

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

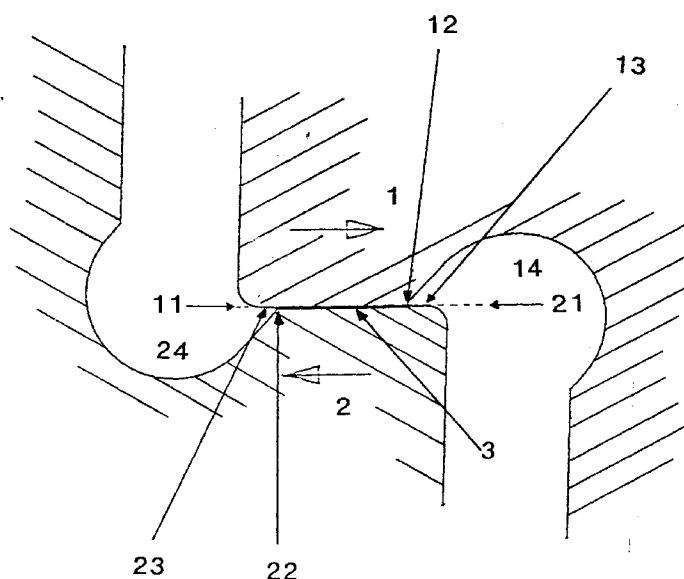
EP 0 889 202 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(43) Veröffentlichungstag:
07.01.1999 Patentblatt 1999/01(51) Int Cl.⁶: **F01D 5/30**(21) Anmeldenummer: **98810411.3**(22) Anmeldetag: **07.05.1998**(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI(72) Erfinder:
• **Krautzig, Joachim, Dr.**
8967 Widen (CH)
• **Wettstein, Hans, Dr.**
5442 Fislisbach (CH)(30) Priorität: **02.07.1997 DE 19728085**(74) Vertreter: **Klein, Ernest et al**
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)(71) Anmelder: **Asea Brown Boveri AG**
5401 Baden (CH)(54) **Fügeverbindung**

(57) Beschrieben wird eine Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern, die jeweils wenigstens einen ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt aufweisen, über den die Fügepartner kraftbeaufschlagt und aufeinander gleitend derart in Berührung bringbar sind, daß sich die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte beider Fügepartner nur teilweise überlappen und im Berührungsbereich eine gemeinsame Auflagefläche bilden.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte der Fügepartner jeweils durch wenigstens einen Hinterstich einseitig begrenzt sind, und daß die Fügepartner derart in Verbindung bringbar sind, daß die gemeinsame Auflagefläche der Fügepartner in einer Richtung durch den Hinterstich des einen Fügepartners und in entgegengesetzter Richtung durch den Hinterstich des anderen Fügepartners begrenzt ist.

**Fig. 1****EP 0 889 202 A2**

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern, die jeweils wenigstens einen ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt aufweisen, über den die Fügepartner kraftbeaufschlagt und aufeinander gleitend derart in Berührung bringbar sind, daß sich die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte beider Fügepartner nur teilweise überlappen und im Berührungsbereich eine gemeinsame Auflagefläche bilden.

Maschinenteile, die im Anlagenverbund über gegenseitige Berührflächen kraftbeaufschlagt und im losen Verbund aufeinander stoßen, erfahren im Wege normaler Materialermüdung infolge transienter oder anderer Differenzbewegungen oberflächliche Anrisse, die durch weitere mechanische Beanspruchung durch Rißwachstum zum Totalausfall der Maschinenteile führen können.

Differenzbewegungen zwischen Maschinenteilen treten insbesondere überall dort auf, an denen die Maschinenteile Vibrationen oder thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Im Falle thermischer Belastungen unterliegen aneinandergrenzende Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungsverhalten oder infolge verschieden schneller Aufheizung bzw. Abkühlung Relativbewegungen, obwohl die einzelnen Maschinenteile beispielsweise für einen stillstehenden Einsatzzweck konzipiert worden sind. Insbesondere bei Wechsellasten, die bei mechanischen Vibrationen auf Maschinenteile unentwegt einwirken, aber auch bei Temperaturwechseln, bilden sich senkrecht zur Berührungsoberfläche der aufeinanderstoßenden Maschinenteile mikroskopische Anrisse, die im weiteren Betrieb aufgrund vorherrschender Wechsellasten zu einem normal zur Berührungsoberfläche orientierten Rißwachstum in das vorgeschädigte Material führen können.

Wie vorstehend kurz angerissen, führt in der Regel das durch Rißwachstum verursachte Schadenspotential zum Ausfall entsprechender Bauteile, so daß auf diese Weise geschädigte Komponenten durch aufwendige Wartungsarbeiten, die zum Teil mit hohen technischen und finanziellen Aufwendungen verbunden sind, ausgetauscht werden müssen.

Ein typisches Beispiel für das Auftreten oberflächlicher Anrisse in jeweils aneinandergrenzenden Maschinenbauteilen sind Befestigungen von Turbinenschaufeln in einem, mit Schaufeleinhängungen versehenen Rotormantel einer Gasturbinenanordnung. Die einzelnen Turbinenschaufeln weisen an ihrem Schaft sogenannte Griffzapfen auf, die eine Kontur vorsehen, mit der sie in eine entsprechende Aufnahmeform am Rotorgehäuse zu befestigen sind. Die Aufnahmeform am Rotorgehäuse sieht in an sich bekannter Weise Aufnahmeschlitz vor, in die der Griffzapfen jeder einzelnen Turbinenschaufel einführbar ist und der an entsprechenden mechanischen Gegenlager, die in den Aufnahmeschlitz vorgesehen sind, fixierbar sind.

Aus Fig. 2a geht ein schematisiertes Beispiel zur Darstellung der Berührfläche eines bekannten mechanischen Gegenlagers hervor, das Teil eines Aufnahmeschlitzes ist. Der Fügepartner 1, der in Anlehnung an das vorstehend genannte Beispiel dem Griffzapfenteil einer Turbinenschaufel entspricht, weist einen zylindrischen Flächenabschnitt 11 auf, über den der Fügepartner 1 mit einem ebenfalls zylindrischen Flächenabschnitt 21 eines Fügepartners 2 in Verbindung tritt. Die Fügeverbindung ist dabei derart ausgelegt, daß Fügepartner 1 und 2 relativ zueinander, zumindest entlang der zylindrischen Flächenabschnitte soweit gleiten können, wie es die z.B. thermischen Dehnungsdifferenzen erfordern. Im Falle des vorzitierten Beispiels der Aufhängung von Turbinenschaufeln im Rotorgehäuse unterliegt die in Fig. 2a dargestellte Fügeverbindung nicht nur mechanischen Vibrationen, die unter hoher Kraftbeaufschlagung großen Druck- sowie Zugbeanspruchungen standhalten soll, sondern erfährt darüberhinaus eine starke thermische Belastung über einen großen Temperaturbereich hinweg (ΔT ca. 650°C). Als Folge der thermischen sowie auch mechanischen Belastungen stellen sich bei diesen typischen Fügeverbindungen, wie sie in Fig. 2a dargestellt sind, Anrisse im Material der Fügepartner ein, die in Fig. 2b mit dem Bezugszeichen A1, A2 versehen sind. Derartige Anrisse vergrößern sich infolge von weiter andauernden Wechsellasten, die auf die Fügepartner 1 und 2 einwirken, und der in dem Material vorherrschenden mechanischen Spannungen und führen schließlich zu einer irreversiblen makroskopischen Beschädigung der Fügepartner. Das in Fig. 2c im Querschnitt dargestellte Spannungsprofil einer in Anlehnung an Fig. 2a bekannten Fügeverbindung zweier Fügepartner 1 und 2 verdeutlicht, daß das Auftreten von anwachsenden Anrissen in Zonen höchster mechanischer Spannungsdichten S1 und S2 verstärkt vorkommt. Die in Fig. 2c quasi als Höhenlinien in die Querschnitte der Fügepartner 1 und 2 eingezeichneten Linien stellen Gebiete jeweils gleicher Spannungswerte dar. Auffällig ist, daß die Zonen höchster Spannungsdichten innerhalb der ebenen Flächenabschnitte, in der sich beide Fügepartner berühren, nahe einem Konturübergang der Fügepartner auftreten. Charakteristisch an einer solchen Spannungsverteilung ist ausserdem das Auftreten von Zugspannungen ausserhalb des Berührungsbereiches der beiden Fügepartner unter bestimmten Betriebsbedingungen, die das Wachstum von einmal entstandenen Anrissen begünstigen.

Insbesondere die lokale Überlagerung der Zonen des größten Spannungsgradienten mit der mechanischen Berührung des jeweils gegenüberliegenden Fügepartners führt zu einer oberflächlichen rißöffnenden Belastung, die für das Weiterwachsen der teilweise unvermeidlichen sogenannten Fretting-Anrissen verantwortlich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern, die jeweils

wenigstens einen ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt aufweisen, über den die Fügepartner kraftbeaufschlagt und aufeinander gleitend derart in Berührung bringbar sind, daß sich die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte beider Fügepartner nur teilweise überlappen und im Berührungsbereich eine gemeinsame Auflagefläche bilden, derart weiterzubilden, daß das Wachstum von oberflächlichen Anrissen, das bis hin zum Totalverlust eines Fügepartners führen kann, vermieden werden soll. Insbesondere soll die Fügeverbindung durch entsprechende Formgebung der Fügepartner den Einsatz gängiger Materialien erlauben und den mechanischen sowie auch thermischen Belastungen, insbesondere beim Einsatz im Gasturbinenbau, standhalten.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Eine typische Verwendung der im Anspruch 1 angegebenen, erfindungsgemäßen Fügeverbindung ist Gegenstand des Anspruchs 8. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß ist eine Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern, die jeweils wenigstens einen ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt aufweisen, über den die Fügepartner kraftbeaufschlagt und aufeinander gleitend derart in Berührung bringbar sind, daß sich die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte beider Fügepartner nur teilweise überlappen und im Berührungsbereich eine gemeinsame Auflagefläche bilden, derart weitergebildet, daß die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte der Fügepartner jeweils durch wenigstens einen Hinterstich einseitig begrenzt sind, und daß die Fügepartner derart in Verbindung bringbar sind, daß die gemeinsame Auflagefläche der Fügepartner in einer Richtung durch den Hinterstich des einen Fügepartners und in entgegengesetzter Richtung durch den Hinterstich des anderen Fügepartners begrenzt ist.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, durch geometrische Formgebung der Fügepartner im Fügebereich den materialinternen mechanischen Spannungsverlauf derart zu ändern, daß die Zonen der größten mechanischen Belastung, d.h. des größten Spannungsgradienten aus dem Bereich der Auflagefläche verlagert wird und gleichzeitig diejenigen Zonen eines jeden Fügepartners, in denen unter bestimmten Betriebsbedingungen rissöffnende und damit risswachstumsfördernde oberflächenparallele Zugspannungen auftreten können, dem Berührungsbereich des jeweils anderen Fügepartners zu entziehen, damit dort keine Fretting-Anrisse entstehen können. Weiterhin wird durch die erfindungsgemäße Gestaltung der Überdeckung der Vorderkante des Hinterstiches des jeweils anderen Fügepartners durch eine die zu erwartende Relativbewegungen und Einbautoleranzen übersteigende Verlängerung der Berührungsflächen beider Fügepartner erreicht, daß unter den erwähnten Betriebs-

bedingungen im Berührungsbereich nur noch risserschließende und damit risswachstumsverhindernde oberflächenparallele Druckspannungen auftreten.

Zur anschaulichen Beschreibung des Erfindungsgedankens wird die Erfindung ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die nachstehenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 10 Fig. 1 schematisierter Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern,
- 15 Fig. 2a schematisierter Querschnitt durch eine an sich bekannte Fügeverbindung,
- Fig. 2b schematisierter Querschnitt gemäß Fig. 2a mit Materialanrissen,
- 20 Fig. 2c schematisierter Querschnitt durch eine an sich bekannte Fügeverbindung mit Spannungsverläufen,
- 25 Fig. 3 schematisierter Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Fügeverbindung mit Spannungsverläufen sowie
- 30 Fig. 4 Teilquerschnitt durch den Fugebereich eines Griffzapfens einer Turbinenschaufel in einer Aufnahmeschiene eines Rotorgehäuses.

In Fig. 1 ist eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Fügeverbindung dargestellt, gemäß der ein Fügepartner 1 entlang seines ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnittes 11 über eine gemeinsame Auflagefläche 3 mit einem ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt 21 eines Fügepartners 2 gleitend (siehe Pfeile) in Verbindung tritt. Der Fügepartner 1 ist dabei derart gestaltet, daß die Auflagefläche 11 im gezeigten Beispiel einseitig einen Hinterstich 12 in Form einer kantig ausgeformten Übergangskante vorsieht, die den ebenen Flächenabschnitt 11 mit einer konkav ausgestalteten Hinterstichform 24 verbindet. Entsprechend ist der Fügepartner 2 ausgebildet, der ebenfalls einseitig einen Hinterstich 22 aufweist, der den ebenen Flächenabschnitt 21 mit der konkav ausgeformten Hinterstichform 24 verbindet.

Die erfindungsgemäße Fügeverbindung, die eine kraftbeaufschlagte sowie gleitfähig gelagerte Verbindung der Fügepartner 1 und 2 vorsieht, weist eine Auflagefläche 3 auf, über die beide Fügepartner körperlich in Verbindung treten, die bei allen zu erwartenden Relativbewegungen und Einbautoleranzen in einer Richtung durch den Hinterstich 12 des einen Fügepartners 1 und in entgegengesetzter Richtung durch den Hinterstich 22 des anderen Fügepartners 2 begrenzt ist.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel überragen die ebenen Flächenabschnitte 11 und 21 die Hinterstiche 12 und 22 jeweils mit ihren Flächenbereichen 13 und 23. Insbesondere sollten die Flächenbereiche 13 und 23 die Hinterstiche 12 und 13 in jedem Betriebszustand der Fügeverbindung, die mechanisch und thermisch induzierten Relativbewegungen der Fügepartner 1 und 2 ausgesetzt ist, überragen, d.h. die Flächenbereiche 13 und 23 tragen stets zu einer positiven Überdeckung der Enden der jeweiligen lasttragenden Zone des einen Fügepartners durch das unbelastete Ende des anderen Fügepartners bei.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Fügepartner ist es möglich, die Zonen des größten Spannungsgradienten in den Bereich der hinteren Formen 14 und 24 zu verlagern, sowie rissöffnende, oberflächenparallele Spannungen zu vermeiden.

Aus Fig. 3 geht ein typischer Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Fügeverbindung zwischen den Fügepartnern 1 und 2 mit eingezeichneten Spannungsverläufen hervor. So liegen in dem gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 die Zonen mit größten Spannungsgradienten 15 und 25 im Bereich der Hinterstichformen S1 und S2. Im Bereich der Auflagefläche 3 hingegen stellt sich ein nur schwach verlaufender Spannungsgradient und dazu noch oberflächenparallele Druckspannungen ein, so daß das in der Auflagefläche 3 das Wachstum oberflächlicher Anrisse verhindert wird.

Selbstverständlich sind neben dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel auch Fügepartnergeometrien mit zwei parallel verlaufenden Hinterstichen denkbar, eine Maßnahme, die jedoch je nach Anwendungsfall beliebig zu treffen ist. Auch ist es denkbar die Auflagefläche vollständig durch Hinterstiche zu begrenzen, so daß jeweils zwei Hinterstichpaare vorgesehen sind, die jeweils orthogonal zueinander angeordnet sind.

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel mit zwei erfindungsgemäßen Fügeverbindungen 4 und 5 zwischen den Fügepartnern 1 und 2 dargestellt. Das gezeigte Ausführungsbeispiel zeigt einen Teil eines Griffzapfens - entspricht dem Fügepartner 1 -, einer Turbinenschaukel, die in den Aufnahmeschlitz eines Rotorgehäuses - Fügepartner 2 - eingebracht ist. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Hinterstichformen torusförmig ausgebildet.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Fügepartner
- 11 ebener Flächenabschnitt
- 12 Hinterstich
- 13 überragender Flächenabschnitt
- 14 Hinterstichform
- 2 Fügepartner
- 21 ebener Flächenabschnitt
- 22 Hinterstich
- 23 überragender Flächenabschnitt

- 24 Hinterstichform
- 3 Auflagefläche
- 4 Fügeverbindung
- 5 Fügeverbindung
- 5 A1 Anriß
- A2 Anriß
- S1 Zone mit größtem Spannungsgradienten
- S2 Zone mit größtem Spannungsgradienten

Patentansprüche

1. Fügeverbindung zwischen zwei Fügepartnern (1, 2), die jeweils wenigstens einen ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt (11, 21) aufweisen, über den die Fügepartner kraftbeaufschlagt und aufeinander gleitend derart in Berührung bringbar sind, daß sich die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte (11, 21) beider Fügepartner (1, 2) nur teilweise überlappen und im Berührungsbereich eine gemeinsame Auflagefläche (3) bilden, dadurch **gekennzeichnet**, daß die ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte (11, 21) der Fügepartner (1, 2) jeweils durch wenigstens einen Hinterstich (12, 22) einseitig begrenzt sind, und daß die Fügepartner derart in Verbindung bringbar sind, daß die gemeinsame Auflagefläche (3) der Fügepartner (1, 2) in einer Richtung durch den Hinterstich (12) des einen Fügepartners (1) und in entgegengesetzter Richtung durch den Hinterstich (22) des anderen Fügepartners (2) begrenzt ist.
2. Fügeverbindung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß Flächenbereiche (13, 23) der ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitte (11, 21) eines Fügepartners den Hinterstich des jeweils anderen Fügepartners überragen.
3. Fügeverbindung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Hinterstich (12, 22) als Übergangskante ausgebildet ist und den ebenen, zylindrischen oder konischen Flächenabschnitt (11, 21) mit einer konkaven Ausformung (14, 24), der Hinterstichform, verbindet.
4. Fügeverbindung nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Übergangskante rund oder kantig ausgeformt ist.
5. Fügeverbindung nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Hinterstichform (14, 24) wenigstens einen torusmässig geformten Bereich aufweist.
6. Fügeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch **gekennzeichnet**, daß die Hinterstiche (12, 22) beider Fügepartner paarweise parallel verlaufen.

7. Fügeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß der Verlauf der Hinterstiche (12, 22) der Fügepartner weitgehend senkrecht zur relativen Gleitbewegung der Fügepartner orientiert ist. 5
- 10
8. Verwendung der Fügeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, als Steckverbindung von bewegten oder stillstehenden Maschinenteilen zur Kompensation von Relativbewegungen zwischen den Maschinenteilen sowie der Materialrißvermeidung an der Auflagefläche (3). 15
9. Verwendung nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Maschinenteile Zentriersitze oder Schaufeleinhängungen von Turbinenschaufeln sind, in die entsprechend geformte Sitzpassungen von Turbinenschaufeln einsetzbar sind. 20

25

30

35

40

45

50

55

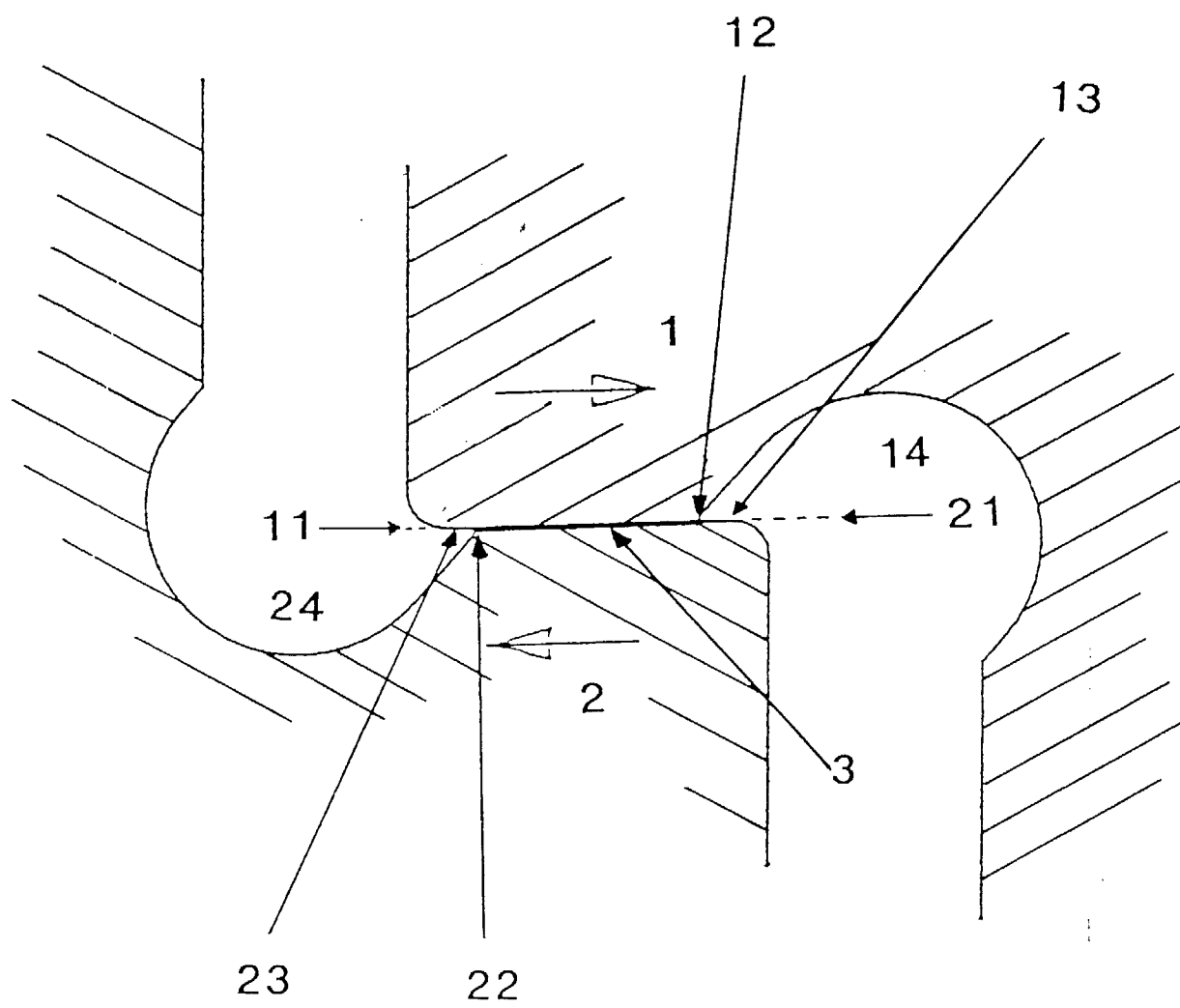


Fig. 1

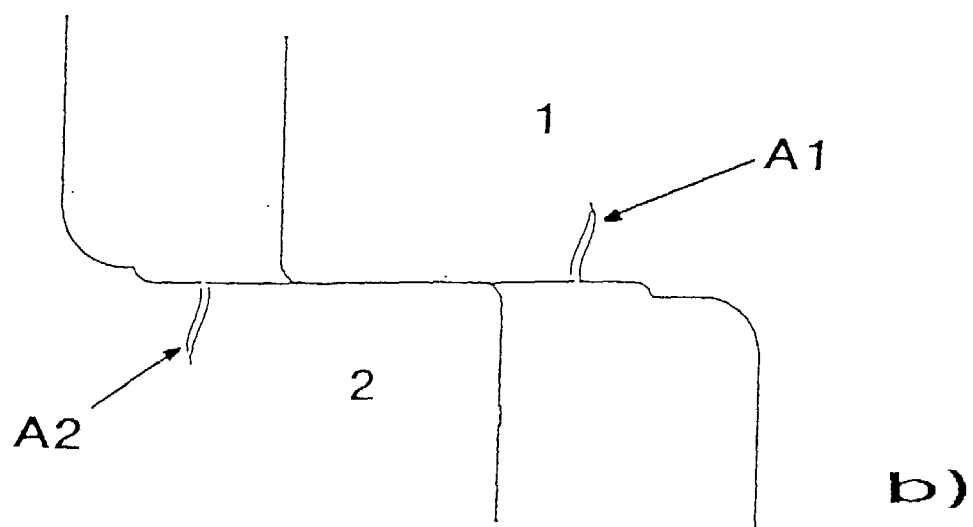
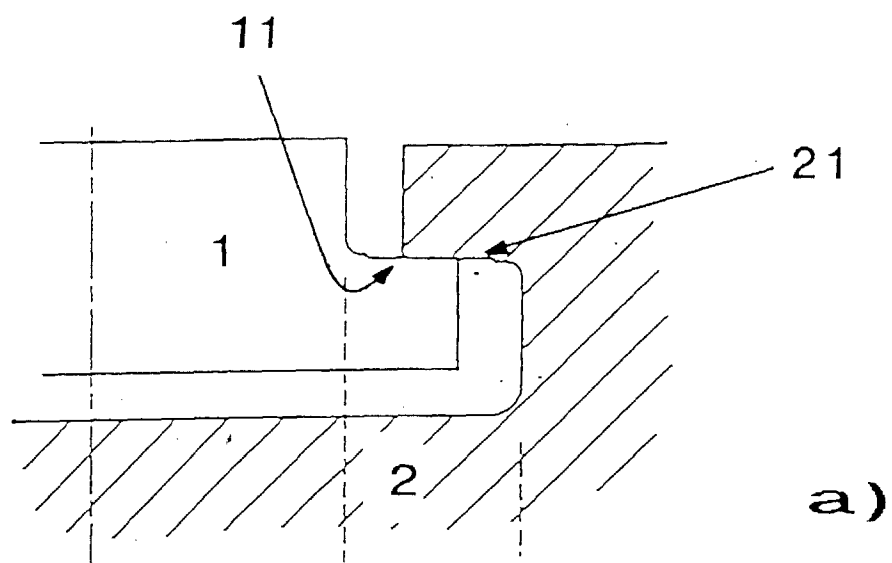


Fig. 2

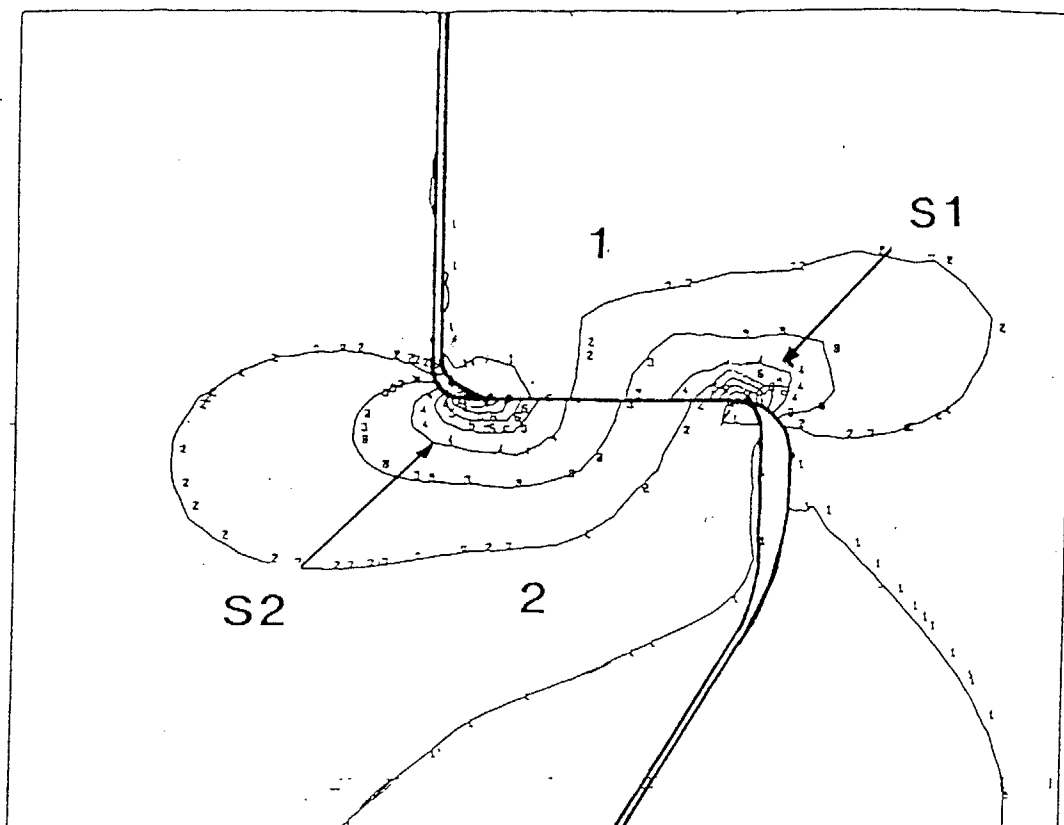


Fig. 2c)

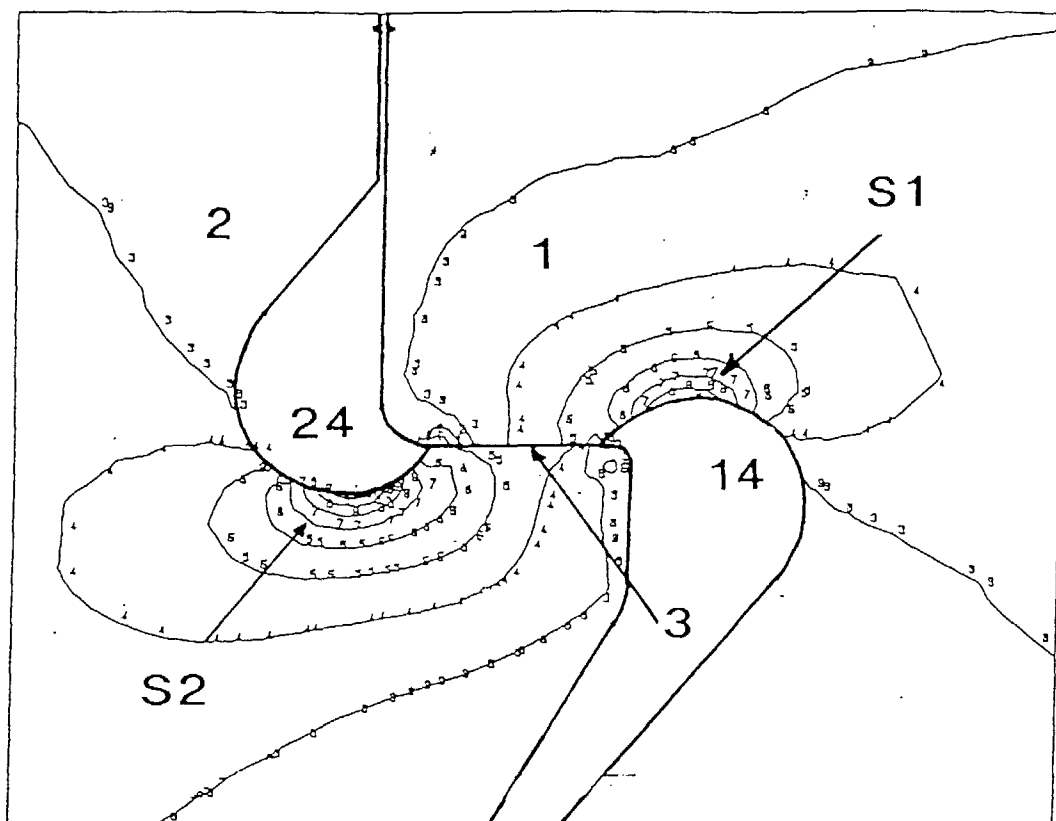


Fig. 3

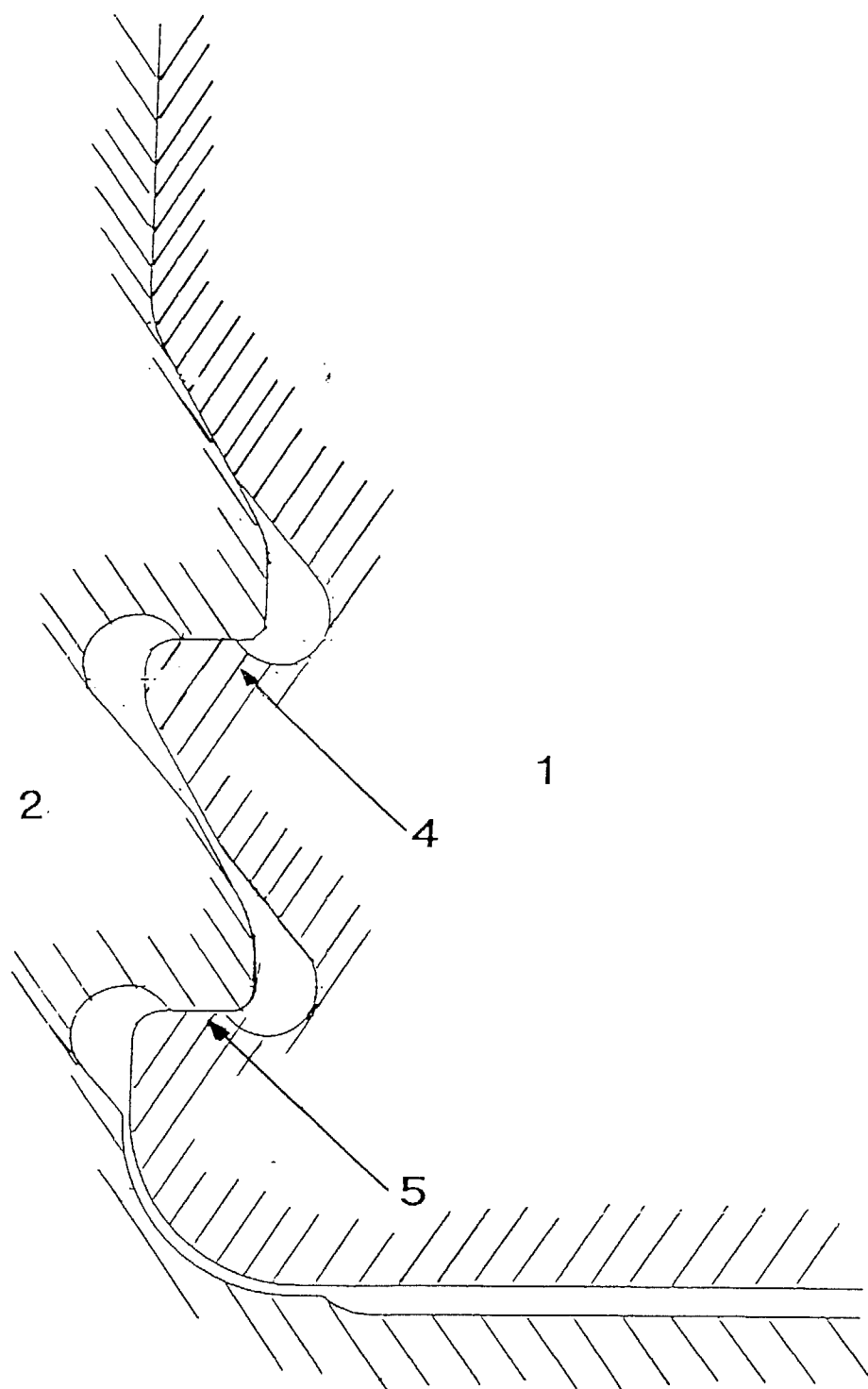


Fig. 4