

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50433/2019

(22)

Anmeldetag:

14.05.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.08.2020

(51)

Int. Cl.:

E21D 11/08 (2006.01)

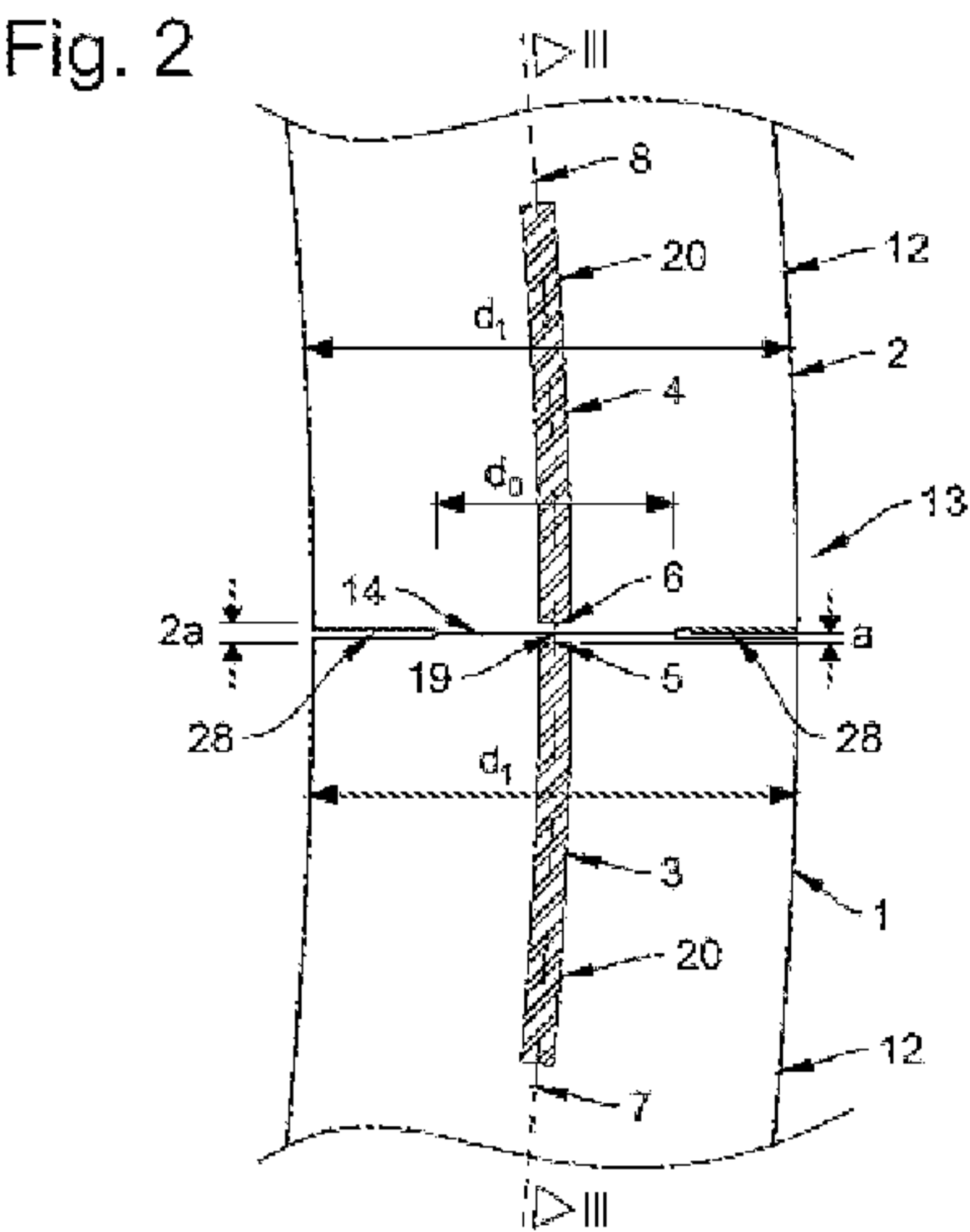
|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><div>(30)</div><div>Priorität:</div><div>04.02.2019 AT A60022/2019 beansprucht.</div></div> <div><div>(56)</div><div>Entgegenhaltungen:</div><div>JP 2012167539 A</div><div>JP 2007321518 A</div><div>JP 2009174252 A</div></div> | <div><div>(71)</div><div>Patentanmelder:</div><div>Technische Universität Wien</div><div>1040 Wien (AT)</div></div> <div><div>(72)</div><div>Erfinder:</div><div>Kollegger Johann O.Univ.Prof. Dipl.-Ing.</div><div>Dr.techn.</div><div>3400 Klosterneuburg (AT)</div></div> <div><div>(74)</div><div>Vertreter:</div><div>Schwarz &amp; Partner Patentanwälte OG</div><div>1010 Wien (AT)</div></div> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

(54)

TÜBBING AUS BEWEHRTEM BETON

(57)

Die Erfindung betrifft einen Tübbing (1) aus bewehrtem Beton, wobei der Tübbing (1) eine Lastübertragungsfläche (14) für eine Längsfuge (13) aufweist, wobei im Tübbing (1) mindestens ein Stahlstab (3) mit einer Stirnfläche (5) eingebaut ist, wobei der Stahlstab (3) derart im Tübbing (1) angeordnet ist, dass eine Tangente (9) an eine Schwerachse (7) des Stahlstabs (3) in der Stirnfläche (5) mit einer Normalen (18) auf die Lastübertragungsfläche (14) einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  einschließt, und wobei die Stirnfläche (5) in einem Abstand (a) zur Lastübertragungsfläche (14) angeordnet ist, der zwischen 0 mm und 50 mm, bevorzugt zwischen 0 mm und 10 mm, liegt.



### Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft einen Tübbing (1) aus bewehrtem Beton, wobei der Tübbing (1) eine Lastübertragungsfläche (14) für eine Längsfuge (13) aufweist, wobei im Tübbing (1) mindestens ein Stahlstab (3) mit einer Stirnfläche (5) eingebaut ist, wobei der Stahlstab (3) derart im Tübbing (1) angeordnet ist, dass eine Tangente (9) an eine Schwerachse (7) des Stahlstabs (3) in der Stirnfläche (5) mit einer Normalen (18) auf die Lastübertragungsfläche (14) einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  einschließt, und wobei die Stirnfläche (5) in einem Abstand (a) zur Lastübertragungsfläche (14) angeordnet ist, der zwischen 0 mm und 50 mm, bevorzugt zwischen 0 mm und 10 mm, liegt.

(Fig. 2)

25061-AT

### Tübbing aus bewehrtem Beton

Die Erfindung betrifft einen Tübbing aus bewehrtem Beton, wobei der Tübbing eine Lastübertragungsfläche für eine Längsfuge aufweist.

Tunnelröhren werden oft im Schildvortrieb mit Tübbingringen hergestellt. Die Tunnelröhre besteht bei der Anwendung dieses Bauverfahrens aus in Tunnellängsrichtung hintereinander angeordneten Tübbingringen. Jeder Tübbingring besteht aus beispielsweise sechs bis zehn über den Umfang des Tübbingrings verteilten einzelnen Tübbing. Die Tübbinge werden in der Nähe der Tunnelröhre als Fertigteile aus Stahlbeton hergestellt. Zwischen zwei benachbarten Tübbingringen befindet sich die sogenannte Ringfuge. Zwischen den Tübbing eines Tübbingrings befindet sich die sogenannte Längsfuge.

Die Tunnelröhre wird durch ihr Eigengewicht und durch in radialer Richtung einwirkende Druckkräfte aus dem an die Tunnelröhre angrenzenden Gebirge bzw. Bodenmaterial belastet. In der Baupraxis treten die radialen Druckkräfte entlang der Längserstreckung der Tunnelröhre oft in unterschiedlicher Größe auf. Die Tübbinge weisen in der Regel eine konstante Dicke in einer Tunnelröhre auf. Die Dimensionierung der Dicke der Tübbinge erfolgt demnach für den Größtwert der radialen Druckkräfte oder es werden in den höher belasteten Abschnitten der Tunnelröhre Sondertübbinge aus Stahl eingesetzt. Tübbinge aus Stahl sind jedoch erheblich teurer als Tübbinge aus Stahlbeton.

Die Lastübertragungsfläche in der Längsfuge zwischen zwei Tübbing aus Stahlbeton ist kleiner als die Querschnittsfläche der Tübbinge. Die Querschnittsfläche eines Tübbings in einem Radialschnitt ergibt sich aus dem Produkt der Breite  $b_1$  und der Dicke  $d_1$ . Die Breite  $b_1$  eines Tübbings bzw. eines Tübbingrings in Tunnellängsrichtung liegt in der Regel zwischen 1,5 m und 2,5 m. Die Dicke  $d_1$  eines Tübbings liegt in der Regel zwischen 0,3 m und 0,7 m.

Um Abplatzungen an den Kanten der vorgefertigten Tübbinge aus Stahlbeton zu vermeiden und um eine bessere Einbaubarkeit der Tübbinge zu ermöglichen, wird die für die Übertragung der Druckkraft in Ringrichtung erforderliche Lastübertragungsfläche in einer Längsfuge mit einer Breite  $b_0$ , die kleiner ist als die Breite  $b_1$ , und einer Dicke  $d_0$ , die kleiner ist als die Dicke  $d_1$ , hergestellt. In der Lastübertragungsfläche in den Längsfugen steht deshalb nur eine Fläche, die sich aus dem Produkt der Breite  $b_0$  und der Dicke  $d_0$  ergibt, zur Verfügung.

Die Breite  $b_0$  beträgt ungefähr 85 % bis 95 % der Breite  $b_1$ . Die Dicke  $d_0$  beträgt ungefähr 45 % bis 55 % der Dicke  $d_1$ . Um eine Abschätzung der Querschnittsreduktion in der Längsfuge zu ermöglichen, wird die Größe der Lastübertragungsfläche mit den Mittelwerten der oben angegebenen Bandbreiten (90 % und 50 %) berechnet. Damit ergibt sich, dass die Lastübertragungsfläche nur 45% der Querschnittsfläche des Tübbings beträgt. Bei der Berechnung der von der Lastübertragungsfläche aufnehmbaren Druckkraft darf die einaxiale Bemessungsdruckfestigkeit  $f_{cd}$  des Betons gemäß den Angaben der ÖNORM EN 1992-1-1, Abschnitt 6.7 mit dem Faktor

$$k_c = \sqrt{\frac{b_1 \cdot d_1}{b_0 \cdot d_0}}$$

vergrößert werden. Dieser Faktor ist gleich 1,49 für das oben angegebene Beispiel bei dem die Lastübertragungsfläche  $b_0 \cdot d_0$  gleich 45 % der Querschnittsfläche  $b_1 \cdot d_1$  ist.

Die in der Längsfuge übertragbare Druckkraft für eine Längsfuge mit einer einaxialen Bemessungsdruckfestigkeit des Betons gleich  $f_{cd}$  bei einer zentrischen Belastung ist dann gleich

$$b_0 \cdot d_0 \cdot f_{cd} \cdot k_c = 0,45 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot f_{cd} \cdot 1,49 = 0,67 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot f_{cd}.$$

Das entspricht 67 % der Druckkraft, die in den von der Längsfuge entfernten Querschnitten des Tübbings aufgenommen werden kann. Für die Dimensionierung der Dicke  $d_1$  eines Tübbings ist deswegen der Nachweis der Lastübertragung in der Längsfuge maßgebend.

In der Vergangenheit sind deshalb zahlreiche Vorschläge ausgearbeitet worden, um die in einer Längsfuge zwischen zwei Tübbingen aus Stahlbeton aufnehmbare Druckkraft zu vergrößern.

Eine Möglichkeit zur Steigerung der in einer Längsfuge aufnehmbaren Druckkraft wird in der AT 518 840 A1 beschrieben. In einem ersten Tübbing und in einem zweiten Tübbing, die im eingebauten Zustand durch eine Druckkraft in der Lastübertragungsfläche der Längsfuge beansprucht werden, werden Verstärkungskörper in den an die Längsfuge angrenzenden Bereichen der Tübbinge eingebaut. Die Verstärkungskörper bestehen aus Stahl oder aus Edelstahl. Die Abmessung eines Kraftübertragungskörpers in der Richtung der Dicke des Tübbings entspricht der Tübbingdicke  $d_1$ . Die Höhe der Kraftübertragungskörper wird so groß gewählt, dass die Druckkraft von der Lastübertragungsfläche bis zu der Unterseite des Kraftübertragungskörpers ausgebreitet

werden kann und der Beton an der Unterseite des Kraftübertragungskörpers mit den Flächen  $b_1$  mal  $d_1$  gleichmäßig beansprucht wird. Damit wird das Kraftübertragungsproblem in der Längsfuge gelöst. Nachteilig bei der in der AT 518 840 A1 gezeigten Lösung ist, dass

- die Verstärkungskörper aus Stahl oder Edelstahl bestehen und deshalb teuer in der Herstellung sind,
- die Verstärkungskörper aus Stahl an der Außenseite der Tunnelröhre korrodieren können und der Fortschritt des Korrosionsprozesses von der Tunnelinnenseite nicht beurteilt werden kann und
- die Verstärkungskörper im Brandfall rasch ihre Tragfähigkeit verlieren werden.

In der EP 1 243 753 A1 werden Kopplungselemente aus Stahl beschrieben, die in einer Ringfuge und in einer Längsfuge angeordnet werden können. Die Kopplungselemente ermöglichen eine formschlüssige Verbindung mit einem über den Großteil der Länge des zweiten Tübbings verlaufenden Federelement als Komplementärkopplungselement. Auch kann eine Stahleinlage in die längsfugenseitige Oberfläche eines erfindungsgemäßen Tübbings einbetoniert werden. Ferner kann die gesamte längsfugenseitige Oberfläche des Tübbings von der Stahleinlage gebildet werden. Nachteilig bei der in der EP 1 243 753 A1 gezeigten Lösung ist, dass

- die Kopplungselemente aus Stahl bestehen und deshalb teuer in der Herstellung sind,
- die in der Längsfuge angeordneten Kopplungselemente aus Stahl korrodieren können und
- die Kopplungselemente im Brandfall rasch ihre Tragfähigkeit verlieren werden.

In der DE 25 22 789 C3 werden Tübbinge mit einer Bewehrung aus länglichen Elementen aus duktilem Gusseisen beschrieben. Eine Druckkraft wird von einem Element aus duktilem Gusseisen über ein Bindemittel, das in einen Zwischenraum eingebracht wird, auf ein Lager und von diesem auf ein Endelement übertragen. Nachteilig bei der in der DE 25 22 789 C3 gezeigten Lösung ist, dass

- die Endelemente und die Lager aus einem metallischen Werkstoff bestehen und deshalb teuer in der Herstellung sind,
- die in der Längsfuge angeordneten Endelemente korrodieren können und
- die Endelemente im Brandfall rasch ihre Tragfähigkeit verlieren werden.

Eine weitere Ausführungsform für einen Tübbing mit Elementen aus Stahl in einer Längsfuge ist in der JP 1 502 207 aus dem Jahr 1975 beschrieben. Die im modernen Tunnelbau mit Tübbingen übliche Reduktion der Querschnittsfläche in den Längsfugen ist in der JP 1 502 207 nicht dargestellt. Kastenförmige Aussparungselemente aus Stahl werden in den an die Längsfuge angrenzenden Seiten der Tübbinge eingebaut. Diese Aussparungselemente ermöglichen das Verbinden von zwei benachbarten Tübbingen mit einer Schraubverbindung. Zudem wird offenbart, dass an die Aussparungselemente Bewehrungsstäbe angeschweißt sind. Diese Bewehrungsstäbe dienen in erster Linie zur Befestigung der Aussparungselemente im Tübbing. Sie werden aber bei der Übertragung einer Druckkraft in der Längsfuge einen Teil der Druckkraft aufnehmen und in den Beton des Tübbings weiterleiten. Nachteilig bei der in der JP 1 502 207 gezeigten Lösung ist, dass

- die Aussparungselemente aus Stahl bestehen und deshalb teuer in der Herstellung sind,
- die in der Längsfuge angeordneten Aussparungselemente korrodieren können und
- die Aussparungselemente im Brandfall rasch ihre Tragfähigkeit verlieren werden.

Eine weitere Ausführungsform für einen Tübbing mit Elementen aus Stahl in einer Längsfuge ist in der JP 11 287 093 A beschrieben. Die im modernen Tunnelbau mit Tübbingen übliche Reduktion der Querschnittsfläche in den Längsfugen ist in der JP 11 287 093 A nicht dargestellt. In den an die Längsfugen angrenzenden Seiten der Tübbinge werden C-förmige Stahlelemente, die mit eingeschraubten Bewehrungsstäben im Tübbing verankert sind, eingebaut. Bei der Montage der Tübbinge werden Verbindungselemente aus Stahl in die C-förmigen Stahlelemente eingeschoben. Die JP 11 287 093 A zeigt überdies, dass die Stirnseiten der C-förmigen Stahlelemente im eingebauten Zustand einen Abstand S, der dem zweifachen Abstand T entspricht, aufweisen. Eine Druckübertragung in den Längsfugen über die C-förmigen Stahlelemente ist deshalb in einem Tübbingring nicht möglich.

Eine weitere Ausführungsform für einen Tübbing mit Bewehrungsstäben im Bereich der Längsfuge ist in der US 1,969,810 beschrieben. Die Tübbinge sind mit in Ringrichtung angeordneten Bewehrungsstäben bewehrt. Zum Zeitpunkt dieser Offenbarung im Jahr 1931 waren nur Bewehrungsstäbe mit glatten Oberflächen verfügbar. Um eine bessere Verankerung der Bewehrungsstäbe im Beton zu erreichen, wird deshalb vorgeschlagen, die Enden der Bewehrungsstäbe aufzuweiten oder eine V-förmige Verankerung herzustellen. Ferner wird vorgeschlagen, die Längsfugen der Tübbinge in benachbarten Tübbingringen gegeneinander zu versetzen, um zu erreichen, dass die Drucknormalkraft in einem

Tübbingring im Bereich der Längsfuge über die Ringfuge in den benachbarten Tübbingring geleitet wird und dort teilweise vom Bewehrungsstab aufgenommen wird. Dieser Lastabtragungsmechanismus wird als „circumferential zig-zag path“ bezeichnet.

Dieser Lastabtragungsmechanismus funktioniert in der Realität nicht, weil sich die Ringfugen infolge des Schwindens des Betons öffnen können. Über das Schwindverhalten des Betons lagen in den 30er-Jahren des vorigen Jahrhunderts noch keine ausreichenden Erkenntnisse vor.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Tübbing zu schaffen, welcher gegenüber den derzeit im modernen Tunnelbau verwendeten Tübbingen eine höhere Tragfähigkeit aufweist und welcher gegenüber den bekannten Tübbingen günstiger herstellbar ist sowie eine höhere Dauerhaftigkeit und eine höhere Brandwiderstandsdauer aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Tübbing aus bewehrtem Beton gelöst, wobei der Tübbing eine Lastübertragungsfläche für eine Längsfuge aufweist, wobei im Tübbing mindestens ein Stahlstab mit einer Stirnfläche eingebaut ist, wobei der Stahlstab derart im Tübbing angeordnet ist, dass eine Tangente an eine Schwerachse des Stahlstabs in der Stirnfläche mit einer Normalen auf die Lastübertragungsfläche einen Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  einschließt, und wobei die Stirnfläche in einem Abstand zur Lastübertragungsfläche angeordnet ist, der zwischen 0 mm und 50 mm, bevorzugt zwischen 0 mm und 10 mm, liegt.

Durch die erfindungsgemäß angeordneten Stahlstäbe im Tübbing – die vorteilhaft zusätzlich zur Bewehrung des Betons vorliegen – kann dieser gegenüber den Tübbingen des Standes der Technik günstiger hergestellt werden und dennoch eine höhere Dauerhaftigkeit und Brandwiderstandsdauer aufweisen. Durch die Stahlstäbe des Tübbings wird zudem eine besonders gute Kraftübertragung an der Lastübertragungsfläche erzielt, die sich zwischen dem Tübbing und einem zu einem selben Tübbingring zugehörigen weiteren Tübbing befindet.

Versuche mit dem erfindungsgemäßen Tübbing haben ergeben, dass eine Lastübertragung durch die Stahlstäbe selbst dann noch gegeben ist, wenn der genannte Abstand größer als 0 mm ist und sich zwischen der Stirnfläche des Stahlstabs und der Lastübertragungsfläche beispielsweise Beton befindet. Besonders bevorzugt wird insbesondere, wenn zwei oder mehr Stahlstäbe in der erfindungsgemäßen Anordnung im Tübbing vorgesehen sind.

Bevorzugt ist der Stahlstab ein gerippter Bewehrungsstab, wodurch eine verbesserte Kraftübertragung auf den Beton im Bereich der Längsfuge erzielt wird. Alternativ ist auch ein Stahlstab ohne Rippen einsetzbar.

In einer Ausführungsform könnte der Stahlstab gerade sein, z.B. wenn dieser eine Länge hat, die weniger als ein Drittel der Länge des Tübbings in Umfangsrichtung beträgt. Bevorzugt weist der Stahlstab eine Krümmung auf, die im Wesentlichen einer Krümmung des Tübbings entspricht, um eine verbesserte Einbaubarkeit zu ermöglichen.

Bevorzugt werden die Stahlstäbe in einem Abstand von der Mittelebene des Tübbings eingebaut. Dadurch kann in der Lastübertragungsfläche in der Mittelebene des Tübbings ein Führungsstab eingebaut werden.

Vorteilhaft ist, wenn der Stahlstab derart im Tübbing eingebaut ist, dass eine Betondeckung zwischen einer Oberfläche des Stahlstabs und einem Rand eines überdrückten Bereichs der Lastübertragungsfläche vorgesehen ist, wodurch der Stahlstab im Vergleich zu einer Anordnung außerhalb des überdrückten Bereichs eine größere Dauerhaftigkeit aufweist.

Bevorzugt weist der Stahlstab einen Durchmesser zwischen 10 mm und 100 mm, besonders bevorzugt zwischen 20 mm und 50 mm, auf, wodurch ein guter Kompromiss zwischen der Eignung für die Kraftübertragung und Gewicht bzw. Kosten erzielt wird.

Wie bereits ausgeführt kann im genannten Abstand beispielsweise jener Beton angeordnet sein, aus dem der Großteil des Tübbings gefertigt ist. Alternativ kann jedoch auch vorgesehen werden, dass angrenzend an den genannten Abstand eine Aufweitung des Stahlstabs vorgesehen ist, was eine noch bessere Kraftübertragung mit sich bringt.

In der genannten Ausführungsform kann die Aufweitung beispielsweise ein aufgeschraubtes Endstück, eine angeschweißte Stahlplatte oder eine Verdickung des Stahlstabs sein. Die Aufweitung kann aus demselben Material gefertigt werden wie der Stahlstab.

Vorteilhaft ist, wenn der Stahlstab eine Länge hat, die einer abgewickelten Länge des Tübbings abzüglich des zweifachen Abstands entspricht. Der Stahlstab kann somit durch die gesamte Länge des Tübbings verlaufen und eine Kraftübertragung an beiden Enden des Tübbings bewirken. Alternativ könnten kürzere Stahlstäbe jeweils gesondert in der erfindungsgemäßen Anordnung an beiden Enden des Tübbings vorgesehen werden.

Wenn die Länge des Stahlstabs einer abgewickelten Länge des Tübbings abzüglich des zweifachen Abstands entspricht, ist besonders bevorzugt, wenn die Aufweitung des Stahlstabs angrenzend an einen der Abstände vorgesehen ist. Derartige Tübbinge können in einem Tübbingring so verbaut werden, dass ein Ende des Stahlstabs ohne Aufweitung jeweils zu einem Ende eines Stahlstabs mit Aufweitung ausgerichtet wird. Für derartige Konstruktionen müssen somit nicht zwei verschiedene Arten von Tübbingen herangezogen werden.

Weiters bevorzugt sind im Tübbing zumindest zwei der genannten Stahlstäbe eingebaut, wobei die beiden Stahlstäbe auf einer gemeinsamen Platte angeordnet sind, die eine höhere Druckfestigkeit als der Beton des Tübbings aufweist. Die Kraftübertragung von zwei oder mehreren Stahlstäben kann somit flächig bewirkt werden, was zwar die Konstruktion des Tübbings erschwert, aber die Kraftübertragung weiter verbessert.

In der genannten Ausführungsform ist die Platte bevorzugt aus Stahl gefertigt und beide Stahlstäbe sind an die Platte angeschweißt, womit die Stahlplatte besonders dauerhaft ausgebildet und mit den Stahlstäben verbunden sein kann.

Vorteilhaft ist, wenn die Stirnfläche des Stahlstabs einen Winkel mit der Schwerachse des Stahlstabs einschließt, der zwischen  $60^\circ$  und  $90^\circ$ , bevorzugt zwischen  $75^\circ$  und  $90^\circ$ , liegt. Somit kann der Stahlstab erfindungsgemäß eine bezüglich der Schwerachse schräge Stirnfläche aufweisen, um den zwischen der Lastübertragungsfläche und der Stirnfläche eingeschlossenen Raum individuell anzupassen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform befindet sich im genannten Abstand ein erhärteter Mörtel, der eine höhere Druckfestigkeit als der Beton des Tübbings aufweist, wobei sich der Mörtel besonders bevorzugt in einer Ausnehmung befindet, die durch ein nach dem Erhärten des Betons entferntes Füllmaterial gebildet wurde. Dadurch kann der Abstand derart ausgefüllt werden, dass die Lastübertragungsfläche beständiger ausgebildet wird.

Bevorzugt weist der Tübbing während der Herstellung eine Schalung auf, die in einem Abstand von 0,1 mm und 50 mm, bevorzugt 0,1 mm und 10 mm, zu der Stirnfläche des Stahlstabs liegt.

Weiters bevorzugt ist der Stahlstab ein gerippter Bewehrungsstab, der in Ringrichtung auf der Innenseite und/oder der Außenseite des Tübbings angeordnet ist und mit zwei Biegungen

im Bereich der Längsfuge hergestellt ist, sodass zwei unterschiedliche Abschnitte des Stahlstabs parallel zu einer Umfangsrichtung des Tübbings verlaufen. Mit dieser Konstruktion des Tübbings kann ein ohnehin für den Tübbing vorgesehener Bewehrungsstab adaptiert werden, um diesen als erfindungsgemäßen Stahlstab auszubilden. Dies hat den Vorteil, dass keine zusätzlichen Stahlstäbe in den Tübbing eingebracht werden, sodass Gewicht und Kosten gespart werden können.

Die erfindungsgemäßen Vorteile des einzelnen Tübbings treten insbesondere dann auf, wenn mehrere dieser Tübbinge zu einem Tübbingring zusammengesetzt werden. Ein besonders bevorzugter Tübbingring kann dadurch erzielt werden, indem dieser zumindest einen ersten Tübbing und einen zweiten Tübbing gemäß der oben aufgeführten Ausführungsformen umfasst, wobei sich die Lastübertragungsflächen der Tübbinge zumindest teilweise gegenüberliegen, sodass zwischen diesen eine Längsfuge ausgebildet ist, wobei sich die Tangente an die Schwerachse in der Stirnfläche des Stahlstabs des ersten Tübbings mit der Lastübertragungsfläche in einem ersten Schnittpunkt schneidet und wobei sich die Tangente an die Schwerachse in der Stirnfläche des Stahlstabs des zweiten Tübbings mit der Lastübertragungsfläche in einem zweiten Schnittpunkt schneidet, wobei der erste und der zweite Schnittpunkt in einem Abstand zueinander liegen, der kleiner als 50 mm, bevorzugt kleiner als 10 mm, ist. Bei diesem Tübbingring werden somit zwei erfindungsgemäße Tübbinge mit Stahlstäben derart angeordnet, dass eine Kraftübertragung vom Stahlstab eines Tübbings auf den Stahlstab des anderen Tübbings bewirkt wird.

Bei dem genannten Tübbingring ist vorteilhaft, wenn der Stahlstab des ersten Tübbings einen anderen Durchmesser aufweist als der Stahlstab des zweiten Tübbings. Die Tübbinge können hierbei an ihren Enden unterschiedlich dicke Stahlstäbe aufweisen, sodass der Tübbingring beispielsweise aus identischen Tübbingern hergestellt werden kann.

Weiters bevorzugt sind der erste und der zweite Tübbing derart zueinander angeordnet, dass die Montageungenauigkeiten in einer zwischen ihnen gebildeten Längsfuge kleiner sind als 20 mm, bevorzugt kleiner als 10 mm, was in der Praxis eine ausreichende Genauigkeit für den erfindungsgemäßen Tübbingring liefert.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen jeweils in schematischen Darstellungen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Tunnelröhre mit sechs Tübbingern;

- Fig. 2 das Detail A der Fig. 1;
- Fig. 3 einen Schnitt längs der Linie III-III der Fig. 2;
- Fig. 4 ein der Fig. 2 entsprechendes Detail mit Tübbing, die einen gegenseitigen Versatz in der Richtung der Dicke aufweisen;
- Fig. 5 einen der Fig. 3 entsprechenden Schnitt mit Tübbing, die einen gegenseitigen Versatz in der Richtung der Breite aufweisen;
- Fig. 6 einen Schnitt längs der Linie VI-VI der Fig. 4 und der Fig. 5;
- Fig. 7 einen der Fig. 2 entsprechenden Schnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellte Längsfuge gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 8 den Schnitt VIII-VIII der Fig. 7;
- Fig. 9 einen abgewickelten Tübbingring mit Längsfugen, die mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellt wurden, gemäß einer dritten Ausführungsform;
- Fig. 10 das Detail B der Fig. 9;
- Fig. 11 ein der Fig. 9 entsprechendes Detail einer mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellten Längsfuge gemäß einer vierten Ausführungsform;
- Fig. 12 den Schnitt XII-XII der Fig. 11;
- Fig. 13 einen der Fig. 12 entsprechenden Schnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellte Längsfuge gemäß einer fünften Ausführungsform;
- Fig. 14 einen der Fig. 2 entsprechenden Schnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellte Längsfuge gemäß einer sechsten Ausführungsform;
- Fig. 15 einen der Fig. 2 entsprechenden Schnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellte Längsfuge gemäß einer siebten Ausführungsform;
- Fig. 16 einen der Fig. 14 entsprechenden Schnitt durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing hergestellte Längsfuge gemäß einer achten Ausführungsform;
- Fig. 17 eine Ansicht eines in einer Schalung eingebauten ersten Stahlstabs oder eines zweiten Stahlstabs für eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing herzustellende Längsfuge gemäß einer neunten Ausführungsform;
- Fig. 18 eine der Fig. 17 entsprechende Ansicht nach dem Einbau eines Füllmaterials;
- Fig. 19 eine der Fig. 18 entsprechende Ansicht nach dem Entfernen des Füllmaterials;
- Fig. 20 eine der Fig. 19 entsprechende Ansicht nach dem Verfüllen des Hohlraums mit Mörtel und
- Fig. 21 eine der Fig. 20 entsprechende Ansicht nach dem Verfüllen des Hohlraums mit Mörtel durch eine mit dem erfindungsgemäßen Tübbing herzustellende Längsfuge gemäß einer zehnten Ausführungsform.

In den Fig. 1 bis Fig. 21 sind die bei der Herstellung von Tunnelröhren 11 im Schildvortrieb mit Tübbing 12 üblicherweise erforderlichen Dichtungen, Befestigungsmittel,

Zentriermittel und Injektionsleitungen sowie die in den Tübbing 12 eingelegte Bewehrung der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Die Bewehrung in einem Tübbing 12 kann aus Betonstahl, Stahlfasern, Kunststofffasern und aus einer Edelstahlbewehrung bestehen.

Im Folgenden wird zunächst auf die Fig. 1 bis Fig. 6 Bezug genommen, in denen die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit einem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer ersten Ausführungsform beschrieben ist.

Die Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch eine Tunnelröhre 11, die aus sechs Tübbing 12 besteht. Die Tübbinge 12 weisen eine Dicke  $d_1$  auf. Zwischen den Tübbing 12 sind Längsfugen 13 angeordnet. Die sechs Tübbinge 12 bilden einen Tübbingring 17. Der Tübbingring 17 wird vorwiegend durch Drucknormalkräfte belastet. Durch Montageungenauigkeiten bei der Herstellung des Tübbingrings 17 und durch die Belastung infolge von Eigengewicht werden Biegemomente im Tübbingring 17 verursacht.

Die Fig. 2 zeigt, dass in der Längsfuge 13 zwischen einem ersten Tübbing 1 und einem zweiten Tübbing 2, die nachfolgend auch als Tübbinge 12 bezeichnet werden, die Dicke  $d_1$  der Tübbinge 12 auf die Dicke  $d_0$  in der Lastübertragungsfläche 14 reduziert wird. Bei der Herstellung eines Tübbings 12 werden die äußeren Bereiche der Stirnseiten bei den Längsfugen 13 um beispielsweise 3 bis 5 mm gegenüber der Lastübertragungsfläche 14 verschoben. Dadurch entstehen in der Längsfuge 13 Aussparungen 28 mit einer Höhe von beispielsweise 6 bis 10 mm.

Die Fig. 3 zeigt, dass die Breite  $b_1$  der Tübbinge 12 im Bereich der Längsfuge 13 auf die Breite  $b_0$  reduziert wird. Die Lastübertragungsfläche 14 ergibt sich aus dem Produkt der Breite  $b_0$  und der Dicke  $d_0$ . Die Lastübertragungsfläche 14 ist kleiner als die Querschnittsfläche eines Tübbings, die sich aus dem Produkt der Breite  $b_1$  und der Dicke  $d_1$  ergibt.

Um die in der Lastübertragungsfläche 14 aufnehmbare Drucknormalkraft zu vergrößern, werden im ersten Tübbing 1 erste Stahlstäbe 3 und im zweiten Tübbing 2 zweite Stahlstäbe 4 eingebaut. Die Tangente 9 an die Schwerachse 7 in der Stirnfläche 5 eines ersten Stahlstabs 3 und die Tangente 10 an die Schwerachse 8 in der Stirnfläche 6 eines zweiten Stahlstabs 4 weisen dieselben Schnittpunkte 19 mit der Lastübertragungsfläche 14 auf, weil bei diesem Beispiel die ersten Stahlstäbe 3 und die zweiten Stahlstäbe 4 genau gegenüberliegend eingebaut werden und während der Montage der Tübbinge 1 und 2 kein Versatz in der

Längsfuge 13 auftritt. Die Stahlstäbe 3 und 4 weisen eine gekrümmte Form auf und bestehen aus gerippten Bewehrungsstäben 20.

Die Stirnfläche 5 des ersten Stahlstabs 3 und die Stirnfläche 6 des zweiten Stahlstabs 4 weisen von der Lastübertragungsfläche 14 jeweils den Abstand  $a$  auf. Zwischen den Stirnflächen 5, 6 befindet sich deshalb eine Betonschicht mit der Höhe  $2a$ . Eigene Versuche haben gezeigt, dass es möglich ist, die Kraft eines ersten Stahlstabs 3, die sich aus der Fläche des ersten Stahlstabs 3 und der Fließspannung des Stahls ergibt, über die Betonschicht in den zweiten Stahlstab 4 zu übertragen. In der dünnen Betonschicht entstehen durch diese Kraftdurchleitung dreiaxiale Druckspannungen, die viel höher sind als die maximal aufnehmbare einaxiale Druckspannung des Betons.

Die Fig. 4 zeigt ein der Fig. 2 entsprechendes Detail mit einem ersten Tübbing 1 und einem zweiten Tübbing 2, die infolge von Montageungenauigkeiten einen gegenseitigen Versatz  $v$  in Richtung der Dicke aufweisen. Die Fig. 5 zeigt einen der Fig. 3 entsprechenden Schnitt mit einem ersten Tübbing 1 und einem zweiten Tübbing 2, die infolge von Montageungenauigkeiten einen gegenseitigen Versatz  $w$  aufweisen.

Die Fig. 6 zeigt, dass infolge dieser Montageungenauigkeiten die Schnittpunkte 19 der Tangenten 9 an die Schwerachsen 7 in den Stirnflächen 5 der ersten Stahlstäbe 3 mit der Lastübertragungsfläche 14 und die Schnittpunkte 19 der Tangenten 10 an die Schwerachsen 7 in den Stirnflächen 6 der zweiten Stahlstäbe 4 mit der Lastübertragungsfläche 14 einen Abstand  $b$  aufweisen.

Die in der Betonschicht übertragbare Kraft ist von der Höhe  $2a$  der Betonschicht und von der Querschnittsfläche der Stahlstäbe abhängig. Wenn das Verhältnis von der Höhe  $2a$  der Betonschicht und dem Durchmesser der Stahlstäbe 3, 4 größer ist als 0,15, kann nicht mehr die volle Tragkraft eines ersten Stahlstabs 3 in einen zweiten Stahlstab 4 übertragen werden. Auch die in der Fig. 4 bis Fig. 6 dargestellte Anordnung der Stahlstäbe 3, 4 mit einem gegenseitigen Abstand  $b$  reduziert die über die Betonschicht übertragbare Kraft.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer zweiten Ausführungsform ist in Fig. 7 und Fig. 8 erläutert.

Die Fig. 7 zeigt, dass ein erster Stahlstab 3 und ein zweiter Stahlstab 4 so eingebaut werden, dass sich die Stirnfläche 5 und die Stirnfläche 6 berühren. Die Schnittpunkte 19 der Tangenten 9 und 10 mit der Lastübertragungsfläche 14 sind an derselben Stelle.

Die in Fig. 7 und Fig. 8 dargestellte Längsfuge wird durch eine Drucknormalkraft und ein Biegemoment beansprucht. Deswegen ist der überdrückte Bereich 15, der in Fig. 8 schraffiert dargestellt ist, kleiner als die Lastübertragungsfläche 14, die sich bei einer zentrischen Belastung der Längsfuge 13 mit einer Drucknormalkraft einstellen würde.

Für die Dauerhaftigkeit der Stahlstäbe 3 und 4 ist es besonders vorteilhaft, dass eine Betonüberdeckung  $c$  zwischen dem Rand 16 des überdrückten Bereichs 15 und der Oberfläche der Stahlstäbe 3 und 4 vorhanden ist.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer dritten Ausführungsform ist in Fig. 9 und Fig. 10 erläutert.

Die Fig. 9 zeigt die Abwicklung eines Tübbingrings 17, der aus sechs Tübbing 12 besteht. Die Tübbinge 12 weisen in dieser Ansicht eine rautenförmige oder trapezförmige Form auf. Die Längsfugen 13 sind deshalb nicht parallel zur Längsachse der Tunnelröhre 11.

Die Fig. 10 zeigt, dass wegen der in Fig. 9 dargestellten Anordnung der Längsfugen 13 ein Winkel  $\alpha$  zwischen den Schwerachsen 7 und 8 der Stahlstäbe 3 und 4 und der Normalen 18 auf die Lastübertragungsfläche 14 auftritt, weil die Stahlstäbe 3 und 4 parallel zu den in den Ringfugen angeordneten Seitenflächen der Tübbinge 12 eingebaut werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Stahlstäbe 3 und 4 unter einem Winkel  $\alpha$  zu den Schwerachsen 7 und 8 abgesägt. Die Stirnflächen 5 der ersten Stahlstäbe 4 schließen demnach einen Winkel  $\alpha$  mit den Schwerachsen 7 ein. Die Stirnflächen 6 der zweiten Stahlstäbe 4 schließen einen Winkel  $\alpha$  mit den Schwerachsen 8 ein. Dadurch wird ein Kontaktstoß zwischen den ersten Stahlstäben 3 und den zweiten Stahlstäben 4 in der Längsfuge 13 hergestellt. Ein Kontaktstoß gewährleistet eine besonders effektive Übertragung der Druckkräfte zwischen den ersten Stahlstäben 3 und den zweiten Stahlstäben 4.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer vierten Ausführungsform ist in Fig. 11 und Fig. 12 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Stahlstäbe 3 und 4 so eingebaut, dass die Tangenten 9 und 10 parallel zur Normalen 18 auf die Lastübertragungsfläche 14 sind. Die Fig. 11 und die Fig. 12 zeigen, dass neben den Stirnflächen 5 und 6 der Stahlstäbe 3 und 4

Aufweitungen 21 hergestellt worden sind. Die Aufweitungen 21 können beispielsweise aus Endstücken 26 aus Stahl bestehen, die auf die mit einem Gewinde versehenen Enden der Stahlstäbe 3 und 4 aufgeschraubt werden. Es wäre auch möglich Stahlplatten an die Enden der Stahlstäbe 3 und 4 anzuschweißen, um eine Aufweitung 21 herzustellen. Es wäre auch möglich durch thermische und/oder mechanische Prozesse eine Verdickung in und neben den Stirnflächen 5 und 6 der Stahlstäbe 3 und 4 anzubringen, um eine Aufweitung herzustellen.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer fünften Ausführungsform ist in Fig. 13 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird mindestens ein erster Stahlstab 3 mit einer Aufweitung 21 hergestellt und so in einem ersten Tübbing 1 eingebaut, dass der gegenüberliegende mindestens eine zweite Stahlstab 4 einen konstanten Durchmesser aufweist.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer sechsten Ausführungsform ist in Fig. 14 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die ersten Stahlstäbe 3 und die zweiten Stahlstäbe 4 so eingebaut, dass die Stahlstäbe 3 und 4 einen Abstand zu den Mittelebenen der Tübbinge 1 und 2 aufweisen. Der Durchmesser der ersten Stahlstäbe 3 ist größer als der Durchmesser der zweiten Stahlstäbe 4.

Die ersten Stahlstäbe 3 werden so eingebaut, dass die Stirnflächen 5 direkt in der Ebene der Lastübertragungsfläche 14 liegen. Die zweiten Stahlstäbe 4 werden so eingebaut, dass sie einen Abstand  $a$  zwischen den Stirnflächen 6 und der Lastübertragungsfläche 14 aufweisen. Die Länge der zweiten Stahlstäbe 4 entspricht der abgewickelten Länge des Tübbings 2 abzüglich des zweifachen Abstandes  $a$ . Das planmäßige Einhalten des Abstandes  $a$  zwischen der Lastübertragungsfläche 14 und den Stirnflächen 6 dient zum Ausgleich von Herstellungstoleranzen.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer siebten Ausführungsform ist in Fig. 15 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden mindestens zwei erste Stahlstäbe 3 auf einer Platte 27 befestigt. Die Platte 27 besteht bei diesem Ausführungsbeispiel aus Stahl und die

Befestigung der Stahlstäbe 3 erfolgt durch einen Schweißvorgang. Die Platte 27 könnte auch aus einem anderen metallischen Baustoff, ultrahochfestem Beton, einem keramischen Baustoff oder aus einem Kunststoff hergestellt werden. Bei diesem Beispiel ist vorteilhaft, dass die Stirnflächen 6 der durch einen Versatz  $v$  verschobenen zweiten Stahlstäbe 4 nur um das Maß  $a$  von der Oberfläche der im ersten Tübbing 1 eingebetteten Platte 27 aus Stahl entfernt sind. Wie eigene Untersuchungen gezeigt haben, ist die Übertragung der Druckkräfte durch die zwischen den Stirnflächen 5 und 6 von ersten Stahlstäben 3 und zweiten Stahlstäben 4 angeordnete Betonschicht effektiver, wenn der Abstand  $a$  klein ist. Weil bei diesem Beispiel die Stirnflächen 6 der zweiten Stahlstäbe 4 auch bei einem Versatz  $v$  nur um das Maß  $a$  von der Stahlplatte entfernt sind, stellt dieses Beispiel eine besonders vorteilhafte Ausführungsform dar.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weisen die zweiten Stahlstäbe 4 eine Länge auf, die der abgewickelten Länge des zweiten Tübbings 2 abzüglich des zweifachen Abstandes  $a$  entspricht. Wenn der Tübbingring beispielsweise aus sechs Tübbingen 12 besteht, werden drei erste Tübbinge mit Platten 27 aus Stahl in den Längsfugen 13 ausgeführt und drei zweite Tübbinge 2 mit zweiten Stahlstäben 4, die eine Länge aufweisen, die der abgewickelten Länge der zweiten Tübbinge 2 abzüglich des zweifachen Abstandes  $a$  entspricht.

Bei der Dimensionierung der Länge und der Breite einer Platte 27 ist, falls die Platte aus einem korrosionsgefährdeten Baustoff wie zum Beispiel Stahl hergestellt wird, darauf zu achten, dass die Platte 27 im überdrückten Bereich 15 der Lastübertragungsfläche 14 angeordnet werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind mindestens zwei, in Dickenrichtung des Tübbings 1 angeordnete, erste Stahlstäbe 3 auf einer gemeinsamen Platte 27 befestigt. Es wäre auch möglich mindestens zwei in Richtung der Breite des Tübbings 1 angeordnete Stahlstäbe 3 auf einer gemeinsamen Platte 27 anzuordnen.

Die Befestigung von mindestens zwei ersten Stahlstäben 3 auf einer Platte 27 und die Befestigung von mindestens zwei zweiten Stahlstäben 4 auf einer weiteren Platte 27 wäre möglich, würde aber einen erhöhten Aufwand in der Tübbingproduktion bedeuten und nur eine unwesentliche Vergrößerung der Tragfähigkeit der Tübbinglängsfuge bewirken, weil die grundlegende Idee der vorliegenden Erfindung ist, dass die Druckkraft aus einem ersten Stahlstab 3 entweder direkt oder durch eine dünne Betonschicht in einen zweiten Stahlstab 4 übertragen werden kann. Eine notwendige Voraussetzung für diesen Tragmechanismus ist,

dass die Dicke  $a$  bzw.  $2a$  der Betonschicht zwischen den Stirnflächen 5 und 6 der Stahlstäbe 3 und 4 klein oder gleich Null ist.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 14 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer achten Ausführungsform ist in Fig. 16 erläutert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die in Ringrichtung auf der Innenseite und der Außenseite verlegten gerippten Bewehrungsstäbe 20, die einen Teil der Bewehrung des Tübbings bilden, in der Nähe der Längsfuge mit jeweils zwei Biegungen 29 mit einem Radius  $r$  ausgestattet, so dass sich die gerippten Bewehrungsstäbe 20 von der Innenseite bzw. der Außenseite des Tübbings entfernen, wodurch zwei unterschiedliche Abschnitte des Stahlstabs 3 parallel zu einer Umfangsrichtung des Tübbings 1 verlaufen. Die Stirnflächen der Stahlstäbe 3 und 4 werden in der Lastübertragungsfläche 14 der Längsfuge 13 angeordnet. Bei dieser Ausführungsform wird die ohnehin vorhandene Längsbewehrung des Tübbings, die bei der üblichen Ausführungsform in der Nähe der Längsfuge 13 für die Tragfähigkeit der Tübbinge 12 keine Rolle spielt, dazu verwendet, um die Tragfähigkeit der Längsfuge 13 zu vergrößern. Ein Abplatzen der Ecken der Tübbinge 12 kann durch die Anordnung von bügelförmigen Bewehrungsstäben mit kleinen Durchmessern verhindert werden. Diese bügelförmigen Bewehrungsstäbe sind der Übersichtlichkeit halber in der Fig. 16 nicht dargestellt.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer neunten Ausführungsform ist in Fig. 17 bis Fig. 20 erläutert.

Die Fig. 17 zeigt, dass in einer Schalung 22 für einen Tübbing 12 ein erster Stahlstab 3 oder ein zweiter Stahlstab 4 so eingebaut wird, dass er einen Abstand  $a$  zur Lastübertragungsfläche 14 aufweist.

Die Fig. 18 zeigt, dass vor oder nach dem Einbau des Stahlstabes 3 oder 4 zwischen den Stirnflächen 5 oder 6 und der Schalung 22 ein Füllmaterial 23 eingebaut wird. Das Füllmaterial 23 kann beispielsweise aus extrudiertem Polystyrol, einem Elastomer oder aus Holz bestehen.

Die Fig. 19 zeigt, dass nach dem Erhärten des Betons des Tübbings 12 die Schalung 22 und das Füllmaterial 23 entfernt werden, so dass ein Hohlraum 24 entsteht.

Die Fig. 20 zeigt, dass anschließend ein Mörtel 25 in den Hohlraum 24 eingebracht wird. Der Mörtel 25 kann beispielsweise aus einem spachtelfähigen Mörtel bestehen, der im erhärteten Zustand eine Festigkeit von  $50 \text{ N/mm}^2$  bis  $200 \text{ N/mm}^2$  und vorzugsweise von  $60 \text{ N/mm}^2$  bis  $120 \text{ N/mm}^2$  aufweist.

Die Herstellung einer beispielhaften Längsfuge 13 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gemäß einer zehnten Ausführungsform ist in Fig. 21 erläutert.

Die Fig. 21 zeigt, dass ein Stahlstab 3 oder 4 so eingebaut wird, dass die Tangente 9 oder 10 einen Winkel  $\alpha$  zur Normalen 18 auf die Lastübertragungsfläche 14 aufweist und dass die Stirnfläche 5 oder 6 die Lastübertragungsfläche berührt. Die Dicke der Schicht aus Mörtel 25, die den Hohlraum 24 verfüllt, ist deshalb nicht konstant.

Die Länge eines Stahlstabes 3 oder 4 kann vorteilhaft so gewählt werden, dass die Tragkraft des Stahlstabes 3 oder 4 über Verbundspannungen entlang der Länge des Stahlstabes 3 oder 4 in den Beton des Tübbings 12 eingeleitet werden kann.

Die Fließgrenze eines Stahlstabes kann vorteilhaft zwischen  $200 \text{ N/mm}^2$  und  $1200 \text{ N/mm}^2$  und vorzugsweise zwischen  $500 \text{ N/mm}^2$  und  $700 \text{ N/mm}^2$  liegen.

In den Ausführungsbeispielen wurde die Übertragung von einer Drucknormalkraft über eine Längsfuge 13 zwischen zwei Tübbingen 12 mit dem erfindungsgemäßen Tübbing gezeigt. Die Übertragung von Drucknormalkräften über die Ringfuge zwischen zwei Tübbingen 12 ist mit dem erfindungsgemäßen Tübbing 12 auch möglich.

Liste der Bezugszeichen:

- 1 erster Tübbing
- 2 zweiter Tübbing
- 3 erster Stahlstab
- 4 zweiter Stahlstab
- 5 Stirnfläche des ersten Stahlstabs
- 6 Stirnfläche des zweiten Stahlstabs
- 7 Schwerachse des ersten Stahlstabs
- 8 Schwerachse des zweiten Stahlstabs
- 9 Tangente an die Schwerachse des ersten Stahlstabs
- 10 Tangente an die Schwerachse des zweiten Stahlstabs
- 11 Tunnelröhre
- 12 Tübbing
- 13 Längsfuge
- 14 Lastübertragungsfläche
- 15 überdrückter Bereich der Lastübertragungsfläche
- 16 Rand des überdrückten Bereichs
- 17 Tübbingring
- 18 Normale auf die Lastübertragungsfläche
- 19 Schnittpunkt
- 20 gerippter Bewehrungsstab
- 21 Aufweitung
- 22 Schalung
- 23 Füllmaterial
- 24 Hohlraum
- 25 Mörtel
- 26 Endstück
- 27 Platte
- 28 Aussparung
- 29 Biegung

### Ansprüche:

1. Tübbing (1) aus bewehrtem Beton, wobei der Tübbing (1) eine Lastübertragungsfläche (14) für eine Längsfuge (13) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Tübbing (1) mindestens ein Stahlstab (3) mit einer Stirnfläche (5) eingebaut ist, wobei der Stahlstab (3) derart im Tübbing (1) angeordnet ist, dass eine Tangente (9) an eine Schwerachse (7) des Stahlstabs (3) in der Stirnfläche (5) mit einer Normalen (18) auf die Lastübertragungsfläche (14) einen Winkel ( $\alpha$ ) zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  einschließt, und wobei die Stirnfläche (5) in einem Abstand (a) zur Lastübertragungsfläche (14) angeordnet ist, der zwischen 0 mm und 50 mm, bevorzugt zwischen 0 mm und 10 mm, liegt.
2. Tübbing (1) nach Anspruch 1, wobei der Stahlstab (3) ein gerippter Bewehrungsstab (20) ist.
3. Tübbing (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Stahlstab (3) eine Krümmung aufweist, die im Wesentlichen einer Krümmung des Tübbings (1) entspricht.
4. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Stahlstab (3) in einer Mittelebene des Tübbings (1) eingebaut ist.
5. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Stahlstab (3) derart im Tübbing (1) eingebaut ist, dass eine Betondeckung (c) zwischen einer Oberfläche des Stahlstabs (3) und einem Rand eines überdrückten Bereichs (16) der Lastübertragungsfläche (14) vorgesehen ist.
6. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Stahlstab (3) einen Durchmesser zwischen 10 mm und 100 mm, bevorzugt zwischen 20 mm und 50 mm, aufweist.
7. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei angrenzend an den genannten Abstand (a) eine Aufweitung (21) des Stahlstabs (3) vorgesehen ist.
8. Tübbing (1) nach Anspruch 7, wobei die Aufweitung (21) ein aufgeschraubtes Endstück (26), eine angeschweißte Stahlplatte oder eine Verdickung des Stahlstabs (3) ist.

9. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Stahlstab (3) eine Länge hat, die einer abgewickelten Länge des Tübbings (1) abzüglich des zweifachen Abstands (a) entspricht.
10. Tübbing (1) nach Anspruch 9 in Verbindung mit Anspruch 7 oder 8, wobei die Aufweitung (21) des Stahlstabs (3) nur angrenzend an einen der Abstände (a) vorgesehen ist.
11. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei im Tübbing (1) zumindest zwei der genannten Stahlstäbe (3) eingebaut sind, wobei angrenzend an den Abstand (a) eine gemeinsame Platte angeordnet ist, die eine höhere Druckfestigkeit als der Beton des Tübbings (1) aufweist.
12. Tübbing (1) nach Anspruch 11, wobei die Platte aus Stahl gefertigt ist und beide Stahlstäbe (3) an die Platte angeschweißt sind.
13. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Stirnfläche (5) des Stahlstabs (3) einen Winkel mit der Schwerachse (7) des Stahlstabs (3) einschließt, der zwischen  $60^\circ$  und  $90^\circ$ , bevorzugt zwischen  $75^\circ$  und  $90^\circ$ , liegt.
14. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Stahlstab (3) ein gerippter Bewehrungsstab (20) ist, der in Ringrichtung auf der Innenseite und/oder der Außenseite des Tübbings (12) angeordnet ist und mit zwei Biegungen (29) im Bereich der Längsfuge (13) hergestellt ist, sodass zwei unterschiedliche Abschnitte des Stahlstabs (3) parallel zu einer Umfangsrichtung des Tübbings (1) verlaufen.
15. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei sich im genannten Abstand (a) ein erhärteter Mörtel (25) befindet, der eine höhere Druckfestigkeit als der Beton des Tübbings (1) aufweist, wobei sich der Mörtel (25) besonders bevorzugt in einer Ausnehmung befindet, die durch ein nach dem Erhärten des Betons entferntes Füllmaterial (23) gebildet wurde.
16. Tübbing (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Tübbing (1) während der Herstellung eine Schalung (22) aufweist, die in einem Abstand von 0,1 mm und 50 mm, bevorzugt 0,1 mm und 10 mm, zu der Stirnfläche (5) des Stahlstabs (3) liegt.
17. Tübbingring (17) umfassend zumindest einen ersten Tübbing (1) und einen zweiten Tübbing (2), jeweils nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei sich die

Lastübertragungsflächen (14) der Tübbinge (1, 2) zumindest teilweise gegenüberliegen, sodass zwischen diesen eine Längsfuge (13) ausgebildet ist, wobei sich die Tangente (9) an die Schwerachse (7) in der Stirnfläche (5) des Stahlstabs (3) des ersten Tübbings (1) mit der Lastübertragungsfläche (14) in einem ersten Schnittpunkt (19) schneidet und wobei sich die Tangente (10) an die Schwerachse (8) in der Stirnfläche (6) des Stahlstabs (4) des zweiten Tübbings (2) mit der Lastübertragungsfläche (14) in einem zweiten Schnittpunkt (19) schneidet, wobei der erste und der zweite Schnittpunkt (19) in einem Abstand (b) zueinander liegen, der kleiner als 50 mm, bevorzugt kleiner als 10 mm, ist.

18. Tübbingring (17) nach Anspruch 17, wobei der Stahlstab (3) des ersten Tübbings (1) einen anderen Durchmesser aufweist als der Stahlstab (4) des zweiten Tübbings (2).

19. Tübbingring (17) nach Anspruch 17 oder 18, wobei der erste und der zweite Tübbing (1, 2) derart zueinander angeordnet sind, dass die Montageungenauigkeiten in einer zwischen ihnen gebildeten Längsfuge (13) kleiner sind als 20 mm, bevorzugt kleiner als 10 mm.

Fig.1

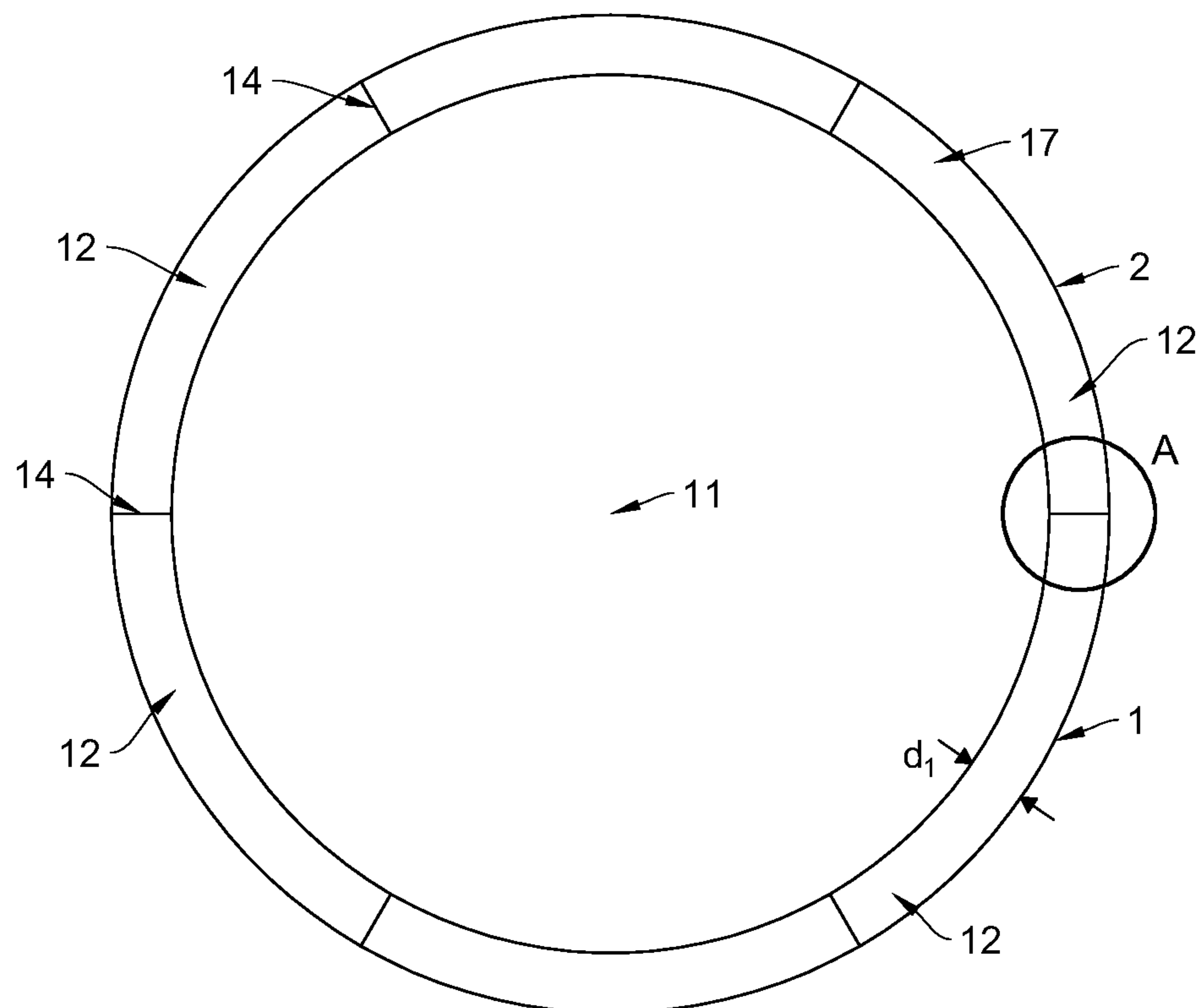


Fig. 2

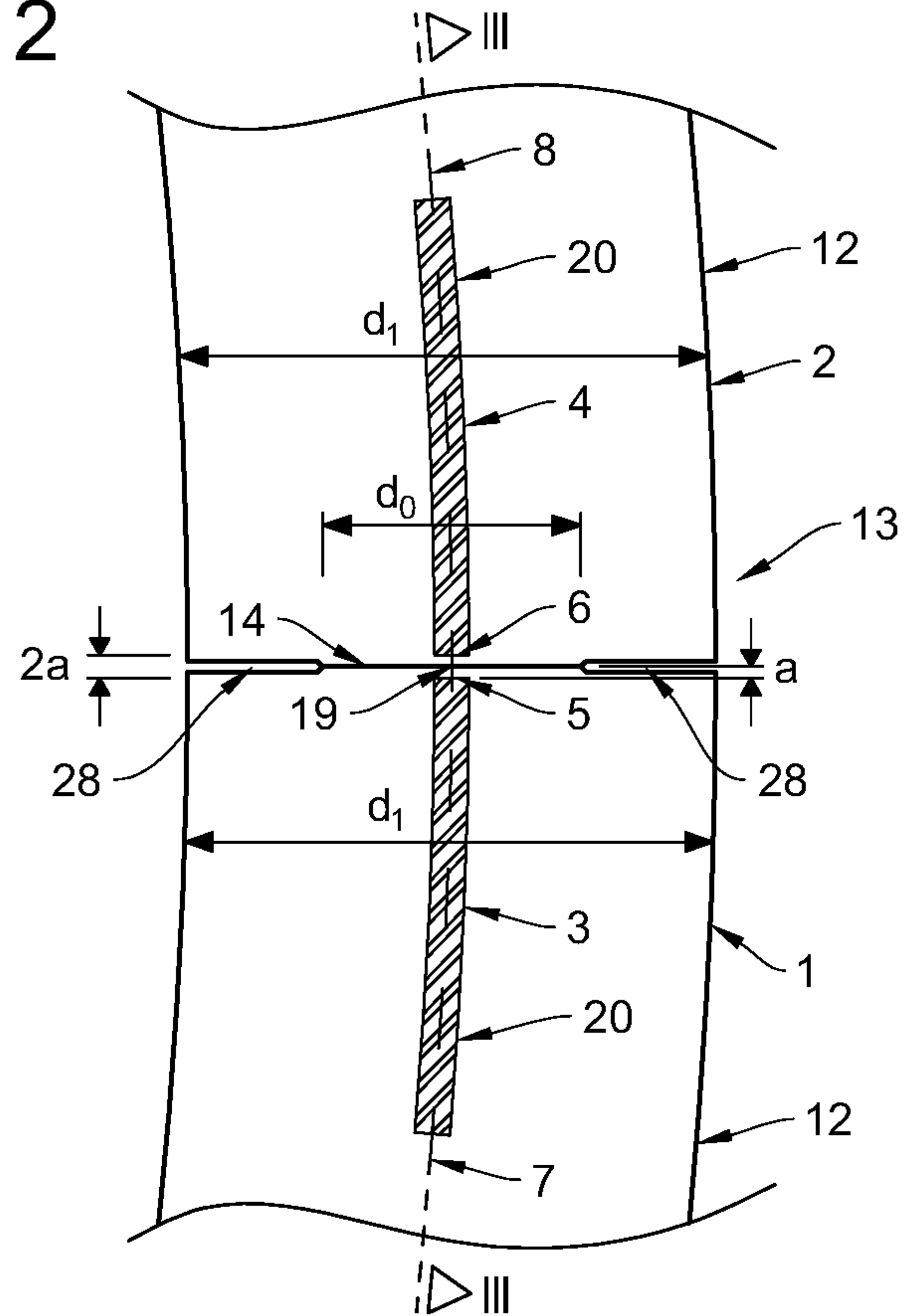


Fig. 3

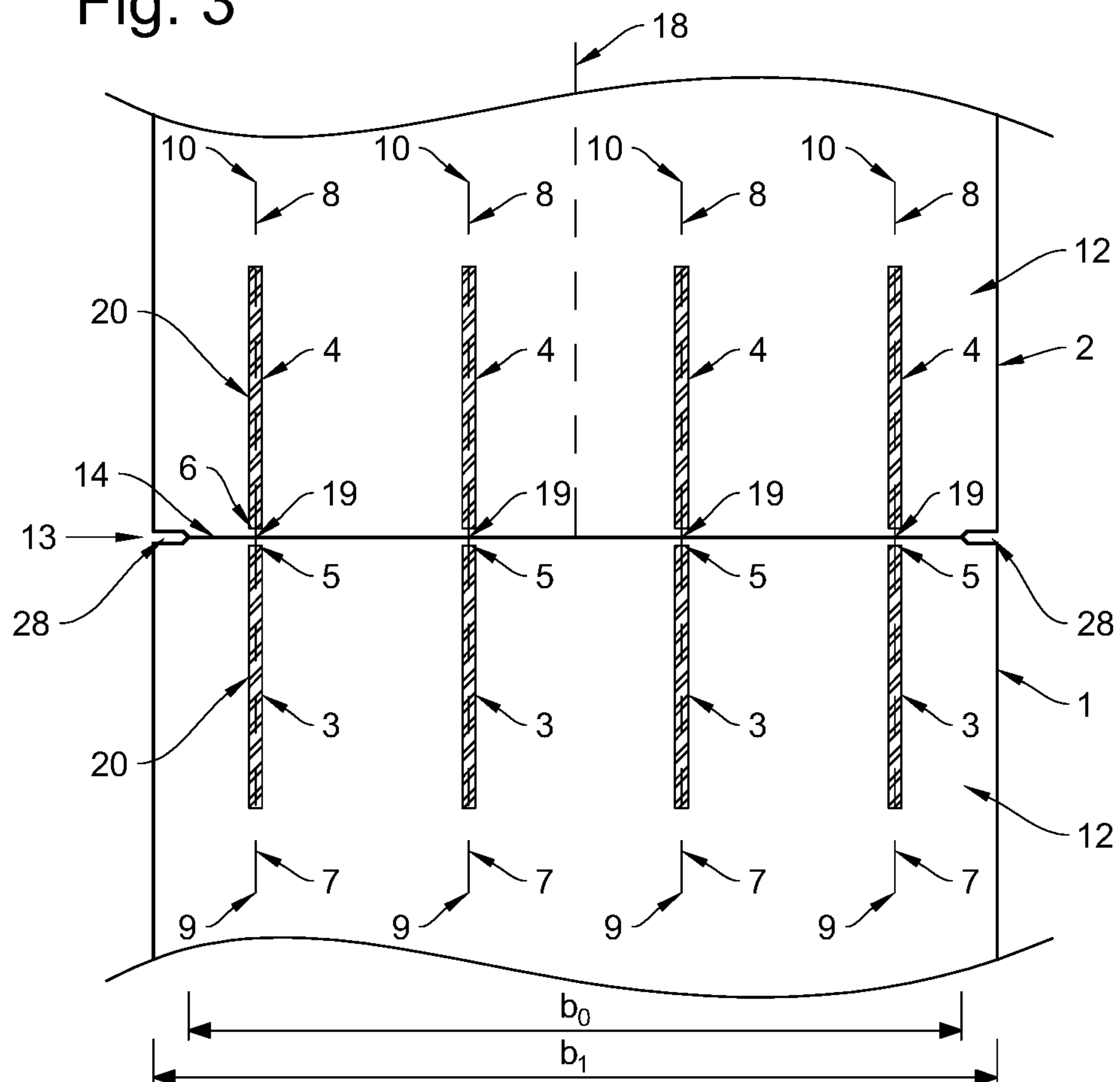


Fig. 4

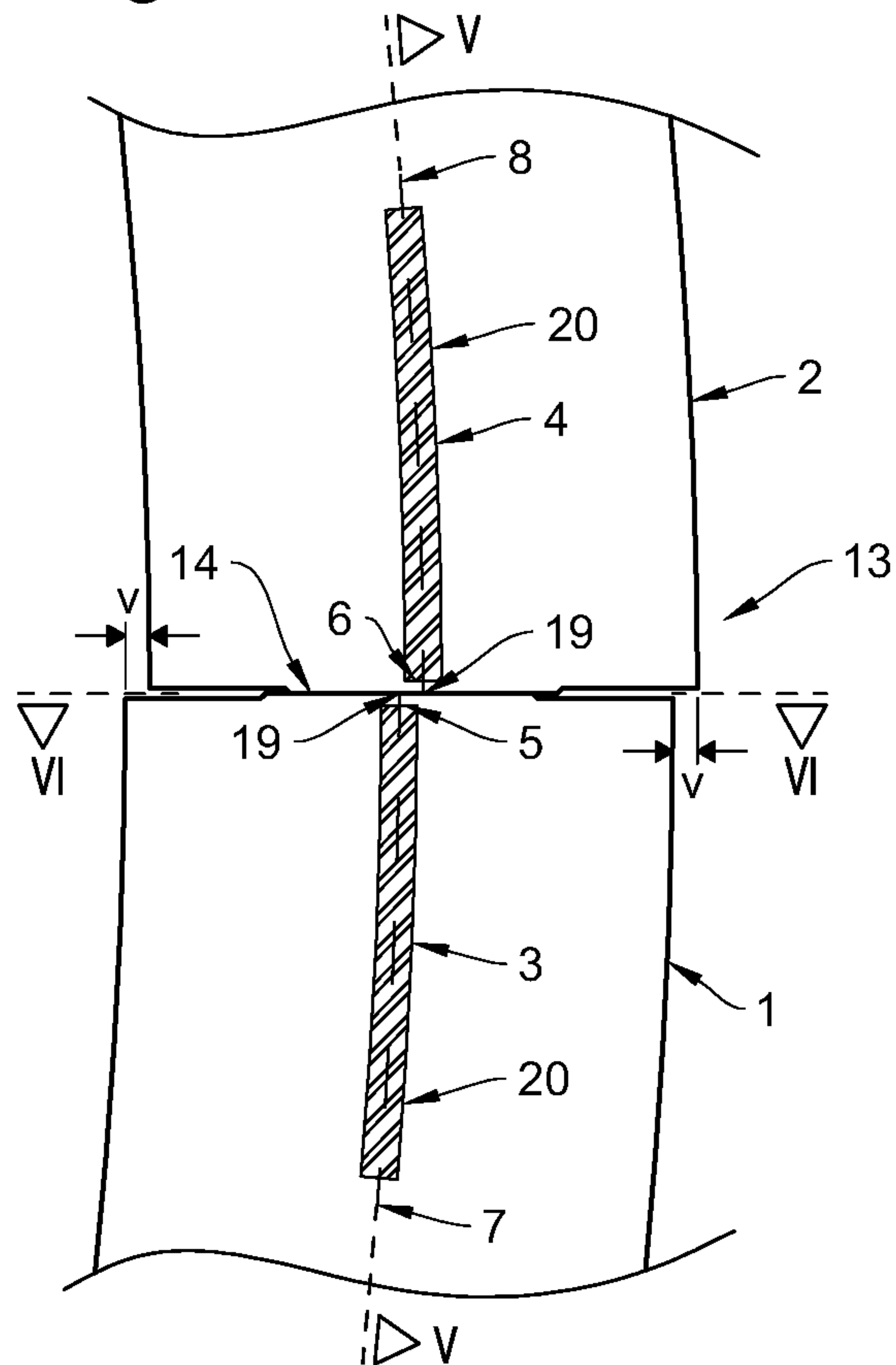


Fig. 5

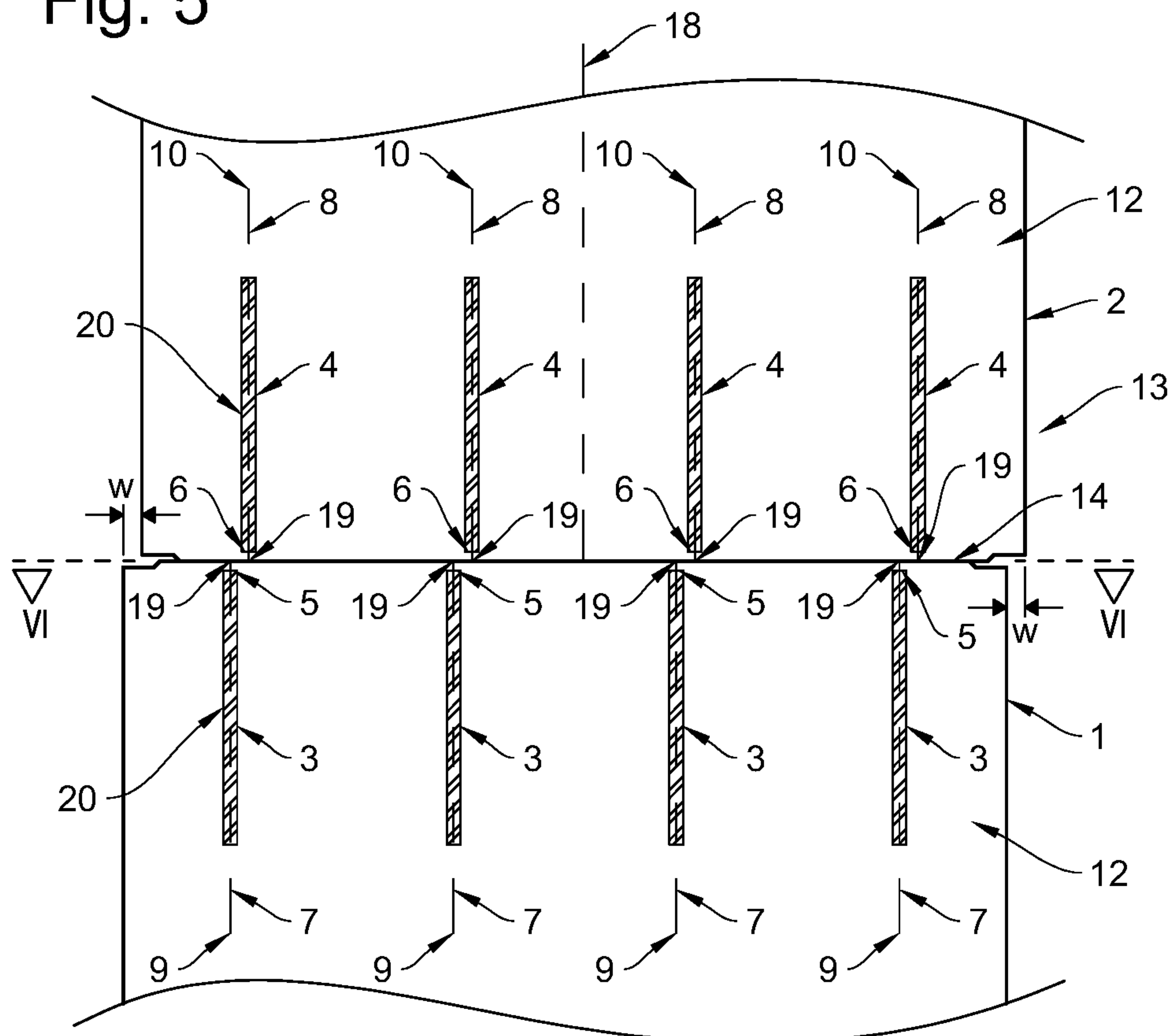


Fig. 6

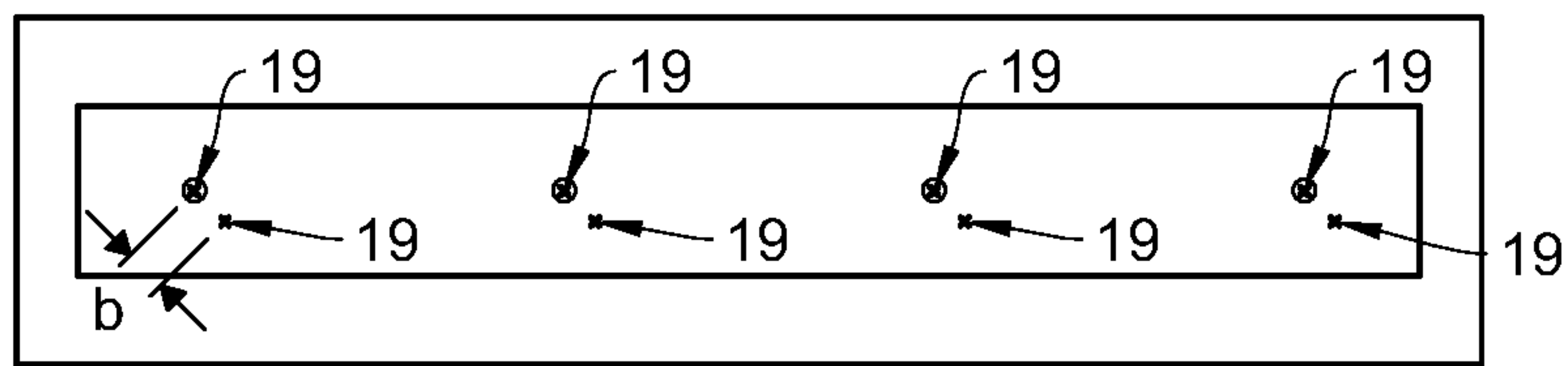


Fig. 7

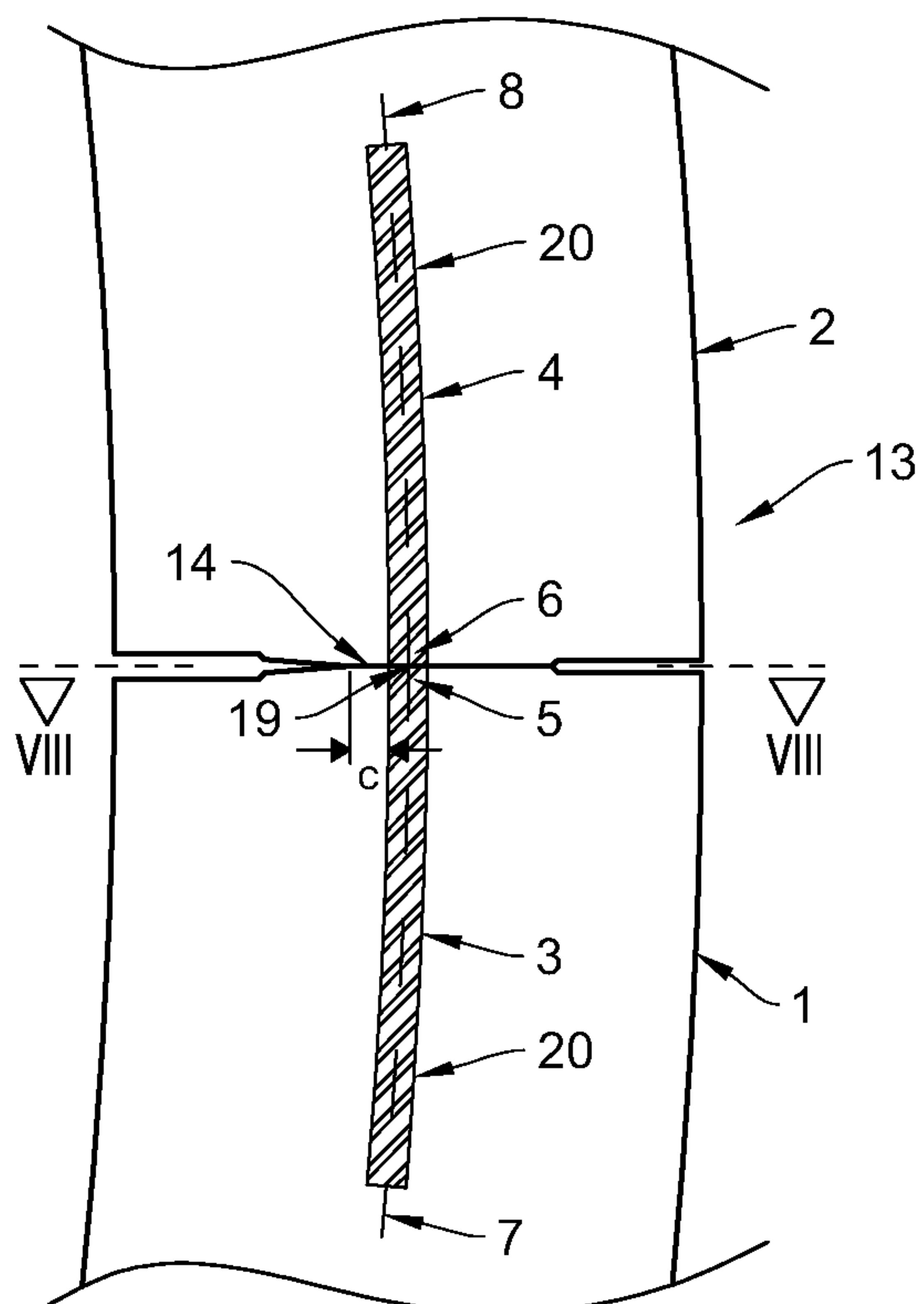


Fig. 8

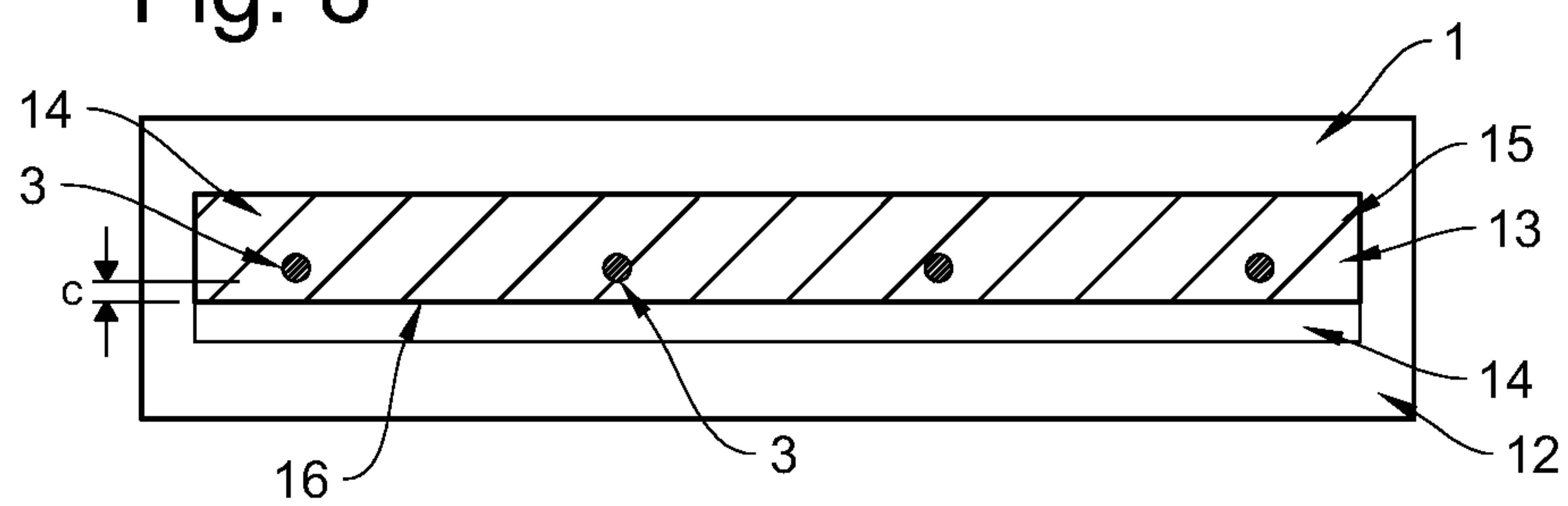


Fig. 9

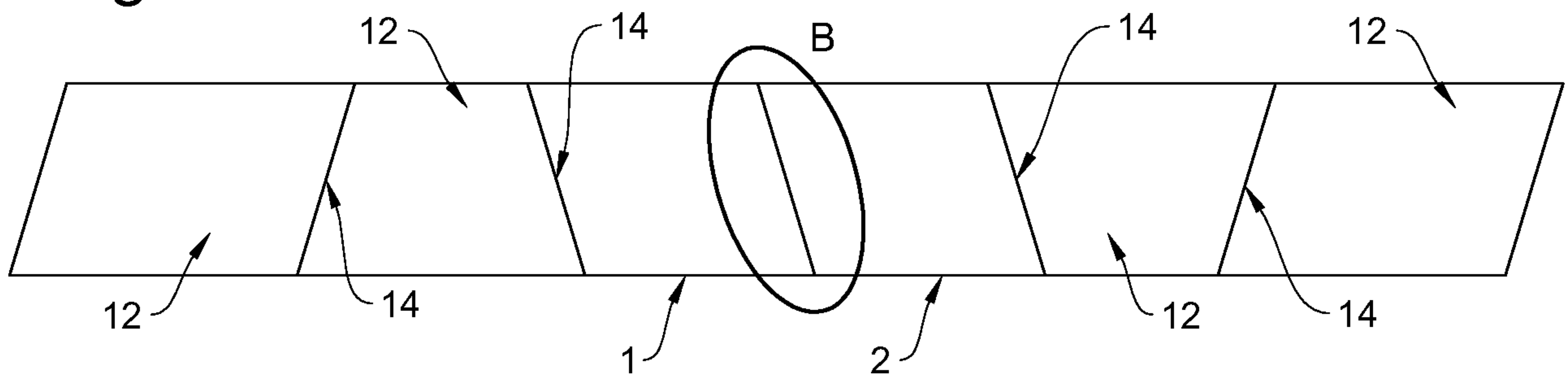


Fig. 10

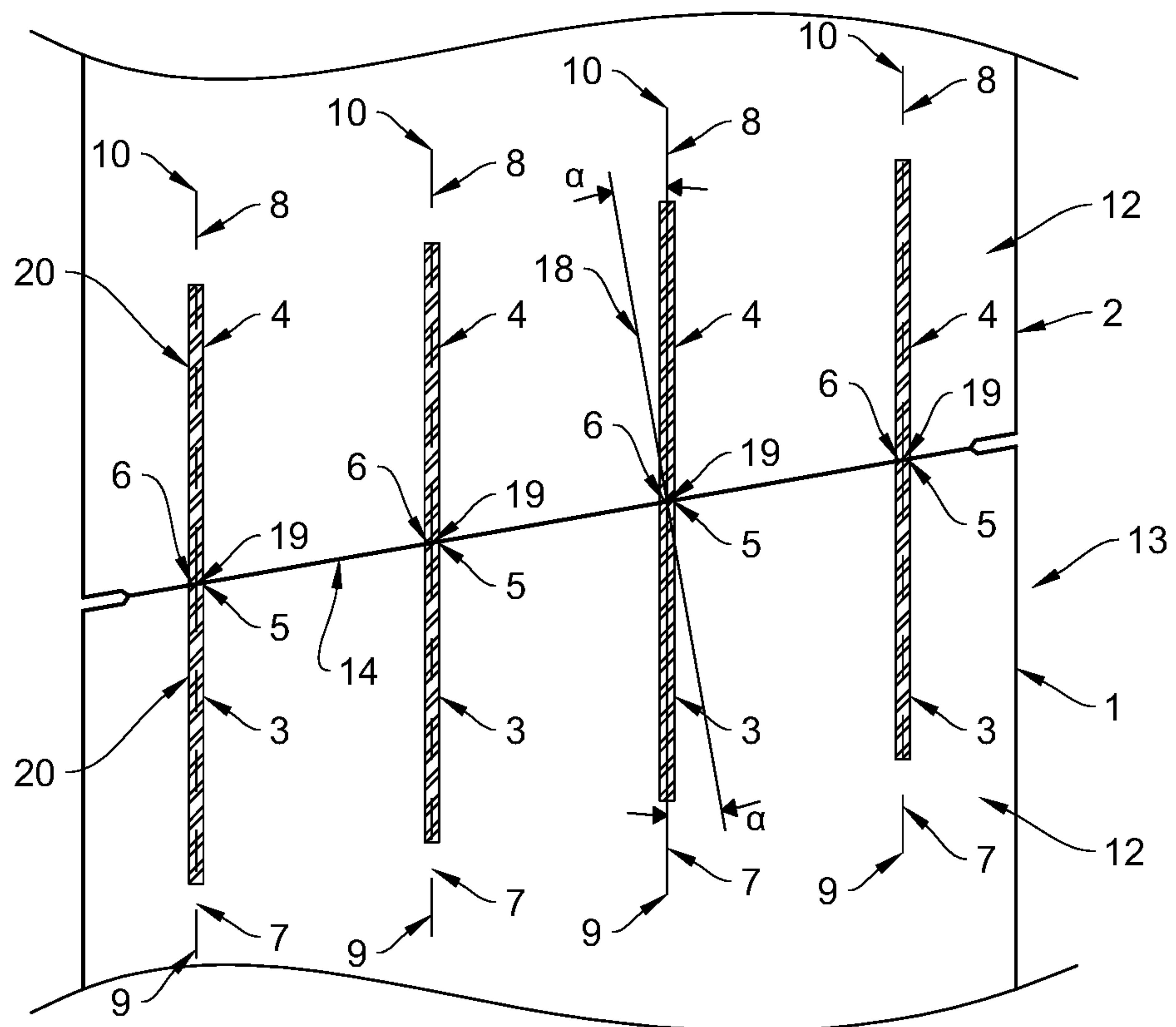


Fig. 11

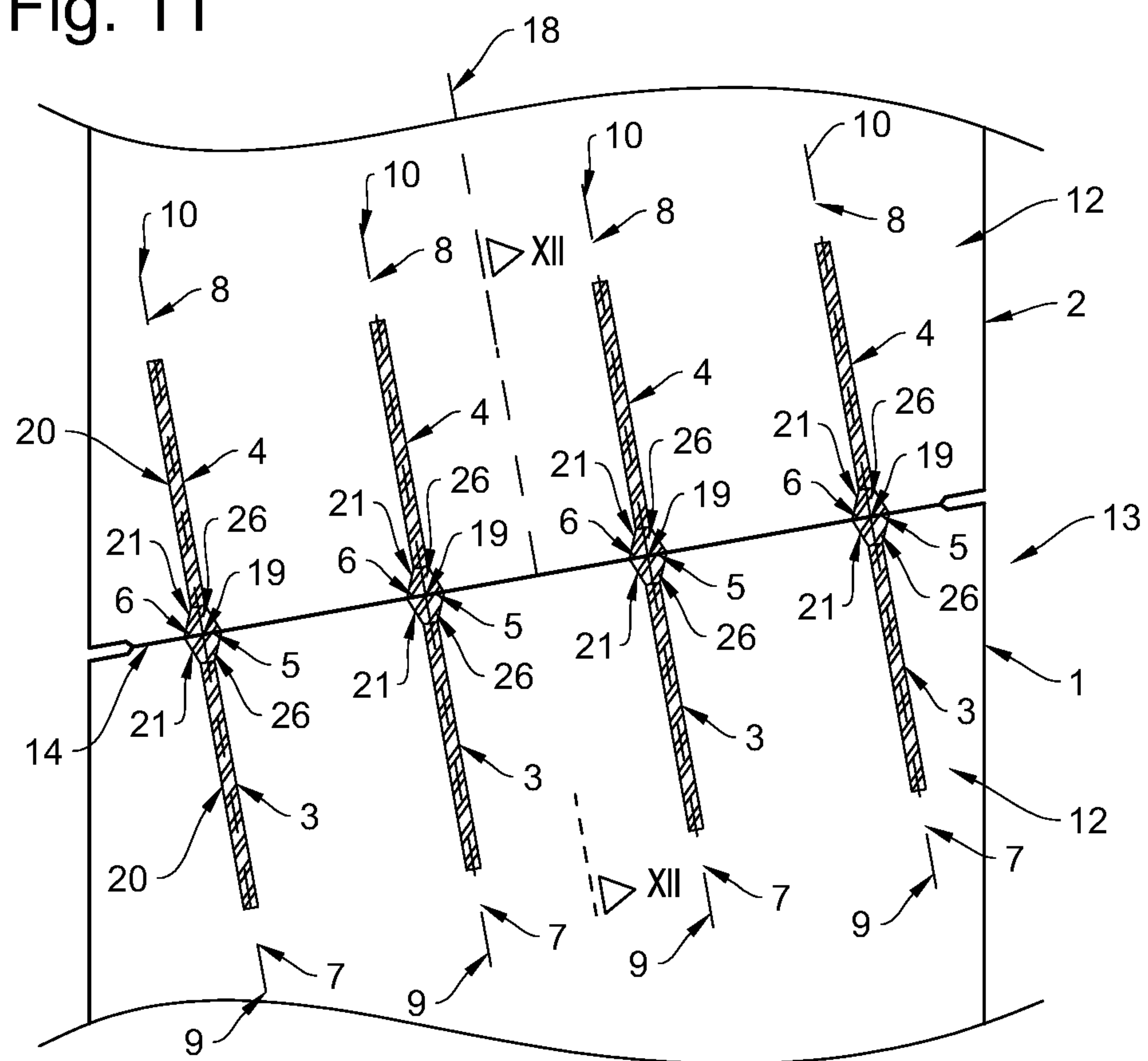


Fig. 12

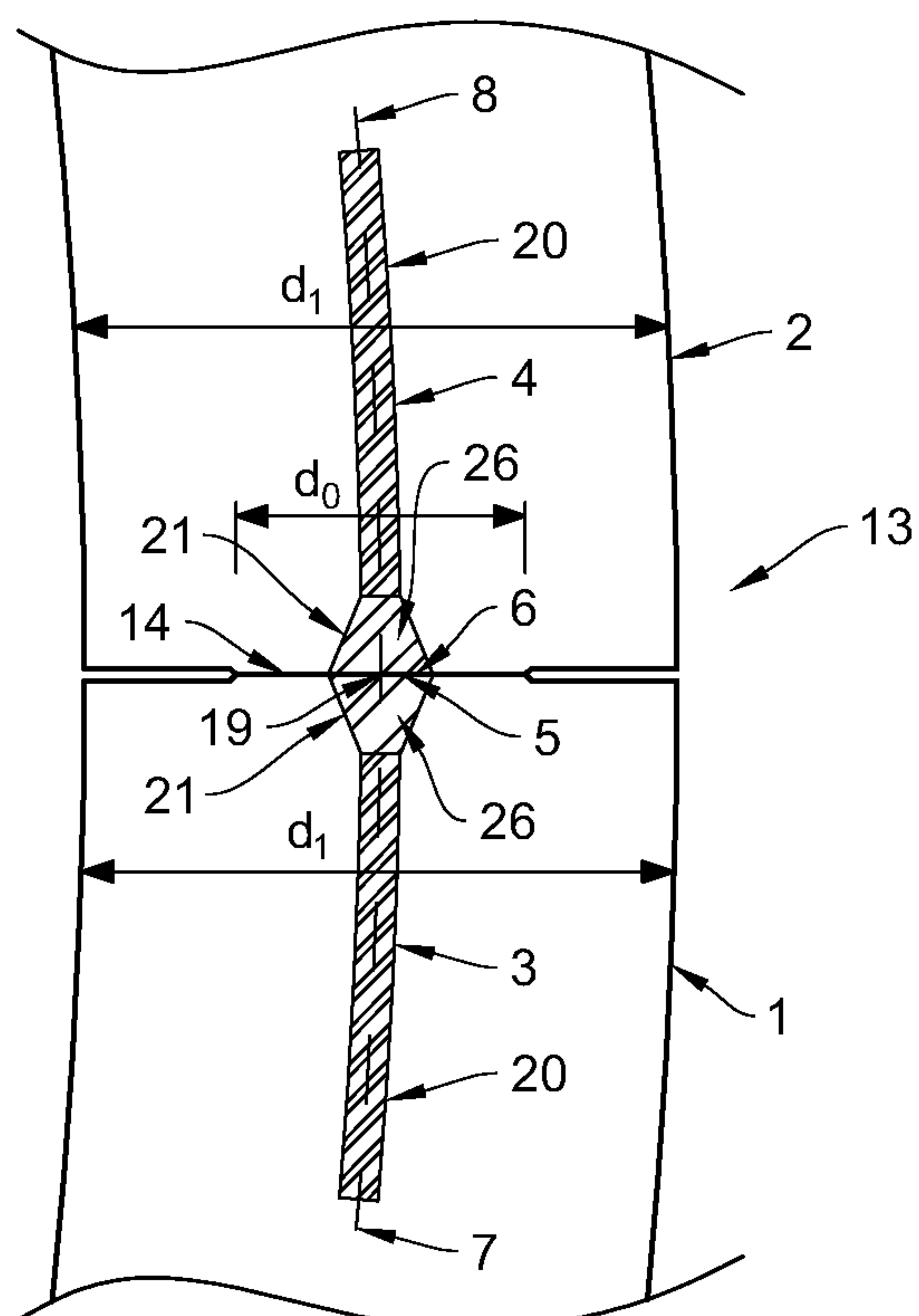


Fig. 13

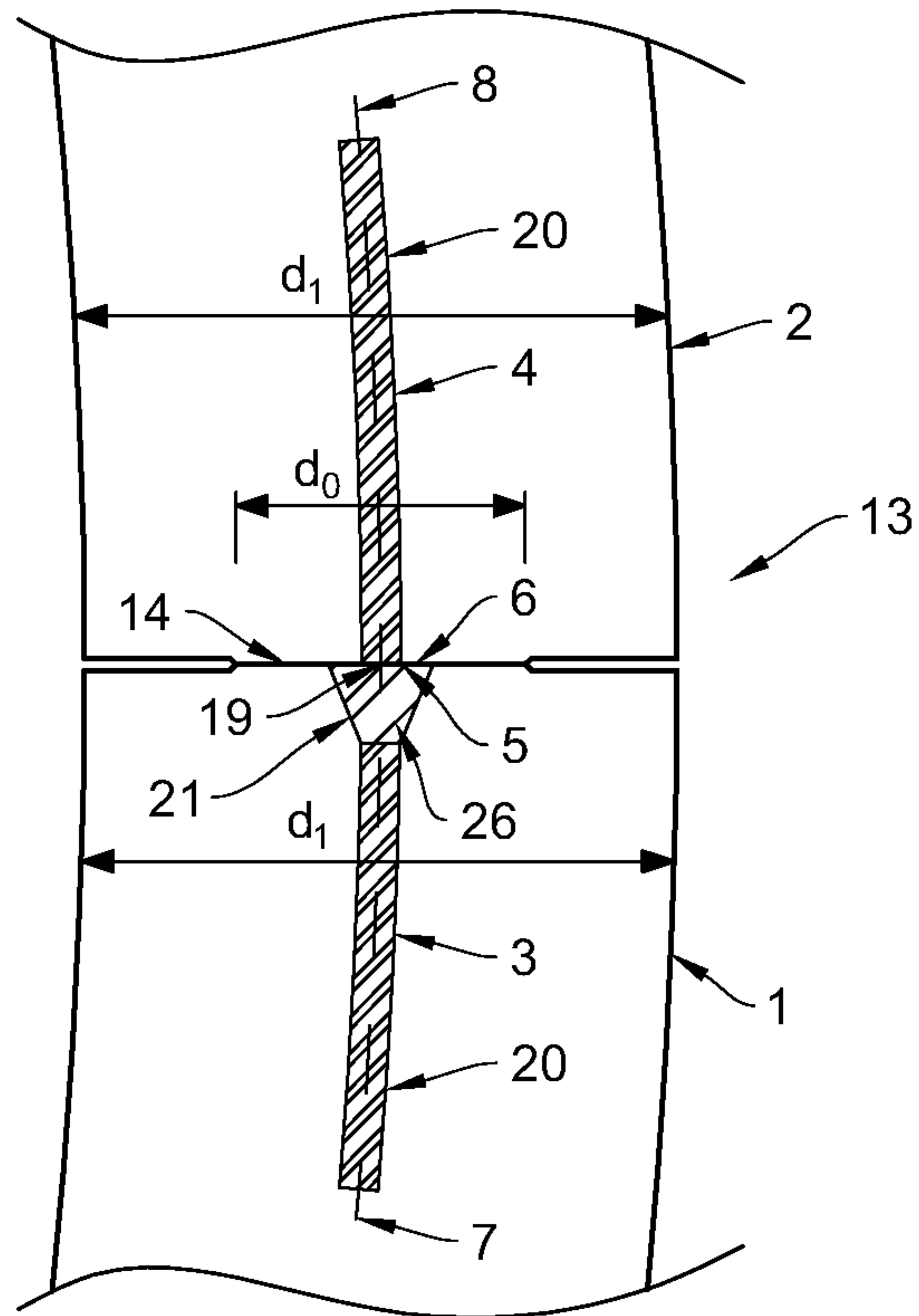


Fig. 14

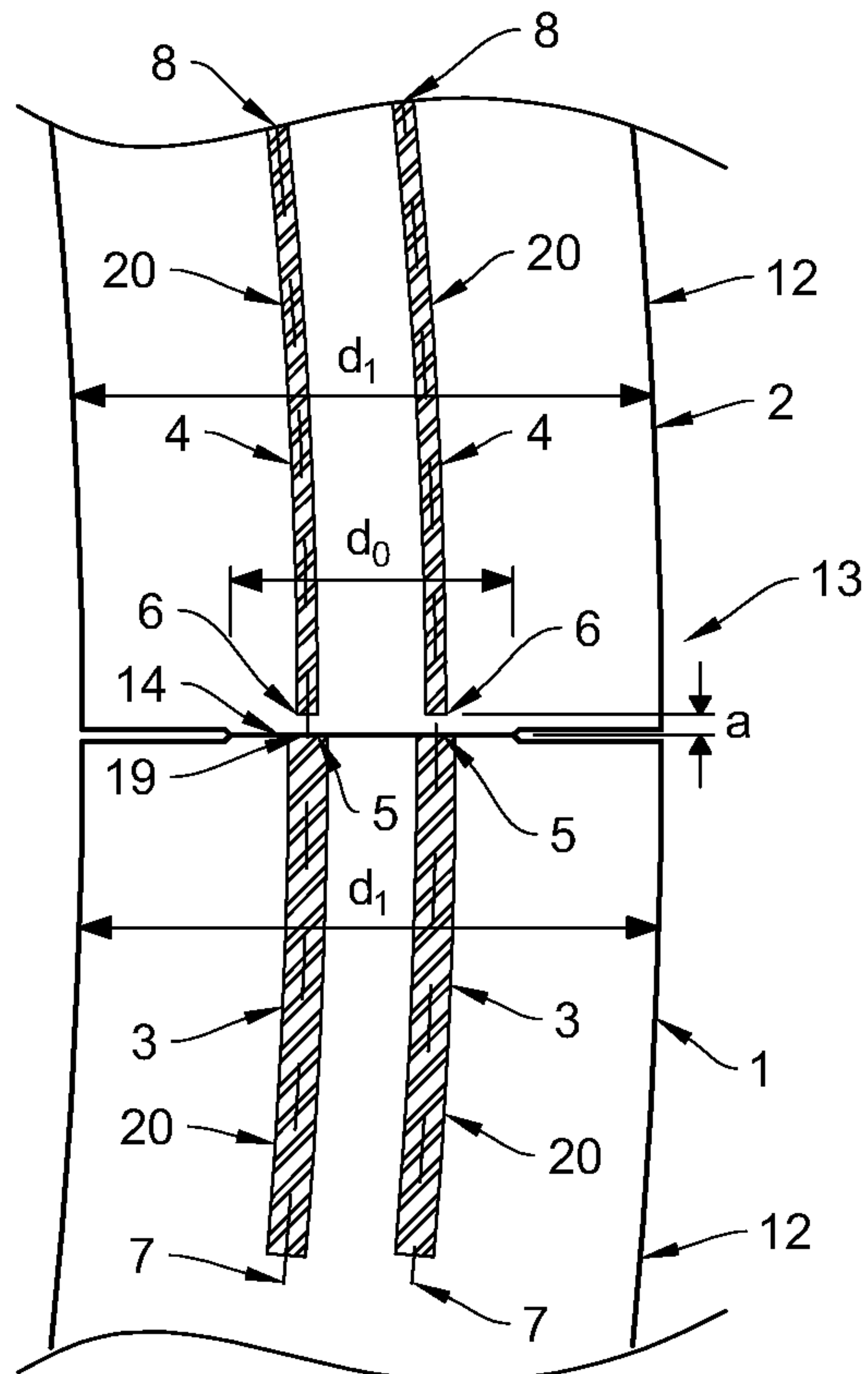


Fig. 15

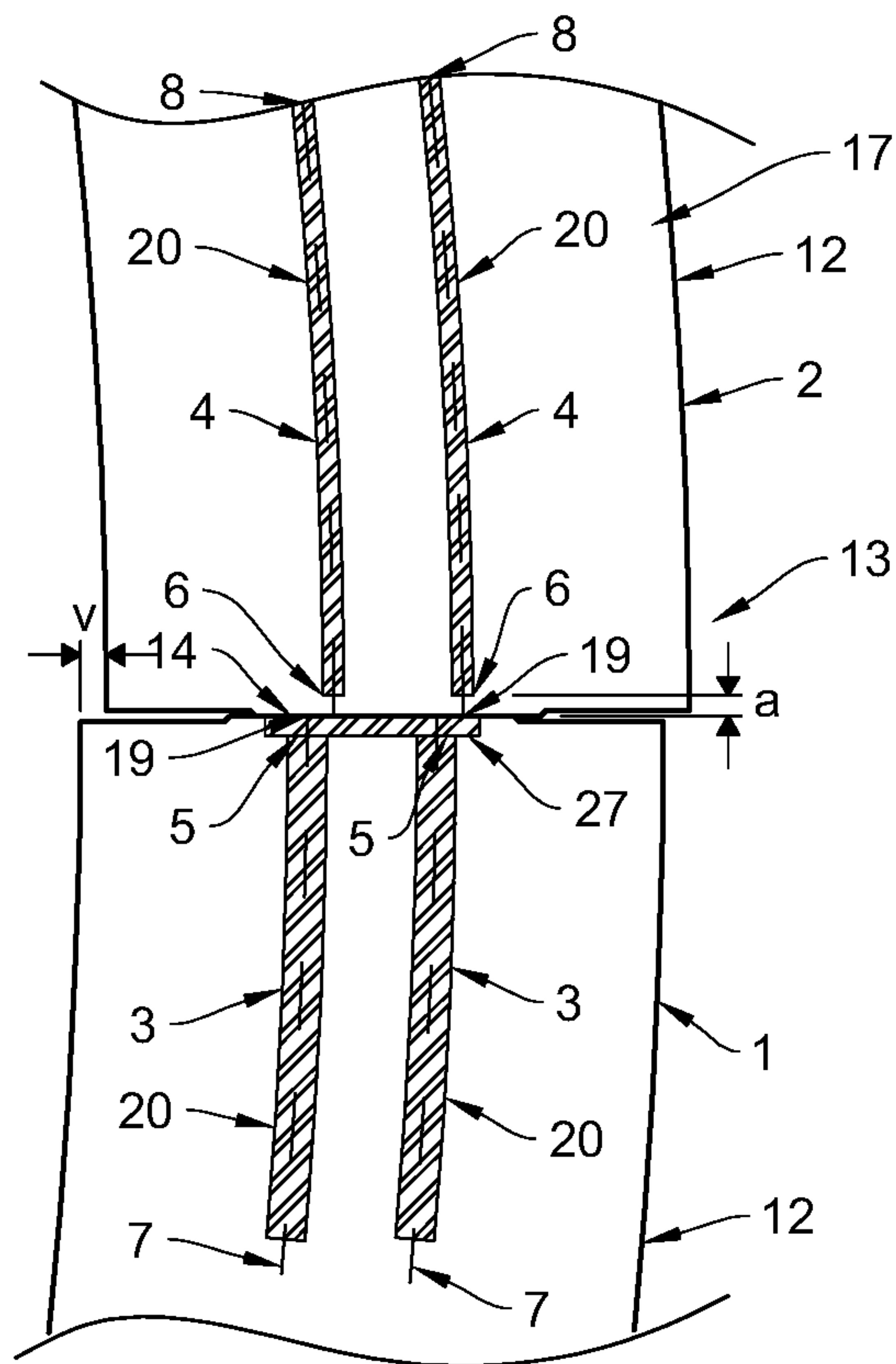


**Fig. 16**

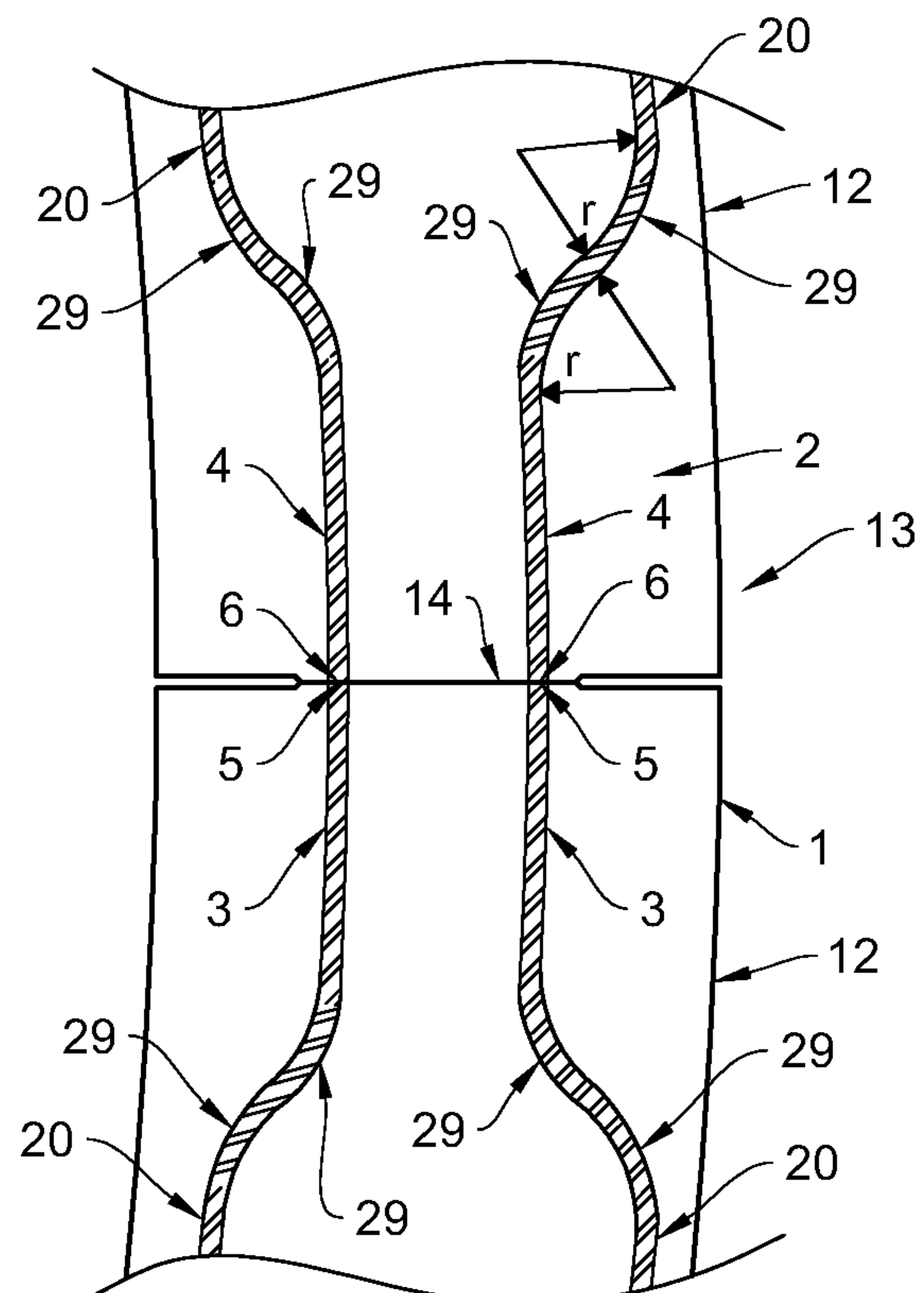


Fig. 17

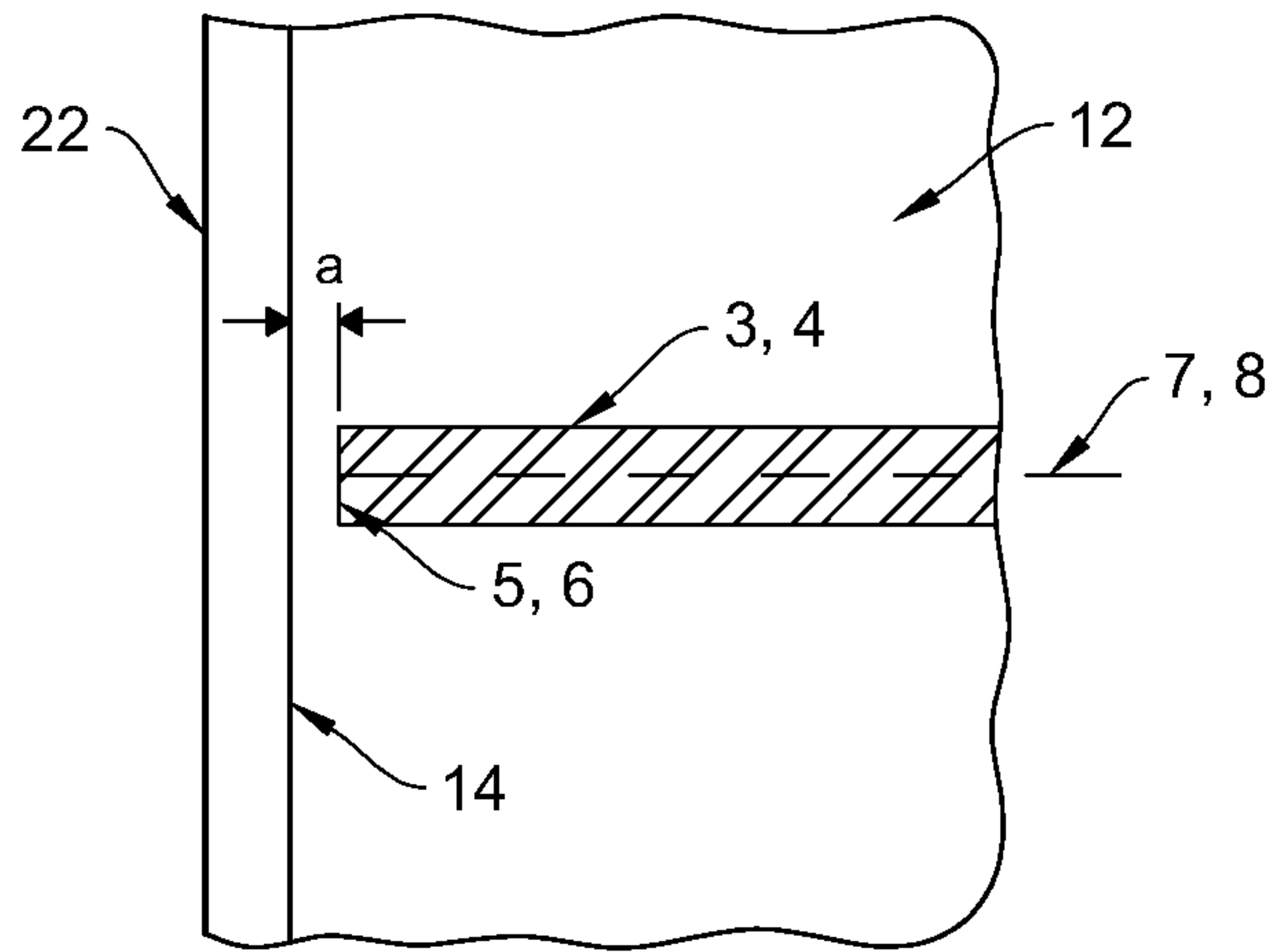


Fig. 18

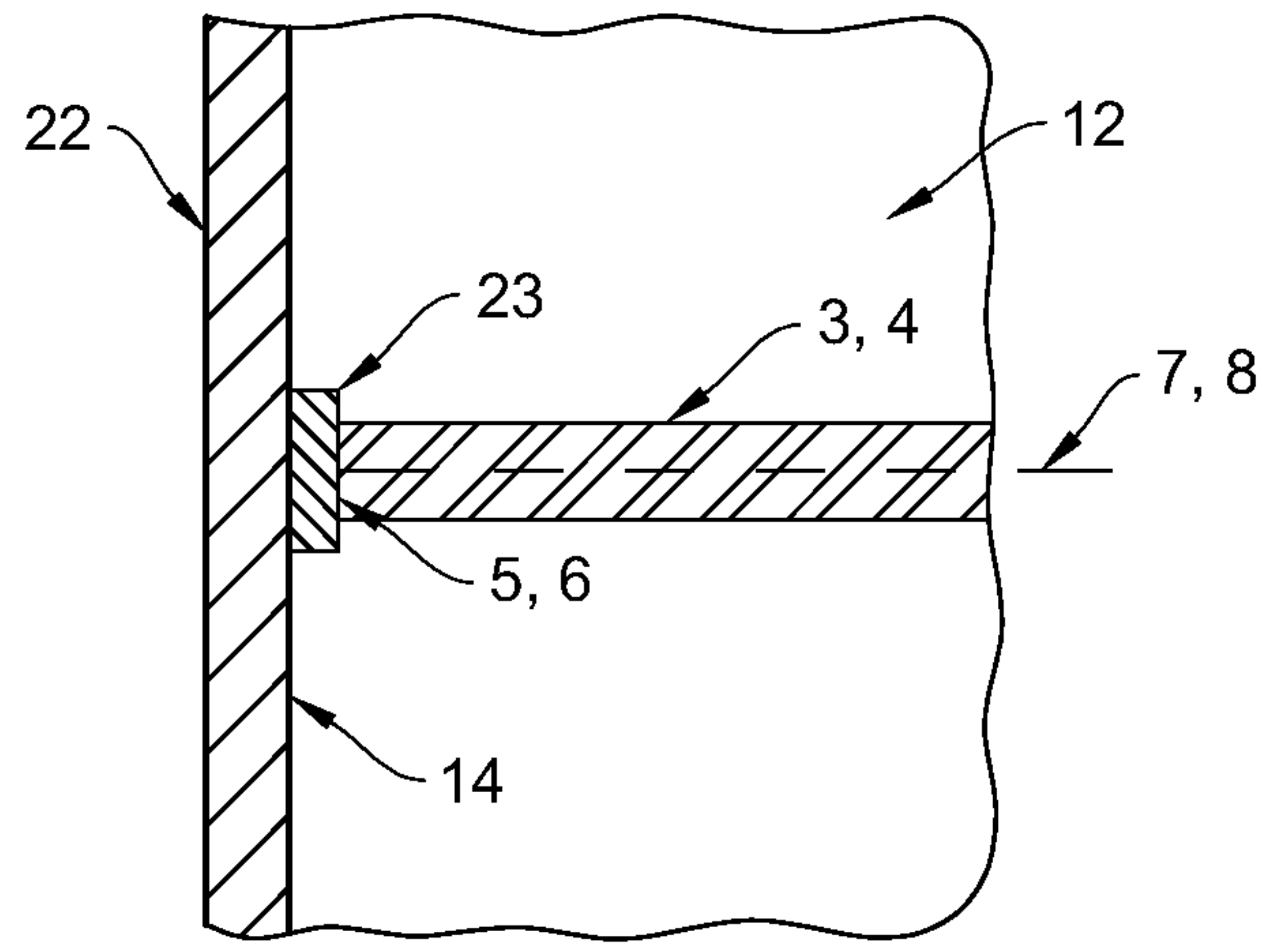


Fig. 19

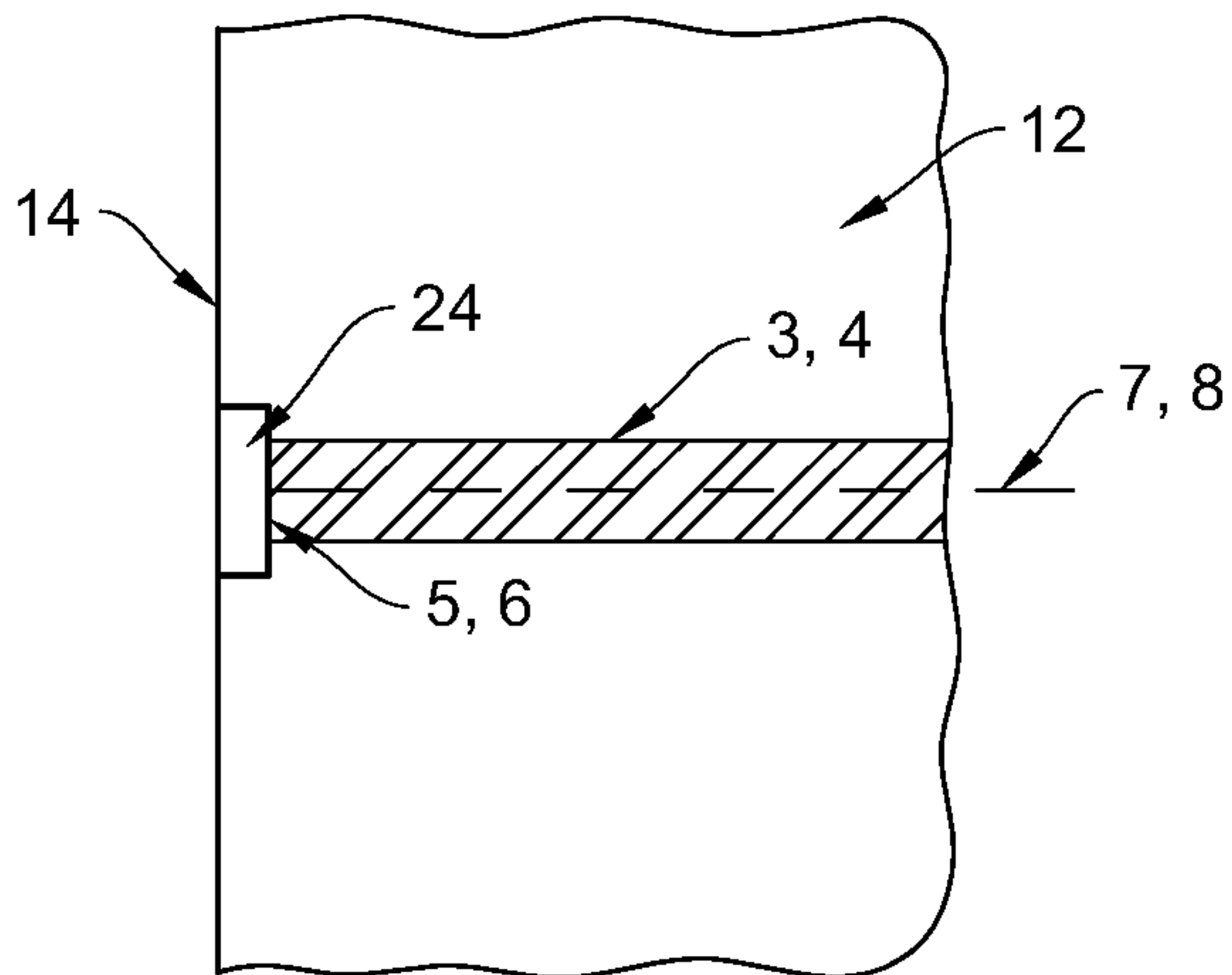


Fig. 20

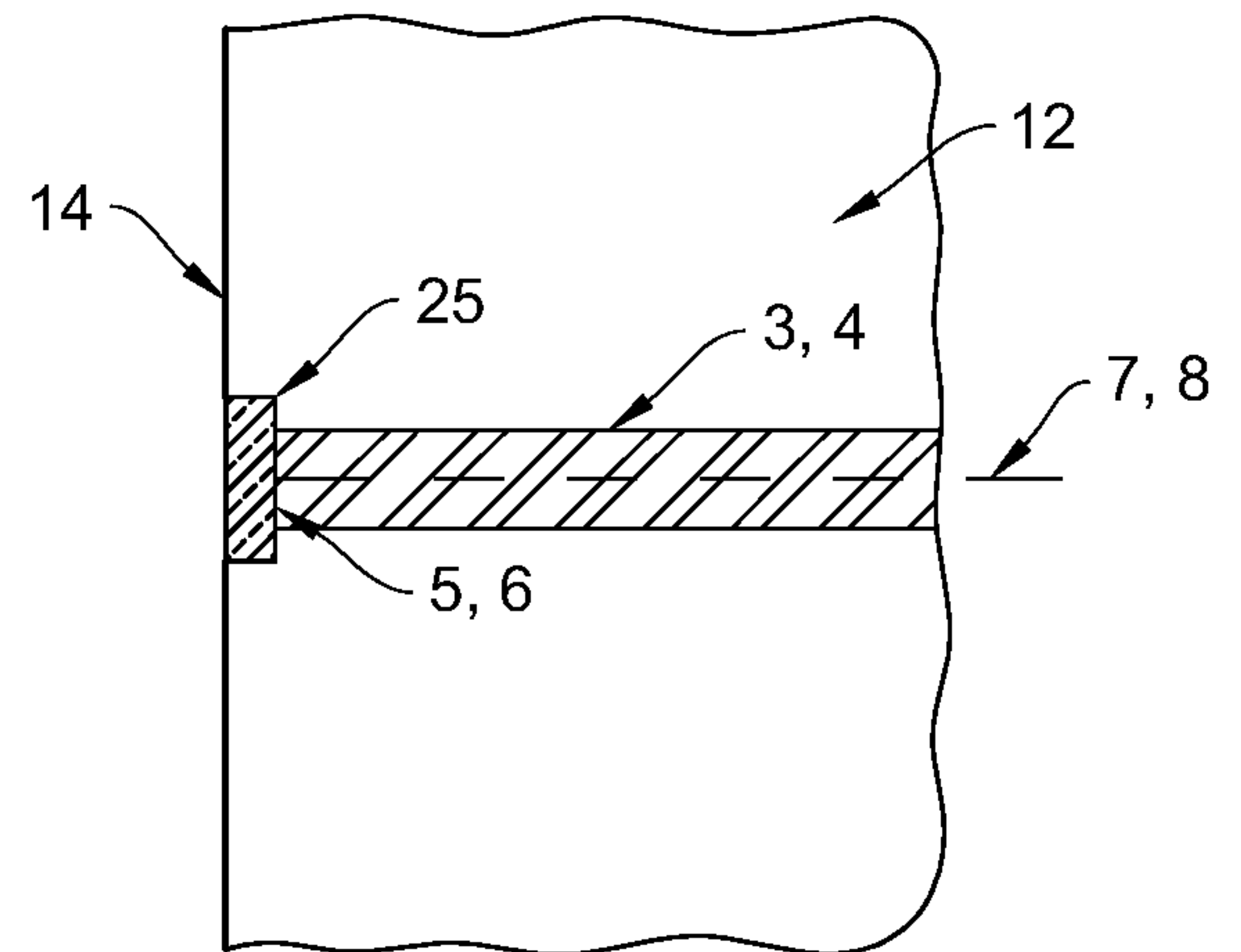
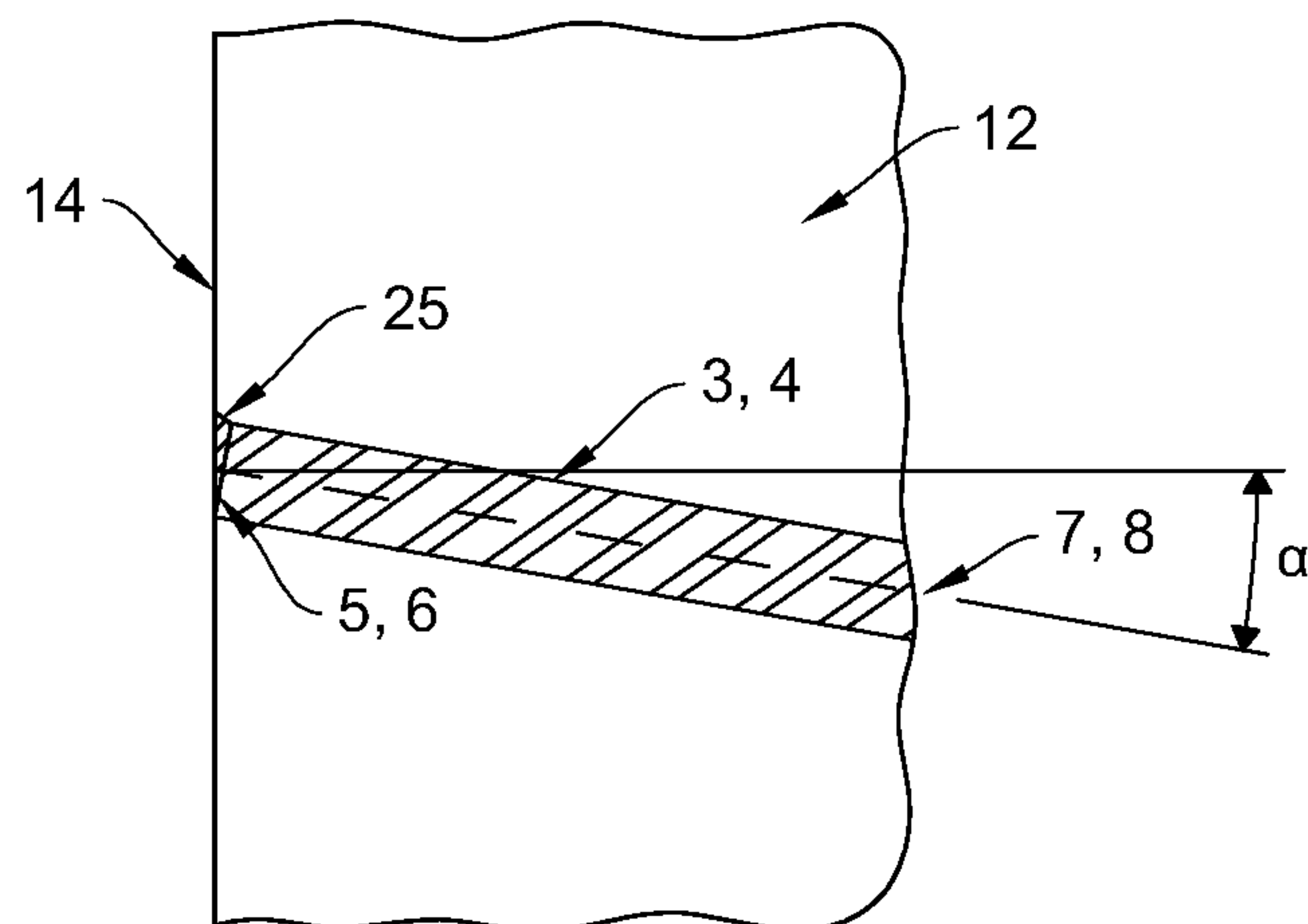


Fig. 21



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

**E21D 11/08** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

**E21D 11/08** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

E21D

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC; WPIAP; TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 14.05.2019 eingereichten Ansprüchen 1-19 erstellt.

| Kategorie <sup>*)</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder),<br>Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend<br>Anspruch         |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| X                       | JP 2012167539 A (SHIMIZU) 06. September 2012 (06.09.2012)<br><br>Figur 3                                                                                               | 1-<br>6, 9, 13, 16,<br>17, 19  |
| X                       | JP 2007321518 A (TAISEI) 13. Dezember 2007 (13.12.2007)<br><br>Figur 5; Absätze [0030] und [0065]                                                                      | 1-3, 6, 9,<br>13, 15-17,<br>19 |
| X                       | JP 2009174252 A (ISHIKAWAJIMA) 06. August 2009 (06.08.2009)<br><br>Figuren 1-3 und 7a-8                                                                                | 1-3, 9,<br>13, 16,<br>17, 19   |

Datum der Beendigung der Recherche:

24.01.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

STAWA Richard

<sup>\*)</sup> Kategorien der angeführten Dokumente:

**X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

**Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

**A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

**P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

**E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

**&** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.