobachtet werden, bei Überschreitung bildet sich eine turbulente Grenzschicht. Die Formel hierzu lautet:

$$De = Re \cdot \sqrt{Rc}.$$

[0013] Die Reynoldszahl Re wird dabei aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Außenströmungskanal oder der Strömungsschicht und der Kanalhöhe bzw. Grenzschichtdicke berechnet. Das Krümmungsverhältnis Rc ergibt sich aus der Kanalhöhe oder Grenzschichtdicke geteilt durch den Krümmungsradius.

[0014] Bei einer laminaren Fluidströmung erfolgt der Wärmeaustausch durch Leitung. Es findet praktisch keine Mischung des Fluides an den Trennflächen der laminaren Schichten statt. Eine sprunghafte Erhöhung der Übertragungsleistung wird erst dann beobachtet, wenn die spiralförmige Sekundärströmung sich in der oben beschriebenen Art einrollen kann. Dies gilt für den Wärme- und den Stoffaustausch. Mit dem erfindungsgemäßen Helix-Kanal sind wesentlich höhere spezifische Übertragungsleistungen als bei den bekannten Kanalformen möglich. Die Druckverlusterrhöhung ist dabei verhältnismäßig gering, da einerseits die wendelförmige Sekundärströmung in Richtung der Primärströmung verläuft und keine der Primärströmung im zentralen Kanal entgegengerichtete (turbulente) Wirbel entstehen. Andererseits wird durch die Parallelschaltung des zentralen Strömungskanals mit dem Außenströmungskanal erreicht, dass sich die Geschwindigkeit im Außenströmungskanal stetig rollvorgang der Fluidströmung entstehen entlang der Kanalwand mit großer Geschwindigkeit bewegte Fluidschichten. Es gibt keine beinahe unbewegte Grenzschichten an der Kanalwand, keine Ablösungen oder Toträume. Bei 2-phasigen Fluiden werden die flüssigen Stoffanteile durch die Zentrifugalkraft verstärkt an die Kanalwand geleitet. Es findet eine bessere Benetzung der Kanalwand statt.

[0015] Die Sekundärströmung wird durch die Zentrifugalkräfte und Druckdifferenzen erzeugt und wird z.B. in Rohrkrümmern oder wendelförmigen Rohrschlangen auf (Dean-Wirbelpaare). In dem erfindungsgemäßen Helix-Kanal mit dem wendelförmigen Außenströmungskanal wird durch den Übergang zwischen dem zentrischen Strömungskanal und dem Außenströmungskanal diese Sekundärströmung neuartig erzeugt. Das Fluid im wendelförmigen Außenströmungskanal wird in zwei spiralförmige Rollen eingerollt. Bei diesem Einrollvorgang ausgehend von der Mitte des Außenströmungskanals, wird die Fluidschicht über die Kanalwand in das Zentrum der Rollen geleitet. Dadurch entsteht einerseits ein intensiverer Wärme- oder Stoffübergang von der Kanalwand an die Fluidschicht und andererseits wird oder werden durch diesen Einrollvorgang Wärme oder Stoffe in den Strömungskern der Rollen transportiert. Diese neuartige Sekundärströmung wird beim Einrollvorgang in Richtung der Primärströmung beschleunigt.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Drosseleinrichtung durch einen stark verringerten Strömungsquerschnitt des zentrischen Strömungskanals gebildet. Hierdurch wird im zweiten Kanalabschnitt in dem mindestens einen Außenströmungskanal ein Knetbereich ausgebildet, in dem die zuvor eingerollte spiralförmige Rolle stark zusammengepresst wird.

[0017] Die spezifisch Leistung kann mit dieser Drosseleinrichtung im Bereich von ca. 50..100% „eingestellt“ werden. Die maximale Leistung wird bei einer Variante erreicht, wenn der Strömungsquerschnitt des zentrischen Strömungskanals im zweiten Kanalabschnitt vollständig verschlossen ist. Ein Austausch zwischen zentrischem Strömungskanal und dem mindestens einen Außenströmungskanal kann dann nicht mehr stattfinden, weshalb der gesamte Fluidstrom durch den mindestens einen Außenströmungskanal hindurchfließen muss. Hierdurch entstehen an dieser Stelle erhöhte Geschwindigkeiten und eine verstärkte Knetwirkung.

[0018] Bevorzugt kann stromabwärts vom zweiten Kanalabschnitt ein dritter Kanalabschnitt angeordnet sein, der einen zentrischen Strömungskanal und mindestens einen wendelförmig um den zentrischen Strömungskanal umlaufenden Außenströmungskanal aufweist. Nachdem das Fluid im zweiten Kanalabschnitt verstärkt durch den mindestens einen Außenströmungskanal strömen musste, steht nunmehr wieder ein größerer Strömungsquerschnitt (einschließlich des zentrischen Strömungskanals) zur Verfügung. Ein bestimmter Anteil des Fluids fließt demnach wieder zurück in den zentrischen Strömungskanal.

[0019] Insbesondere bei einer Variante, bei der der mindestens eine Außenströmungskanal im ersten, zweiten und dritten Kanalabschnitt jeweils miteinander fluchtend ineinander übergehen, unterteilt sich der Helix-Kanal in einen Einrollbereich, einen Knetbereich und einen Ausrollbereich. Im dritten Kanalabschnitt strömt demnach das Fluid kontrolliert von dem Außenströmungskanal in den zentrischen Kanal. Bei diesem Ausrollvorgang wird wiederum die Fluidschicht entlang der Kanalwand geführt und es wird auch in diesem Bereich eine intensivere Wärme- oder Stoffübertragung erreicht. Im Ausrollbereich wird ein Teil des dynamischen Drucks „zurückgewonnen“.

[0020] Günstigerweise soll das Verhältnis V_P von der Steigung P und dem Wendelaußendurchmesser D_W des mindestens einen Außenströmungskanals so gewählt werden, dass bei gegebener Reynoldszahl der Kennzahlbereich für die Ausbildung der Dean-Strömung eingehalten wird. Bevorzugt kann das Verhältnis V_P von der Steigung P und dem Wendelaußendurchmesser D_W des mindestens einen Außenströmungskanals kleiner sein als 8, bevorzugt kleiner als 6. Hierdurch lässt sich der Wirkungsgrad noch einmal steigern, weil durch eine relativ kleine Steigung eine gute Beschleunigung erreicht und der Einroll- und ggf. der Ausrollvorgang verbessert wird.

[0021] Damit sich die Fluidrollen günstig ausbilden können, weist gemäß einer weiteren Variante der mindestens eine Außenströmungskanal eine konkav gekrümmte Kanalwandung auf. Bevorzugt ist diese Kanalwandung bzw. deren Krümmung oder Verlauf strömungsgünstig angepasst, damit sich der gewünschte Einroll- oder Ausrolleffekt bestmöglichst ausbildet.

[0022] Damit die Gesamtströmungsverhältnisse im Helix-Kanal besonders vorteilhaft sind, kann der Gesamtströmungsquerschnitt von dem mindestens einen Außenströmungskanal und dem

zentrischen Strömungskanal von konkav gekrümmten Wandungsabschnitten umgrenzt sein. Hierdurch werden möglichst auch Toträume vermieden, so dass sämtliche Wandungsabschnitte am Wärme- oder Stoffübergang in vorteilhafter Weise beteiligt sind.

[0023] Bei einem besonders einfach herzustellenden Gesamtströmungsquerschnitt ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen, dass der Gesamtströmungsquerschnitt aus sich an den Fluidübergangsbereichen überschneidenden Kreisflächen resultiert. Das Oberflächen-/Querschnittsverhältnis lässt sich hierdurch am besten optimieren.

[0024] Hierbei kann weiter vorgesehen sein, dass im zweiten Kanalabschnitt der mindestens eine Außenströmungskanal zumindest abschnittsweise am Umfang geschlossen ist und einen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Durch diese Maßnahme wird ein besonders effektiver Knetbereich ausgeformt.

[0025] Bei einer weiteren Ausgestaltung ist die Länge des zweiten Kanalabschnittes l_3 zwischen $0,5 \cdot P$ und $1 \cdot P$. Hierdurch wird erreicht, dass dem Fluid eine ausreichende Länge für den Knetvorgang zur Verfügung steht und der Druckverlust möglichst klein gehalten werden kann.

[0026] Damit die Strömungsverhältnisse im ersten und oder dritten Kanalabschnitt möglichst über die Länge konstant gehalten werden können, ist gemäß einer Variante vorgesehen, dass der Fluidübergang im ersten und/oder dritten Kanalabschnitt von einer wendelförmig umlaufenden Öffnung mit gleich bleibender Breite gebildet ist. Man könnte in diesem Zusammenhang auch von einem gleichbreiten wendelförmigen Schlitz zwischen dem mindestens einem Außenströmungskanal und dem zentrischen Strömungskanal sprechen.

[0027] Der Gesamtströmungsquerschnitt kann in Strömungsrichtung im ersten Kanalabschnitt oder dritten Kanalabschnitt ab- oder zunehmen. Hierdurch lassen sich Geschwindigkeitsänderungen des Fluidstromes, verursacht durch Dichteänderungen, ausgleichen. Eine ähnliche Maßnahme kann auch im zweiten Kanalabschnitt vorgesehen werden. Als besonders günstig hat sich herausgestellt, wenn eine Variante gewählt wird, bei der mindestens zwei Außenströmungskanäle vorgesehen sind, die gleichmäßig am Umfang des zentrischen Strömungskanals angeordnet sind und die gleiche Steigung aufweisen. Die Fluidströmungsanteile können dann gleichmäßig vom zentrischen Strömungskanal in die Außenströmungskanäle symmetrisch abfließen, was den Gesamtströmungsverhältnissen im Helix-Kanal zugute kommt.

[0028] In diesem Zusammenhang ist es von weiterem Vorteil, wenn die Strömungsquerschnitte sämtlicher Außenströmungskanäle gleich groß sind. Auch durch diese zusätzliche Maßnahme werden möglichst gleichmäßige Verhältnisse im Helix-Kanal realisiert.

[0029] Damit eine größtmögliche Wirkung zwischen Einroll- oder Ausrollvorgang und dem Knetvorgang im zweiten Kanalabschnitt erzielt wird, kann bei einem Helix-Kanal mit drei Außenströmungskanälen das Größenverhältnis V_1 zwischen dem Verschlussquerschnitt eines Stopfens im zentrischen Strömungskanal im zweiten Kanalabschnitt und dem Strömungsquerschnitt eines Außenströmungskanals im zweiten Kanalabschnitt zwischen 0,8 und 1,2, bevorzugt ca. 1,0, betragen. Versuche haben gezeigt, dass sich hier durch ein optimiertes Strömungsbild ergibt.

[0030] Damit ein möglichst großer Wärme- oder Stoffaustausch stattfinden kann, ist gemäß einer weiteren Variante vorgesehen, dass das Größenverhältnis V_2 zwischen dem Wendelaußendurchmesser und der außerhalb des Wendelkreises verbleibenden Dicke d_1 der Rohrwandung mindestens 6, bevorzugt 8, beträgt. Das bedeutet, dass die verbleibende Rohrwandung möglichst dünn ist. Die Dicke wird hier allerdings möglichst ohne evtl. vorhandene Rippenhöhen am Außenumfang des Fluidströmungsrohres gemessen. Als Wendelaußendurchmesser D_w ist hierbei der von dem mindestens einen Außenströmungskanal umschriebene gemeint, durch diesen ist dann gleichzeitig der die wendelförmigen Außenströmungskanäle fiktiv umgebende Wendelkreis definiert.

[0031] Des Weiteren bezieht sich die Erfindung auf einen Fluidströmungsblock mit mehreren nebeneinander angeordneten Wärmeträgern nach einem der Ansprüche 1-20. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl Helix-Kanäle mit mindestens einem linksgängig wendelförmig

umlaufenden Außenströmungskanal als auch Helix-Kanäle mit mindestens einem rechtsgängig umlaufenden Außenströmungskanal vorgesehen sind. Durch diese Anordnung in einem Block lässt sich die Gesamtwirkung aufgrund der optimalen Anordnung von Helix-Kanälen und der Wandungen verbessern. Darüber hinaus sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Bündelung nicht als einzelne Fluidströmungsrohre erfolgen muss, sondern die Wandung durch ein einheitliches Gebilde erzeugt ist.

[0032] Bei einer weiteren Ausgestaltung können sich linksgängige Helix-Kanäle und rechtsgängige Helix-Kanäle abwechseln und sich die Wendelkreise benachbarter verschiedengängiger Helix-Kanäle überschneiden und die Wendelkreise benachbarter gleichgängiger Helix-Kanäle voneinander beabstandet sein oder sich maximal berühren. Hierdurch wird eine möglichst dichte Packung der Helix-Kanäle ermöglicht. Wann immer es die Steigung zulässt, greifen die wendelförmigen Außenströmungskanäle ineinander ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Wo dies nicht möglich ist, verbleibt ein ausreichender Abstand oder es kommt maximal zu einer Punktberührung.

[0033] Vorteilhafterweise kann zumindest bereichsweise auf der Kanalwandung eine Funktionsschicht aufgebracht oder integriert sein. Dies ist besonders bei der Verwendung des Helix-Kanal in einem Katalysator oder für die Sorption in einem Übertrager von großer Bedeutung, da an den Kanalwänden ein reger Stoffaustausch aufgrund der sich einstellenden Strömungsverhältnisse erfolgt.

[0034] Ein Verfahren zum Herstellen eines Fluidströmungsrohrs mit einer komplexen Kanalform, insbesondere einen Wärmeübertrager nach einem der Ansprüche 1-20 umfasst folgende Schritte:

[0035] Bereitstellen eines Kerns mit der Kanalform oder einem Teil der Kanalform,

[0036] Bereitstellen einer Außenform,

[0037] Einfüllen eines flüssigen Ausgangsmaterials für das Fluidströmungsrohr in die Außenform,

[0038] Aushärten des Ausgangsmaterials und

[0039] Entfernen des Kerns.

[0040] Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn der Kern als Tauchkern ausgebildet ist und in die mit dem flüssigen Ausgangsmaterial gefüllte Außenform eingetaucht wird. Dieses Verfahren ist für unterschiedliche Fluidströmungsrohrmaterialien wie z.B. Polymere, Metalle, Metalllegierungen, keramische Materialien, Sorbentien, biotechnische Materialien oder Materialmischungen geeignet. Bei der Anwendung von hochviskosen, flüssigen Ausgangsmaterialien hat das Tauchen den Vorteil, dass die dünnwandigen Fluidströmungskanalform-Werkstoffe ausgewählt werden. Der Kern und die Tauchform sollten an der Oberfläche mit entsprechenden Trennmitteln behandelt werden.

[0041] Bei einer Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass nach dem Entfernen des Kerns ein Verschlussstopfen zum Verschließen eines Teils der Kanalform eingeführt wird. Bevorzugt wird hierdurch die Drosseleinrichtung mittels eines zumindest teilweise Verschlusses des zentralen Strömungskanals erzeugt.

[0042] Des Weiteren kann das Fluidströmungsrohr in Längsrichtung aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt werden. Hierdurch können beliebig lange Helix-Kanäle mit ein und der selben Herstellungsanlage erzeugt werden.

[0043] Als besonders günstig hat sich eine Verfahrensvariante herausgestellt, bei der zumindest ein Teil des Kerns aus einem Material besteht, welches einerseits eine Schmelztemperatur aufweist, die kleiner als die des ausgehärteten Materials des Fluidströmungsrohres und andererseits größer als eine Aushärtetemperatur des flüssigen Ausgangsmaterials ist. Der Kern wird demnach bei dem Aushärtevorgang automatisch entfernt, da die hierfür erforderliche Temperatur zum Schmelzen des Kerns führt.

[0044] Des weiteren kann vorgesehen sein, dass mittels der Kernoberfläche mindestens eine Funktionsschicht auf die Kanalwand aufgebracht wird. Als Funktionsschichten kommen z.B. Sorbentien oder katalytische Materialien, die gezielt an die Kanaloberfläche übertragen werden, in Frage.

[0045] Bei einer weiteren Verfahrensvariante werden mehrere Kerne nebeneinander verwendet, um einen Fluidströmungsblock mit mehreren nebeneinander liegenden Kanalformen zu erzeugen. Der Fluidströmungsblock weist demnach parallel nebeneinander verlaufende Strömungskanäle auf.

[0046] Bei einer weiteren Verfahrensvariante wird anstatt einer mehrfach verwendbaren Außenform für die Aufnahme des flüssigen Materials eine verlorene Schalung z.B. ein Rohr oder Formkörper verwendet. Diese verlorene Schalung ist nach dem Aushärten fest mit dem Material des Fluidströmungsrohres oder -blocks verbunden und ist ein notwendiges Bestandteil.

[0047] Im folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0048] Figur 1 einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Helix-Kanal,

[0049] Figur 2a einen vergrößert dargestellten Abschnitt des Helix-Kanals aus Figur 1,

[0050] Figur 2b eine Vorderansicht des Fluidströmungsrohres aus Figur 2a,

[0051] Figur 3 eine schematische Funktionsdarstellung des Einrollvorgangs im ersten Kanalabschnitt des Helix-Kanals aus Figur 1,

[0052] Figur 4 eine schematische Funktionsdarstellung des Knetbereichs im zweiten Kanalabschnitt des Helix-Kanals aus Figur 1,

[0053] Figur 5 eine schematische Funktionsdarstellung des Ausrollvorgangs im dritten Kanalabschnitt des Helix-Kanals aus Figur 1 und

[0054] Figur 6 einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Fluidströmungsblock.

[0055] In Figur 1 ist ein Helix-Kanal 1 dargestellt, das in einen ersten, zweiten und dritten Kanalabschnitt 2,3,4 unterteilbar ist. Der erste Kanalabschnitt 2 weist die Länge l_2 , der zweite Kanalabschnitt 3 weist die Länge l_3 und der dritte Kanalabschnitt 4 die Länge l_4 auf.

[0056] Die Figur 2a zeigt einen Bereich des ersten Kanalabschnitts 2. Es könnte sich aber genau so gut um einen Bereich des dritten Kanalabschnitts 4 handeln. Anhand der Figur 2b ist zu erkennen, dass das Helix-Kanal 1 einen zentrischen Strömungskanal 5, der sich koaxial entlang der Mittenachse A_M erstreckt, und gleichmäßig um den Strömungskanal 5 herum verteilt angeordnete Außenströmungskanäle 6a, 6b, 6c aufweist. Zwischen dem zentrischen Strömungskanal 5 und den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c ist jeweils ein Fluidübergang 7a, 7b und 7c vorhanden, der in Form einer Schlitzöffnung mit gleich bleibender Breite ausgestaltet ist. Insbesondere anhand der Längsschnitte Figur 1 und Figur 2a ist zu erkennen, dass die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c den zentrischen Strömungskanal 5 wendelförmig in Form einer Helix umschließen.

[0057] Die Strömungsquerschnitte sämtlicher Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c sowie die Steigung P der einzelnen Wendete sind gleich groß. Die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c sind jeweils um 120° zueinander versetzt um die Hauptmittelachse A_M angeordnet. Der Gesamtströmungsquerschnitt wird durch sich überschneidende Kreisformen gebildet. Dabei sind die Mittelpunkte der Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c jeweils gleich weit von der Achse A_M entfernt, sodass sie gemeinsam einen Wendelkreis 9 mit dem Durchmesser D_W definieren. Hieraus ergibt sich, dass die Kanalwandungen 8a, 8b und 8c der jeweiligen Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c bis auf die zugehörigen Fluidübergänge 7a, 7b und 7c im Schnitt kreisförmig konkav gekrümmt sind. Die sich zwischen den jeweiligen Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c befindenden Kanalwandungsabschnitte 10 sind jeweils Abschnitte einer Zylindermantelform und somit ebenfalls konkav gekrümmt.

[0058] Die Breite B (siehe Figur 3) der Fluidübergänge 7a, 7b und 7c entspricht ungefähr 50% des Durchmessers des zentrischen Strömungskanals 5. Die Steigung P der wendelförmig umlaufenden Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c weist zum Wendeldurchmesser D_W ein Größenverhältnis V_P von 4 auf. Die Länge l_3 des zweiten Kanalabschnitts 3 beträgt im vorliegenden Fall ca. $0.65 \cdot$ Steigung P ($>0.5 \cdot P$ und $<1 \cdot P$).

[0059] Der zweite Kanalabschnitt 3 ist dadurch gekennzeichnet, dass in diesem zum Verschließen des zentrischen Strömungskanals ein Stopfen 11 eingesetzt ist. Das vordere und das hintere Ende des Stopfens 11 sind jeweils kugelförmig abgerundet. Wie insbesondere anhand der Figur 4 zusehen ist, ist der Querschnitt des Stopfens 11 so gewählt, dass für die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c jeweils ein am Umfang vollständig verschlossener, im Querschnitt kreisförmiger Kanalabschnitt verbleibt. Aufgrund dieser Ausgestaltung sind auch die Fluidübergänge 7a, 7b und 7c im Bereich des zweiten Kanalabschnitts 3 verschlossen, sodass das Fluid ausschließlich durch die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c im zweiten Kanalabschnitt 3 fließt. Im dritten Kanalabschnitt 4 steht dann wieder der gesamte Strömungsabschnitt einschließlich des zentrischen Strömungskanals 5 zur Verfügung. Der Stopfen 11 wirkt im zentrischen Strömungskanal 5 als Verschluss bzw. Strömungswiderstand und bewirkt, dass das Fluid vom zentrischen Kanal in die Außenkanäle gelenkt wird. Das Größenverhältnis V_1 zwischen der Querschnittsfläche des zentrischen Kanals und der Summe der Strömungsquerschnitt der Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c beträgt im vorliegenden Fall ca. $1/3$.

[0060] Das Größenverhältnis V_2 zwischen dem Wendelaußendurchmesser D_W und der außerhalb des Wendelkreises 9 verbleibende Dicke d_A beträgt im vorliegenden Fall 8,25 (mindestens 6, bevorzugt mindestens 8).

[0061] Als Material für den Helix-Kanal kommen Polymere, Metalle und Metalllegierungen, keramische Materialien, Sorbentien, Biotechnische Materialien oder Materialmischungen in Frage. Als Fluide können nahezu alle Gase und Flüssigkeiten sowie deren Mischungen und Mischungen mit Feststoffen zur Anwendung kommen.

[0062] In Figur 2a ist anhand der Pfeile 12 die Richtung der Primärströmung eingezeichnet.

[0063] Im folgenden wird anhand der Figuren 3, 4 und 5 nunmehr die Wirkung- und Funktionsweise des erfindungsgemäßen Helix-Kanals 1 näher erläutert. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein rechtsgängiger Drehsinn der wendelförmigen Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c vorhanden. Generell sei aber an dieser Stelle angemerkt, dass es für die prinzipielle Funktion auf den Drehsinn der wendelförmigen Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c sowie die Richtung der Primärströmung im wesentlichen nicht ankommt.

[0064] Bei den Darstellungen der Figuren 3, 4 und 5 handelt es sich um Prinzipskizzen anhand derer in vereinfachter Form die laminaren Strömungsschichten der neben der Strömung in Primärströmungsrichtung 12 noch vorhandenen Sekundärströmung. Das Fluid strömt am vorderen Ende 13 des Helix-Kanals 1 ein. Aufgrund der wendelförmigen Anordnung der Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c sowie der Drosselung im zentrischen Strömungskanal 5 aufgrund des Stopfens 11 entsteht in den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c die bereits erwähnte Sekundärströmung. Diese hat bei dem im Ausführungsbeispiel vorhandenen kreisförmigen Kanalquerschnitt die Form von zwei symmetrischen „Rollen“ 14a, 14b. Der „Antrieb“ für diese Sekundärströmung sind Zentrifugalkräfte und Druckdifferenzen. Aufgrund der Anordnung und Gestaltung der wendelförmigen umlaufenden Fluidübergänge 7a, 7b und 7c werden diese Rollen 14a, 14b vom zentrischen Strömungskanal 5 in radialer Richtung „versorgt“. Aus der Überlagerung der Primär- und Sekundärströmung resultieren zwei Stück in Längsrichtung strömende spiralförmige Rollen 14a, 14b in den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c. Das bedeutet, dass in diesem ersten Kanalabschnitt 2 ein vom zentrischen Kanal 5 aus „versorgter“ Einrollvorgang stattfindet und somit Teilfluidströme aus dem zentrischen Kanal 5 in die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c hineinfließen.

[0065] Der zweite Kanalabschnitt 3 kann nunmehr als Knetbereich bezeichnet werden. Das Fluid durchströmt diesen zweiten Kanalabschnitt 2 mit hoher Geschwindigkeit. Der zentrische Strömungskanal 5 ist durch den Stopfen 11 verschlossen und es gibt dadurch keine radiale

„Nachströmung“ (wie in Figur 3 gezeigt). Die laminaren Schichten der Sekundärströmung werden in dem zweiten Kanalabschnitt 3 zusammengepresst und es bilden sich geschlossene konzentrische Ringe 15a und 15b.

[0066] Anschließend gelangt das Fluid in den dritten Kanalabschnitt 4, in den so genannten Ausrollbereich. In dem dritten Kanalabschnitt 4 erfolgt durch den nunmehr geringeren Druck im zentralen Strömungskanal 5 und den Drehimpuls der Sekundärströmung in den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c ein zusätzlicher Strömungsanteil radial aus den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c heraus. Die zwei nunmehr in den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c vorhandenen Rollen 16a und 16b entrollen sich nunmehr von innen nach außen (im Gegensatz zu von außen nach innen wie im ersten Kanalabschnitt 2). Dieser Strömungsanteil fließt durch die wendelförmig umlaufenden Fluidübergänge 7a, 7b und 7c von den Außenströmungskanälen 6a, 6b und 6c in den zentralen Strömungskanal 5. Auch hier führt diese Sekundärströmung zu einem intensiven Kontakt vom Fluid mit der Kanalwandung 8a, 8b und 8c.

[0067] Der erfindungsgemäße Helix-Kanal kann für zahlreiche Anwendungsfälle mit einer erzwungenen (laminaren) Strömung verwendet werden z.B. als Übertrager von Wärme/Kälte sowie Stoffen, als Fluidmischer oder als Katalysator. Für eine Erhöhung des Wirkungsgrads gegenüber bekannten Kanalformen mit komplexer Kanalführung reicht es bereits aus, wenn eine bestimmte Drosselung im zentralen Strömungskanal 5 erzeugt wird. Kein vollständiger Verschluss des zentralen Strömungskanals ist für eine weniger anspruchsvolle Wirkungsgradsteigerung bereits ausreichend. Versuche haben jedoch gezeigt, dass mit den hier beschriebenen Ausführungsbeispielen eine erhebliche (sprunghafte) Wirkungsgradsteigerung möglich ist. Wichtig ist die Funktion der Drosselung im zentralen Strömungskanal.

[0068] Insbesondere für einen Stoffaustausch kann vorgesehen sein, dass die Kanalwandungen 8a, 8b, 8c oder 10 mit einer Funktionsschicht versehen sind. In Frage kommen hier z.B. Sorbentien oder katalytische Materialien, die gezielt aufgebracht oder integriert werden.

[0069] Im Folgenden wird nunmehr anhand der Fig. 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel näher beschrieben. In der Fig. 6 ist ein Fluidströmungsblock 17 dargestellt. Der Fluidströmungsblock 17 enthält insgesamt 9 Helix-Kanäle, von denen die Helix-Kanäle 18 sowohl im Querschnitt als auch im Längsschnitt die gleiche Kanalstruktur aufweisen, wie der im obigen Ausführungsbeispiel beschriebene Helix-Kanal 1, weshalb hier im Detail nicht mehr näher darauf eingegangen wird. Die Helix-Kanäle 19 unterscheiden sich von den Helix-Kanälen 18 lediglich dadurch, dass sie linksgängig umlaufende Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c aufweisen, wohingegen die Helix-Kanäle 18 rechtsgängig umlaufende Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c aufweisen. Sämtliche Wandungen sind einheitlich aus einem einzigen Materialblock herausgebildet.

[0070] Anhand der Zeichnung ist zu erkennen, dass die Wendelkreise 9.1 der rechtsgängigen Fluiddurchgänge 18 sich mit dem Wendelkreis 9.2 der linksgängigen Fluiddurchgänge 19 überschneiden und so eine dichte Packung gegeben ist. Dabei durchdringen sich aber die Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c der jeweiligen Helix-Kanäle 18 und 19 nicht. Vielmehr sind diese jeweils in den Lücken der anderen angeordnet. Die Wendelkreise 9.1 benachbarter gleichgängiger Helix-Kanäle 18 sowie die Wendelkreise 9.2 benachbarter linksgängiger Helix-Kanäle 19 berühren sich gerade ebenso. Durch die wechselhafte Anordnung der Helix-Kanäle 18 und 19 wird somit eine möglichst dichte Packung im Fluidströmungsblock 17 erreicht. Derartige Fluidströmungsblöcke können für einen sehr effektiven Übertrager, Fluidmischung oder als Katalysator Anwendung finden. Die Querschnittsgröße der Fluiddurchgänge ist beliebig wählbar, sowie die Anzahl der Helix-Kanäle in einem Block.

[0071] Im folgenden wird nunmehr die Herstellung eines Übertragers oder eines Fluidströmungsblocks näher erläutert.

[0072] Das Verfahren umfaßt folgende Schritte:

[0073] - Bereitstellen eines Tauchkerns mit der Kanalform oder einem Teil der Kanalform. Insbesondere weist der Tauchkern bereits die helixförmigen Außenströmungskanäle 6a, 6b und 6c als Positiv auf.

- [0074] - Bereitstellen einer Außenform mit entsprechender Außengeometrie des Helix-Kanals oder des Fluidströmungsblocks.
- [0075] - Einfüllen eines flüssigen Ausgangsmaterials für den Helix-Kanal oder den Fluidströmungsblock in die Außenform.
- [0076] - Aushärten des Ausgangsmaterials und anschließendes Entfernen des Kerns. Eventuell kann noch eine Nachbearbeitung des Helix-Kanals und des Fluidströmungsblocks erfolgen.

[0077] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn zumindest ein Teil des Kerns aus einem Material besteht, welches einerseits eine Schmelztemperatur aufweist, die kleiner als die des ausgehärteten Materials des Helix-Kanals und andererseits größer als eine Aushärtetemperatur des flüssigen Ausgangsmaterials ist. Hierdurch wird der Kern beim Aushärtevorgang automatisch entfernt. Des Weiteren hat bei der Anwendung von niederviskosigen flüssigen Ausgangsmaterialien das Tauchen gegenüber dem Gießen den Vorteil, dass die dünnwandigen Helix-Kanäle 1 oder Fluidströmungsblöcke 17 vollständig mit Material gefüllt werden. Es entsteht dabei kein Problem mit der Entlüftung von Hohlräumen, wie z.B. bei einem Gießvorgang. Für den Tauchkern und die Form kann je nach Aushärte-Temperatur des Materials unterschiedliche Werkstoffe ausgewählt werden. Der Kern und die Tauchform sollten an der Oberfläche mit einem entsprechenden Trennmittel behandelt werden.

[0078] Der Helix-Kanal oder der Fluidströmungsblock können in Längsrichtung aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt werden. Hiedurch vereinfacht sich die Herstellung längerer Kanäle. Zudem kann im Übergangsbereich der Abschnitte bereits der Verschluß des zentralen Strömungskanals eingeformt sein. Bevorzugt wird jedoch nach dem Entfernen des Kerns ein Verschlußstopfen zum Verschließen des zentralen Strömungskanals 5 eingesetzt.

[0079] Zudem kann der Kern dazu benutzt werden, um Funktionsschichten, wie z.B. Sorbentien, katalytische Materialien, gezielt an die Kanaloberfläche zu übertragen.

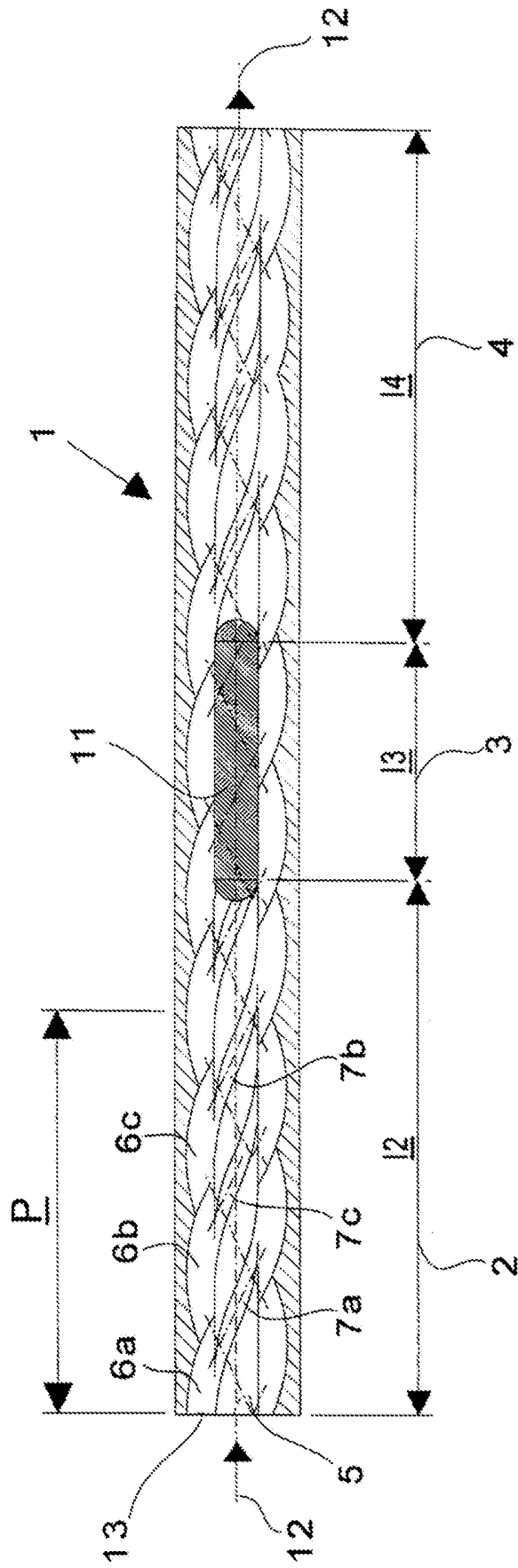
Patentansprüche

1. Wärmeübertrager mit einem Helix-Kanal (1) für eine erzwungene Strömung, mit einem ersten Kanalabschnitt (2), der einen zentralen Strömungskanal (5) und mindestens einen wendelförmig um den zentralen Strömungskanal (5) umlaufenden Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) aufweist, wobei der Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) einen radialen Fluidübergang (7a, 7b, 7c) zum zentralen Strömungskanal (5) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts vom ersten Kanalabschnitt (2) ein zweiter Kanalabschnitt (3) angeordnet ist, der den mindestens einen Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) enthält und eine den Strömungsquerschnitt verändernde Drosseleinrichtung (11) im zentralen Strömungskanal (5) aufweist.
2. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strömungsquerschnitt der Drosseleinrichtung (11) verstellbar ist.
3. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strömungsquerschnitt des zentralen Strömungskanals (5) vollständig verschlossen ist.
4. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts vom zweiten Kanalabschnitt (3) ein dritter Kanalabschnitt (4) angeordnet ist, der einen zentralen Strömungskanal (5) und mindestens einen wendelförmig um den zentralen Strömungskanal (5) umlaufenden Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) aufweist.
5. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens einen Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) im ersten, zweiten und dritten Kanalabschnitt (2, 3, 4) jeweils miteinander fluchtend ineinander übergehen.
6. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis (V_P) von der Steigung (P) und dem Wendelaußendurchmes-

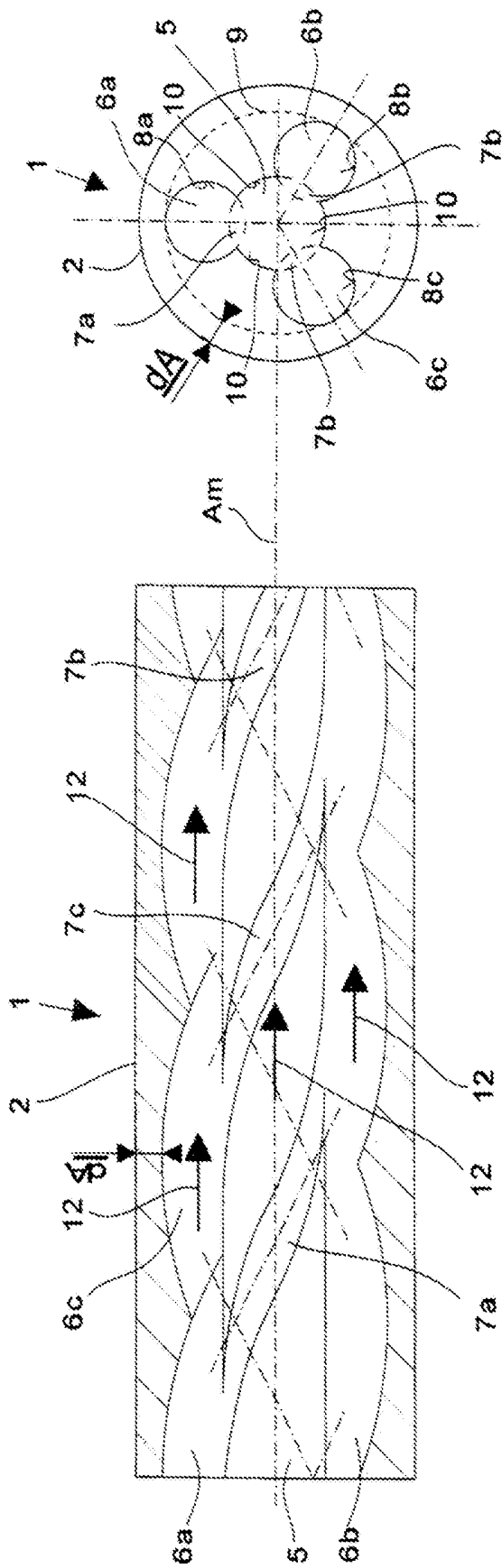
- ser (D_W) des mindestens einen Außenströmungskanals (6a, 6b, 6c) so gewählt ist, dass bei gegebener Reynoldszahl der Kennzahlbereich für die Ausbildung der Dean-Strömung eingehalten ist.
7. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis (V_P) von der Steigung (P) und dem Wendelaußendurchmesser (D_W) des mindestens einen Außenströmungskanals (6a, 6b, 6c) kleiner ist als 8, bevorzugt kleiner ist als 6.
 8. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) eine konkav gekrümmte Kanalwandung (8a, 8b, 8c) aufweist.
 9. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Gesamtströmungsquerschnitt von dem mindestens einen Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) und dem zentrischen Strömungskanal (5) von konkav gekrümmten Wandungsabschnitten (8a, 8b, 8c; 10) umgrenzt ist.
 10. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Form des Gesamtströmungsquerschnitts aus sich an den Fluidübergangsbereichen überschneidenden Kreisflächen ergibt.
 11. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im zweiten Kanalabschnitt (3) der mindestens eine Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) am Umfang geschlossen ist und einen kreisförmigen Strömungsquerschnitt aufweist.
 12. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge l_3 des zweiten Kanalabschnittes (3) zwischen $0.5 \cdot \text{Steigung } P$ und $1 \cdot \text{Steigung } P$ beträgt
 13. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fluidübergang (7a, 7b, 7c) im ersten und/oder dritten Kanalabschnitt (2, 4) von einer mit gleich bleibender Breite (B) wendelförmig umlaufenden Öffnung gebildet ist.
 14. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gesamtströmungsquerschnitt in Strömungsrichtung (12) im ersten Kanalabschnitt (2) und/oder dritten Kanalabschnitt (4) ab- oder zunimmt.
 15. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Außenströmungskanäle (6a, 6b, 6c) vorgesehen sind, die gleichmäßig am Umfang des zentrischen Strömungskanals (5) angeordnet sind und die gleiche Steigung (P) aufweisen.
 16. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strömungsquerschnitte sämtlicher Außenströmungskanäle (6a, 6b, 6c) gleich groß sind.
 17. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass drei Außenströmungskanäle (6a, 6b, 6c) vorgesehen sind, und das Größenverhältnis (V_1) zwischen dem Verschlussquerschnitt eines Stopfens (11) im zentrischen Strömungskanal (5) im zweiten Kanalabschnitt (3) und dem Strömungsquerschnitt eines Außenströmungskanals (6a, 6b, 6c) im zweiten Kanalabschnitt (3) zwischen 0,8 und 1,2, bevorzugt ca. 1,0, beträgt.
 18. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Größenverhältnis (V_2) zwischen dem Wendelaußendurchmesser (D_W) und der außerhalb des Wendelkreises (9) verbleibenden Dicke (d_A) der Rohrwandung mindestens 6, bevorzugt 8, beträgt.

19. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest bereichsweise auf der Kanalwandung eine Katalysator- oder Sorptionsfunktionsschicht aufgebracht oder in die Kanalwandung integriert ist.
20. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmeübertrager in Längsrichtung aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt ist.
21. Fluidströmungsblock (17) mit mehreren nebeneinander angeordneten Wärme Übertragern (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass sowohl Helix-Kanäle (1) mit mindestens einem linksgängig wendelförmig umlaufenden Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) als auch Helix-Kanäle (1) mit mindestens einem rechtsgängig umlaufenden Außenströmungskanal (6a, 6b, 6c) vorgesehen sind.
22. Fluidströmungsblock (17) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich linksgängige Helix-Kanäle (1) und rechtsgängige Helix-Kanäle (1) abwechseln und sich die Wendelkreise (9.1, 9.2) benachbarter verschiedengängiger Helix-Kanäle (1) überschneiden und die Wendelkreise (9.1, 9.2) benachbarter gleichgängiger Helix-Kanäle (1) voneinander beabstandet sind oder maximal berühren.
23. Verwendung des Wärmeübertragers nach einem der Ansprüche 1 bis 20 oder des Fluidströmungsblocks nach Anspruch 21 oder 22 als Fluidmischer.
24. Verwendung des Wärmeübertragers nach einem der Ansprüche 1 bis 20 oder des Fluidströmungsblocks nach Anspruch 21 oder 22 als Katalysator, wobei zumindest bereichsweise auf der Kanalwandung eine katalytische Schicht aufgebracht oder in die Kanalwandung integriert ist.
25. Verwendung des Wärmeübertragers nach einem der Ansprüche 1 bis 20 oder des Fluidströmungsblocks nach Anspruch 21 oder 22 für die Sorption in einem Übertrager, wobei zumindest bereichsweise auf der Kanalwandung Sorbentien aufgebracht oder in die Kanalwandung integriert sind.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

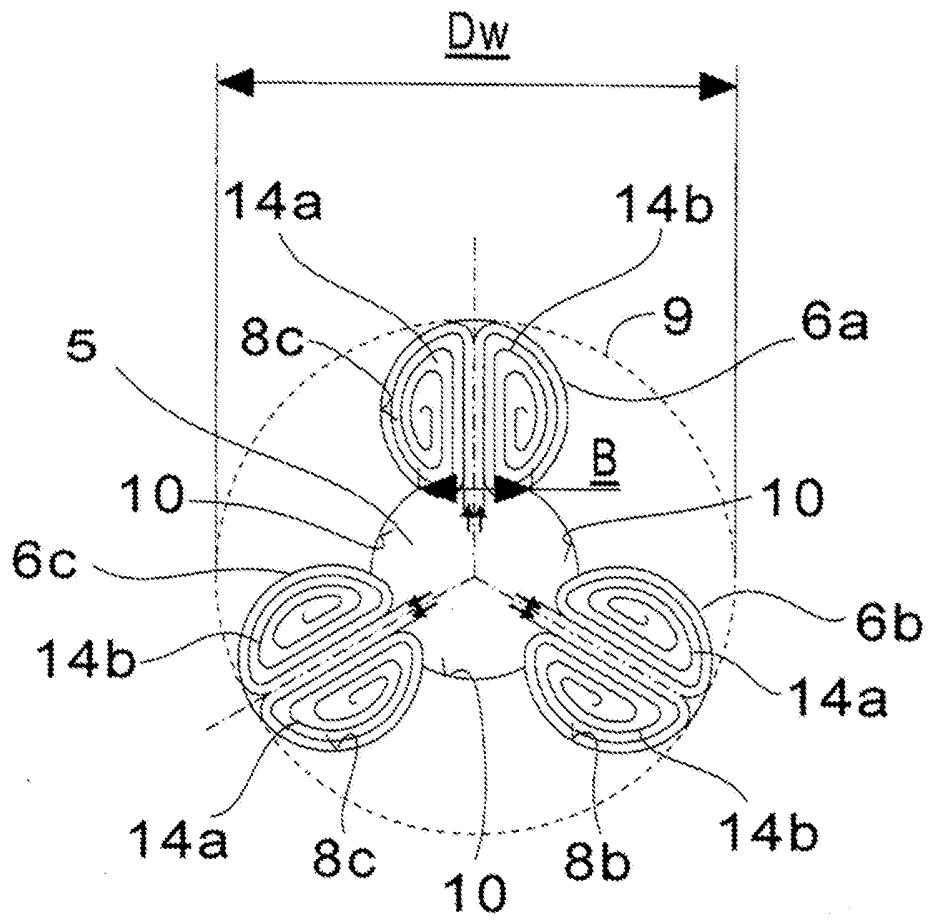


Figur 1

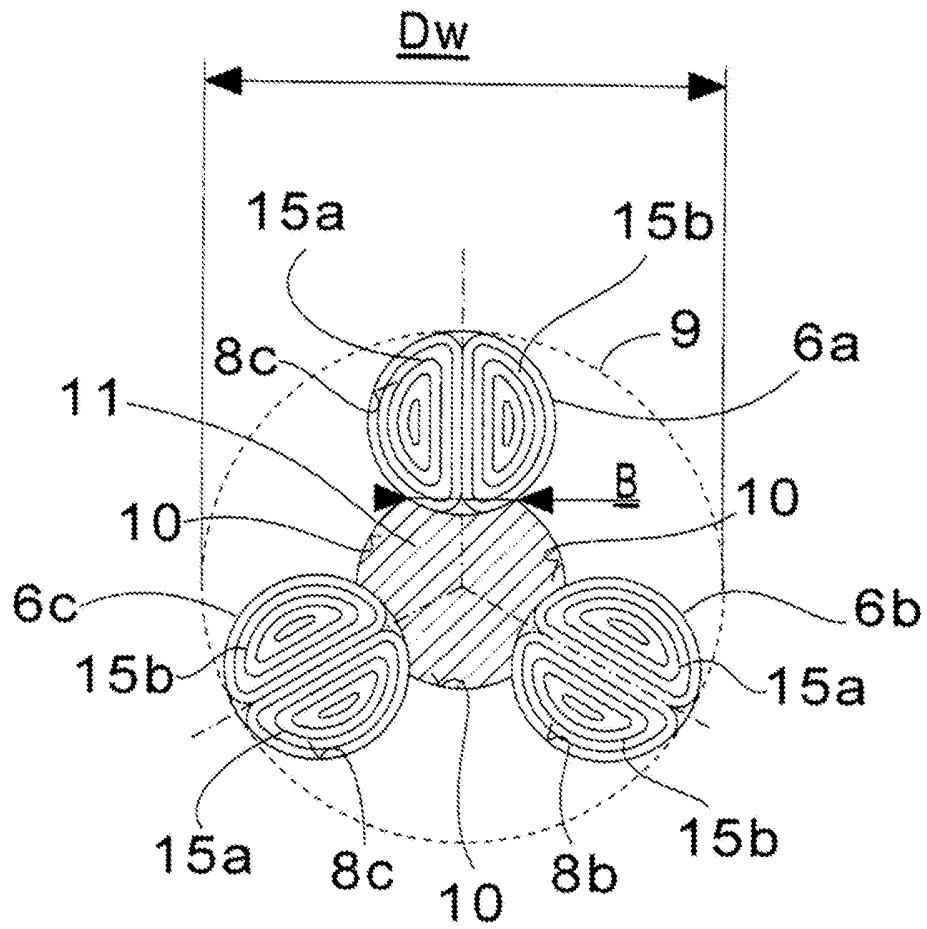


Figur 2b

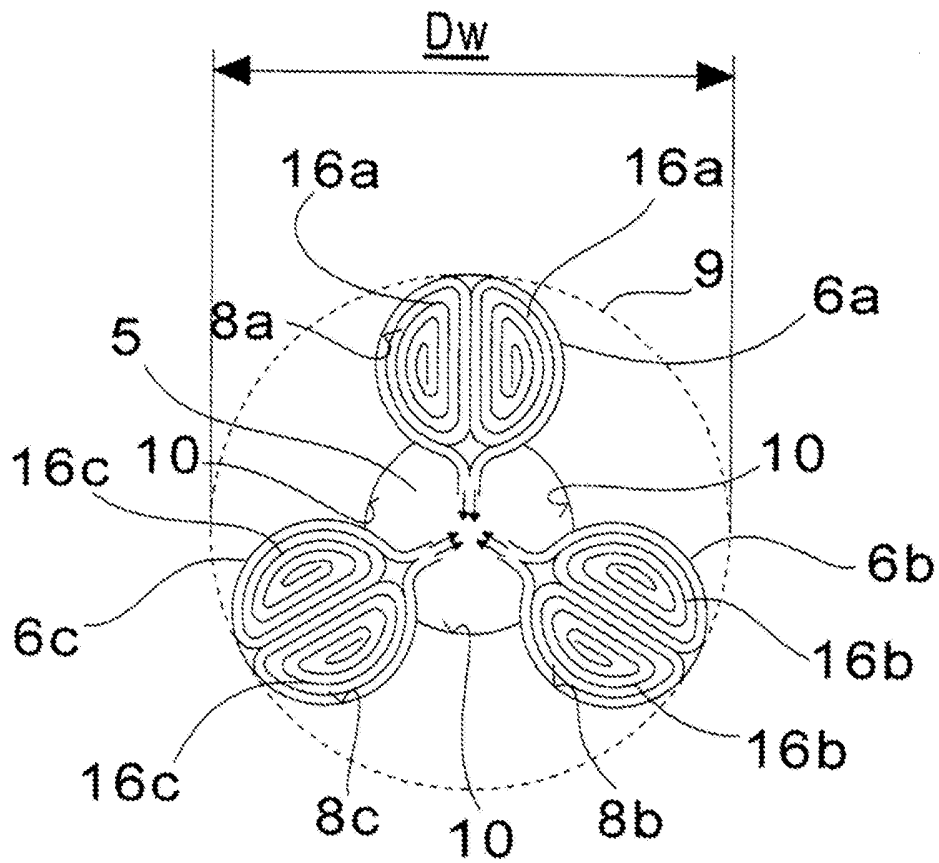
Figur 2a



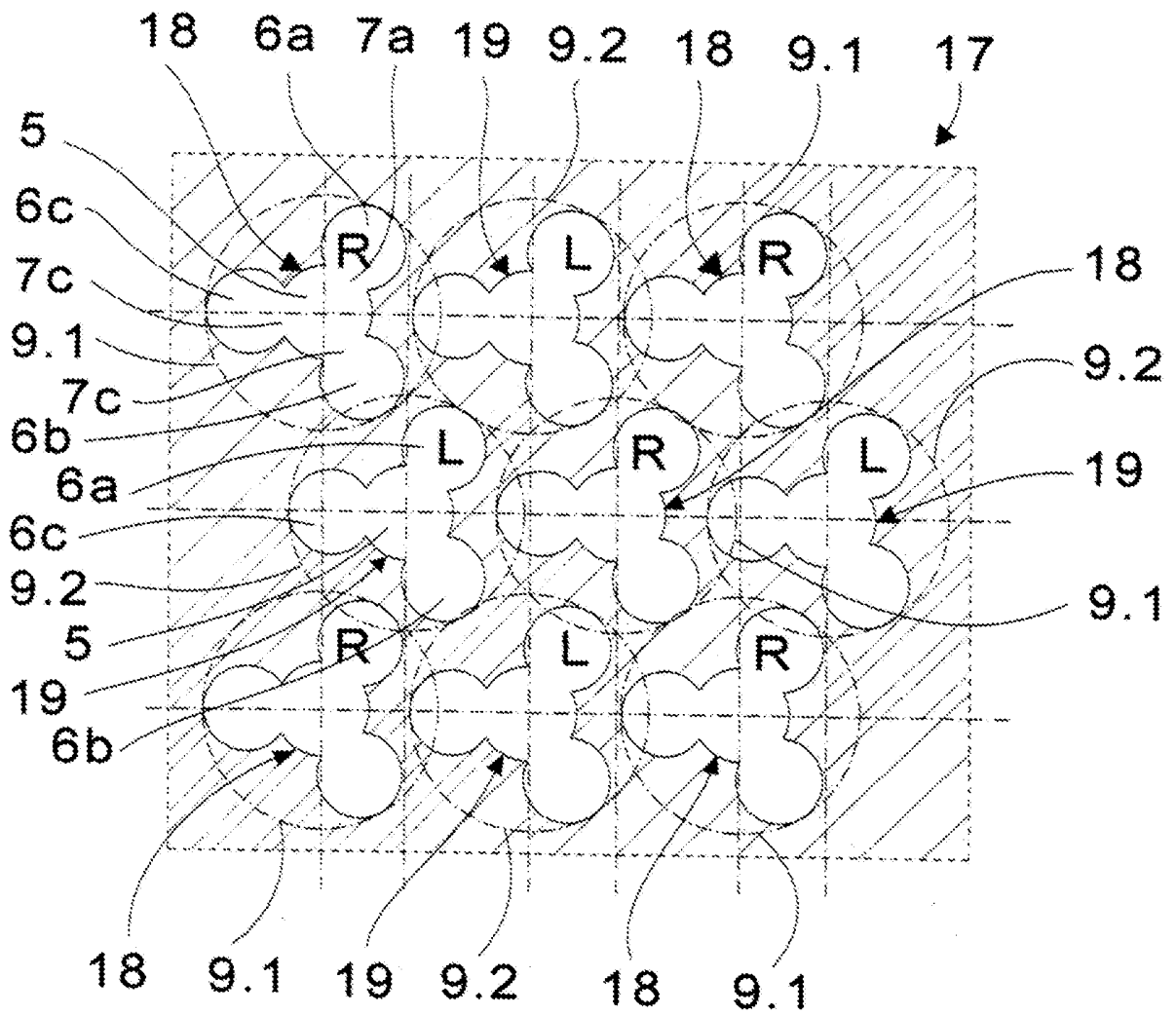
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6