

(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
13. September 2012 (13.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/119660 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F28F 13/12 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2011/055080
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
1. April 2011 (01.04.2011)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 013 244.9 7. März 2011 (07.03.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** ARUP ALU-ROHR UND PROFIL GMBH [DE/DE]; Breisenbachstrasse 87, 44357 Dortmund (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** APLIENZ, Norbert [DE/DE]; Dechant-Wieling Strasse 12, 48249 Dülmen (DE).
- (74) **Anwalt:** SOLF, Alexander; Dr. Solf & Zapf, Schloßbleiche 20, 42103 Wuppertal (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

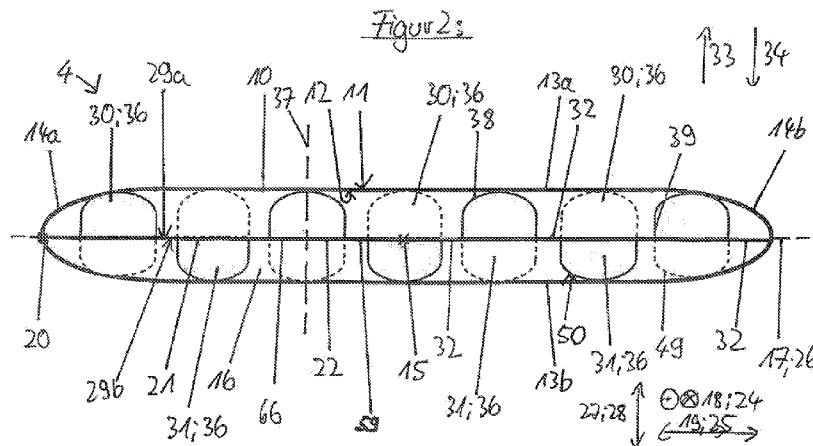
(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** TURBULENCE INSERT FOR FLAT HEAT EXCHANGING TUBES; FLAT TUBE FOR A HEAT EXCHANGER COMPRISING SUCH A TURBULENCE INSERT, HEAT EXCHANGER COMPRISING SUCH FLAT TUBES, AND METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING SUCH A FLAT TUBE

(54) **Bezeichnung:** TURBULENZEINLAGE FÜR FLACHE WÄRMETAUSCHERROHRE; FLACHROHR FÜR EINEN WÄRMETAUSCHER MIT EINER DERARTIGEN TURBULENZEINLAGE, WÄRMETAUSCHER MIT DERARTIGEN FLACHROHREN, SOWIE VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES DERARTIGEN FLACHROHRES



(57) **Abstract:** The invention relates to a turbulence insert (21) for flat tubes (4) for heat exchangers, to a flat tube (4) for heat exchangers, especially for tubes in mobile and stationary condensers, evaporators and heating systems, comprising such an inner turbulence insert (21), and to a method and a device for producing such a flat tube (4).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbulenzeinlage (21) für Flachrohre (4) für

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/119660 A2

Turbulenzeinlage für flache Wärmetauscherrohre, Flachrohr für einen Wärmetauscher mit einer derartigen Turbulenzeinlage, Wärmetauscher mit derartigen Flachrohren, sowie Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Flachrohres

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbulenzeinlage für Flachrohre für Wärmetauscher, ein Flachrohr für Wärmetauscher, insbesondere für Rohre in mobilen und stationären Verflüssigern, Verdampfern und Heizsystemen, mit einer derartigen, innenliegenden Turbulenzeinlage sowie einen Wärmetauscher aufweisend derartige Flachrohre. Des Weiteren
10 betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines derartigen Flachrohres.

Gattungsgemäße Flachrohre dienen üblicherweise zur strömungstechnischen Verbindung eines Einlasssammelbehälters mit einem Auslasssammelbehälter eines Wärmetauschers,
15 z.B. eines Verflüssigers oder eines Verdampfers, wozu die Flachrohre übereinander gestapelt und mit ihren Rohrbreitseiten benachbart zueinander angeordnet sind und mit ihren Rohrenden jeweils in den Einlass- und den Auslasssammelbehälter münden. Zudem sind vorzugsweise zwischen den Flachrohren lamellen- bzw. wellenartige Bleche angeordnet, die mit ihren Scheiteln an den Breitseiten der Flachrohre angelötet sind. Die Bleche dienen zur
20 Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche. Durch die Flachrohre strömt ein flüssiges und/oder gasförmiges Medium und zwischen den Flachrohren und durch die Bleche hindurch strömt in der Regel ein gasförmiges Medium, wobei ein Wärmeaustausch zwischen den beiden Medien stattfindet.

25 Um die Wärmeübertragung zu verbessern, ist es bekannt, dass die Flachrohre innen liegende Turbulenzbleche bzw. Turbulenzeinlagen aufweisen. Diese dienen primär der Erzeugung einer turbulenten Strömung sowie zur Erhöhung der Wärmeübertragungsfläche des durch die Flachrohre strömenden Mediums. Zudem können die Turbulenzeinlagen mit der Rohrwand der Flachrohre verlötet sein, so dass sie auch der Erhöhung der Innendruckfestigkeit
30 aufgrund einer Zugankerwirkung dienen.

Bei den Turbulenzeinlagen handelt es sich beispielsweise um gewellte Bleche („Wave-Fins“), die beispielsweise mittels Rollformung hergestellt werden und mehrere zueinander benachbarte, sich jeweils in eine Rohrlängsrichtung durchgehend erstreckende Strömungskammern
35 bilden. Alternativ dazu handelt es sich bei den Turbulenzeinlagen um so genannte Offset-Fins, die jeweils Strömungskammern bilden, die in Rohrlängsrichtung hintereinander angeordnet sind, wobei die hintereinander angeordneten Strömungskammern in eine Rohrquer-

richtung zueinander versetzt angeordnet sind. Dadurch entstehen versetzt zueinander angeordnete Kanten, auf die die Strömung auftrifft, wodurch Turbulenz erzeugt wird. Eine mögliche Ausführungsform von Offset-Fins ist z.B. aus der DE 10 2006 031 675 A1 bekannt.

5 Aus der DE 39 15 208 A1 ist eine Turbulenzeinlage für Flachrohre bekannt, die im wesentlichen aus einem flachen Streifen besteht und in Längsrichtung des Streifens gesehen zu beiden Seiten der Streifenebene Verformungen aufweist, wobei auf jeder Seite neben einer Mittelachse des Streifens sich entlang der Streifenränder Wellenformen erstrecken, die bezogen auf die Längsrichtung des Streifens versetzt zu einander angeordnet sind. Des Weiteren kann die Turbulenzeinlage gemäß der DE 39 15 208 A1 entlang der Mittelachse wechselseitig zu beiden Seiten der Normalebene ausgeprägte Sicken und/oder halbkugelförmige Ausprägungen aufweisen.

15 Aus der DE 10 2006 033 570 A1 geht ein flaches Wärmetauscherrohr mit einem Inneneinsatz sowie mit zwei Schmalseiten und zwei Breitseiten hervor, wobei der Inneneinsatz so ausgebildet und angeordnet ist, dass das in dem Rohr strömende Medium sich spiralförmig in Längsrichtung des Rohres bewegen muss. Dazu kann der Inneneinsatz zu beiden Breitseiten hinweisende Ausformungen aufweisen, deren Anordnungsrichtungen sich kreuzen. Bei den Ausformungen kann es sich um Laschen oder rechteckförmige Vorsprünge handeln. 20 Fertigungsbedingt müssen die Stirnseiten der rechteckförmigen Vorsprünge offen sein.

Zur Herstellung von Flachrohren mit innenliegender Turbulenzeinlage werden üblicherweise die vorgefertigten Turbulenzeinlagen in die vorgefertigten Flachrohre eingeschoben und zweckmäßigerweise mit diesen verlötet. Dieses Herstellungsverfahren ist relativ aufwendig. 25 Insbesondere handelt es sich dabei um einen mehrstufigen Prozess, bei dem die Flachrohre mehrmals in die Hand genommen werden müssen, was hohe Kosten mit sich bringt.

Zudem ist es beispielsweise aus der DE 10 2006 031 675 A1 bekannt, die Flachrohre mit- 30 samt den Turbulenzeinlagen aus einem Stück zu fertigen. Dazu wird ein Abschnitt eines Flachbandes zunächst u.a. mittels Rollformung schrittweise zu einer Endlos-Turbulenzeinlage umgeformt, wobei seitlich neben dem umgeformten Abschnitt das Flachband glatt belassen wird. Anschließend werden die glatten Abschnitte abgekantet und um den umgeformten Abschnitt herum gewickelt, so dass ein Endlosflachrohr gebildet wird. Das Endlosflachrohr wird anschließend längsseitig verschweißt und abgelängt.

35 Des Weiteren ist aus der DE 10 2009 053 579 A1 ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Flachrohren mit innenliegender Turbulenzeinlage bekannt, bei dem ein erstes me-

5
10
15
20
25
30
35

tailisches Endlosflachbandmaterial und ein zweites Endlosflachbandmaterial bereit gestellt werden und derart zusammen geführt werden, dass diese breitseitig aneinander liegen. Vor dem Zusammenführen wird das erste Endlosflachbandmaterial, insbesondere mittels zweier, in gegenläufige Drehrichtungen drehbarer Prägerollen, zwischen denen das erste Endlosflachbandmaterial durchgeführt wird, zu einem profilierten Endlosprofilblech umgeformt. Das zweite Endlosflachbandmaterial und das profilierte Endlosprofilblech werden nach dem Zusammenführen gemeinsam kontinuierlich mittels Rollformung zu einem Endlosflachrohr mit einer längsgeschlitzten Rohrwand mit zwei sich gegenüberliegenden Rohrwandlängskanten und einer längsgeschlitzten Endlosturbulenzeinlage gebogen, wobei die Rohrwand die Endlosturbulenzeinlage umschließt. Die beiden Rohrwandlängskanten werden anschließend miteinander verschweißt und danach das Endlosflachrohr in einer Trenneinrichtung in einzelne Flachrohre abgelängt.

15
20
25
30
35

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Turbulenzeinlage für Wärmetauscherflachrohre bereit zu stellen, die gute Wärmetauschereigenschaften der Flachrohre bei möglichst geringem Druckverlust gewährleistet. Des Weiteren soll die Turbulenzeinlage eine hohe Stabilität der Flachrohre gegenüber Druckbelastung von außen und innen bewirken.

20
25
30
35

Weitere Aufgaben der Erfindung sind die Bereitstellung eines Flachrohres mit einer derartigen Turbulenzeinlage und eines Wärmetauschers mit derartigen Flachrohren, sowie einer Vorrichtung und eines Verfahrens zur einfachen, schnellen und kostengünstigen Herstellung eines derartigen Flachrohres.

25
30
35

Diese Aufgaben werden durch eine Turbulenzeinlage mit den Merkmalen von Anspruch 1, ein Flachrohr mit den Merkmalen von Anspruch 7, einen Wärmetauscher mit den Merkmalen von Anspruch 12, sowie ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der Ansprüche 13 und 14 gelöst.

30
35

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1: Eine schematische, rohrschmalseitige Ansicht des erfindungsgemäßen Wärmetauschers

35
40

Figur 2: Eine schematische stirnseitige Ansicht des erfindungsgemäßen Flachrohres gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung

Figur 3: Eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Turbulenzeinlage gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung

- Figur 4: Einen schematischen Ausschnitt eines Rohrquerschnitts senkrecht zu einer Rohrlängsachse mit weiteren Ausführungsformen der Vorsprünge
- Figur 5: Eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Turbulenzeinlage gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung
- 5 Figur 6: Eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Turbulenzeinlage gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung
- Figur 7: Einen schematischen Ausschnitt eines Rohrquerschnitts senkrecht zu einer Rohrlängsachse mit einer Turbulenzeinlage gemäß Figur 5
- Figur 8: Schematisch eine Seitenansicht einer Verformungseinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtungen
- 10 Figur 9: Schematisch einen Querschnitt eines zweiten Endlosflachbandmaterials und einer erfindungsgemäßen Endlosturbulenzeinlage nach Zusammenführung, das zweiten Endlosflachbandmaterial teilweise gebogen
- Figur 10: Eine schematische Draufsicht auf die erfindungsgemäße Turbulenzeinlage gemäß zwei weiteren Ausführungsformen der Erfindung
- 15

Der erfindungsgemäße Wärmetauscher 1 (Fig.1) weist einen Einlasssammelbehälter 2, einen dazu beabstandet angeordneten Auslasssammelbehälter 3, mehrere parallel zueinander und nebeneinander, sowie voneinander beabstandet angeordnete erfindungsgemäße Flachrohre 4, sowie vorzugsweise zwischen den Flachrohren 4 angeordnete und mit diesen in Verbindung stehende lamellenartige bzw. wellenartige Bleche 5 auf, die zur Vergrößerung der Wärmeaustauschfläche dienen. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Wärmetauscher 1 um einen mobilen oder stationären Kondensator (Verflüssiger) oder einen mobilen oder stationären Verdampfer oder ein mobiles oder stationäres Heizsystem. Insbesondere stehen die Flachrohre 4 des Wärmetauschers 1 unter sehr hohen Innendrücken von bis zu 15 bar. Die Flachrohre 4 sind dabei zwischen den beiden Sammelbehältern 2, 3 angeordnet und verbinden diese strömungstechnisch miteinander. Der Einlasssammelbehälter 2 weist eine Einlassöffnung zum Einlassen des zu kühlenden ersten Mediums in den Einlasssammelbehälter 2 auf. Der Auslasssammelbehälter 3 weist eine Auslassöffnung zum Auslassen des gekühlten ersten Mediums, aus dem Auslasssammelbehälter 3 auf. Dabei schließt sich an die Einlassöffnung vorzugsweise ein Einlassanschlussstutzen 6 zum Anschluss an das Kühl- oder Heizsystem und an die Auslassöffnung ein Auslassanschlussstutzen 7 zum Anschluss an das Kühl- oder Heizsystem an. Bei dem erfindungsgemäßen Wärmetauscher 1 handelt es sich somit um einen Gegenstromwärmetauscher, bei dem ein erstes, zu kühlendes bzw. Wärme abgebendes, flüssiges oder gasförmiges Medium von dem Einlasssammelbehälter 2 in einer Strömungsrichtung 8 durch die Flachrohre 4 hindurch in den Auslasssammelbehälter 3 strömt und dabei gekühlt wird. Die Kühlung erfolgt durch Wärmeaustausch mit einem zwei-

20

25

30

35

ten, kühlenden bzw. Wärme aufnehmenden, Medium mit typischerweise gasförmigem Zustand, das in einer Gegenstromrichtung 9 zwischen den Flachrohren 4, um die lamellenartigen Bleche 5 senkrecht zur Strömungsrichtung 8 herum strömt und dabei Wärme aufnimmt.

5 Ein erfindungsgemäßes Flachrohr 4 (Fig. 2,4,7) weist jeweils eine Rohrwand 10 mit einer Rohrwandaußenfläche 11 und einer Rohrwandinnenfläche 12, sowie zwei sich gegenüberliegenden und zueinander parallelen Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b und zwei sich gegenüberliegenden und zueinander parallelen Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b auf, über die die Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b ineinander übergehen. Die beiden
10 Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b sind vorzugsweise ebenflächig bzw. eben bzw. plattenförmig ausgebildet. Die beiden Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b sind vorzugsweise abgerundet bzw. halbrund ausgebildet, so dass das Flachrohr 4 einen im Wesentlichen flachovalen Querschnitt aufweist. Die Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b können aber
15 ebenfalls ebenflächig bzw. eben bzw. plattenförmig ausgebildet sein, so dass das Flachrohr 4 einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt aufweist.

Die Rohrwand 10 begrenzt zudem ein Rohrinnes, das einen sich parallel zu einer mittigen Rohrlängsachse 15 erstreckenden Strömungskanal 16 des Flachrohres 4 bildet. Zudem weist das erfindungsgemäße Flachrohr 4 eine Rohrmittenebene 17 auf, die die Rohrlängsachse 15 enthält und mittig zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b und
20 parallel zu diesen angeordnet ist. Außerdem weist das Flachrohr 4 eine zur Rohrlängsachse 15 parallele Rohrlängsrichtung 18 und eine Rohrbreitenrichtung 19, die senkrecht zur Rohrlängsrichtung 18 und parallel zur Rohrmittenebene 17 ist, auf. Zudem weist das Flachrohr 4 eine Rohrhöhenrichtung 28 auf, die senkrecht zur Rohrmittenebene 17 ist.

25 Vorzugsweise ist die Rohrwand 10 durch Rollformung hergestellt und längsseitig verschlossen, insbesondere mittels einer sich parallel zur Rohrlängsrichtung 18 erstreckenden Längsschweißnaht 20, worauf weiter unten näher eingegangen wird. Die Längsschweißnaht 20 ist zweckmäßigerweise an einer ersten Schmalseitenwandung 14a der beiden Schmalseitenwandungen 14a;14b und mittig in Bezug zu dieser angeordnet und erstreckt sich parallel zur
30 Rohrlängsachse 15. Mittels der Längsschweißnaht 20 sind aneinander angrenzende bzw. aneinander anstoßende Rohrwandlängskanten bzw. Rohrwandstoßkanten der Rohrwand 10 miteinander verschweißt. Die aneinander angrenzenden Rohrwandlängskanten können aber auch auf andere Weise miteinander verbunden sein, beispielsweise miteinander verklebt
35 oder verlötet sein.

Das erfindungsgemäße Flachrohr 4 weist zudem die innenliegende, im Strömungskanal 16 angeordnete, erfindungsgemäße Stabilisationseinlage bzw. Turbulenzeinlage 21 auf. Die Turbulenzeinlage 21 wird üblicherweise auch als Turbulator oder als Fin bezeichnet.

5 Bei der erfindungsgemäßen Turbulenzeinlage 21 (Fig. 2-7) handelt es sich um ein einlagiges metallisches Band bzw. Blechband 22 mit einer Blechwandung 66, zwei sich gegenüberliegenden Blechlängskanten bzw. Bandlängskanten 23 und zwei sich gegenüberliegenden Blechstirnkanten bzw. Bandstirnkanten 59 (Fig. 2). Die Bandlängskanten 23 und vorzugsweise auch die Bandstirnkanten 59 weisen jeweils einen linearen bzw. geradlinigen Verlauf
10 auf. Insbesondere erstrecken sich die Bandlängskanten 23 parallel zu einer Bandlängsrichtung 24, die wiederum parallel zur Rohrlängsrichtung 18 ist. Die Bandstirnkanten 59 erstrecken sich bevorzugt senkrecht zu den Bandlängskanten 23 und parallel zu einer Bandbreitenrichtung 25, die parallel zur Rohrbreitenrichtung 19 ist. Des Weiteren weist das Blechband 22 eine Blechmittenebene bzw. Bandmittenebene 26 auf, die koplanar zur Rohrmittenebene
15 17 ist. Zudem weist das Blechband 22 eine Banddickenrichtung 27 auf, die senkrecht zur Bandmittenebene 26 ist. Außerdem weist das Blechband 22 zwei sich in Banddickenrichtung 27 gegenüberliegende Blech- bzw. Bandoberflächen 29a;29b auf.

Die Turbulenzeinlage 21 ist, insbesondere mittig, zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b angeordnet. Dabei ist eine erste Bandoberfläche 29a der ersten Rohrbreitseitenwandung 13a zugewandt und eine zweite Bandoberfläche 29b der zweiten Rohrbreitseitenwandung 13b zugewandt angeordnet.
20

Erfindungsgemäß weist die Turbulenzeinlage 21 bzw. weist das Blechband 22 zudem jeweils
25 mehrere erste und zweite Erhebungen bzw. Vorsprünge 30;31 auf, die in das Blechband 22, insbesondere die Blechwandung 66, eingeformt sind bzw. aus dem Blechband 22, insbesondere der Blechwandung 66, ausgeformt bzw. heraus gedrückt bzw. tiefgezogen sind. Das Blechband 22, insbesondere die Blechwandung 66, weist folglich einen ebenflächigen bzw. plattenförmigen, durchgehenden Bandbereich bzw. Blechwandungsbereich 32 auf, der von
30 den ersten und zweiten Vorsprüngen 30;31 durchsetzt bzw. unterbrochen ist. Das Blechband 22, insbesondere die Blechwandung 66, ist somit bis auf die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 eben bzw. plattenförmig ausgebildet. Der plattenförmige Bandbereich 32 ist dabei parallel zu den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b bzw. parallel zur Bandmittenebene 26 und zur Rohrmittenebene 17 angeordnet. In einer Draufsicht gesehen, ist vorzugsweise
35 70 bis 95 % der Gesamtfläche des Blechbandes 22 ebenflächig ausgebildet bzw. durch den ebenen Bandbereich 32 ausgebildet.

Die ersten Vorsprünge 30 sind dabei auf einer ersten Seite der Bandmittenebene 26 angeordnet und die zweiten Vorsprünge 31 sind auf einer zweiten, der ersten Seite gegenüberliegenden Seite der Bandmittenebene 26 angeordnet. Die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 stehen in Banddickenrichtung 27 gesehen über den plattenförmigen Bandbereich 32 über. Die ersten Vorsprünge 30 stehen insbesondere in eine erste, zur Banddickenrichtung 27 parallele Richtung 33 über den plattenförmigen Bandbereich 32 vor und die zweiten Vorsprünge 31 stehen insbesondere in eine zweite, zur Banddickenrichtung 27 parallele und zur ersten Richtung 33 entgegengesetzte Richtung 34 über den plattenförmigen Bandbereich 32 vor. Die ersten Vorsprünge 30 weisen insbesondere zur ersten Rohrbreitseitenwandung 13a hin und liegen an dieser an bzw. stützen sich an dieser ab und die zweiten Vorsprünge 31 weisen insbesondere zur zweiten Rohrbreitseitenwandung 13b hin und liegen an dieser an bzw. stützen sich an dieser ab.

Des Weiteren liegen die ersten Vorsprünge 30 innenseitig an der ersten Rohrbreitseitenwandung 13a bzw. an der Rohrrinnenfläche 12 im Bereich der ersten Rohrbreitseitenwandung 13a an und sind insbesondere mit dieser verlötet. Und die zweiten Vorsprünge 31 liegen innenseitig an der zweiten Rohrbreitseitenwandung 13b bzw. an der Rohrrinnenfläche 12 im Bereich der zweiten Rohrbreitseitenwandung 13b an und sind insbesondere mit dieser verlötet. Dadurch stützt sich die Turbulenzeinlage 21 an den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b wechselseitig ab.

Die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 sind erfindungsgemäß in Bandlängsrichtung 24 gesehen jeweils hintereinander und abwechselnd angeordnet. Zudem sind die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 auch in Bandbreitenrichtung 25 gesehen vorzugsweise jeweils hintereinander bzw. benachbart zueinander und abwechselnd angeordnet. In einer Draufsicht (Fig. 3-5), also in einer Ansicht senkrecht zur Bandmittenebene 26 gesehen, sind die in Bandlängsrichtung 24 hintereinander angeordneten ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 in Bandlängsrichtung 24 gesehen bevorzugt fluchtend zueinander angeordnet. Zudem sind in der Draufsicht auch die in Bandbreitenrichtung 25 hintereinander angeordneten ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 in Bandbreitenrichtung 25 gesehen bevorzugt ebenfalls fluchtend zueinander angeordnet.

Die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 sind also in Form von mehreren, in Bandbreitenrichtung 25 zueinander benachbart angeordneten Längsreihen 35 angeordnet. Bzw. die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 bilden mehrere, in Bandbreitenrichtung 25 zueinander benachbart angeordnete Längsreihen 35. Dabei können die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 einer Längsreihe 35 auch geringfügig in Bandbreitenrichtung 25 zueinander versetzt

sein (Fig. 10). In diesem Fall sind die in Bandlängsrichtung 24 hintereinander angeordneten ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 in Bandlängsrichtung 24 bereichsweise fluchtend zueinander angeordnet. Das heißt, die ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 einer Längsreihe 35 weisen jeweils eine Breiten-
5 erstreckungen derart bemessen sind, dass in Bandlängsrichtung 24 keine Lücke zwischen den ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 einer Längsreihe 35 vorhanden ist. Bzw. die Breiten-
erstreckungen aller ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 einer Längsreihe 35 sind in einer Draufsicht in Bandlängsrichtung 24 zumindest bereichsweise fluchtend. Insbesondere
10 sind alle ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 einer Längsreihe 35 derart angeordnet, dass sie in Draufsicht gesehen von einer sich parallel zur Bandlängsrichtung 24 erstreckenden Linie geschnitten werden, also alle auf einer Linie liegen.

Die Längsreihen 35 erstrecken sich parallel zur Bandlängsrichtung 24 und insbesondere über die gesamte Länge des Flachrohres 4. Eine Längsreihe 35 weist dabei mehrere erste
15 und mehrere zweite Vorsprünge 30;31 auf, die in Bandlängsrichtung 24 gesehen jeweils hintereinander und abwechselnd angeordnet sind. Die ersten Vorsprünge 30 einer Längsreihe 35 sind dabei in Bandlängsrichtung 24 gesehen fluchtend zueinander angeordnet und die zweiten Vorsprünge 31 einer Längsreihe 35 sind ebenfalls in Bandlängsrichtung 24 gesehen
20 fluchtend zueinander angeordnet. Die erfindungsgemäße Turbulenzeinlage 21 weist dabei zumindest zwei, vorzugsweise 4 bis 20, in Bandbreitenrichtung 25 zueinander benachbart angeordnete Längsreihen 35 auf.

Dabei sind die Längsreihen 35 bevorzugt derart angeordnet, dass ein erster Vorsprung 30
25 der einen Längsreihe 35 in Bandbreitenrichtung 25 gesehen benachbart zu einem zweiten Vorsprung 31 der benachbarten Längsreihe 25 ist. Insbesondere sind die ersten Vorsprünge 30 der Längsreihen 35 in Bandquerrichtung 25 gesehen fluchtend zueinander angeordnet und die zweiten Vorsprünge 31 der Längsreihen 35 sind ebenfalls in Bandquerrichtung 25
gesehen fluchtend zueinander angeordnet.

30 Nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung (Fig. 2-4) handelt es sich bei den Vorsprüngen 30;31 um napfartige bzw. noppenartige bzw. topfförmige Vorsprünge 36, so genannte „Dimple“. Die napfartigen Vorsprünge 36 weisen jeweils eine Vorsprungsachse 37
auf, die senkrecht zur Blechmittenebene 26 ist. Vorzugsweise sind die napfartigen Vorsprünge 36 jeweils rotationssymmetrisch zur ihrer Vorsprungsachse 37 ausgebildet. Zudem weisen
35 die napfartigen Vorsprünge 36 eine Napfwandung 38 auf. Die Napfwandung 38 ist Teil der Blechwandung 66 bzw. wird von dieser gebildet.

Gemäß einer Ausführungsform (Fig. 2) weist die Napfwandung 38 von der Blechmittenebene 26 aus gesehen zunächst einen hohlzylindrischen Wandungsabschnitt 39 auf. An den hohlzylindrischen Wandungsabschnitt 39 schließt sich eine kalottenartige Deckenwandung 49 an. Die Deckenwandung 49 weist eine äußere, von der Blechmittenebene 26 weg gerichtete, gerundete bzw. konvex gekrümmte Außenfläche 50 auf, mit der die Vorsprünge 36 jeweils an der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b anliegen und sich abstützen. Zweckmäßigerweise sind die Vorsprünge 36 mit der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b verlötet. Dazu ist Lot 51 zwischen der Außenfläche 50 und der Rohrrinnenfläche 12 vorhanden.

10 Vorzugsweise ist die Turbulenzeinlage 21 auf ihren beiden Bandoberflächen 29a;29b lotplattiert. Alternativ dazu oder zusätzlich ist die Rohrwandung 10 an der Rohrrinnenfläche 12 und/oder an der Rohraußenfläche 11 lotplattiert.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der napfartigen Vorsprünge 36 (Fig. 4, linker Vorsprung 36) weist die Napfwandung 38 anstelle der kalottenartigen Deckenwandung 49 eine plattenförmige bzw. ebene Deckenwandung 40 auf. Die Deckenwandung 40 erstreckt sich parallel zur Blechmittenebene 26 und ist insbesondere beabstandet von dieser. Zudem weist die Deckenwandung 40 eine äußere, von der Blechmittenebene 26 weg gerichtete, ebenflächige Außenfläche 41 auf, die an der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b anliegt oder bevorzugt von der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b um einen definierten Lotspalt 48 beabstandet ist. In diesem Fall sind die Vorsprünge 36 mit der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b verlötet. Dazu ist wiederum Lot 51 zwischen der Außenfläche 41 und der Rohrrinnenfläche 12 vorhanden.

25 Gemäß einer weiteren alternativen Ausführungsform der napfartigen Vorsprünge 36 (Fig. 4, rechter Vorsprung 36) weist die Napfwandung 38 eine Deckenwandung 52 auf, die eine kegelförmige sich von der Blechmittenebene 26 aus gesehen konisch verjüngende Außenfläche 53 aufweist, mit der die Vorsprünge 36 zweckmäßigerweise jeweils an der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b anliegen und sich abstützen. Zweckmäßigerweise ist wiederum Lot 51 zwischen der Außenfläche 53 und der Rohrrinnenfläche 12 vorhanden.

Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung (Fig. 5) handelt es sich bei den Vorsprüngen 30;31 um Längssicken bzw. Längsdimpel bzw. in Bandlängsrichtung 24 längsorientierte, sickenförmige Vorsprünge 42. Die Längssicken 42 weisen eine Längserstreckung in Richtung der Bandlängsrichtung 24 auf.

Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung (Fig. 6) handelt es sich bei den Vorsprüngen 30;31 um Quersicken bzw. Querdimpel bzw. in Bandbreitenrichtung 25 längsorientierte, sickenförmige Vorsprünge 43. Die Quersicken 43 weisen eine Längserstreckung in Richtung der Bandbreitenrichtung 25 auf.

5 Im Querschnitt, also einem Schnitt senkrecht zu ihrer jeweiligen Längserstreckung, weisen die Längssicken 42 und die Quersicken 43 jeweils ein Wellenprofil, insbesondere ein Trapezprofil (Fig. 7) oder ein Dreieckprofil oder ein Rechteckprofil oder ein sinusartiges Wellenprofil auf.

10 Im Falle des Trapezprofils (Fig. 7) weisen die Längssicken bzw.-dimpel 42 und die Quersicken bzw.-dimpel 43 jeweils eine Sickenwandung bzw. Dimpelwandung 44 mit zwei, insbesondere plattenförmigen, Schenkelwandungen 45 und einer ebenen bzw. plattenförmigen Scheitelwandung 46 auf, über die die Schenkelwandungen 45 ineinander über gehen. Die
15 Sickenwandung 44 ist Teil der Blechwandung 66 bzw. wird von dieser gebildet. Die schrägen Schenkelwandungen 45 schließen einen Winkel $\alpha < 90^\circ$ mit der Blechmittenebene 26 ein. Die Scheitelwandungen 46 erstrecken sich parallel zur Blechmittenebene 26 und insbesondere beabstandet von dieser. Zudem weisen die Scheitelwandungen 46 jeweils eine äußere, von der Blechmittenebene 26 weg gerichtete, ebenflächige Außenfläche 47 auf, mit der sich
20 die Sicken 42;43 jeweils an der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b abstützen. Zweckmäßigerweise ist wiederum Lot 51 zwischen der Außenfläche 47 und der Rohrinnenfläche 12 vorhanden, so dass die Sicken 42;43 mit der jeweiligen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b verlötet sind.

25 Nach einer weiteren Ausführungsform (nicht dargestellt) sind die Scheitelwandungen keilförmig bzw. dachförmig ausgebildet, wobei sie auf die jeweilige Breitseitenwandung 13a;13b, an der sie sich abstützen, spitz zu laufen. Insbesondere weisen die Scheitelwandungen eine keilförmige, auf die jeweilige Breitseitenwandung 13a;13b spitz zulaufende Außenfläche auf. Bei allen Ausführungsformen ist von Vorteil, dass das das Flachrohr 4 in Hauptströmungs-
30 richtung 54 durchströmende Medium, aufgrund der beschriebenen Anordnung der ersten und zweiten Vorsprünge 30;31 gezwungen wird, mäanderförmig durch das Flachrohr 4 zu strömen. Das Medium durchströmt das Flachrohr 4 entlang aufgezwungener mäanderförmiger Strömungswege 55 (in Fig. 3,5,6 schematisch dargestellt). Denn die Vorsprünge 30;31 ragen in den Strömungskanal 16 hinein und sind im Strömungsweg des Mediums angeord-
35 net. Wenn das in Hauptströmungsrichtung 54 strömende Medium auf einen Vorsprung 30;31 trifft, prallt es von diesem seitlich ab und umströmt den jeweiligen Vorsprung 30;31. Dadurch wird der gesamte Strömungsweg des Mediums deutlich verlängert und die Wärmeübertra-

gungsleistung des Flachrohres 4 wird erheblich verbessert. Da die Wandungen 38,44 der Vorsprünge 30;31;36;42;43 bevorzugt geschlossen sind, bilden die Wandungen 38,44 eine äußere, geschlossene Prallfläche, auf die das Medium auftrifft und von der das Medium abprallt. Dies gewährleistet eine gute Verwirbelung des Mediums.

5
Durch beliebige Variation der Abstände der Vorsprünge 30;31 voneinander in Bandlängsrichtung 24 und/oder in Bandquerrichtung 25 können sowohl der maximal mögliche Innendruck, die Strömungsführung und das Ausmaß der Turbulenz eingestellt werden. Insbesondere kann über den Abstand der jeweils gleichartigen Vorsprünge 30;31 voneinander in Bandlängsrichtung 24 die Wellenlänge des Mediums eingestellt werden. Und über den Abstand der Vorsprünge 30;31 voneinander in Bandquerrichtung 25 kann der freie Durchgang eingestellt werden.

15
Außerdem hat die formschlüssige Anordnung der Turbulenzeinlage 21 innerhalb der Rohrwand 10 den Vorteil, dass die Turbulenzeinlage 21 die Rohrwand 10 unterstützt, so dass die Stabilität des erfindungsgemäßen Flachrohres 4, insbesondere die Druckfestigkeit bei Druck auf die Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b erheblich erhöht wird. Die Turbulenzeinlage 21 stützt sich also in Rohrhöhenrichtung 28 an mehreren Stellen an den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b ab.

20
Insbesondere ist vorteilhaft, dass sich die Vorsprünge 30;31;36;42;43 aufgrund ihrer wechselseitigen Anordnung wechselseitig innenseitig an den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b abstützen. Insbesondere stützen sich die Vorsprünge 30;31;36;42;43 mit ihren Deckenwandungen 40;49;52 bzw. ihren Scheitelwandungen 46 innenseitig an den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b ab, liegen an diesen an. Dadurch hält das erfindungsgemäße Flachrohr 4 eben sehr hohen Drücken von Außen stand.

30
Wenn die Vorsprünge 30;31;36;42;43, insbesondere mit den Deckenwandungen 40;49;52 bzw. ihren Scheitelwandungen 46, mit der Rohrrinnenfläche 12 verlötet sind, hält das Flachrohr 4 außerdem sehr hohen Innendrücken stand. Denn die Turbulenzeinlagen 21 wirken dann als Zuganker. Die auftretenden Kräfte werden von der einen Rohrbreitseitenwandung 13a;13b in die einen Vorsprünge 30;31;36;42;43 weiter geleitet und durch die komplette Turbulenzeinlage 21 wiederum an die andere Rohrbreitseitenwandung 13a;13b mit entgegengesetzter Krafrichtung weiter geleitet. Dadurch entstehen aufhebende Kräfte.

35
Die Wandstärke bzw. Wanddicke der Blechwandung 66 des Blechbandes 22 kann zudem sehr gering gewählt werden, insbesondere deshalb, da die Vorsprünge 30;31 eine Verstär-

kung und Kaltverfestigung bewirken. Insbesondere beträgt die Wandstärke 0,05 bis 0,5 mm. Dadurch wird Material eingespart. Zudem wird dadurch der Strömungskanal 16 nur minimal versperrt.

5 Wenn die beiden Bandlängskanten 23 innenseitig jeweils an einer der beiden Rohrschmal-
seitenwandungen 14a;14b anliegen, ist das erfindungsgemäße Flachrohr 4 an den beiden
Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b optimal verstärkt. Des Weiteren kann das Blechband
22 auch im Bereich der beiden Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b derart umgebogen
und gefaltet sein, dass es formschlüssig an den beiden Rohrschmalseitenwandungen
10 14a;14b anliegt und diese so verstärkt.

Ein zusätzlicher Vorteil ergibt sich beim Zusammenbau des Wärmetauschers 1 dadurch,
dass die Vorsprünge 30;31 eine gewissen Federwirkung bei wirkendem Außendruck auf die
Flachrohre 4 zulassen, so dass ein gewünschtes Anliegen der für die einwandfreie Lötung
15 benötigten Kontaktflächen unterstützt wird.

Des Weiteren ist vorteilhaft, dass die Rohrwand 10, insbesondere die Rohraußenfläche 11
glatt ausgebildet ist. Dadurch wird ein guter Kontakt und eine sichere Verlötung der Rohrau-
ßenfläche 11 mit den wellenartigen Blechen 5 (Kühl lamellen) des Wärmetauschers 1 ge-
währleistet. Zudem können die Rohrenden problemlos mit den Sammelbehältern 2;3 verlötet
20 werden.

Die einzelnen Vorsprünge 30;31 müssen dabei nicht identisch sein. Die Turbulenzeinlage 21
kann z.B. sowohl napfartige Vorsprünge 36 als auch Sicken 42;43 aufweisen.

25 Im Folgenden wird das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren mittels der erfindungsge-
mäßigen Vorrichtung näher beschrieben:

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung des Flachrohres 4 weist eine Turbulenz-
einlagen-Vorfertigungseinrichtung mit Mitteln zur Bereitstellung eines ersten metallischen
30 Endlosflachbandmaterials 56 und mit Mitteln zur Herstellung einer profilierten Endlosturbu-
lenzeinlage 57 daraus, Mittel zur Bereitstellung eines zweiten metallischen Endlosflach-
bandmaterials bzw. eines Hüllbandes 58, eine Zusammenführeinrichtung, mehrere Biegeein-
richtungen, vorzugsweise eine Schweißeinrichtung, zweckmäßigerweise eine Schabevorrich-
tung, zweckmäßigerweise eine Kühlvorrichtung, zweckmäßigerweise eine Kalibriereinrich-
35 tung und eine Trenneinrichtung auf.

Die Turbulenzeinlagen-Vorfertigungseinrichtung weist eine an sich bekannte Bevorratungseinrichtung für das erste metallische Endlosflachbandmaterial 56, eine Umformeinrichtung 60 und zweckmäßigerweise eine der Umformeinrichtung 60 nachgeordnete Flussmittel-Beschichtungseinrichtung auf.

5 Die Bevorratungseinrichtung ist z.B. ein Bandspeicher und weist zumindest eine Vorratsrolle auf, von der das zweckmäßigerweise ein- oder beidseitig lotplattierte, metallische erste Endlosflachbandmaterial 56 im wesentlichen kontinuierlich abgewickelt wird. Das erste Endlosflachbandmaterial 56 weist dabei eine der Wandstärke der späteren Turbulenzeinlage 21
10 entsprechende Wandstärke auf. Zudem besteht das erste Endlosflachbandmaterial 56 vorzugsweise aus Aluminium und/oder Kupfer und/oder Stahl. Des Weiteren ist das erste Endlosflachbandmaterial 56 vorzugsweise beidseitig lotplattiert. Das erste Endlosflachbandmaterial 56 wird vorzugsweise hochkant geführt, also derart dass seine beiden Bandlängskanten vertikal fluchtend zueinander angeordnet sind.

15 Die Umformeinrichtung 60 (Fig. 8) dient zur Umformung des ersten Flachbandmaterials 56 zu der die Vorsprünge 30;31;36;42;43 aufweisenden Endlosturbulenzeinlage 57. Die Profilierung erfolgt zweckmäßigerweise mittels Rollformung. Dazu weist die Umformeinrichtung 60 mehrere Paare zweier in horizontaler Richtung benachbart zueinander angeordneter, drehbar gelagerter Walzrollen 61a;61b auf, deren Drehachsen vertikal und senkrecht zu einer
20 horizontalen Förderrichtung 62 ausgerichtet sind. Die beiden Walzrollen 61a;61b sind zudem in gegenläufige Drehrichtungen antreibbar und derart voneinander beabstandet angeordnet, dass das erste Flachbandmaterial 56, wenn es zwischen den beiden Walzrollen 61a;61b durchgeführt wird, profiliert bzw. verformt wird. Zum Einbringen der Vorsprünge
25 30;31;36;42;43 in das erste Flachbandmaterial 56 weisen die beiden Walzrollen 61a;61b jeweils außenliegende, umlaufende und im wesentlichen zylindrische Prägeflächen bzw. Walzflächen 63 auf, die jeweils die positiven bzw. negativen Prägeformen der in das Flachbandmaterial 56 einzubringenden Vorsprünge 30;31;36;42;43 aufweisen. Insbesondere weisen beide Walzflächen 63 sowohl positive, konvexe bzw. hervorstehende Prägeformen auf
30 als auch negative, konkave, also nach einwärts gewölbte Prägeformen dazu auf, um die wechselseitig vorstehenden Vorsprünge 30;31;36;42;43 einzubringen. Vorzugsweise sind die Walzrollen 61a;61b aus mehreren Scheiben ausgebildet (nicht dargestellt), die beliebig miteinander kombinierbar sind, um die unterschiedlichen oben beschriebenen Ausbildungen und Anordnungen der Vorsprünge 30;31;36;42;43 zu realisieren. Dazu weisen die Scheiben
35 an ihren zylindrischen Scheibenumfangsflächen die entsprechenden Prägeformen auf. Des Weiteren können auch Scheiben mit glatter Umfangsfläche vorhanden sein, mittels denen

der Abstand der Vorsprünge 30;31;36;42;43 voneinander in Bandbreitenrichtung 25 einstellbar ist.

Die erzeugte Endlosturbulenzeinlage 57 ist entsprechend der späteren Turbulenzeinlage 21 ausgebildet und weist infolgedessen die beiden Bandlängskanten 23, die beiden Bandoberflächen 29a;29b und die Vorsprünge 30;31;36;42;43 auf. Des Weiteren wird die Endlosturbulenzeinlage 57 zweckmäßigerweise hochkant geführt, also derart, dass die beiden Bandlängskanten 23 in vertikaler Richtung fluchtend zueinander angeordnet sind.

Die vorzugsweise vorhandene Flussmittel-Beschichtungseinrichtung, die zweckmäßigerweise der Verformungseinrichtung bzw. Umformeinrichtung 60 nachgeordnet ist, dient zum, insbesondere beidseitigen, Beschichten der Endlosturbulenzeinlage 57 mit Flussmittel. Dazu weist die Flussmittel-Beschichtungseinrichtung eine Applikationseinrichtung und eine dieser nachgeordnete Trocknungseinrichtung bzw. eine Trocknungsstrecke, insbesondere einen Trocknungsofen, auf. Mittels der Applikationseinrichtung wird die Endlosturbulenzeinlage 57 auf beiden Bandoberflächen 29a;29b jeweils vollflächig oder partiell, z.B. streifenförmig in Form von sich längererstreckenden Beschichtungsstreifen, mit Flussmittel beschichtet. Insbesondere werden die Außenflächen 41;47;50;53 beschichtet. In der sich anschließenden Trocknungseinrichtung wird die aufgebraute Beschichtung bei z.B. 120-280°C getrocknet.

Alternativ dazu kann das Flussmittel auch an anderer Stelle aufgebracht werden, z.B. vor dem Verformen des ersten Flachbandmaterials 56. Oder es wird ein bereits vorab, insbesondere beidseitig, mit Flussmittel beschichtetes, erstes Flachbandmaterial 56 verwendet.

Als Mittel zur Bereitstellung des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine zweite Bevorratungseinrichtung für das zweite metallische Endlosflachbandmaterial bzw. das Hüllband 58 zur Herstellung der Rohrwand 10 der Flachrohre 4 auf. Die zweite Bevorratungseinrichtung ist ebenfalls z.B. ein Bandspeicher und weist zumindest eine Vorratsrolle auf, von der das zweckmäßigerweise ein- oder beidseitig lotplattierte, metallische zweite Endlosflachbandmaterial 58 im wesentlichen kontinuierlich abgewickelt wird. Das zweite Endlosflachbandmaterial 58 weist dabei zweckmäßigerweise eine Wandstärke entsprechend der gewünschten Wandstärke der Rohrwand 10 des herzustellenden Flachrohres 4 von 0,2 bis 2 mm, bevorzugt 0,3 bis 1 mm auf. Zudem besteht das zweite Endlosflachbandmaterial 58 vorzugsweise aus Aluminium und/oder Kupfer und/oder Stahl, wobei es nicht aus demselben Werkstoff wie das erste Endlosflachbandmaterial 56 bestehen muss. Außerdem weist das zweite Endlosflachbandmaterial 58 zwei sich parallel zu der horizontalen Förderrichtung 62 erstreckende Bandlängskanten 64 sowie eine, bevorzugt hori-

zontale, erste, ebenflächige Bandbreitseite 65a und eine, bevorzugt horizontale, zweite, ebenflächige Bandbreitseite 65b auf. Die erste Bandbreitseite 65a ist bevorzugt oberhalb der zweiten Bandbreitseite 65b angeordnet. Die Führung des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 erfolgt somit zweckmäßigerweise so, dass das plattenförmige Endlosflachbandmaterial 58 horizontal ausgerichtet ist. Zudem wird das erste Endlosflachbandmaterial 56 bzw. die Endlosturbulenzeinlage 57 bevorzugt etwas oberhalb des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 und seitlich daneben geführt.

Die Zusammenführeinrichtung dient zum Zusammenführen der Endlosturbulenzeinlage 57 und des zweiten Endlosflachbandmaterials 58. In der Zusammenführeinrichtung wird die Endlosturbulenzeinlage 57 derart zugeführt, dass eine der beiden Bandlängskanten 23, bevorzugt die obere, der Endlosturbulenzeinlage 57, insbesondere mittig, an der ersten, oberen Bandbreitseite 65a des zweiten Endlosflachbandmaterials 58, insbesondere mittig, anliegt und die Endlosturbulenzeinlage 57 bevorzugt senkrecht zur ersten Bandbreitseite 65a des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 ist.

Der Zusammenführeinrichtung in Förderrichtung 62 nachgeordnet sind die Biegeeinrichtungen zur Bildung eines Endlosflachrohres. Das zweite Endlosflachbandmaterial 58 wird mittels der Biegeeinrichtungen derart um zur Förderrichtung 62 parallele Achsen umgebogen, dass die längsgeschlitzte Rohrwand 10 des herzustellenden Flachrohres 4 gebildet wird. Insbesondere weist die Rohrwand 10 folglich die beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b und die beiden Rohrschmalseitenwandungen 14a;14b und zweckmäßigerweise einen flach-ovalen oder einen rechteckigen Querschnitt auf. Dazu wird das zweite Endlosflachbandmaterial 58 so um zur Förderrichtung 62 parallele Biegeachsen gebogen, dass die beiden Bandlängskanten 64 aneinander stoßen und zwei sich gegenüberliegende Rohrwandlängskanten bilden. Die Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b der Rohrwand 10 des Endlosflachrohres sind nach dem Biegen dabei zweckmäßigerweise vertikal ausgerichtet.

Des Weiteren wird das zweite Flachbandmaterial 58 derart umgebogen, dass die Endlosturbulenzeinlage 57 von der aus dem zweiten Endlosflachbandmaterial 58 gebildeten Rohrwand 10 umschlossen bzw. eingehüllt wird und die Endlosturbulenzeinlage 57 zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a;13b angeordnet ist. Des Weiteren liegen die Anlageflächen bzw. Außenflächen 41;47;50;53 an der Rohrrinnenfläche 12 im Bereich der beiden Breitseitenwandungen 13a;13b an. Zudem erstreckt sich die Endlosturbulenzeinlage 57 vorzugsweise über die gesamte Breite und über die gesamte Länge des Flachrohrs 4.

Wie bereits oben erläutert, dienen die Biegeeinrichtungen zum Biegen, insbesondere mittels Rollformung, des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 zum eben beschriebenen längsseitig geschlitzten Endlosflachrohr. Dabei sind zweckmäßigerweise zwei verschiedene Arten von Umform- bzw. Biegeeinrichtungen vorhanden. Die ersten Biegeeinrichtungen weisen jeweils
5 eine untere und eine obere Umform- bzw. Biegerolle auf, die jeweils ober- bzw. unterhalb des zweiten Flachbandmaterials 58 angeordnet sind, wobei Drehachsen der Biegerollen horizontal und senkrecht zur Förderrichtung 62 sind. Die Biegerollen weisen in an sich bekannter Weise jeweils Mantelflächen auf deren Form an die Form des herzustellenden Flachrohres 4 angepasst sind. Insbesondere weisen die Mantelflächen der oberen Biegerollen eine
10 konvexe Wölbung und die Mantelflächen der unteren Biegerollen eine konkave Wölbung auf. Die oberen und unteren Biegerollen weisen eine in Bezug zueinander positive/negative Form auf. Des Weiteren weisen die oberen, auf der Seite der Endlosturbulenzeinlage 57 angeordneten, Biegerollen mittig einen umlaufenden Schlitz auf, der sich jeweils radial in die Biegerolle hinein erstreckt. Der Schlitz ist so bemessen, dass er beim Biegen die Endlosturbulenzeinlage 57 aufnimmt. Dadurch wird die Endlosturbulenzeinlage 57 in dem Schlitz geführt und
15 stabilisiert.

Das zwischen den beiden Biegerollen durchgeführte zweite Flachbandmaterial 58 wird aufgrund der Negativ/Positivform der Biegerollen um die obere Biegerolle herum beim Abrollen
20 sukzessive gebogen bzw. abgewinkelt.

Mittels der ersten Biegeeinrichtungen wird das zweite Flachbandmaterial 58 so lange gebogen, wie eine obere Biegerolle noch zwischen den Bandlängskanten 64 des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 Platz hat, die Rohrwand 10 also noch nicht vollständig geschlossen
25 ist.

Anschließend wird das zweite Flachbandmaterial 58 mittels der zweiten Biegeeinrichtungen weiter gebogen und umgeformt, bis es die gewünschte Querschnittsform aufweist. Die zweiten Biegeeinrichtungen sind somit den ersten Biegeeinrichtungen in Förderrichtung 62 nachgeordnet. Bei den zweiten Biegeeinrichtungen weisen die oberen Biegerollen keinen umlaufenden Schlitz mehr auf, da die oberen Biegerollen nicht mehr zwischen den Bandlängskanten 64 des zweiten Endlosflachbandmaterials 58 eingreifen, sondern lediglich noch als Gegendruckrollen dienen.
30

Nach dem Biegen berühren sich die die Rohrwand 10 bildende zweite Flachbandmaterial 58 und die Endlosturbulenzeinlage 57 an mehreren Kontaktstellen. Dadurch wird die Endlosturbulenzeinlage 57 von dem angetriebenen zweiten Flachbandmaterial 58 kraft- und reib-
35

schlüssig mitgezogen. Optional kann allerdings die erfindungsgemäße Vorrichtung auch zusätzliche Antriebsmittel für die Endlosturbulenzeinlage 57 aufweisen. Insbesondere kann die Vorrichtung zwischen den einzelnen Biegerollen jeweils zwei sich horizontal gegenüberliegende Reibrollen aufweisen. Die Reibrollen drehen sich um vertikale Drehachsen und treiben die Endlosturbulenzeinlage 57 an. Dadurch wird eine synchrone Geschwindigkeit des zweiten Flachbandmaterials 58 und der Endlosturbulenzeinlage 57 gewährleistet.

In der sich an die letzte Biegeeinrichtung in Förderrichtung 62 anschließenden Schweißeinrichtung werden die sich gegenüberliegenden Bandlängskanten 64 bzw. nun Rohrwandlängskanten in an sich bekannter Weise kontinuierlich miteinander verschweißt, so dass ein geschlossenes, vorgefertigtes Endlosflachrohr entsteht. Beim Verschweißen werden die beiden Bandlängskanten 64 mittels Druckrollen, die an den beiden Rohrbreitseitenwandungen 13a, 13b angreifen, aneinander gedrückt und das Material im Bereich der Bandlängskanten 64 so erhitzt, dass es unter Bildung der Längsschweißnaht 20 miteinander verschweißt. Zweckmäßigerweise erfolgt das Verschweißen mittels Induktionsschweißen.

Alternativ zum Schweißen kann das Flachrohr 4 im Bereich der beiden Rohrwandlängskanten auch mittels einer an sich bekannten Falzverbindung oder anderweitig längsseitig verbunden werden. Infolgedessen kann anstelle der Schweißeinrichtung auch eine andere Art einer Verbindungseinrichtung, z.B. eine Lötteinrichtung oder eine Klebeeinrichtung vorgesehen sein.

Der Schweißeinrichtung nachgeordnet ist vorzugsweise eine Kalibriereinrichtung, die die Erzeugung der finalen äußeren Kontur sowie die Sicherstellung der Geradheit des Endlosflachrohrs in Rohrlängsrichtung 18 bewirkt. Die Kalibriereinrichtung kann zudem eine Schabeeinrichtung zum Entfernen des Schweißnahtüberstands und eine Kühleinrichtung zur Abkühlung des Endlosflachrohrs aufweisen.

Die Trenneinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist zweckmäßigerweise ein Messer (nicht dargestellt) zum Schneiden des Endlosflachrohrs entlang einer bevorzugt vertikalen Trennlinie auf, so dass das Endlosflachrohr in einzelne Flachrohre 4 gewünschter Rohrlänge getrennt wird. Das Messer wird zum Trennen zum Beispiel um eine horizontale, zur Förderrichtung 62 parallele Achse verschwenkt oder gedreht. Zusätzlich kann das Messer, um die Vorschubbewegung des Endlosflachrohrs auszugleichen, beim Schneidvorgang in an sich bekannter Weise ebenfalls in Förderrichtung 62 mitbewegt werden ("fliegendes Messer"). Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Messer allerdings in Förderrichtung 62 unverschieblich ("stehendes Messer"), wobei die Bewegung des End-

losflachrohrs durch eine entsprechend in Förderrichtung 62 abgeschrägte, die Bewegung des Endlosflachrohrs ausgleichende Form des Messers oder durch eine entsprechende Schrägstellung des Messers ausgeglichen wird.

5 Die geschnittenen Flachrohre 4 werden anschließend vorzugsweise noch in einem Lötöfen verlötet. Beispielsweise kann das Verlöten gleichzeitig beim Verlöten des Wärmetauschers 1 erfolgen, der mit den erfindungsgemäßen Flachrohren 4 bestückt ist. Aufgrund der vorzugsweise beidseitigen Lotplattierung des ersten und zweiten Endlosflachbandmaterials 56;58 werden dabei die an der Rohrrinnenfläche 12 anliegenden Außenflächen 41;47;50;53 mit der
10 Rohrrinnenfläche 12 verlötet. Dadurch entsteht ein fester Verbund von Turbulenzeinlage 21 und Rohrwand 10.

Vorteilhaft bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zum einen, dass das erfindungsgemäße Flachrohr 4 samt Turbulenzeinlage 21 kontinuierlich bzw. online gefertigt wird. Dadurch ist das Flachrohr 4 schnell und kostengünstig herstellbar. Dies wird insbesondere durch den durchgehenden plattenförmigen Bandbereich 32 ermöglicht. Denn dadurch kann die Endlosturbulenzeinlage 57, wenn es
15 seitlich von oben auf das zweite Flachbandmaterial 58 aufgesetzt wird, um zur Bandbreitenrichtung 25 parallele Achsen gebogen werden. Dies ist bei durchgehend gewellten Blechen gemäß dem Stand der Technik nicht möglich.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, auch sehr lange Rohre hergestellt werden können, die erst später in einzelne, kürzere Flachrohre 4 mit gewünschter Länge geschnitten werden. Dies ist bei dem mehrstufigen Prozess gemäß dem
25 Stand der Technik nicht möglich, da das Einschieben der Turbulenzeinlagen ab einer bestimmten Rohrlänge nicht mehr möglich ist.

Außerdem ist von Vorteil, dass das Endlosflachrohr vor der Verschweißung nicht durch zusätzliche Mittel, z.B. Messerrollen offen gehalten werden muss, sondern durch Federwirkung der Turbulenzeinlage 21 automatisch offen gehalten wird. Die geschlossene Bauform verhindert zudem, dass Flitter (Schweißspritzer) sich im Rohr verteilen.
30

Zudem kann die Turbulenzeinlage 21, bevorzugt in den ebenflächigen Bandbereichen 32 Ausstanzungen aufweisen (nicht dargestellt). Das Stanzen des ersten Endlosflachbandmaterials 56 kann z.B. in dafür vorgesehenen zusätzlichen Einrichtungen erfolgen, die der Zusammenführeinrichtung vorgeordnet sind. Oder das Stanzen kann in der Umformeinrichtung erfolgen.
35

Ansprüche

1. Turbulenzeinlage (21) für Flachrohre (4) für Wärmetauscher (1), wobei
 - a) die Turbulenzeinlage (21) ein einlagiges Blechband (22) ist, das eine Blechmitteebene (26) sowie eine Bandlängsrichtung (24) und eine dazu senkrechte Bandbreitenrichtung (25) aufweist, und
 - b) wobei die Turbulenzeinlage (21) erste und zweite Vorsprünge (30;31) aufweist, die in das Blechband (22) eingeformt sind, wobei die ersten Vorsprünge (30) auf einer ersten Seite der Bandmitteebene (26) angeordnet sind und die zweiten Vorsprünge (31) auf einer zweiten, der ersten Seite gegenüberliegenden Seite der Bandmitteebene (26) angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - c) die ersten und zweiten Vorsprünge (30;31) in Bandlängsrichtung (24) jeweils hintereinander und abwechselnd in Form einer Längsreihe (35) angeordnet sind, wobei die Turbulenzeinlage (21) zumindest zwei in Bandbreitenrichtung (25) zueinander benachbart angeordnete Längsreihen (35) aufweist.
2. Turbulenzeinlage (21) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeweils ein erster Vorsprung (30) der einen Längsreihe (35) in Bandbreitenrichtung (25) gesehen benachbart zu einem zweiten Vorsprung (31) der benachbarten Längsreihe (35) ist.
3. Turbulenzeinlage (21) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Blechband (22) einen ebenflächigen bzw. plattenförmigen, durchgehenden Bandbereich (32) aufweist, der von den ersten und zweiten Vorsprüngen (30;31) durchsetzt bzw. unterbrochen ist.
4. Turbulenzeinlage (21) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die ersten und zweiten Vorsprünge (30;31) in eine zur Blechmitteebene (26) senkrechte Banddickenrichtung (27) gesehen über den plattenförmigen Bandbereich (32) überstehen, wobei die ersten Vorsprünge (30) in eine erste, zur Banddickenrichtung (27) parallele Richtung (33) über den plattenförmigen Bandbereich (32) überstehen

und die zweiten Vorsprünge (31) in eine zweite, zur ersten Richtung (33) entgegen gesetzte Richtung (34) über den plattenförmigen Bandbereich (32) überstehen.

5. Turbulenzeinlage (21) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorsprünge (30;31) napfartige bzw. topfförmige Vorsprünge (36) und/oder Längssicken (52) und/oder Quersicken (53) sind.
6. Turbulenzeinlage (21) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorsprünge (30;31;36;52;53) jeweils eine Wandung (38;44) aufweisen, die von einer Blechwandung (66) des Blechbandes (22) gebildet wird, wobei die Wandungen (38;44) bevorzugt jeweils geschlossen sind.
7. Flachrohr (4) für Wärmetauscher (1) mit
 - a) einer Rohrwand (10), die zwei sich gegenüberliegende Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b) und zwei sich gegenüberliegende Rohrschmalseitenwandungen (14a;14b) aufweist, über die die Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b) ineinander übergehen, und
 - b) einer innerhalb der Rohrwand (10) angeordneten Turbulenzeinlage (21), die, insbesondere mittig, zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b) angeordnet ist,
 - c) wobei die Turbulenzeinlage (21) ein einlagiges Blechband (22) ist, das eine Blechmittenebene (26) sowie eine Bandlängsrichtung (24) und eine dazu senkrechte Bandbreitenrichtung (25) aufweist,
 - d) wobei die Turbulenzeinlage (21) erste und zweite Vorsprünge (30;31) aufweist, die in das Blechband (22) eingeformt sind, wobei die ersten Vorsprünge (30) auf einer ersten Seite der Bandmittenebene (26) angeordnet sind und die zweiten Vorsprünge (31) auf einer zweiten, der ersten Seite gegenüberliegenden Seite der Bandmittenebene (26) angeordnet sind, und wobei sich die ersten Vorsprünge (30) an der ersten Rohrbreitseitenwandung (13a) abstützen und sich die zweiten Vorsprünge (31) an der zweiten Rohrbreitseitenwandung (13b) abstützen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Turbulenzeinlage (21) die Merkmale eines oder mehrerer der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

8. Flachrohr (4) nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Blechband (22) zwei Bandlängskanten (23) aufweist, wobei sich die eine Bandlängskante (23) an der ersten Rohrschmalseitenwandung (14a) abstützt und sich die andere Bandlängskante (23) an der zweiten Rohrschmalseitenwandung (14b) abstützt.
9. Flachrohr (4) nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorsprünge (30;31) mit der Rohrinnenfläche (12) verlötet sind.
10. Flachrohr (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vorsprünge (30;31) derart angeordnet sind, dass ein das Flachrohr (4) durchströmendes Medium das Flachrohr (4) mäanderförmig durchströmt.
11. Flachrohr (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rohrwand (10) durch Rollverformung hergestellt ist und bevorzugt längsseitig mittels einer Längsschweißnaht (20) verschweißt ist.
12. Wärmetauscher (1),
gekennzeichnet durch
Flachrohre (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 11.
13. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Flachrohren (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, mit folgenden Verfahrensschritten:
 - a) Bereitstellen eines ersten metallischen Endlosflachbandmaterials (56), insbesondere durch kontinuierliches Abführen des ersten metallischen Endlosflachbandmaterials (56) aus einer ersten Bevorratungseinrichtung,
 - b) Verformen des ersten Endlosflachbandmaterials (56), insbesondere mittels zweier, in gegenläufige Drehrichtungen drehbarer Walzrollen (61a,61b), zwischen denen das erste Endlosflachbandmaterial (56) in eine Förderrichtung (62) durchgeführt wird, zu einer profilierten Endlosturbulenzeintage (57) mit den ersten und zweiten Vorsprüngen (30;31) und zwei seitlichen Bandlängskanten (23),
 - c) Bereitstellen eines zweiten Endlosflachbandmaterials (58) mit zwei seitlichen Bandlängskanten (64) und zwei Bandbreitseiten (65a,65b), insbesondere durch

kontinuierliches Abführen des zweiten Endlosflachbandmaterials (58) aus einer zweiten Bevorratungseinrichtung,

- d) Zusammenführen der Endlosturbulenzeinlage (57) und des zweiten Endlosflachbandmaterials (58), derart, dass die Endlosturbulenzeinlage (57) mit einer ihrer beiden Bandlängskanten (23) auf einer der beiden Bandbreitseiten (65a) anliegt,
- e) Kontinuierliches Biegen, vorzugsweise mittels Rollverformung, des zweiten Endlosflachbandmaterials (58) zu einem Endlosflachrohr mit einer längsgeschlitzten Rohrwand (10) mit zwei sich gegenüberliegenden Rohrwandlängskanten und mit den beiden Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b), so dass die Rohrwand (10) die Endlosturbulenzeinlage (57) umschließt, und die Endlosturbulenzeinlage (57) zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b) angeordnet ist,
- f) Verbinden, insbesondere Verschweißen, der beiden Rohrwandlängskanten,
- g) Ablängen des Endlosflachrohres in einzelne Flachrohre (4).

14. Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Flachrohren (4) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, nach dem Verfahren nach Anspruch 13, die

- a) eine Turbulenzeinlagen-Vorfertigungseinrichtung mit einer Umformeinrichtung (60) mit Mitteln zum Verformen eines ersten metallischen Endlosflachbandmaterials (56) zu einer profilierten Endlosturbulenzeinlage (57) mit den ersten und zweiten Vorsprüngen (30;31) und zwei seitlichen Bandlängskanten (23),
- b) Mittel zur Bereitstellung eines zweiten metallischen Endlosflachbandmaterials (58) mit zwei seitlichen Bandlängskanten (64) und zwei Bandbreitseiten (65a;65b),
- c) eine Zusammenführeinrichtung mit Mitteln zum Zusammenführen der Endlosturbulenzeinlage (57) und des zweiten metallischen Endlosflachbandmaterials (58) derart, dass die Endlosturbulenzeinlage (57) mit einer ihrer beiden Bandlängskanten (23) auf einer der beiden Bandbreitseiten (65a) anliegt,
- d) mehrere, in Bezug zu einer Förderrichtung (62) hintereinander angeordnete Biegeeinrichtungen zum kontinuierlichen Biegen, vorzugsweise mittels Rollverformung, des zweiten Endlosflachbandmaterials (58) zu einem Endlosflachrohr mit einer längsgeschlitzten Rohrwand (10) mit zwei sich gegenüberliegenden Rohrwandlängskanten und mit den beiden Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b), so dass die Rohrwand (10) die Endlosturbulenzeinlage (57) umschließt, und die

Endlosturbulenzeinlage (57) zwischen den beiden Rohrbreitseitenwandungen (13a;13b) angeordnet ist,

- e) eine Verbindungseinrichtung, insbesondere eine Schweißeinrichtung, zum Verbinden der beiden Rohrwandlängskanten miteinander,
- f) und eine Trenneinrichtung zum Trennen des Endlosflachrohres in einzelne Flachrohre (4)

aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet, dass

erste Biegeeinrichtungen jeweils zwei sich gegenüberliegende Biegerollen aufweisen, wobei die eine Biegerolle einen umlaufenden Schlitz aufweist, der sich jeweils radial in die Biegerolle hinein erstreckt und in dem beim Biegen die Endlosturbulenzeinlage (57) aufnehmbar ist.

Figur 1:

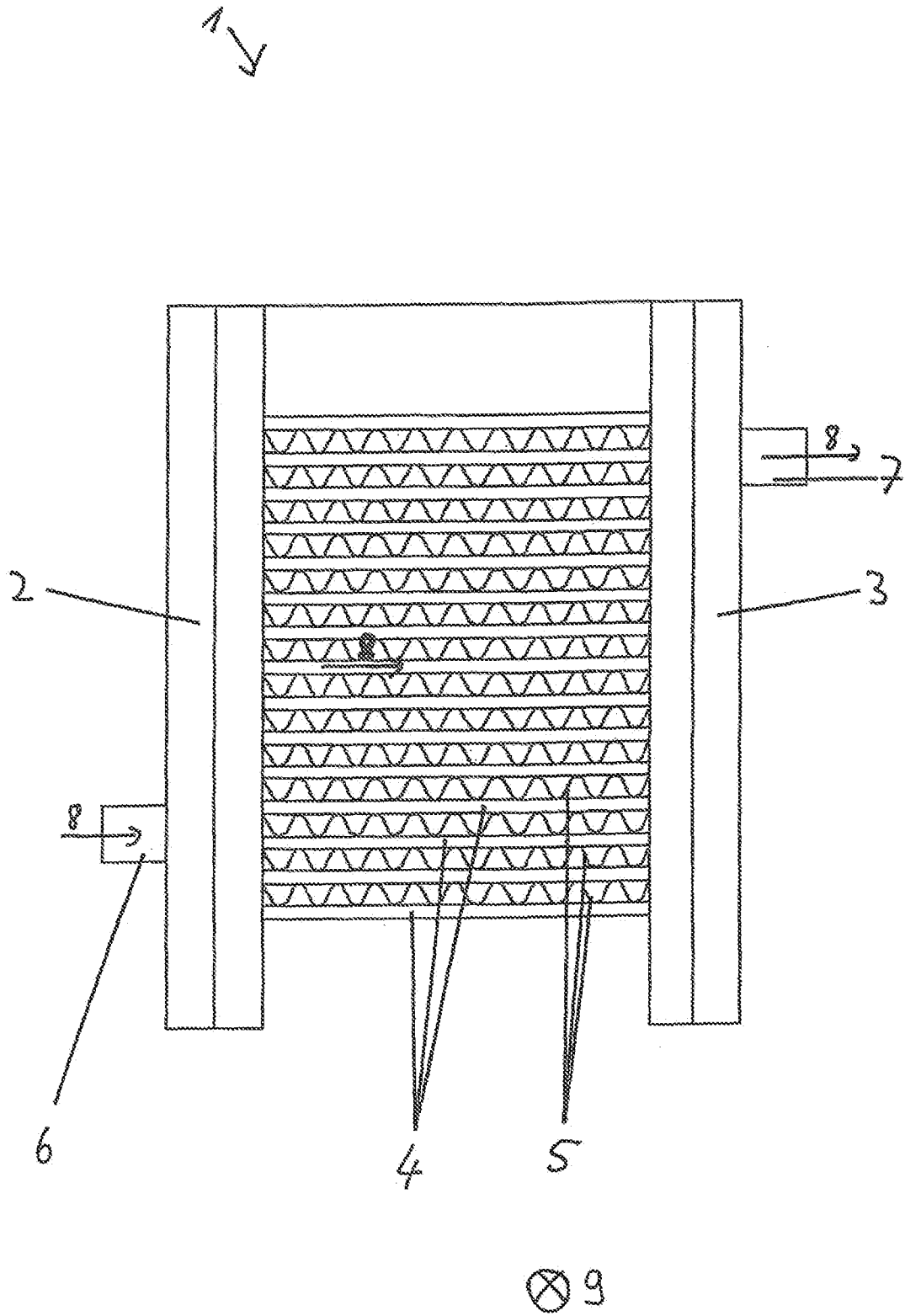
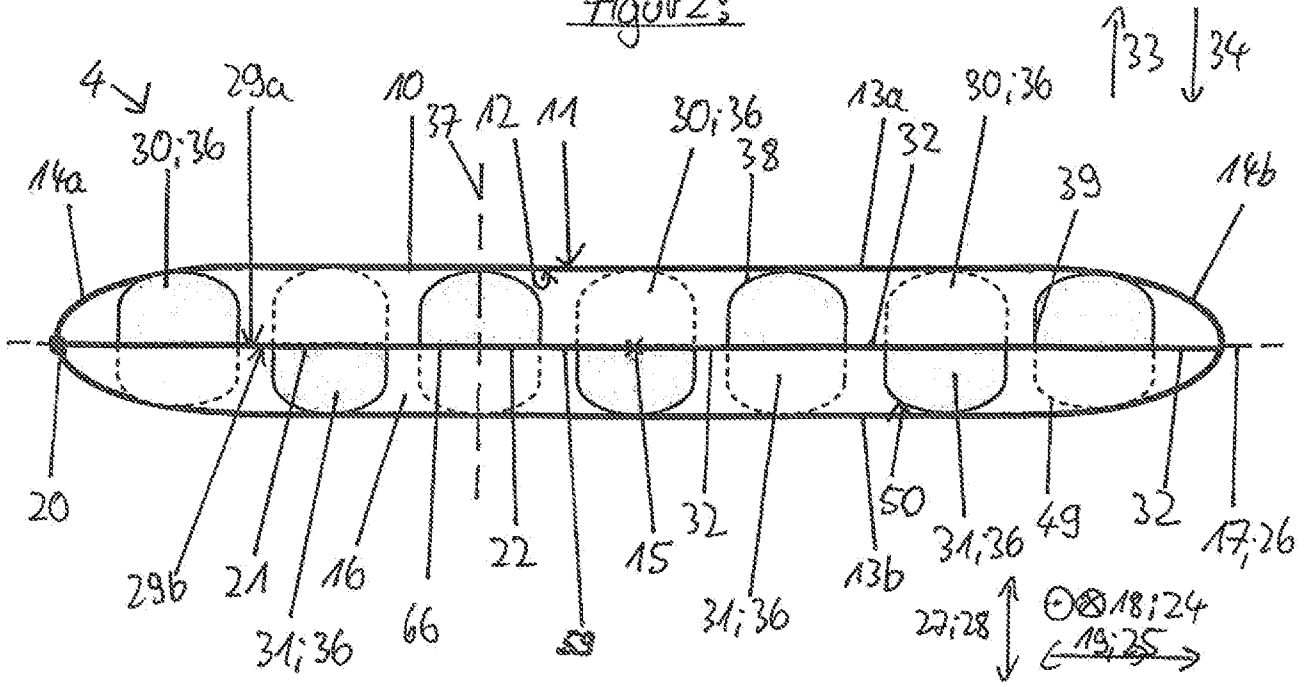
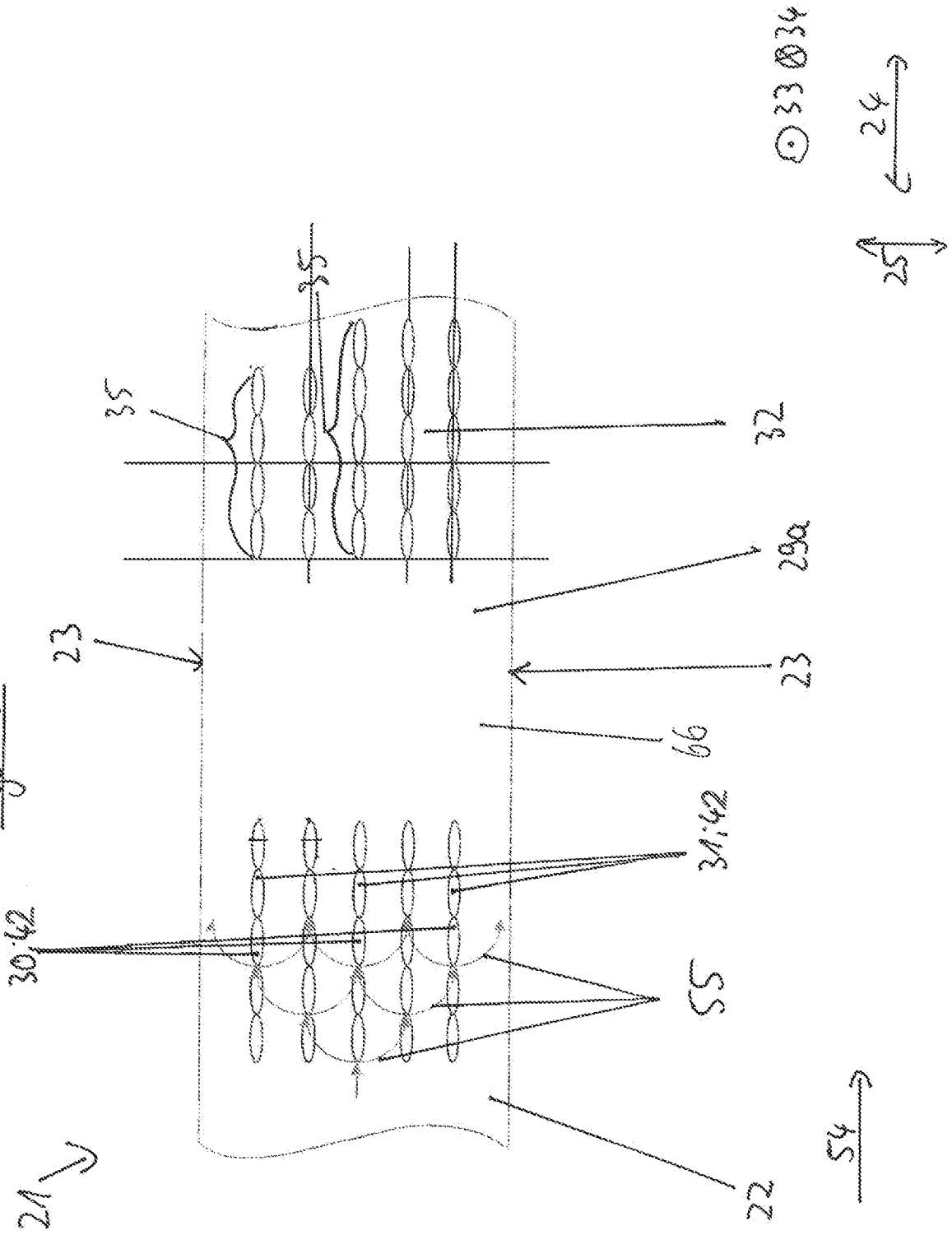


Figure 2:



Figur 5:



Figur 6i

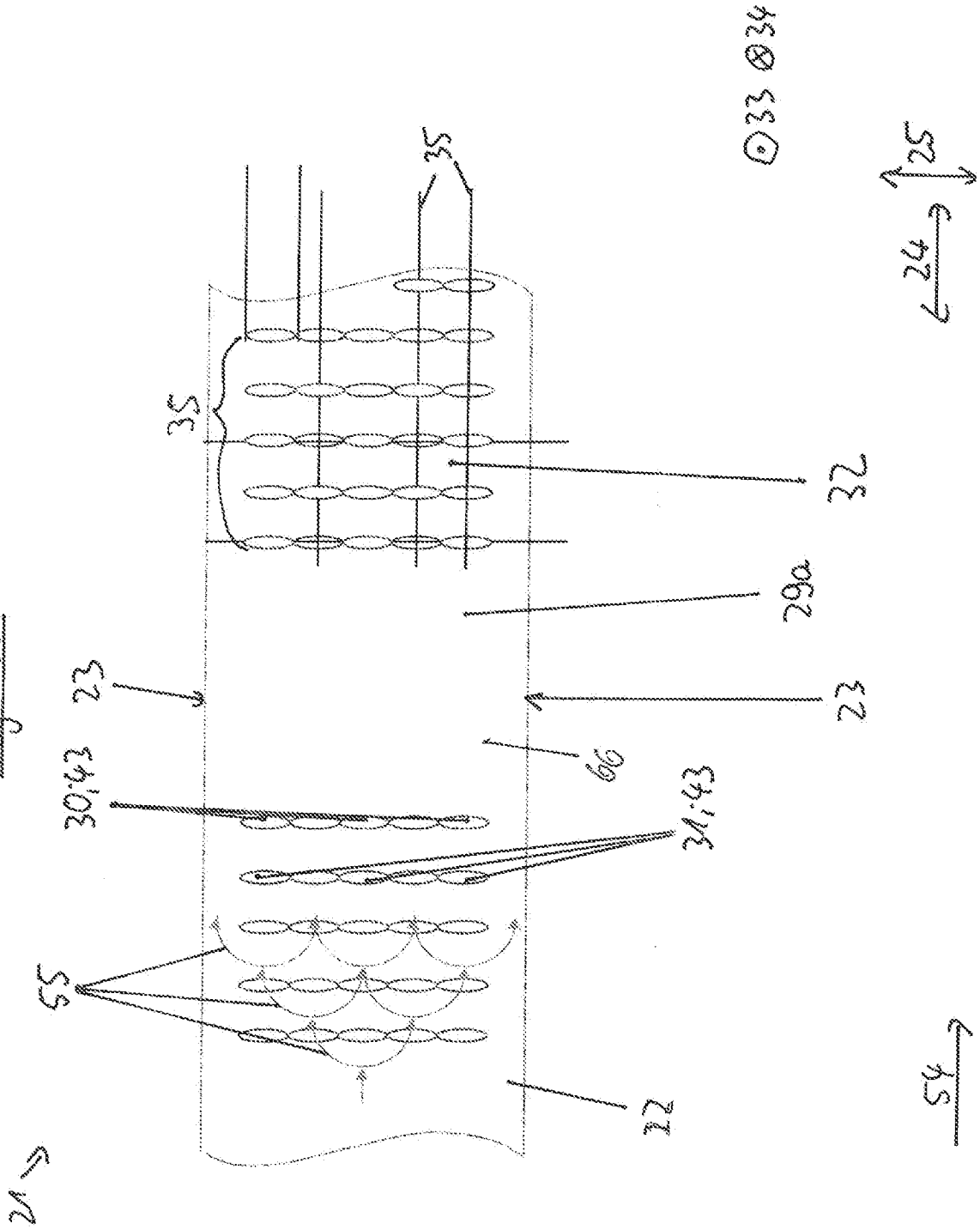


Figure 7:

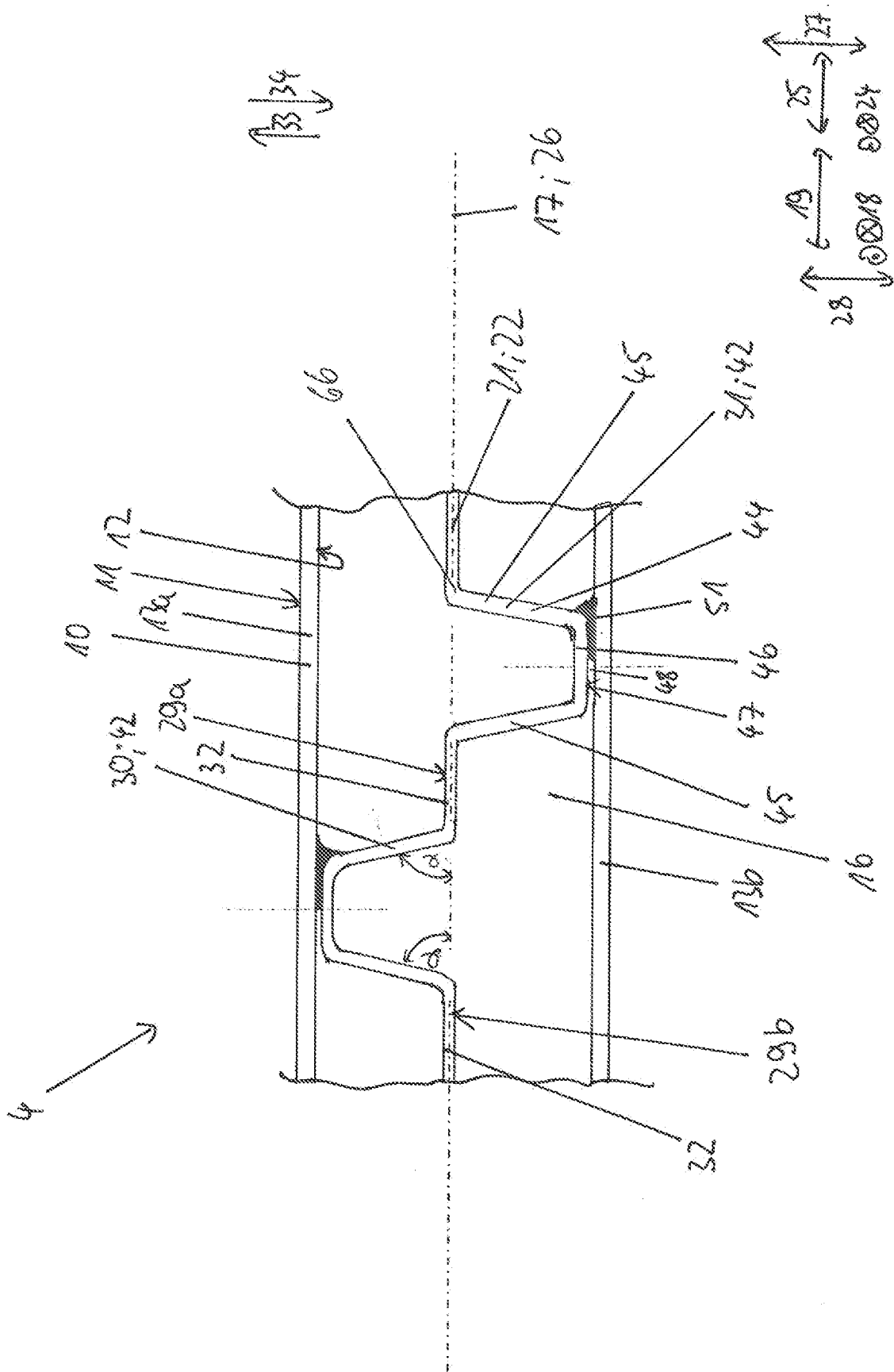


Figure 8:

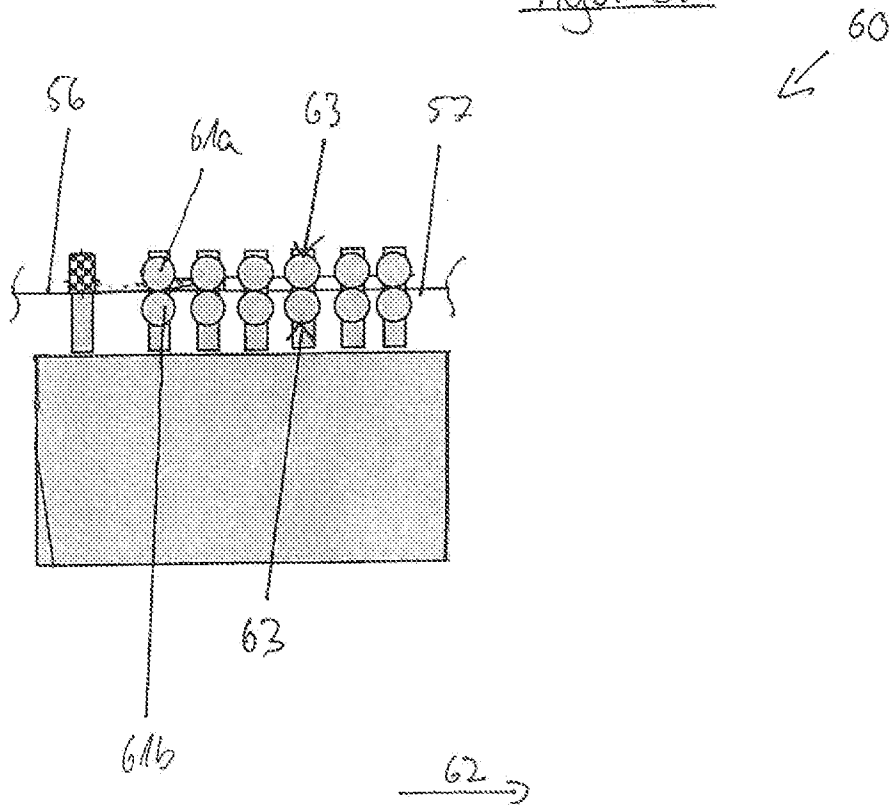


Figure 9:

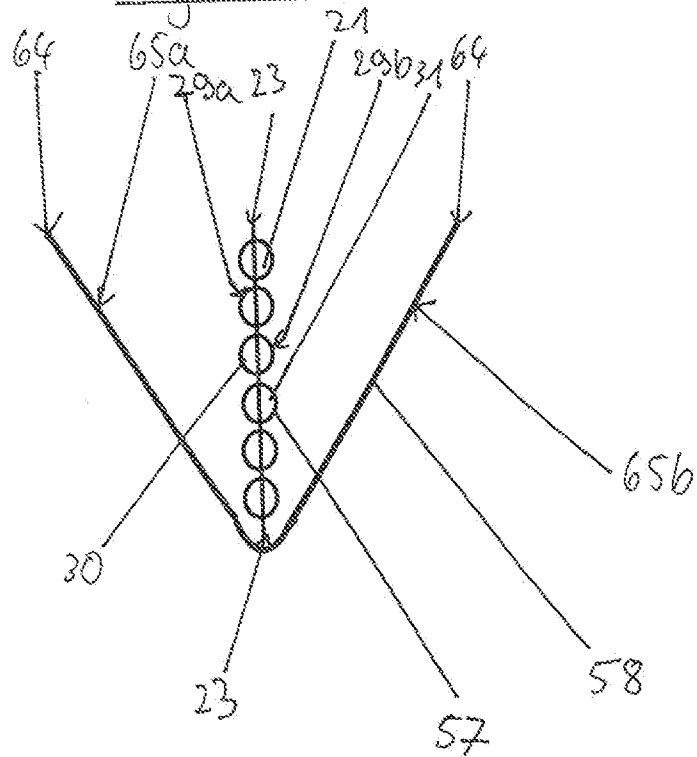


Figure 10:

