

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. April 2018 (12.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/065480 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01F 5/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/075244

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Oktober 2017 (04.10.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16192324.8 05. Oktober 2016 (05.10.2016) EP

(71) Anmelder: COVESTRO DEUTSCHLAND AG
[DE/DE]; Kaiser-Wilhelm-Allee 60, 51373 Leverkusen
(DE).

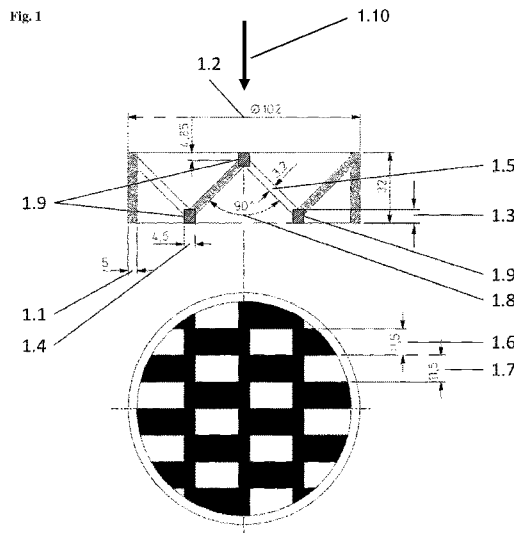
(72) Erfinder: DÜNGER, Udo; Lupinenweg 15, 51375 Leverkusen (DE). KÖNIG, Thomas; Haydnstr. 15, 51375 Leverkusen (DE).

(74) Anwalt: LEVPAT; Covestro AG, Gebäude 4825, 51365 Leverkusen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: MIXING ELEMENTS WITH A REDUCED STRUCTURAL DEPTH FOR STATIC MIXERS

(54) Bezeichnung: MISCELEMENTE MIT VERRINGERTER BAUTIEFE FÜR STATISCHE MISCHER



(57) Abstract: The invention relates to mixing elements with a reduced structural depth for static mixers, to static mixers comprising at least two mixing elements with a reduced structural depth, and to a method for mixing fluids using a mixing element with a reduced structural depth or a static mixer comprising at least two mixing elements with a reduced structural depth. In the mixing elements, the thickness of the transverse strut at its thickest point is maximally 0.9 to 1.1 times the thickness of the webs multiplied by the cosine of half the opening angle O divided by the sine of the whole opening angle O .

(57) Zusammenfassung: Mischelemente mit verringerter Bautiefe für statische Mischer, statische Mischer umfassend mindestens zwei Mischelemente mit verringerter Bautiefe, sowie ein Verfahren zum Mischen von Fluiden mittels eines Mischelements mit verringerter



WO 2018/065480 A1

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Bautiefe oder eines statischen Mischers umfassend mindestens zwei Mischelemente mit verringerter Bautiefe. Bei den Mischelementen ist die Dicke der Querstrebe an ihrer dicksten Stelle maximal 0,9 bis 1,1 mal der Dicke der Stege multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen Öffnungswinkels O .

Mischelemente mit verringerter Bautiefe für statische Mischer

Die Erfindung betrifft Mischelemente mit verringerter Bautiefe für statische Mischer, statische Mischer umfassend mindestens zwei Mischelemente mit verringerter Bautiefe, sowie ein Verfahren zum Mischen von Fluiden mittels eines Mischelements mit verringerter Bautiefe oder eines statischen Mischers umfassend mindestens zwei Mischelemente mit verringerter Bautiefe.

Bei der Herstellung von Polymeren ist häufig erforderlich, hochviskose Fluide, beispielsweise Polymerschmelzen, miteinander zu mischen. So kann es beispielsweise erforderlich sein, eine Polymerschmelze mit einer anderen, additivierten Polymerschmelze, zu mischen. Dazu werden seit langen unter anderem sogenannte statische Mischer eingesetzt. Diese werden dann beispielsweise so in rohrartige Gehäuse, dass die zu mischenden Polymerschmelzen in einer Hauptströmungsrichtung, die der längsten Achse eines solchen Rohrs entspricht, durch die statischen Mischer hindurchströmen und dabei vermischt werden. Die Viskositäten solcher hochviskosen Fluide liegen dabei üblicherweise im Bereich von 0,1 bis 10.000 Pas, gemessen mit dem Fachmann bekannten handelsüblichen Viskosimetern wie beispielsweise Kapillar-, Platte-Kegel- oder Platte-Platte-Viskosimeter. Ist die Viskosität eines Fluids unabhängig von einer Scherung, spricht man von einem newtonschen Fluid. Ist die Viskosität eines Fluids abhängig von einer Scherung, spricht man von einem nicht-newtonschen Fluid. Sinkt die Viskosität eines Fluids bei zunehmender Scherung, spricht man von einem scherverdünnenden Fluid. Steigt die Viskosität eines Fluids bei zunehmender Viskosität, spricht man von einem scherverdickenden Fluid. Ein kurzer Überblick über die rheologischen Eigenschaften von Polymerschmelzen findet sich beispielsweise in „Kohlgrüber: Der gleichläufige Doppelschneckenextruder, Hanser-Verlag, 2007“, Kapitel 3, Seiten 37 bis 57.

Die statischen Mischer sind dabei beispielsweise aus mehreren Mischelementen aufgebaut. Diese Mischelemente sind meistens einstückig ausgebildet und können eine äußere Hülse aufweisen, in die eine oder mehrere Querstreben eingebracht sind. Diese Querstreben haben im Wesentlichen die Form eines langgestreckten Körpers, beispielsweise eines langgestreckten Quaders, Zylinders oder eines langgestreckten Körpers mit dreieckiger, ellipsenförmiger oder andersartiger Grundfläche, der mit der langen Seite, also der Querstrebenlänge, rechtwinklig zur Hauptströmungsrichtung in die äußere Hülse eingebracht ist und bei dem eine der beiden kürzeren Seiten, also die Querstrebenbreite, sowohl rechtwinklig zur langen Seite als auch rechtwinklig zur Hauptströmungsrichtung steht. Rechtwinklig zur Querstrebenbreite, aber parallel zur Hauptströmungsrichtung erstreckt sich die Querstrebedicke, also die Dicke der Querstrebe. Ist mehr als eine Querstrebe vorhanden, so sind diese in Hauptströmungsrichtung gesehen parallel zueinander in zwei Ebenen angeordnet. Von diesen ein oder mehreren Querstreben geht auf jeder Seite der jeweiligen Querstrebe zur Innenfläche der äußeren Hülse und/oder zur nächstliegenden Querstrebe mindestens ein Steg ab, derart, dass die Breite der Öffnungen, die durch die Stege im

freien Querschnitt des statischen Mischers gelassen wird, gleich der Breite der Stege ist. Dabei schließen die Stege, die von der gleichen Querstrebe in verschiedenen Richtungen verlaufen, einen Winkel ein, der kleiner als 180° ist, den Öffnungswinkel O .

5 Auch die Stege haben im Wesentlichen die Form eines langgestreckten Körpers, beispielsweise eines langgestreckten Quaders, Zylinders oder eines langgestreckten Körpers mit dreieckiger, ellipsenförmiger oder andersartiger Grundfläche. Die Stege gehen im Wesentlichen rechtwinklig mit ihrer langen Seite, also der Steglänge, von der Querstrebe ab. Die Ausdehnung der Seite der Stege, die der Strömung des Fluids zugewandt ist, ist die Stegbreite, die Ausdehnung der Stege, die sowohl rechtwinklig zur Steglänge als auch zur Stegbreite ausgerichtet ist, ist die Stegdicke.

10 Die äußere Hülse dient zum einen dazu, dass das Mischelement ohne Verkanten beispielsweise in ein Rohr eingebracht werden kann, zum anderen, um die mechanische Festigkeit des Mischelements zu erhöhen. Auf die Hülse kann aber auch verzichtet werden, wenn Querstreben und Stege der erwarteten mechanischen Belastung standhalten und geeignet miteinander verbunden sind oder so übereinander gelegt sind, dass sie nicht verrutschen. Solche herkömmlichen
15 Mischelemente sind unter anderem bekannt aus Lars Frye „Charakterisierung von statischen Mischern für hochviskose einphasige Medien“, Diplomarbeit, Universität Karlsruhe (TH), Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Bereich Angewandte Mechanik, Februar 1999; siehe insbesondere S. 6 und 7 und Abb. 2.7 und 2.8.

20 Aus dem Stand der Technik ist auch bekannt, dass die Stege eines ersten Mischelements zweier gleichartiger hintereinander angeordneter Mischelemente mit den Zwischenräumen eines zweiten Mischelements jeweils fluchtend hintereinander liegen, wobei eines der beiden Mischelemente gegenüber dem anderen Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180° gedreht ist, jedoch die beiden gleichartigen hintereinander liegenden Mischelemente gegeneinander keine Verdrehung in der normal zur
25 Hauptströmungsrichtung liegenden Ebene gegenüber dem anderen Mischelement aufweisen. Ein mögliches unmittelbar an das zweite Mischelement anschließendes drittes Mischelement hat dann in der Regel die gleiche Ausrichtung wie das erste Mischelement und ein mögliches viertes unmittelbar an das dritte Mischelement anschließende Mischelement hat dann in der Regel die gleiche Ausrichtung wie das zweite Mischelement. Andere Ausrichtungen der Mischelemente in
30 einem statischen Mischer sind aber auch möglich.

Die Querstrebenenseiten dieser Mischelemente, die den Stegen des jeweiligen Mischelements abgewandt sind, liegen dabei unmittelbar aufeinander.

Typischerweise werden die Mischelemente in 4+4-Anordnung eingebaut, d.h. zweimal jeweils vier unmittelbar hintereinander angeordnete Mischelemente werden wie oben beschrieben angeordnet,

wobei die zweiten vier Mischelemente unmittelbar benachbart den ersten vier Mischelementen sind, jedoch die zweiten vier Mischelemente gegenüber den ersten vier Mischelementen um 90° in der normal zur Hauptströmungsrichtung liegenden Ebene gedreht sind. Natürlich sind auch 2+2-, 2+3-, 3+2-, 3+3-, 3+4-, 4+3- oder beliebige andere Anordnungen möglich. Anordnungen von mindestens zwei unmittelbar hintereinander angeordneter Mischelemente werden auch statische Mischer genannt. Bei der 3+3-Anordnung eines statischen Mixers beträgt die Anzahl der Mischelemente bevorzugt ein Vielfaches von 3. Bei der 4+4-Anordnung beträgt die Anzahl der Mischelemente bevorzugt ein Vielfaches von 4. Bei der x+x-Anordnung beträgt die Anzahl der Mischelemente bevorzugt x. Bei der x+y-Anordnung, wobei x ungleich y ist, beträgt die Anzahl der Mischelemente bevorzugt ein Vielfaches von x+y, wobei x und y jeweils gleiche oder unterschiedliche ganze Zahlen größer oder gleich 2 sind.

Aus dem Stand der Technik gemäß DE2943688A1 ist ein statischer Mischer bekannt, der aus einem rohrartigen Gehäuse besteht und mindestens ein darin angeordnetes Mischelement enthält. Das Mischelement besteht aus sich kreuzenden Stegen, die einen Winkel gegenüber der Rohrachse aufweisen. Die Stege der Mischelemente sind in mindestens zwei Gruppen angeordnet. Die Stege innerhalb einer jeden Gruppe sind im Wesentlichen parallel gerichtet. Die Stege der einen Gruppe kreuzen sich mit den Stegen der anderen Gruppe.

DE4428813A1 zeigt einen statischen Mischer, welcher im Unterschied zur DE2943688A1 sich kreuzende Stege aufweist, die im Bereich der Kreuzungspunkte überlappen. Diese lokale Verbreiterung der Stege, die in der DE4428813A1 als Stahlblechstäbe ausgebildet sind, dient zur Verstärkung und/oder zur Ausbildung einer formschlüssigen Verbindung benachbarter Stege. In die Verbreiterung ist eine Nut eingeschnitten, welche einen benachbarten Stahlblechstab aufnimmt.

EP0856353A1 zeigt ein Modul, welches Teil eines statischen Mixers ist, der für ein verweilzeitkritisches, plastisch fließfähiges Mischgut vorgesehen ist. Die Einrichtung umfasst ein rohrartiges Gehäuse, in dem Stege angeordnet sind. Die Stege sind gegen die Längsachse des Gehäuses geneigt; sie kreuzen sich im Wesentlichen auf einer geraden Linie senkrecht zur Längsachse. Der Modul umfasst eine in das Gehäuse einschiebbare Hülse. Die das Mischgut leitende Innenwand des statischen Mixers ist durch Innenseiten der Hülse gebildet. Die Stege sind dornartig ausgebildet, mit jeweils einem gegen die Bewegungsrichtung des Mischguts weisenden Scheitel und einer an der Hülseninnenseite befestigten Basis. Jeder Scheitel bildet gegenüber der Innenwand der Einrichtung einen Zwischenraum.

In der Vergangenheit wurde immer wieder versucht, diese aus dem Stand der Technik bekannten Mischelemente hinsichtlich der Verbesserung des Mischergebnisses und der Verminderung des

Druckverlusts beim Mischvorgang zu verbessern, ohne dass ein durchschlagender Erfolg dabei erzielt werden konnte.

Ein Vorschlag zur Verbesserung der Mischelemente ist beispielsweise in der WO2009000642A1 offenbart. Die WO2009000642A1 offenbart Mischelemente, bei denen zwischen benachbarten Stegen zumindest teilweise Zwischenräume liegen. Auf diese Weise soll eine Verbesserung des Mischergebnisses bei gleichzeitiger Verminderung des Druckverlusts beim Mischvorgang erreicht werden.

Es wurde jedoch festgestellt, dass für viele Mischanforderungen bei der Herstellung von Polymeren eine weitere Verbesserung des Mischergebnisses bei gleichzeitiger Verminderung des Druckverlusts beim Mischvorgang erwünscht ist.

Die Verminderung des Druckverlusts kann vorteilhaft durch erreicht werden, dass die spezifischen Wirkung des Mischelements oder statischen Mischers verringert wird.

Die spezifische Wirkung ist eine dimensionslose Kennzahl zur Beschreibung von Mischelementen und statischen Mischern, in die im Zähler der Druckverlust im Mischelement bzw. statischen Mischer und die Verweilzeit des Fluids im Mischelement bzw. statischen Mischer eingeht und im Nenner die Viskosität des Fluids eingeht. Ausführliche Erläuterungen zur spezifischen Wirkung finden sich in Dolling, E.: „Zur Darstellung von Mischvorgängen in hochviskosen Flüssigkeiten“, Dissertation RWTH Aachen, 1971.

Die spezifische Wirkung ist definiert als

$$W = \frac{\Delta p V}{\eta \dot{V}} = \frac{\Delta p t_v}{\eta}$$

wobei W die spezifische Wirkung, Δp der Druckverlust, V das Volumen, η die dynamische Viskosität und \dot{V} der volumetrische Durchsatz bzw. t_v die Verweilzeit.

Druckverlust und Verweilzeit sind bei newtonschem Verhalten des durchströmenden umgekehrt proportional zueinander, d.h. das Produkt der beiden Größen ist bei ein und demselben Mischer unter sonst gleichen Bedingungen konstant. Die Verweilzeit ist dabei der Quotient des freien Volumens des Mischelements bzw. statischen Mischers und des Volumenstroms durch den Mischer.

In Abhängigkeit von der technischen Aufgabenstellung können unterschiedliche Größen von Wichtigkeit sein.

Beispielsweise kann es für eine gegebene Mischaufgabe mit einem gegebenen Produkt einen gewissen verfügbaren Druckverlust geben, der aus anlagentechnischen Gründen nicht überschritten werden darf. Unter dieser Rahmenbedingung möchte man das Volumen des statischen Mixers, damit Apparategröße (und damit die Kosten des statischen Mixers) und die Verweilzeit, die bei
5 den hohen Temperaturen der Polymerverarbeitung typischerweise zur Verschlechterung von Produkteigenschaften führt, minimieren.

Eine weitere technische Aufgabenstellung kann sein, eine gegebene Mischaufgabe bei aus Qualitäts- und Anlagengründen vorgegebener Apparategröße und Verweilzeit mit möglichst wenig Druckverlust zu bewerkstelligen, um Energie zu sparen.

10 Weiterhin kann es eine technische Aufgabe sein, bei erforderlichem Durchsatz, Mischgüte und zulässigem Druckverlust zur Erhöhung der Qualität die Temperatur zu senken. Wie der Fachmann weiß, wird beim Absenken der Temperatur bei Polymerschmelzen typischerweise schädliche Nebenreaktionen verlangsamt und damit die Produktqualität erhöht, gleichzeitig steigt aber auch beim Absenken der Temperatur die Viskosität von Polymerschmelzen, so dass eine Begrenzung im
15 Druckverlust auftreten kann.

All diese Aufgabenstellungen lassen sich so zusammenfassen, dass eine gegebene Mischaufgabe bei Minimierung der spezifischen Wirkung gelöst werden soll.

Weiterhin beispielsweise kann in einem industriellen Herstellverfahren wie der Herstellung von Polymeren sowohl das Fluid und damit seine Viskosität als auch der Volumenstrom, beispielsweise
20 bedingt durch die Anlagengröße und Produktionserfordernisse, und damit auch in einem Rohr, in dem sich das Mischelement bzw. der statische Mischer befinden, festgelegt sind, die spezifische Wirkung nur dadurch verringert werden, dass das freie Volumen des Mixers bzw. statischen Mischelements vergrößert wird. Damit erhöhte sich aber die Verweilzeit des Fluids im Mischer, was unerwünscht ist, da eine höhere Verweilzeit beispielsweise bei der Herstellung von Polymeren
25 gemeinhin zur Verschlechterung der Qualität der Polymere führt. Außerdem kann ein größeres freies Volumen eines Mischelements oder statischen Mixers häufig nur durch einen größeren Durchmesser des Mischelements oder statischen Mixers bei ansonsten gleicher Geometrie erreicht werden. Dies wiederum hat die Nachteile, dass das Rohr, in das das Mischelement oder der statische Mischer eingebaut ist, größer und damit teurer ausgelegt werden muss, und dass der
30 Wechsel von der Herstellung von einem Polymer auf die Herstellung eines anderen Polymers erschwert wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Mischelement zur Verfügung zu stellen, das bei gleichem oder besseren Mischergebnis einen geringeren Druckverlust aufweist. Dieser geringere

Druckverlust soll erreicht werden, ohne dass die Verweilzeit erhöht oder der Durchmesser oder das freie Volumen des Mischelements oder statischen Mischers vergrößert wird.

Das Mischergebnis kann beispielsweise über die Messung einer Konzentrationsverteilung am Austritt aus den statischen Mixern bewertet werden. Häufig wird dazu die
 5 Konzentrationsverteilung zu einer integralen Mischgüte zusammengefasst. Einen Überblick dazu gibt „Kohlgrüber: Der gleichläufige Doppelschneckenextruder, Hanser-Verlag, 2007“ in Kapitel 9 auf den Seiten 184 bis 188.

Gelöst wird die Aufgabe durch ein Mischelement, das mindestens eine Querstrebe aufweist, von der rechtwinklig zur längsten Ausdehnung der Querstrebe mindestens drei Stege ausgehen, wobei
 10 von diesen mindestens drei Stegen bezüglich der längsten Ausdehnung der Querstrebe mindestens ein Steg alternierend gegenüber mindestens zwei Stegen liegt und die auf gegenüber liegenden Seiten der Querstrebe liegenden Stege einen Winkel (Öffnungswinkel O) von 60° bis 120°, bevorzugt von 75° bis 105°, besonders bevorzugt von 85° bis 95°, insbesondere von 90° einschließen, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Querstrebe (dQ) an ihrer dicksten Stelle
 15 0,9 bis 1,1 mal der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen Öffnungswinkels O entspricht, also $dQ = dS * \cos (0,5 * O) / \sin O \pm 0,1 * dS * \cos (0,5 * O) / \sin O = (1 \pm 0,1) * dS * \cos (0,5 * O) / \sin O$.

Bevorzugt ist die Dicke der Querstrebe (dQ) an ihrer dicksten Stelle 0,95 bis 1,05 mal der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den
 20 Sinus des vollen Öffnungswinkels O, also $dQ = (1 \pm 0,05) * dS * \cos (0,5 * O) / \sin O$, ganz besonders bevorzugt 0,98 bis 1,02 mal der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen Öffnungswinkels O, also $dQ = (1 \pm 0,02) * dS * \cos (0,5 * O) / \sin O$, insbesondere ist die Dicke der Querstrebe $dQ = dS * \cos (0,5 * O) / \sin O$.

Weiterhin bevorzugt ist die Dicke dQ der Querstrebe über eine zusammenhängende, die Mitte der Querstrebenlänge einschließende Strecke von 90 %, bevorzugt über 95 %, besonders bevorzugt über 98 %, ganz besonders bevorzugt über 99 % der Querstrebenlänge mit einer Abweichung von maximal 5 %, bevorzugt maximal 2 %, besonders bevorzugt maximal 1 % gleich.

Weiterhin bevorzugt hat mindestens die Seite einer Querstrebe (Querstrebenenseite), die den Stegen
 30 abgewandt ist, die Form eines Rechtecks, wobei dieses Rechteck rechtwinklig zu der Hauptströmungsrichtung der Fluide liegt.

Weiterhin bevorzugt beträgt die Dicke der Stege (dS) 0,01 bis 0,07, bevorzugt 0,015 bis 0,06 und ganz besonders bevorzugt 0,02 bis 0,05 mal dem Durchmesser des Mischelements rechtwinklig zu der Hauptströmungsrichtung.

5 Das erfindungsgemäße Mischelement kann eine Hülse aufweisen. Sofern das erfindungsgemäße Mischelement eine Hülse aufweist, liegen die Außenflächen der Querstreben und die Stirnflächen der Hülse in einer Ebene.

10 Überraschenderweise wurde gefunden, dass ein solches Mischelement nicht nur ein besseres Mischergebnis als Mischelemente aus dem Stand der Technik zeitigt, sondern auch, dass der Druckverlust beim Mischen geringer ist, ohne dass die Verweilzeit erhöht oder der Durchmesser oder das freie Volumen des Mischelements oder statischen Mischers vergrößert wird. Es kann also mit einem verringerten Eingangsdruck vor dem Mischelement gearbeitet werden.

15 Durch den verringerten Druckverlust wird zum einen Energie gespart, die zur Erzeugung des Drucks aufgewandt werden muss, zum anderen führt der verringerte Druckverlust zu einem geringeren Temperaturanstieg beim Mischvorgang. Dies wiederum verringert temperaturbedingte Schädigungen beim zu mischenden Fluid bzw. bei den miteinander zu mischenden Fluiden. Außerdem muss bei höherem Druckverlust ein größerer apparativer Aufwand, beispielsweise in Form von leistungsfähigeren Pumpen und dickeren Wandungen, getrieben werden.

20 Außerdem zusätzlich wurde überraschenderweise gefunden, dass der Druckverlust durch das erfindungsgemäße Mischelement bei gleichem oder besserem Mischergebnis zusätzlich vermindert werden kann, wenn in Hauptströmungsrichtung die Breite der Öffnung zwischen zwei benachbarten Stegen, die auf der gleichen Seite der Querstrebe liegen, von der sie abgehen, größer ist als die Breite eines Steges. Dabei ist diese Stegbreite dieser zwei Stege im Wesentlichen gleich.

25 Zusätzlich vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Mischelement dadurch, dass es eine geringere Bautiefe als ein vergleichbare Mischelemente aus dem Stand der Technik aufweist. So hat ein erfindungsgemäßes Mischelement ein um das zweifache der Dicke der Querstrebe verringerte Bautiefe. Dies kann durchaus bei einem Öffnungswinkel α von 90° und einem üblichen Verhältnis von Durchmesser des statischen Mischers zur Dicke des Steges von 20 : 1 eine etwa 20 % geringere Bautiefe bewirken. Die sich daraus ergebende Platzersparnis ist technisch wünschenswert, insbesondere weil in der Regel in einem Rohr, dass von den zu mischenden Fluiden durchströmt wird, nicht nur ein erfindungsgemäßes Mischelement, sondern viele
30 erfindungsgemäße Mischelemente eingebaut werden. Diese bilden dann – analog zu den bereits weiter oben beschriebenen statischen Mischern aus dem Stand der Technik - einen erfindungsgemäßen statischen Mischer.

Dies löst die zusätzliche Aufgabe, ein Mischelement zur Verfügung zu stellen, das bei gleichem oder besserem Mischergebnis und gleichzeitiger Verminderung des Druckverlusts eine geringere Bautiefe als vergleichbare Mischelemente aus dem Stand der Technik aufweist.

5 Die geringere Bautiefe des erfindungsgemäßen Mischelements bewirkt eine geringere Verweilzeit des zu mischenden Fluids bzw. der miteinander zu mischenden Fluide im Mischelement. Dies wiederum verringert die thermischen Belastungen und damit wiederum temperaturbedingte Schädigungen beim zu mischenden Fluid bzw. bei den miteinander zu mischenden Fluiden.

10 Zusätzlich wurde überraschenderweise gefunden, dass wenn mindestens zwei der erfindungsgemäßen Mischelemente derart unmittelbar zueinander angrenzend angeordnet werden, dass ihre einander zugewandten Querstrebenflächen fluchtend hintereinanderliegen und sich vollflächig berühren, wobei eines der beiden Mischelemente gegenüber dem anderen Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180° gedreht ist, jedoch die beiden gleichartigen hintereinander liegenden Mischelemente gegeneinander keine Verdrehung in der normal zur Hauptströmungsrichtung liegenden Ebene
15 gegenüber dem anderen Mischelement aufweisen, sich die mechanische Festigkeit des aus den mindestens zwei erfindungsgemäßen Mischelementen aufgebauten erfindungsgemäßen statischen Mischers sich im Vergleich zu einem statischen Mischer, der aus der gleichen Anzahl von herkömmlichen Mischelementen in der gleichen Anordnung wie die erfindungsgemäßen Mischelemente aufgebaut ist, in Strömungsrichtung nicht erniedrigt, sondern sogar noch erhöht,
20 während sie in den anderen Richtungen zumindest gleich bleibt.

Bei einer solchen erfindungsgemäßen Anordnung bilden die Schnittflächen der gedachten Verlängerungen der Außenkonturen der Stege im Bereich des Querschnitts einer Querstrebe, wobei der Schnitt rechtwinklig zur Querstrebenlänge und rechtwinklig zur Querstrebenbreite geführt wird, also parallel zur Querstrebedicke (d_Q) geführt wird, eine Raute. Für einen Öffnungswinkel
25 von $\alpha = 90^\circ$ ist diese Raute ein Quadrat.

Durch diese erfindungsgemäße Anordnung wird bewirkt, dass es zu gleichmäßigen Kraftflüssen kommt. Insbesondere werden die Kraftflüsse durch die Stege ohne Umlenkung unmittelbar von einem erfindungsgemäßen Mischelement auf das nachfolgende erfindungsgemäße Mischelement übertragen, wodurch Momente am Übergang zwischen Steg und Querstrebe sowie die damit
30 verbundenen zusätzlichen Schubspannungen vermieden werden. Dadurch wird, wie bereits weiter oben dargestellt, die Festigkeit erhöht. Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Mischelements und des erfindungsgemäßen statischen Mischers sind die Materialersparnis bei der Herstellung des Mischers und dass erhöhter Durchsatz tolerierbar ist.

Es muss also beim Einsatz der erfindungsgemäßen Mischelemente nicht befürchtet werden, dass ein erfindungsgemäßes Mischelement oder ein aus mindestens zwei erfindungsgemäßen Mischelementen aufgebauter statischer Mischer unter der Belastung des strömenden Fluids gestaucht wird. Im Gegenteil, das erfindungsgemäße Mischelement ist für höhere Belastung als ein
5 entsprechendes Mischelement aus dem Stand der Technik geeignet und ein aus mindestens zwei erfindungsgemäßen Mischelementen aufgebauter statischer Mischer ist für höhere Belastung als ein entsprechender statischer Mischer aus dem Stand der Technik geeignet.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Mischelements – also das verbesserte Mischergebnis, der geringere Druckverlust und die höhere mechanische Festigkeit – treten besonders hervor, wenn
10 mindestens zwei der erfindungsgemäßen Mischelemente in einem statischen Mischer vorhanden sind. Insbesondere treten die Vorteile des erfindungsgemäßen Mischelements hervor, wenn die mindestens zwei erfindungsgemäßen Mischelemente unmittelbar benachbart sind und ein erfindungsgemäßes Mischelement zum jeweils benachbarten Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180°
15 gedreht ist, so dass die Querstrebenenden der Mischelemente, die den Stegen des jeweiligen Mischelements abgewandt sind, unmittelbar aufeinander liegen und sich vollflächig berühren. Ganz besonders treten die Vorteile des erfindungsgemäßen Mischelements hervor, wenn mindestens zwei der erfindungsgemäßen Mischelemente einen statischen Mischer bilden, das heißt, wenn der statische Mischer ausschließlich aus den erfindungsgemäßen Mischelementen aufgebaut ist.

20 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher auch ein statischer Mischer, umfassend mindestens zwei erfindungsgemäße Mischelemente. Insbesondere Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein statischer Mischer, der ausschließlich aus den erfindungsgemäßen Mischelementen aufgebaut ist.

Dabei kann eines oder mehrere oder alle der erfindungsgemäßen Mischelemente eine Hülse
25 aufweisen oder nicht. Auch der erfindungsgemäße statische Mischer kann eine Hülse aufweisen oder nicht.

Eine solche Hülse kann außen Markierungsnuten oder Markierungsstifte aufweisen, die ein falsches Einbauen – oder Zusammenbauen des Mischelements oder des statischen Mischer in ein Rohr, durch das die zu mischenden Fluide strömen, erschweren oder verhindern.

30 Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Verfahren zum Mischen von Fluiden unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Mischelements. Insbesondere weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Verfahren zum Mischen unter Verwendung eines erfindungsgemäßen statischen Mischers.

Fluide, die sich in vorteilhafter Weise unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Mischelements oder eines erfindungsgemäßen statischen Mischers mischen lassen, sind die bereits eingangs erwähnten Polymerschmelzen oder andere Fluide mit einer Viskosität von 0,1 bis 10.000 Pas. So kann auch ein erfindungsgemäßes Mischelement oder ein erfindungsgemäßer statischer Mischer dazu verwendet werden, beispielsweise eine Polymerschmelze mit einer anderen, additivierten Polymerschmelze zu mischen oder eine Polymerschmelze mit einem Lösungsmittel zu mischen. Dieser Vorgang findet beispielsweise bei der Herstellung von Polymeren bzw. Mischungen von Polymeren statt. Somit dienen das erfindungsgemäße Mischelement und der erfindungsgemäße statische Mischer auch der Herstellung von Polymeren und Mischungen von Polymeren und Polymerlösungen. Die zu mischenden Komponenten können eine homogene Mischung (keine Phasengrenze zwischen den Komponenten beobachtbar) oder eine disperse Mischung (Phasengrenze zwischen den Komponenten beobachtbar) bilden. Falls eine Komponente dispergiert wird, so kann diese disperse Phase fest, flüssig oder gasförmig sein. Die zu mischenden Komponenten können die gleiche Viskosität aufweisen oder eine voneinander verschiedene Viskosität. Die Viskositätsverhältnisse können bis 1 zu 10.000 betragen. Die Mengenverhältnisse, bei Feststoffen und Flüssigkeiten in Gewichtsanteilen, bei Gasen in Volumenanteilen, betragen von 0,1 zu 99,9 % bis 50 zu 50 %, bevorzugt 3 zu 97 % bis 15 zu 85 %. Bevorzugt behandelt es sich bei der Polymerschmelze oder den Polymerschmelzen um eine Schmelze eines thermoplastischen Polymers oder um Schmelzen mehrerer thermoplastischer Polymere. Ein thermoplastisches Polymer wird nachfolgend kurz auch Thermoplast genannt.

Besonders bevorzugt werden mit einem erfindungsgemäßen Mischelement oder mit einem erfindungsgemäßen statischen Mischer thermoplastische Polymere aus der Reihe umfassend Polycarbonat, Polyamid, Polyester, insbesondere Polybutylenterephthalat oder Polyethylenterephthalat, Polyether, thermoplastisches Polyurethan, Polyacetal, Fluorpolymer, insbesondere Polyvinylidenfluorid, Polyethersulfone, Polyolefin, insbesondere Polyethylen oder Polypropylen, Polyimid, Polyacrylat, insbesondere Poly(methyl)methacrylat, Polyphenylenoxid, Polyphenylensulfid, Polyetherketon, Polyaryletherketon, Styrolpolymerisate, insbesondere Polystyrol, Styrolcopolymer, insbesondere Styrolacrylnitrilcopolymer, Acrylnitrilbutadienstyrolblockcopolymer oder Polyvinylchlorid verarbeitet. Ebenso bevorzugt werden mit einem erfindungsgemäßen Mischelement oder mit einem erfindungsgemäßen statischen Mischer so genannte Blends aus den aufgeführten Polymeren verarbeitet, worunter der Fachmann eine Kombination aus zwei oder mehreren Polymeren versteht. Besonders bevorzugt sind Polycarbonat und Blends enthaltend Polycarbonat, wobei das Polycarbonat ganz besonders bevorzugt nach dem Phasengrenzflächenverfahren oder dem Schmelzeumesterungsverfahren erhalten wurde.

Ferner ist bekannt, dass mit einem erfindungsgemäßen Mischelement oder mit einem erfindungsgemäßen statischen Mischer weitere Fluide wie beispielsweise Öle, Epoxidharze, Polyurethane, Lebensmittel, Lacke und Farben, Cremes, Pasten, Metallschmelzen, Salzschmelzen oder Glasschmelzen verarbeitet werden können.

- 5 Polymerlösungen, die als Produkte mit einem erfindungsgemäßen Mischelement oder mit einem erfindungsgemäßen statischen Mischer verarbeitet werden können, sind beispielsweise Kautschuke oder Thermoplaste mit deren Monomeren und/oder Lösungsmitteln. Bevorzugt werden mit einem erfindungsgemäßen Mischelement oder mit einem erfindungsgemäßen statischen Mischer
10 Lösungen von Polymeren ausgewählt aus der Reihe umfassend Styrolacrylnitrilcopolymer mit Styrol, Acrylnitril und/oder Ethylbenzol, Acrylnitrilbutadienstyrolblockcopolymer mit Styrol, Acrylnitril, Butadien und/oder Ethylbenzol, Polycarbonat mit Chlorbenzol und/oder Methylenechlorid, Polyamid mit Caprolactam oder Wasser, Polyoxymethylen mit Formaldehyd, Poly(methyl)methacrylat mit Methylmethacrylat und Polyethylen mit Hexan oder Cyclohexan
15 verarbeitet. Besonders bevorzugt wird ein erfindungsgemäßes Mischelement oder ein erfindungsgemäßer statischer Mischer zur Verarbeitung von Polymerlösungen enthaltend Polycarbonat in Chlorbenzol und/oder Methylenechlorid eingesetzt.

Polycarbonate im Sinne der vorliegenden Erfindung sind sowohl Homopolycarbonate als auch Copolycarbonate und/oder Polyestercarbonate; die Polycarbonate können in bekannter Weise linear oder verzweigt sein. Erfindungsgemäß sind auch Mischungen von Polycarbonaten gemeint.

- 20 Die Herstellung der Polycarbonate kann in bekannter Weise aus Diphenolen, Kohlensäurederivaten, gegebenenfalls Kettenabbrechern und Verzweigern erfolgen. Einzelheiten der Herstellung von Polycarbonaten sind dem Fachmann seit mindestens etwa 40 Jahren gut bekannt. Beispielhaft sei hier auf Schnell, Chemistry and Physics of Polycarbonates, Polymer
25 Reviews, Volume 9, Interscience Publishers, New York, London, Sydney 1964, auf D. Freitag, U. Grigo, P.R. Müller, H. Nouvertné, BAYER AG, Polycarbonates in Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Volume 11, Second Edition, 1988, Seiten 648-718 und schließlich auf U. Grigo, K. Kirchner und P.R. Müller Polycarbonate in Becker/Braun, Kunststoff-Handbuch, Band 31, Polycarbonate, Polyacetale, Polyester, Celluloseester, Carl Hanser Verlag München, Wien 1992, Seiten 117-299 verwiesen.

- 30 Die Herstellung aromatischer Polycarbonate erfolgt z.B. durch Umsetzung von Diphenolen mit Kohlensäurehalogeniden, vorzugsweise Phosgen, und oder mit aromatischen Dicarbonsäuredihalogeniden, vorzugsweise Benzoldicarbonsäuredihalogeniden, nach dem Phasengrenzflächenverfahren, gegebenenfalls unter Verwendung von Kettenabbrechern und gegebenenfalls unter Verwendung von trifunktionellen oder mehr als trifunktionellen Verzweigern.

Ebenso ist eine Herstellung über ein Schmelzpolymerisationsverfahren durch Umsetzung von Diphenolen mit beispielsweise Diphenylcarbonat möglich. Für die Herstellung der Polycarbonate geeignete Diphenole sind beispielsweise Hydrochinon, Resorcin, Dihydroxydiphenyle, Bis-(hydroxyphenyl)-alkane, Bis-(hydroxyphenyl)-cycloalkane, Bis-(hydroxyphenyl)-sulfide, Bis-(hydroxyphenyl)-ether, Bis-(hydroxyphenyl)-ketone, Bis-(hydroxyphenyl)-sulfone, Bis-(hydroxyphenyl)-sulfoxide, α - α' -Bis-(hydroxyphenyl)-diisopropylbenzole, Phtalimidine abgeleitet von Isatin- oder Phenolphthaleinderivaten sowie deren kernalkylierte, kernarylierte und kernhalogenierte Verbindungen.

Bevorzugte Diphenole sind 4,4'-Dihydroxydiphenyl, 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan (Bisphenol A), 2,4-Bis-(4-hydroxyphenyl)-2-methylbutan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-p-diisopropylbenzol, 2,2-Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-propan, Dimethyl-Bisphenol A, Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-methan, 2,2-Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-propan, Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-sulfon, 2,4-Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-2-methylbutan, 1,1-Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-p-diisopropylbenzol und 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan.

Besonders bevorzugte Diphenole sind 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan (Bisphenol A), 2,2-Bis-(3,5-dimethyl-4-hydroxyphenyl)-propan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-cyclohexan, 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan und Dimethyl-Bisphenol A.

Diese und weitere geeignete Diphenole sind z.B. in US-A 3 028 635, US-A 2 999 825, US-A 3 148 172, US-A 2 991 273, US-A 3 271 367, US-A 4 982 014 und US-A 2 999 846, in DE-A 1 570 703, DE-A 2063 050, DE-A 2 036 052, DE-A 2 211 956 und DE-A 3 832 396, in FR-A 1 561 518, in der Monographie H. Schnell, Chemistry and Physics of Polycarbonates, Interscience Publishers, New York 1964 sowie in JP-A 62039/1986, JP-A 62040/1986 und JP-A 105550/1986 beschrieben.

Im Fall der Homopolycarbonate wird nur ein Diphenol eingesetzt, im Fall der Copolycarbonate werden mehrere Diphenole eingesetzt.

Geeignete Kohlensäurederivate sind beispielsweise Phosgen oder Diphenylcarbonat.

Geeignete Kettenabbrécher, die bei der Herstellung der Polycarbonate eingesetzt werden können, sind Monophenole. Geeignete Monophenole sind beispielsweise Phenol selbst, Alkylphenole wie Kresole, p-tert.-Butylphenol, Cumylphenol, sowie deren Mischungen.

Bevorzugte Kettenabbrécher sind die Phenole, welche ein- oder mehrfach mit C₁- bis C₃₀-Alkylresten, linear oder verzweigt, bevorzugt unsubstituiert, oder mit tert-Butyl substituiert sind. Besonders bevorzugte Kettenabbrécher sind Phenol, Cumylphenol und/oder p-tert-Butylphenol. Die Menge an einzusetzendem Kettenabbrécher beträgt bevorzugt 0,1 bis 5 Mol-%, bezogen auf

Mole an jeweils eingesetzten Diphenolen. Die Zugabe der Kettenabbrecher kann vor, während oder nach der Umsetzung mit einem Kohlensäurederivat erfolgen.

5 Geeignete Verzweiger sind die in der Polycarbonatchemie bekannten tri- oder mehr als trifunktionellen Verbindungen, insbesondere solche mit drei oder mehr als drei phenolischen OH-Gruppen.

10 Geeignete Verzweiger sind beispielsweise 1,3,5-Tri-(4-hydroxyphenyl)-benzol, 1,1,1-Tri-(4-hydroxyphenyl)-ethan, Tri-(4-hydroxyphenyl)-phenylmethan, 2,4-Bis-(4-hydroxyphenylisopropyl)-phenol, 2,6-Bis-(2-hydroxy-5'-methyl-benzyl)-4-methylphenol, 2-(4-Hydroxyphenyl)-2-(2,4-dihydroxyphenyl)-propan, Tetra-(4-hydroxyphenyl)-methan, Tetra-(4-(4-hydroxyphenylisopropyl)-phenoxy)-methan und 1,4-Bis-((4',4'-dihydroxytriphenyl)-methyl)-benzol und 3,3-Bis-(3-methyl-4-hydroxyphenyl)-2-oxo-2,3-dihydroindol.

15 Die Menge der gegebenenfalls einzusetzenden Verzweiger beträgt bevorzugt 0,05 Mol-% bis 3 Mol-%, bezogen auf Mole an jeweils eingesetzten Diphenolen. Die Verzweiger können entweder mit den Diphenolen und den Kettenabbrechern in der wässrig alkalischen Phase vorgelegt werden oder in einem organischen Lösungsmittel gelöst vor der Phosgenierung zugegeben werden. Im Fall des Umesterungsverfahrens werden die Verzweiger zusammen mit den Diphenolen eingesetzt.

20 Besonders bevorzugte Polycarbonate sind das Homopolycarbonat auf Basis von Bisphenol A, das Homopolycarbonat auf Basis von 1,3-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan und die Copolycarbonate auf Basis der beiden Monomere Bisphenol A und 1,1-Bis-(4-hydroxyphenyl)-3,3,5-trimethylcyclohexan.

Zusätzlich können optional bezogen auf das Gewicht des Thermoplasten bis zu 50,0 Gew.-%, bevorzugt 0,2 bis 40 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,10 bis 30,0 Gew.-% sonstige übliche Additive enthalten sein.

25 Diese Gruppe umfasst Flammenschutzmittel, Antitropfmittel, Thermostabilisatoren, Entformungsmittel, Antioxidantien, UV-Absorber, IR-Absorber, Antistatika, optische Aufheller, Lichtstreuungsmittel, Farbmittel wie Pigmente, auch anorganischen Pigmente, Ruß und/oder Farbstoffe, und anorganische Füllstoffe in den für Polycarbonat üblichen Mengen. Diese Additive können einzeln oder auch im Gemisch zugesetzt werden.

30 Solche Additive, wie sie üblicherweise bei Polycarbonaten zugesetzt werden, sind beispielsweise in EP-A 0 839 623, WO-A 96/15102, EP-A 0 500 496 oder „Plastics Additives Handbook“, Hans Zweifel, 5th Edition 2000, Hanser Verlag, München beschrieben.

Bei der Herstellung eines Polycarbonats werden die erfindungsgemäßen Mischelemente bzw. erfindungsgemäßen statischen Mischer bevorzugt nach der letzten Entgasungsstufe des Polycarbonats eingesetzt. Dies ist in der Regel bei der Herstellung von Polycarbonat nach dem Phasengrenzflächenverfahren nach einem Rohr- oder Strangverdampfer und bei der Herstellung von Polycarbonat nach dem Schmelzpolymerisationsverfahren nach einem Hochviskosreaktor. In Strömungsrichtung vor einem erfindungsgemäßen Mischelement bzw. erfindungsgemäßen statischen Mischer wird einem Hauptstrom von unadditiviertem Polycarbonat ein Nebenstrom von additiviertem Polycarbonat zugeführt. Das Mischungsverhältnis dabei liegt in einem Bereich von 99:1 bis 80:20, bevorzugt 98:2 bis 85:15, besonders bevorzugt von 95:5 bis 90:10, jeweils nach Gewichtsanteil.

Wird ein erfindungsgemäßes Mischelement oder ein erfindungsgemäßer statischer Mischer bei der Herstellung von Polycarbonat eingesetzt, so bewirkt dies durch den geringeren Temperaturanstieg, der durch den geringeren Druckverlust bewirkt wird, und durch die geringere Verweilzeit, die durch die geringere Bautiefe bewirkt wird, eine geringere Temperaturschädigung des Polycarbonats. Das wiederum stellt ein Polycarbonat zur Verfügung, das eine geringere Vergilbung und höhere Transparenz aufweist als ein Polycarbonat, das ohne Einsatz eines erfindungsgemäßen Mischelements oder eines erfindungsgemäßen statischen Mischers unter sonst gleichen Bedingungen hergestellt wurde.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher auch ein Verfahren zur Herstellung von Polycarbonat, bei dem ein erfindungsgemäßes Mischelement eingesetzt wird. Auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren zur Herstellung von Polycarbonat, bei dem ein erfindungsgemäßer statischer Mischer eingesetzt wird.

Die Erfindung wird nachfolgend durch Zeichnungen erläutert, ohne dass sie dadurch auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsformen eingeschränkt wird.

Fig. 1 zeigt ein Mischelement aus dem Stand der Technik mit Hülse im Querschnitt und in der Draufsicht. Die Bemaßung von Strecken ist in Millimeter, die Bemaßung des Winkels in Grad; es sind:

- 1.1 Dicke der Hülse
- 1.2 Durchmesser des Mischelements einschließlich Hülse
- 1.3 Dicke d_Q der Querstrebe
- 1.4 Breite der Querstrebe

- 1.5 Dicke dS des Stegs
- 1.6 Breite des Stegs
- 1.7 Breite der Öffnung zwischen zwei Stegen
- 1.8 Öffnungswinkel O
- 5 1.9 Querstreben
- 1.10 Hauptströmungsrichtung

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt eines statischen Mischer bestehend aus zwei Mischelementen aus dem Stand der Technik mit eingezeichneten Pfeilen, die die Kraftflüsse durch die Stege und die Querstrebe andeuten, wenn die Kraft senkrecht von oben auf das Mischelement wirkt; es sind:

- 2.1 Hülse des oberen Mischelements
- 2.2 Querstreben des oberen Mischelements
- 2.3 Stege des oberen Mischelements
- 2.4 Hülse des unteren Mischelements
- 15 2.5 Querstreben des unteren Mischelements
- 2.6 Stege des unteren Mischelements
- 2.7 Kraftflüsse (durch Pfeile angedeutet)
- 2.8 Dicke dQ der Querstrebe des oberen Mischelements
- 2.9 Breite der Querstrebe des oberen Mischelements
- 20 2.10 Dicke dQ der Querstrebe des unteren Mischelements
- 2.11 Breite der Querstrebe des unteren Mischelements
- 2.12 Hauptströmungsrichtung

Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch ein Rohr mit einem statischen Mischer gebildet aus einer doppelten 4+4-Anordnung von Mischelementen aus dem Stand der Technik; es sind:

- 3.1 erstes Mischelement
- 3.2 zweites Mischelement, gegenüber dem ersten Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180° gedreht
- 5 3.3 drittes Mischelement, ausgerichtet wie erstes Mischelement
- 3.4 viertes Mischelement, ausgerichtet wie zweites Mischelement
- 3.5 fünftes Mischelement, ausgerichtet wie erstes Mischelement 3.1, aber in Strömungsrichtung betrachtet um 90° in Umfangsrichtung gegen den Uhrzeigersinn gedreht
- 10 3.6 sechstes Mischelement, gegenüber dem fünften Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180° gedreht
- 3.7 siebtes Mischelement, ausgerichtet wie fünftes Mischelement
- 3.8 achttes Mischelement, ausgerichtet wie sechstes Mischelement
- 15 3.9 neuntes Mischelement, ausgerichtet wie erstes Mischelement
- 3.10 zehntes Mischelement, ausgerichtet wie zweites Mischelement
- 3.11 elftes Mischelement, ausgerichtet wie erstes Mischelement
- 3.12 zwölftes Mischelement, ausgerichtet wie zweites Mischelement
- 3.13 dreizehntes Mischelement, ausgerichtet wie fünftes Mischelement
- 20 3.14 vierzehntes Mischelement, ausgerichtet wie sechstes Mischelement
- 3.15 fünfzehntes Mischelement, ausgerichtet wie siebtes Mischelement
- 3.16 sechzehntes Mischelement, ausgerichtet wie achttes Mischelement
- 3.17 Hauptströmungsrichtung
- 3.18 Rohr, in dem die Mischelemente eingebaut sind
- 25 Fig. 4 zeigt einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Mischelements gemäß dem Schnitt A-A aus Fig. 5; es sind:

4.1 Hülse

4.2 Querstreben

4.3 Stege

Fig. 5 zeigt die Draufsicht eines erfindungsgemäßen Mischelements; es sind:

5 5.1 Hülse

5.2 Querstreben

5.3 Stege

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen statischen Mischers bestehend aus zwei erfindungsgemäßen Mischelementen mit eingezeichneten Pfeilen, die die Kraftflüsse durch die Stege und die Querstrebe andeuten, wenn die Kraft senkrecht von oben auf das Mischelement wirkt; es sind:

6.1 Hülse des oberen Mischelements

6.2 Querstreben des oberen Mischelements

6.3 Stege des oberen Mischelements

15 6.4 Hülse des unteren Mischelements

6.5 Querstreben des unteren Mischelements

6.6 Stege des unteren Mischelements

6.7 Kraftflüsse (durch Pfeile angedeutet)

6.8 Dicke dQ der Querstrebe des oberen Mischelements

20 6.9 Breite der Querstrebe des oberen Mischelements

6.10 Dicke dQ der Querstrebe des unteren Mischelements

6.11 Breite der Querstrebe des unteren Mischelements

6.12 Hauptströmungsrichtung

Fig. 7 zeigt einen Querschnitt eines statischen Mischer bestehend aus zwei erfindungsgemäßen statischen Mischelementen mit einem Öffnungswinkel O von etwa gleich 90° ; es sind:

- 7.1 Hülse des oberen Mischelements
- 7.2 Querstreben des oberen Mischelements
- 5 7.3 Stege des oberen Mischelements
- 7.4 Hülse des unteren Mischelements
- 7.5 Querstreben des unteren Mischelements
- 7.6 Stege des unteren Mischelements
- 7.7 Öffnungswinkel O

10 Fig. 8 zeigt einen Querschnitt eines statischen Mischer bestehend aus zwei erfindungsgemäßen statischen Mischelementen mit einem Öffnungswinkel O größer 90° ; es sind:

- 8.1 Hülse des oberen Mischelements
- 8.2 Querstreben des oberen Mischelements
- 8.3 Stege des oberen Mischelements
- 15 8.4 Hülse des unteren Mischelements
- 8.5 Querstreben des unteren Mischelements
- 8.6 Stege des unteren Mischelements
- 8.7 Öffnungswinkel O

20 Fig. 9 zeigt einen Querschnitt eines statischen Mischer bestehend aus zwei erfindungsgemäßen statischen Mischelementen mit einem Öffnungswinkel O kleiner 90° ; es sind:

- 9.1 Hülse des oberen Mischelements
- 9.2 Querstreben des oberen Mischelements
- 9.3 Stege des oberen Mischelements
- 9.4 Hülse des unteren Mischelements

9.5 Querstreben des unteren Mischelements

9.6 Stege des unteren Mischelements

9.7 Öffnungswinkel O

5 Fig.10 zeigt links einen Längsschnitt durch einen herkömmlichen statischen Mischer und rechts einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen statischen Mischer mit verringerter Bauhöhe. Die um etwa 23 % verminderte Bauhöhe des erfindungsgemäßen statischen Mischers gegenüber der Bauhöhe des statischen Mischers aus dem Stand der Technik ist gut zu erkennen. Auch ist gut zu erkennen, dass eines der beiden Mischelemente gegenüber dem anderen Mischelement um seine zur Hauptströmungsrichtung senkrechte und parallel zu den Querstreben liegende Achse um 180° gedreht ist, so dass die Querstreben-
10 dieser Mischelemente, die den Stegen des jeweiligen Mischelements abgewandt sind, unmittelbar aufeinander liegen und sich vollflächig berühren.

Fig. 11 zeigt eine Vollansicht eines erfindungsgemäßen statischen Mischers.

Patentansprüche

1. Mischelement, das mindestens eine Querstrebe aufweist, von der rechtwinklig zur längsten Ausdehnung der Querstrebe mindestens drei Stege ausgehen, wobei von diesen mindestens drei Stegen bezüglich der längsten Ausdehnung der Querstrebe mindestens ein Steg
5 alternierend gegenüber mindestens zwei Stegen liegt und die auf gegenüber liegenden Seiten der Querstrebe liegenden Stege einen Öffnungswinkel O von 60° bis 120° einschließen, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Querstrebe (dQ) an ihrer dicksten Stelle maximal 0,9 bis 1,1 mal der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen
10 Öffnungswinkels O entspricht.
2. Mischelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die auf gegenüber liegenden Seiten der Querstrebe liegenden Stege einen Öffnungswinkel O von 75° bis 105° , besonders bevorzugt von 85° bis 95° , insbesondere von 90° einschließen.
3. Mischelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der
15 Querstrebe (dQ) an ihrer dicksten Stelle 0,95 bis 1,05 mal der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen Öffnungswinkels O entspricht, also $dQ = (1 \pm 0,05) * dS * \cos(0,5 * O) / \sin O$, ganz besonders bevorzugt 0,98 bis 1,02 der Dicke der Stege (dS) multipliziert mit dem Cosinus des halben Öffnungswinkels O dividiert durch den Sinus des vollen
20 Öffnungswinkels O , also $dQ = (1 \pm 0,02) * dS * \cos(0,5 * O) / \sin O$, insbesondere ist die Dicke der Querstrebe $dQ = dS * \cos(0,5 * O) / \sin O$.
4. Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Hauptströmungsrichtung die Breite der Öffnung zwischen zwei benachbarten Stegen, die auf der gleichen Seite der Querstrebe liegen, von der sie abgehen, größer ist als die Breite
25 eines Steges.
5. Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Hülse aufweist.
6. Statischer Mischer, umfassend mindestens zwei Mischelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 5.
- 30 7. Statischer Mischer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischelemente nach einem der Ansprüche 1 bis 5 unmittelbar benachbart sind.

8. Statischer Mischer nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass er ausschließlich aus Mischelementen nach einem der Ansprüche 1 bis 5 aufgebaut ist.
9. Statischer Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mischelement, bevorzugt alle Mischelemente eine Hülse aufweisen.
- 5 10. Verfahren zum Mischen von Fluiden, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5 eingesetzt wird.
11. Verfahren zum Mischen von Fluiden, dadurch gekennzeichnet, dass ein statischer Mischer nach einem der Ansprüche 6 bis 9 eingesetzt wird.
- 10 12. Verfahren zur Herstellung von Polymeren oder Polymergemischen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mischelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5 eingesetzt wird.
13. Verfahren zur Herstellung von Polymeren oder Polymergemischen, dadurch gekennzeichnet, dass ein statischer Mischer nach einem der Ansprüche 6 bis 9 eingesetzt wird.

Figuren

Fig. 1

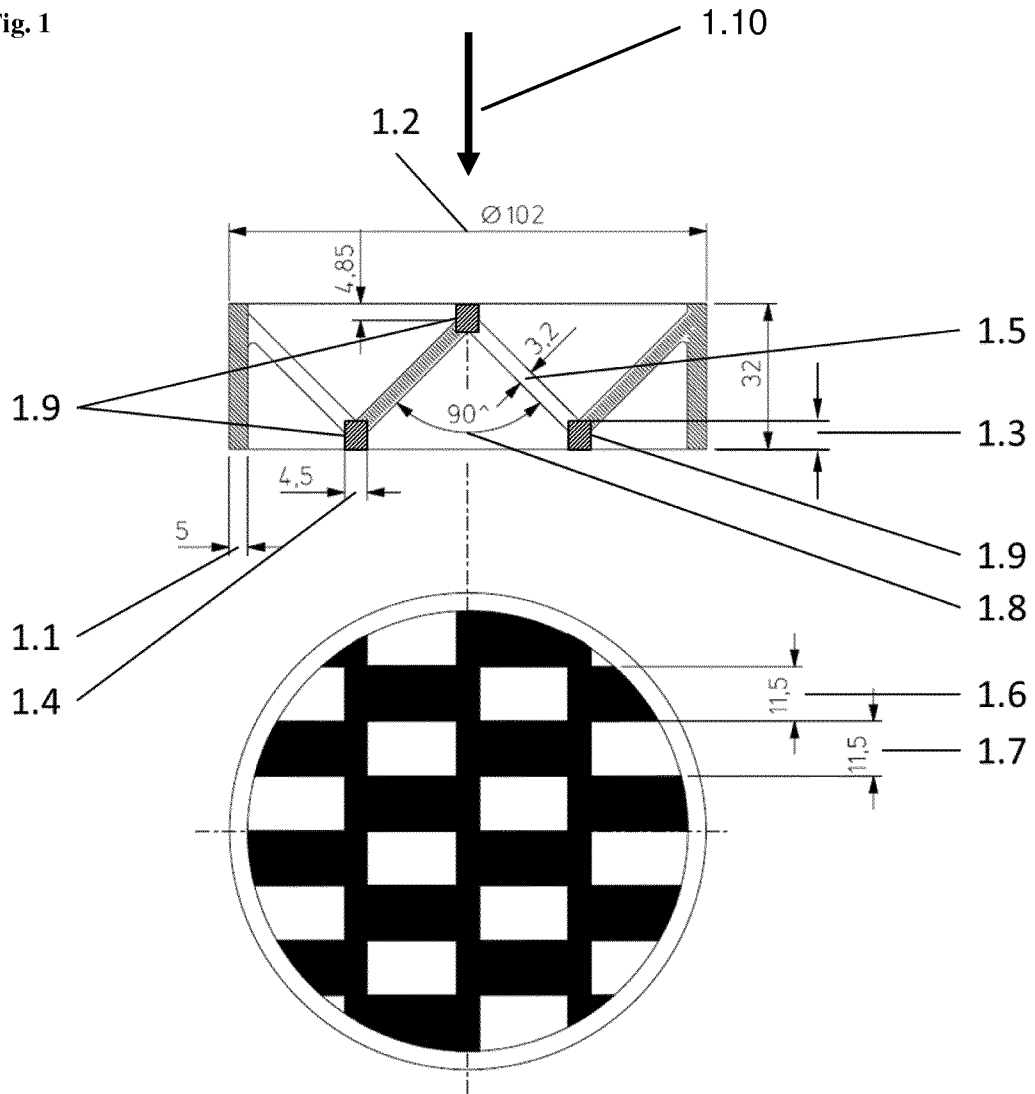


Fig. 2

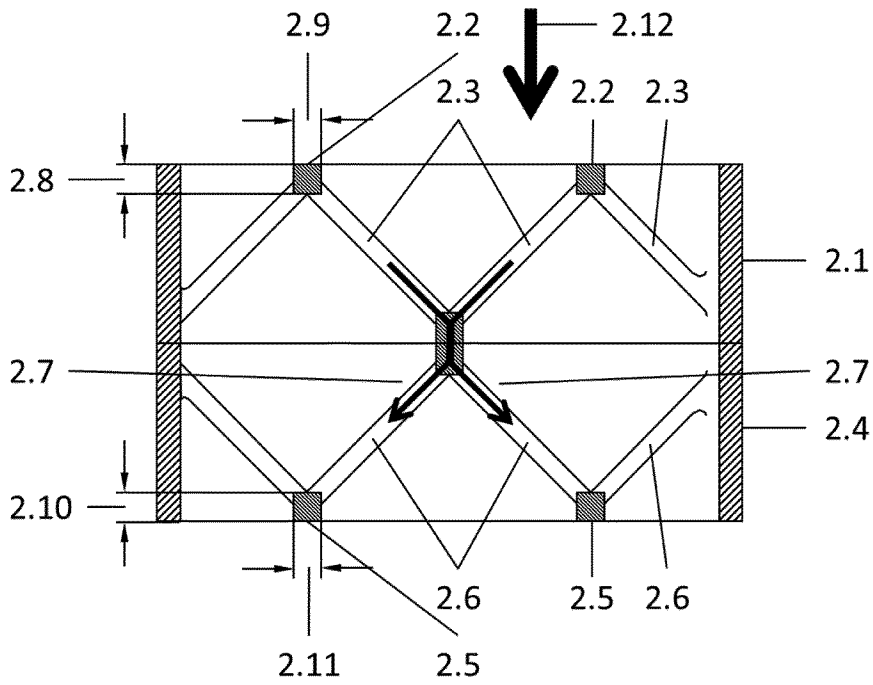


Fig. 3

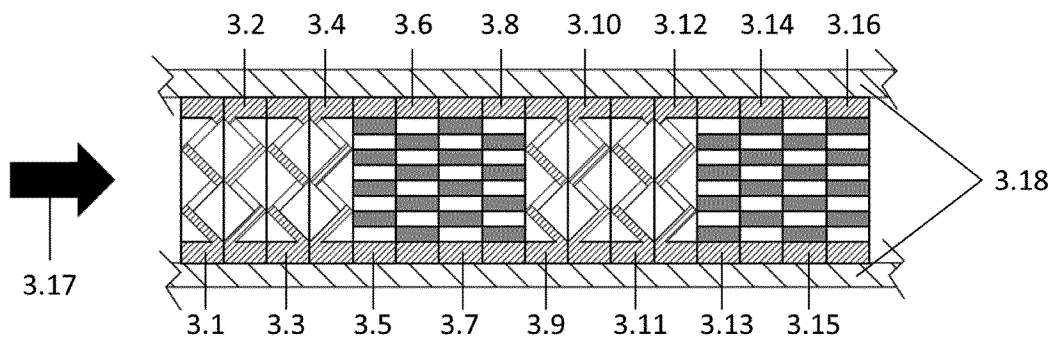


Fig. 4

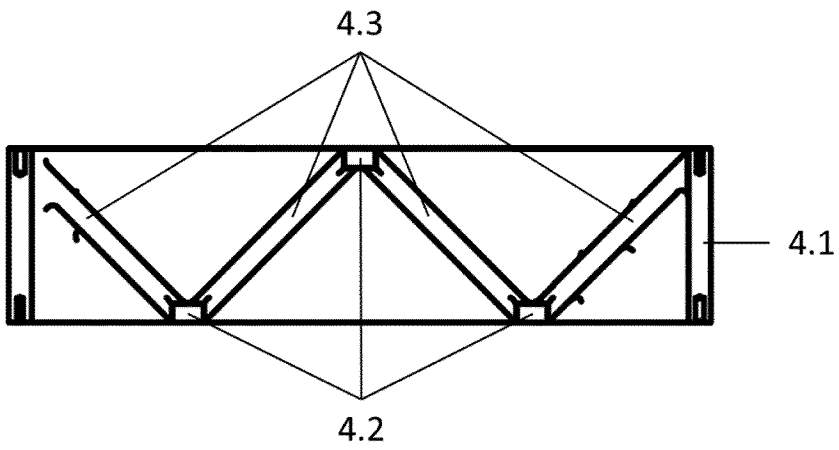


Fig. 5

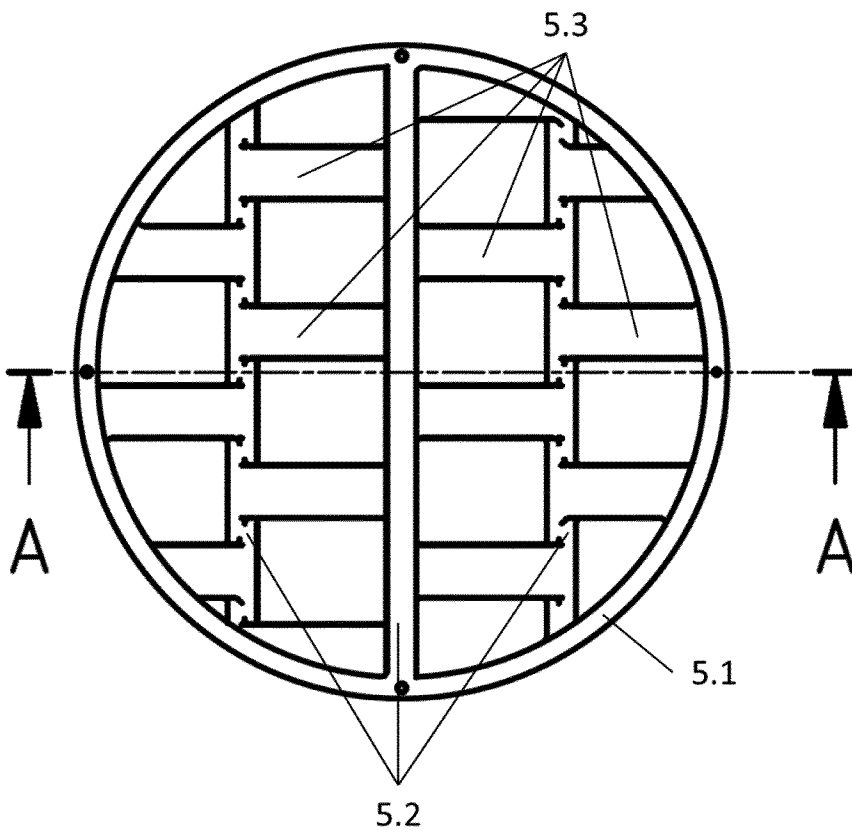


Fig. 6

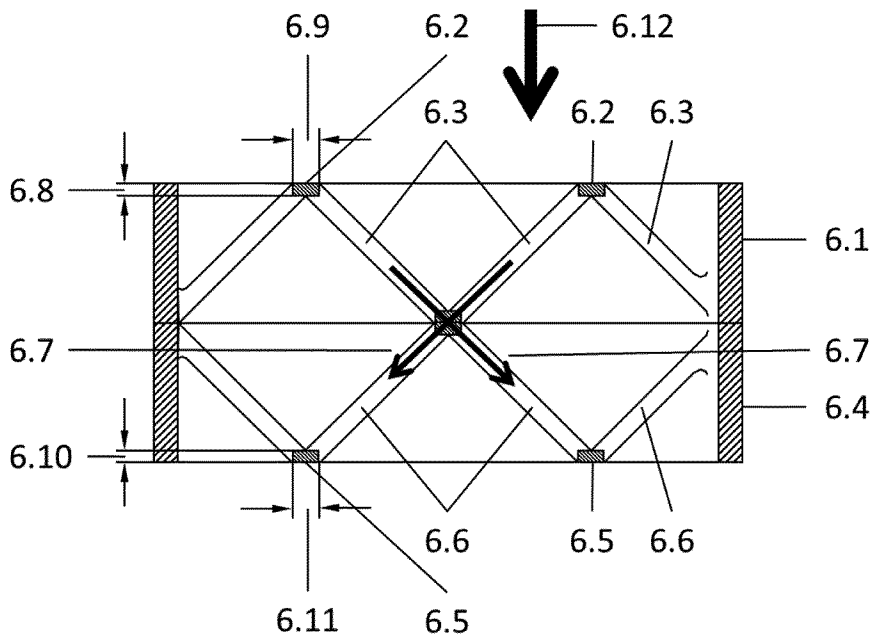


Fig. 7

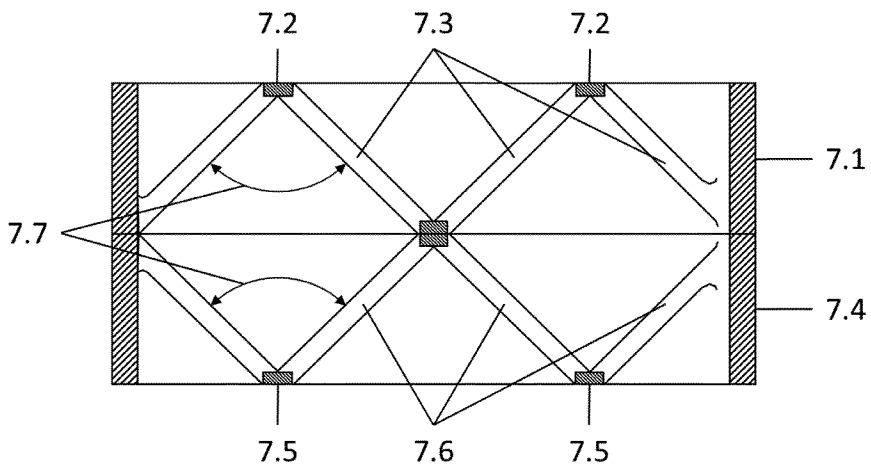
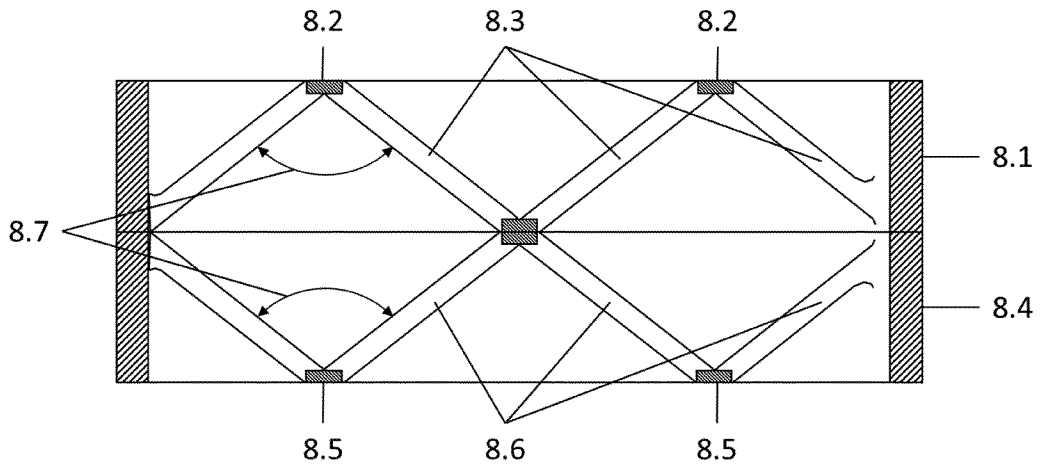


Fig. 8



5 Fig. 9

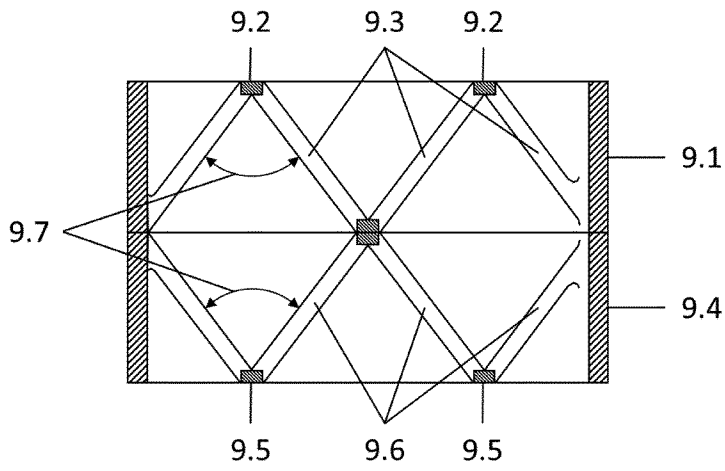
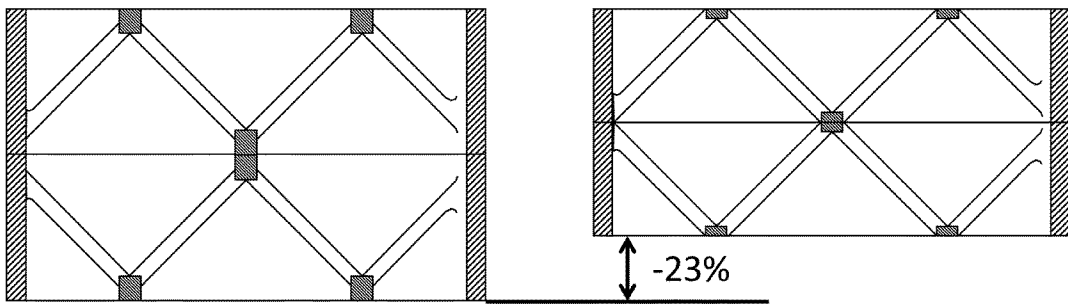
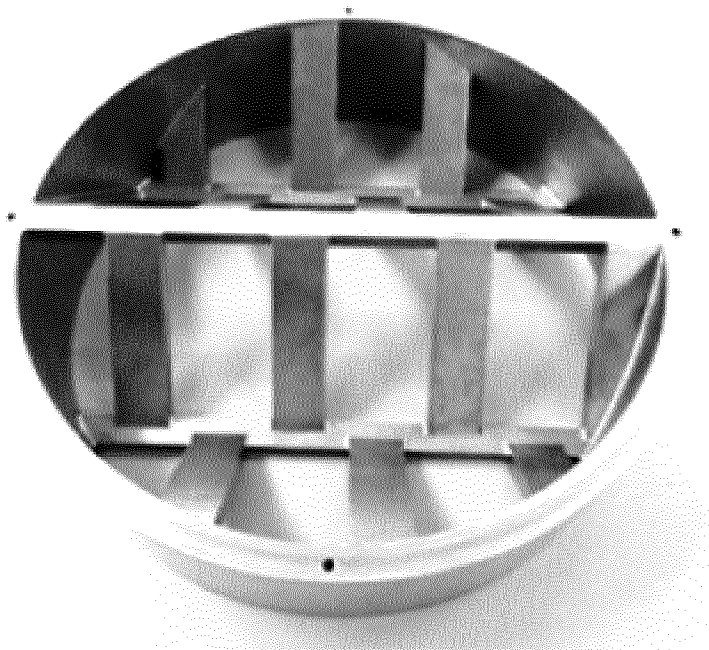


Fig. 10



5 Fig. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/075244

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B01F5/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 195 01 241 A1 (TOKYO NISSHIN JABARA CO LTD [JP]) 17 August 1995 (1995-08-17) column 1, lines 1-10 column 2, lines 19-50 column 3, lines 32-44 column 4, lines 37-45 figures 1, 2, 4,5	1-13
X	DE 25 22 106 A1 (BAYER AG) 25 November 1976 (1976-11-25) page 1, paragraph 1 page 3, paragraph 2-3 page 4, paragraph 3 page 6, paragraph 2 Seite 7, letzter Absatz page 8, paragraph 2 figures 1,3,4	1-13
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 9 January 2018	Date of mailing of the international search report 18/01/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Posten, Katharina

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/075244

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 526 393 A1 (SULZER AG [CH]) 3 February 1993 (1993-02-03) column 2, lines 32-48 column 3, lines 23-27 column 4, lines 48-51 claim 1 figures 1a, 4b, 5 -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/075244

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19501241	A1	17-08-1995	CN 1184700 A	17-06-1998
			DE 19501241 A1	17-08-1995
			JP 3003581 U	25-10-1994
			US 5522661 A	04-06-1996

DE 2522106	A1	25-11-1976	AT 343614 B	12-06-1978
			BE 841913 A	17-11-1976
			BR 7603066 A	18-01-1977
			CA 1040190 A	10-10-1978
			CH 616088 A5	14-03-1980
			DD 125470 A5	20-04-1977
			DE 2522106 A1	25-11-1976
			DK 213676 A	18-11-1976
			ES 447948 A1	16-06-1977
			FR 2311578 A1	17-12-1976
			GB 1538170 A	10-01-1979
			IT 1061044 B	20-10-1982
			JP S5537941 B2	01-10-1980
			JP S51140265 A	03-12-1976
			NL 7605209 A	19-11-1976
			US 4220416 A	02-09-1980

EP 0526393	A1	03-02-1993	AT 141827 T	15-09-1996
			DE 59206987 D1	02-10-1996
			EP 0526393 A1	03-02-1993
			JP 3202798 B2	27-08-2001
			JP H05200262 A	10-08-1993
			US RE36969 E	28-11-2000
			US 5456533 A	10-10-1995

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B01F5/06
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B01F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 01 241 A1 (TOKYO NISSHIN JABARA CO LTD [JP]) 17. August 1995 (1995-08-17) Spalte 1, Zeilen 1-10 Spalte 2, Zeilen 19-50 Spalte 3, Zeilen 32-44 Spalte 4, Zeilen 37-45 Abbildungen 1, 2, 4,5	1-13
X	DE 25 22 106 A1 (BAYER AG) 25. November 1976 (1976-11-25) Seite 1, Absatz 1 Seite 3, Absatz 2-3 Seite 4, Absatz 3 Seite 6, Absatz 2 Seite 7, letzter Absatz Seite 8, Absatz 2 Abbildungen 1,3,4	1-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Januar 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/01/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Posten, Katharina

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 526 393 A1 (SULZER AG [CH]) 3. Februar 1993 (1993-02-03) Spalte 2, Zeilen 32-48 Spalte 3, Zeilen 23-27 Spalte 4, Zeilen 48-51 Anspruch 1 Abbildungen 1a, 4b, 5 -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/075244

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19501241	A1	17-08-1995	CN 1184700 A 17-06-1998
			DE 19501241 A1 17-08-1995
			JP 3003581 U 25-10-1994
			US 5522661 A 04-06-1996

DE 2522106	A1	25-11-1976	AT 343614 B 12-06-1978
			BE 841913 A 17-11-1976
			BR 7603066 A 18-01-1977
			CA 1040190 A 10-10-1978
			CH 616088 A5 14-03-1980
			DD 125470 A5 20-04-1977
			DE 2522106 A1 25-11-1976
			DK 213676 A 18-11-1976
			ES 447948 A1 16-06-1977
			FR 2311578 A1 17-12-1976
			GB 1538170 A 10-01-1979
			IT 1061044 B 20-10-1982
			JP S5537941 B2 01-10-1980
			JP S51140265 A 03-12-1976
			NL 7605209 A 19-11-1976
			US 4220416 A 02-09-1980

EP 0526393	A1	03-02-1993	AT 141827 T 15-09-1996
			DE 59206987 D1 02-10-1996
			EP 0526393 A1 03-02-1993
			JP 3202798 B2 27-08-2001
			JP H05200262 A 10-08-1993
			US RE36969 E 28-11-2000
			US 5456533 A 10-10-1995
