

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 623 739 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94102305.3**

(51) Int. Cl.⁵: **F01N 7/10, F01N 7/18, B21D 26/02**

(22) Anmeldetag: **16.02.94**

(30) Priorität: **03.05.93 DE 4314470**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.11.94 Patentblatt 94/45

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(71) Anmelder: **VOLKSWAGENWERK
Aktiengesellschaft**

D-38436 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder: **Eichler, Friedrich
Höxterweg 7
D-38124 Braunschweig (DE)
Erfinder: Schüler, Rüdiger
Bärhorst 7
D-38442 Wolfsburg (DE)**

(54) **Rohrkrümmer.**

(57) Die Erfindung betrifft einen Rohrkrümmer (Doppelrohrkrümmer 1) für Verbrennungsmotoren mit einem durch einen Umformvorgang hergestellten Rohrkörper (2, 3). Dessen offenes Ende ist mit Öffnungen (4 bis 7) eines motorseitigen Flansches (8) verbindbar. Die Wandung des Rohrkörpers weist eine Sammelöffnung auf, die einem auspuffseitigen Flansch (11) zugewandt ist. Zur Erhöhung der Dau-

erfestigkeit derartiger Rohrkrümmer wird vorgeschlagen, deren Rohrkörper (2, 3) einteilig mit unterschiedlicher Wandstärke durch Innenhochdruckumformung herzustellen. Dabei wird ein von der Sammelöffnung zur Öffnung des auspuffseitigen Flansches (9, 10) führender Rohrstutzen direkt mit angeformt.

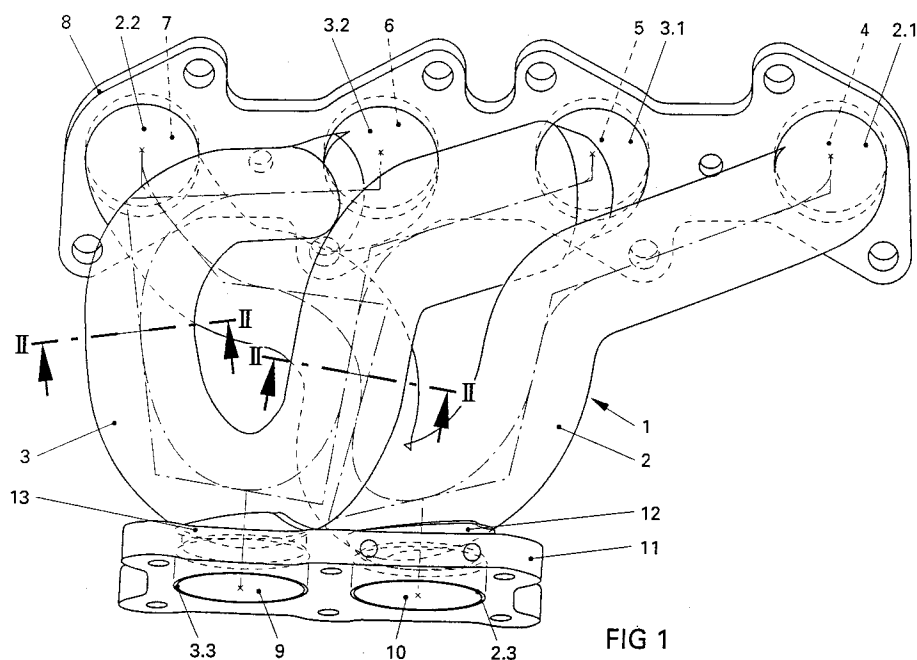


FIG 1

EP 0 623 739 A1

Die Erfindung betrifft einen Rohrkrümmer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein gattungsgemäßer Rohrkrümmer ist bekannt geworden aus der EP-0321869-A1 (F01N7/10). Dieser zeigt einen bogenförmigen Rohrkörper, der durch einen nicht näher beschriebenen Umformvorgang aus einem zylindrischen Rohrstück hergestellt ist. Mit seinen offenen Enden ist dieser Rohrkörper über Flanschkörper mit den Auslaßöffnungen eines Verbrennungsmotors verbunden. Auf einer dem Motor abgewandten Seite des Rohrmantels ist eine Sammelöffnung vorgesehen, an der ein zu einem auspuffseitigen Flansch führender Rohrstutzen angeschweißt ist. Gegenüber den bislang im Stand der Technik bekannten Rohrkrümmern ist diese Konstruktion besonders vorteilhaft, weil die für den Zusammenbau des Rohrkrümmers notwendigen Schweißnähte in beanspruchungsarme Bereiche verlegt worden sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Rohrkrümmer im Hinblick auf seine Dauerfestigkeit noch weiter zu optimieren.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1. Die Unteransprüche enthalten besonders zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung.

Erfindungsgemäß wird also der Rohrkrümmer durch Innenhochdruckumformung samt Rohrstutzen einteilig ausgeführt und weist Wandungen auf, deren Wandstärken zu den jeweiligen Flanschen auf der Motor- bzw. Auspuffseite hin jeweils zunehmen. Die einteilige Ausführung des Rohrkörpers macht an diesem selbst keine Schweißvorgänge mehr erforderlich. Dadurch wird nicht nur die Fertigung erleichtert, sondern auch die Dauerfestigkeit maßgeblich erhöht. Das auch als Hydroformverfahren bezeichnete Innenhochdruckumformen erlaubt zudem gut reproduzierbare Feintoleranzen und gewährleistet eine hohe Dauerfestigkeit, weil im Bauteil selbst keine Längsspannungen entstehen und je nach Prozeßführung eine Verfestigung des Materialgefüges und damit verbunden eine versteifende Wirkung erzielt werden kann. Hervorzuheben ist auch, daß faltenfreie Rohrkörper erzeugt werden können, in deren Wandungen der Faserverlauf ungestört ist.

Die Innenhochdruckumformung ist grundsätzlich beispielsweise aus der Zeitschrift "Blech, Rohre, Profile" (siehe insbesondere Jahrgang 1988, Seiten 175 bis 180, und Jahrgang 1981, Seiten 54 bis 57) bekannt. Dort werden allerdings nur grundsätzliche Anwendungsmöglichkeiten für die Innenhochdruckumformung am Beispiel einfacher Rohrgeometrien gezeigt. Auch der in der Zusammenfassung des letztgenannten Beitrages gegebene Hinweis auf die Herstellung von Auspuffrohren deutet in Verbindung mit dem Kapitel "Anwendungsaspek-

te" im erstgenannten Beitrag darauf hin, daß bislang nur die Herstellung verhältnismäßig einfacher rotations- und achsensymmetrischer Rohrtellformen in Betracht gezogen worden ist. Hinweise auf komplizierte Geometrien, wie sie beispielsweise bei Rohrkrümmern üblich sind, lassen sich diesen Publikationen allerdings nicht entnehmen.

Von besonderer Bedeutung für die Erfindung ist hier auch die Einstellung unterschiedlicher Wandstärken entlang des Rohrkörpers. Die Zunahme der Wandstärke in Richtung auf die Flansche hin bedeutet, daß in die Enden des Rohrkörpers mehr Material hineinverlegt wird. Dadurch werden die Wandstärkenübergänge auf den Flansch reduziert, was insbesondere für die Wärmeleitung beim Schweißen von besonderer Bedeutung ist. Die im Vergleich dazu dünneren Wandstärken in mittleren Bereichen des Rohrkörpers bewirken aber auch, daß dieser elastischer wird und so Relativbewegungen zwischen dem Verbrennungsmotor und der Auspuffanlage, die in der Regel starken periodischen Schwankungen unterliegen, verbessert ausgleichen kann.

Besondere Beachtung verdient auch eine erfindungsgemäße Weiterbildung, gemäß der ausgehend von einem kreisrunden Querschnitt an den Enden der Rohrkörper die mittleren Bereiche einen in etwa elliptischen Querschnitt aufweisen. Dabei verläuft die kleinere der Ellipsenachsen in etwa senkrecht zur Biegeachse des Rohrkörpers. Auf diese Weise kann beispielsweise die Vorverformung des Rohrkörpers vor der Beaufschlagung mit hydraulischem Medium wesentlich erleichtert werden. Die kreisrunden Enden ermöglichen einen Einsatz in Flansche, deren Öffnungen durch einfache Bohrvorgänge hergestellt werden können.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung gemäß Patentanspruch 4 ist zwischen dem angeformten Rohrstutzen und der Öffnung des auspuffseitigen Flansches ein Tulpenblech angeordnet, das mit einem der vorgenannten Bauteile reibschlüssig verbunden ist und so durch thermische Beanspruchungen oder mechanische Schwankungen erzeugte Relativbewegungen ausgleichen kann. Die in den Ansprüchen 5 bis 7 angegebenen Verfahrensschritte ermöglichen nicht nur eine besonders beanspruchungsgerechte Ausformung des erfindungsgemäßen Rohrkrümmers, sondern vermitteln auch Hinweise auf eine möglichst rationelle Fertigung desselben.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt. Es zeigt

- Figur 1: einen erfindungsgemäßen Rohrkrümmer mit einer Draufsicht auf einen motorseitigen Flansch,
- Figur 2: den Querschnitt durch Rohre des Rohrkrümmers gemäß den Schnitt-

Figur 3: ten II-II in Figur 1,
einen erfindungsgemäßen Rohrkrümmer mit einer Draufsicht auf einen auspuffseitigen Flansch,

Figur 4: einen vorgebogenen Rohrrohling in einem Werkzeug zur Innenhochdruckumformung.

In allen Figuren sind gleiche Bauteile gleich beziffert.

Man erkennt in Figur 1 einen Doppelrohrkrümmer 1, der hier im wesentlichen zwei Rohrkörper 2, 3 aufweist, die mit offenen Enden 2.1, 2.2 bzw. 3.1, 3.2 in Öffnungen 4 bis 7 eines motorseitigen Flansches 8 hineinragen. An die Rohrkörper 2, 3 angeformte Rohrstutzen 2.3 bzw. 3.3 ragen in Öffnungen 9, 10 eines auspuffseitigen Flansches 11 hinein. Von Bedeutung sind hier außerdem noch Tulpenbleche 12 und 13, die hier an ihren Rändern mittels einer nicht weiter dargestellten Schweißnaht an den Rohrkörpern 2 bzw. 3 befestigt sind und die Rohrstutzen 2.3 bzw. 3.3 überdeckend reibschlüssig in den Öffnungen 9 und 10 gehalten werden. Die Verbindungen der offenen Enden 2.1, 2.2 bzw. 3.1, 3.2 zu dem motorseitigen Flansch 8 erfolgt mittels umlaufender Dichtschweißungen auf der Stirnseite der Rohrenden.

Der in der Figur 1 ersichtliche Doppelrohrkrümmer ist hinsichtlich seines Aufbaus im wesentlichen vergleichbar mit demjenigen aus der DE-29 35 926-A1 (F01N7/08). Im Falle eines Vierzylinder-Reihenmotors ist diese Bauweise bei einer Zündfolge 1, 3, 4, 2 bzw. 1, 2, 4, 3 besonders zweckmäßig und ermöglicht zudem eine platzsparende Bauweise.

In Figur 2 wird gezeigt, daß die ursprünglich kreisrunden Querschnitte der Rohrkörper 2 und 3 an den offenen Enden 2.1, 2.2. bzw. 3.1, 3.2 allmählich in elliptische Querschnitte übergehen. Auf diese Weise wird über lange Bereiche hinweg zum einen die Elastizität des Rohrkrümmers und zum anderen die Herstellung von vorgebogenen Rohrkrümmerrohlingen begünstigt. Die gleitenden Übergänge von kreisförmigen zu elliptischen Querschnitten erlauben zudem eine besonders strömungsgünstige Ausgestaltung der Rohrkörper 2, 3. Bezogen auf die gesamte Rohrkrümmerkonstruktion ermöglichen insbesondere die breiten Formgestaltungsmöglichkeiten gerade beim Innenhochdruckformen strömungsgünstige Abgasführungen wie sie bislang nur von Gußkrümmern bekannt waren.

Figur 3 zeigt nochmal in einer anderen Ansicht, wie die offenen Enden 2.1, 2.2 bzw. 3.1, 3.2 in die Öffnungen 4 bis 7 des motorseitigen Flansches 8 hineinragen.

Für die Herstellung der zuvor beschriebenen Rohrkörper 2, 3 werden hier in einer Innenhochdruckumformmaschine zwei Werkzeugstufen benö-

tigt. Zunächst wird ein zylindrischer Rohrrohling vorgebogen bzw. vorgeknautscht und dann zur Aufhebung der Kaltverfestigung gegläht. Anschließend erfolgt ein erster Umformvorgang, bei dem das Rohr bis auf den zum auspuffseitigen Flansch führenden Rohrstutzen 9 bzw. 10 seine endgültige Form erhält. Aus der Innenseite des Rohrkörpers im Bereich der Anformstelle für den Rohrstutzen wird gleichzeitig Material in den Außenradius gepreßt. Danach findet ein zweiter Glühprozeß statt. Gemäß einer besonderen Weiterbildung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens wird der Materialfluß in einem Werkzeug 14 reguliert, damit der Rohrkörper 2 nicht durch erhöhte Reibung in einem kritischen Bereich 15 an den Werkzeuganten zerstört wird. Dies geschieht durch einen elektronisch gesteuerten Kolben 16, der den Rohrstutzen 2.3 beim Herauspressen abstützt und periodisch von den Kanten und Werkzeugwandungen abhebt (siehe hierzu Figur 4). Dadurch kann Material aus einem weiten Gebiet um die umzuformende Stelle herum nachfließen. Auf diese Weise kann auch die Wandstärke an bestimmten Stellen variiert werden. Dies geschieht mittels einer entsprechenden Vorverformung des Rohrrohlings, wodurch die Außenwandungen partiell am Werkzeug 14 anliegen, so daß dort aufgrund der dann vorhandenen Reibung der Materialfluß behindert wird. An anderen Stellen des Rohres kann so über Kolben durch gezieltes Abheben des Rohlings von der Werkzeugwandung Material von dickeren Stellen her nachfließen.

Üblicherweise wird für die zuvor beschriebenen Umformvorgänge über Schließzylinder 17, 18 ein Druck von bis zu 6000 bar erzeugt. Durch ein solches Verfahren läßt sich bei einer anfänglichen Wandstärke von 1,75 mm ein etwa 10 mm langer Stutzen aus einem halbbogenförmigen Rohrkörper herausformen. Bei einer Zunahme des Außendurchmessers von ursprünglich 42 mm im Bereich des motorseitigen Flansches 8 auf 50 mm im Bereich des auspuffseitigen Flansches 11 wird eine Wandstärke von 1,3 mm hier nicht unterschritten. Besonders gute Resultate werden erzielt für austenitische Werkstoffe mit ferritschen Eigenschaften. Solche metastabilen austenitischen Stähle können beispielsweise ein X15CrNiSi 20 12, X2CrNiMo 17 13 3 oder X2CrNiMoN 17 13 5 sein. Bei letzteren stellt der Ferritanteil eine gute Verformbarkeit sicher. Durch den Austenit wird die Neigung zu Verzunderung und Versprödung, insbesondere während und nach Schweißvorgängen, deutlich herabgesetzt.

Die Verwendung von Rohrrohlingen mit elliptischen Querschnitt ermöglicht bei einem Achsenverhältnis für den Außendurchmesser von 32 mm zu 55 mm gegenüber kreisrunden Rohren mit einer vergleichbaren Querschnittsfläche eine Absenkung

kritischer Spannungen in besonders gefährdeten Bereichen um ca. 40%.

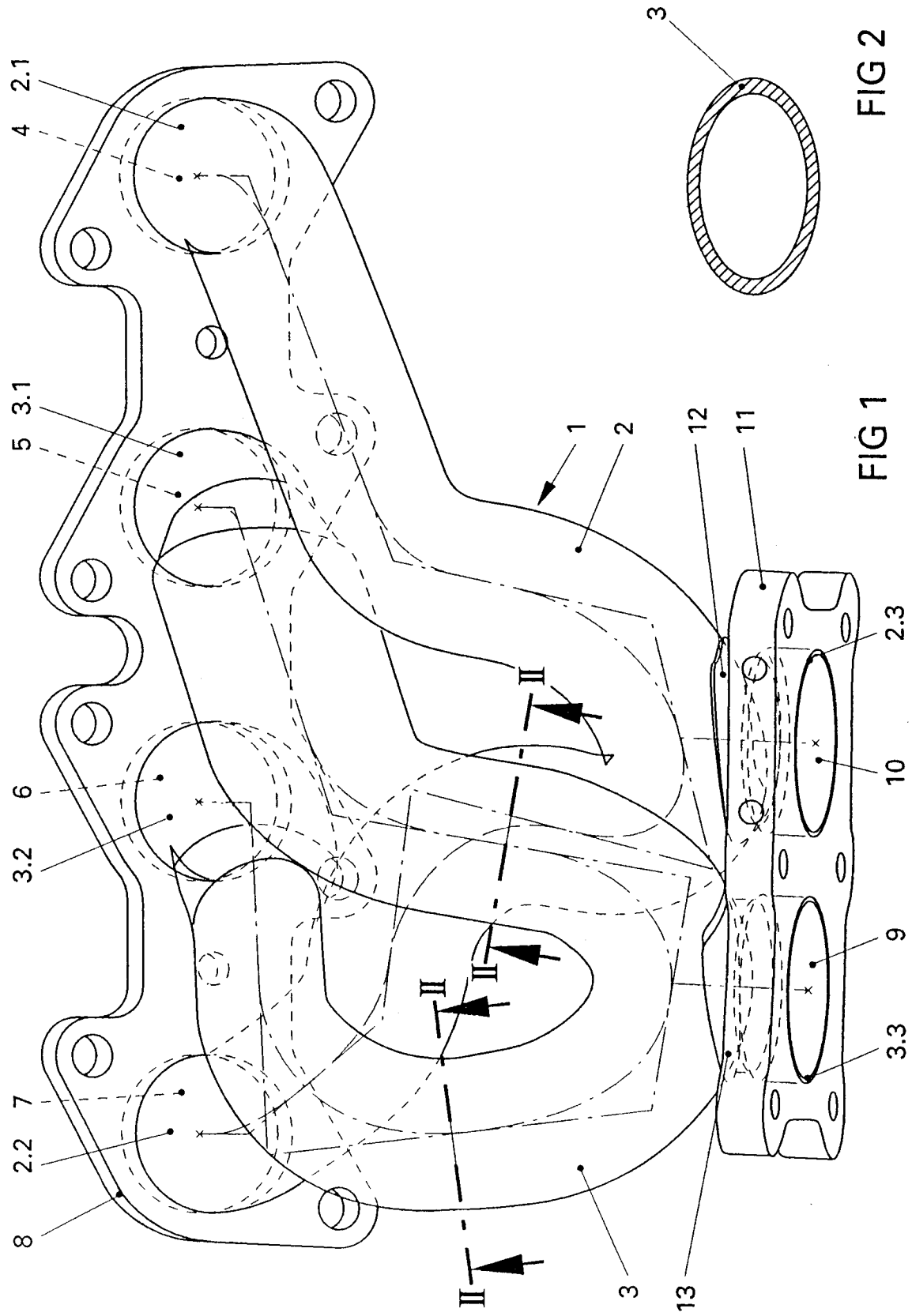
Hervorzuheben ist, daß insbesondere der Einsatz der Innenhochdruckumformung breite Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Die Erfindung ist daher auch nicht auf Rohrkrümmer für Vierzylinder-Reihenmotoren beschränkt. Vorstellbar sind auch Ausgestaltungen von Rohrkörpern, die mit drei oder vier offenen Enden in Öffnungen motorseitiger Flansche hineinragen können.

Patentansprüche

1. Rohrkrümmer (Doppelrohrkrümmer 1) für Verbrennungsmotoren mit einem durch einen Umformvorgang hergestellten Rohrkörper (2, 3), dessen offene Enden (2.1, 2.2 bzw. 3.1, 3.2) zur Verbindung mit Öffnungen (4 bis 7) eines motorseitigen Flansches (8) ausgebildet sind, und dessen Mantelwandung wenigstens eine einem auspuffseitigen Flansch (11) zugewandte Sammelöffnung aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrkörper (2, 3) einteilig mit unterschiedlichen Wandstärken durch Innenhochdruckumformung hergestellt ist, und an der Sammelöffnung einen angeformten Rohrstutzen (2.3 bzw. 3.3) zur Verbindung mit einer Öffnung (9 bzw. 10) des auspuffseitigen Flansches (11) aufweist.
2. Rohrkrümmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandungen des Rohrkörpers (2, 3) zu den Flanschen (8, 11) hin vergrößerte Wandstärken aufweisen.
3. Rohrkrümmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an den Rohrkörpern (2, 3) ausgehend von kreisrunden Querschnitten im Bereich des motorseitigen Flansches (8) zur Sammelöffnung hin ein in etwa elliptischer Querschnitt vorgesehen ist, wobei die kleinere der Ellipsenachsen in etwa senkrecht zur Biegeachse des Rohrkörpers (2, 3) steht.
4. Rohrkrümmer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem angeformten Rohrstutzen (2.3 bzw. 3.3) des Rohrkörpers (2 bzw. 3) und der Öffnung (9 bzw. 10) des auspuffseitigen Flansches (11) ein Tulpenblech (12 bzw. 13) angeordnet ist, das mit dem Flansch (11) oder dem Rohrkörper (2 bzw. 3) reibschlüssig verbunden ist.
5. Verfahren zur Herstellung eines Rohrkrümmers nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Vorbiegen oder Vorknautschen eines Rohrrohrlings,
- b) Erwärmung des Rohrrohrlings auf einen spannungsarm geglühten Zustand,
- c) Einlegen des gemäß b) erwärmten Rohrrohrlings in eine Gravur eines Werkzeugs (14) einer Innenhochdruckumformmaschine,
- d) Beaufschlagung des vorgebogenen Rohrrohrlings mit hydraulischen Innenhochdruck,
- e) Entnahme des teilweise oder komplett verformten Rohrrohrlings.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausformung des Rohrstutzens der bereits teilweise fertige Rohling erneut zur Erzeugung eines spannungsarm geglühten Zustandes erwärmt und anschließend auf Fertigmaß verformt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines elektronisch gesteuerten Druckkolbens der auf den Rohrstutzen ausgeübte Druck periodisch variiert wird.



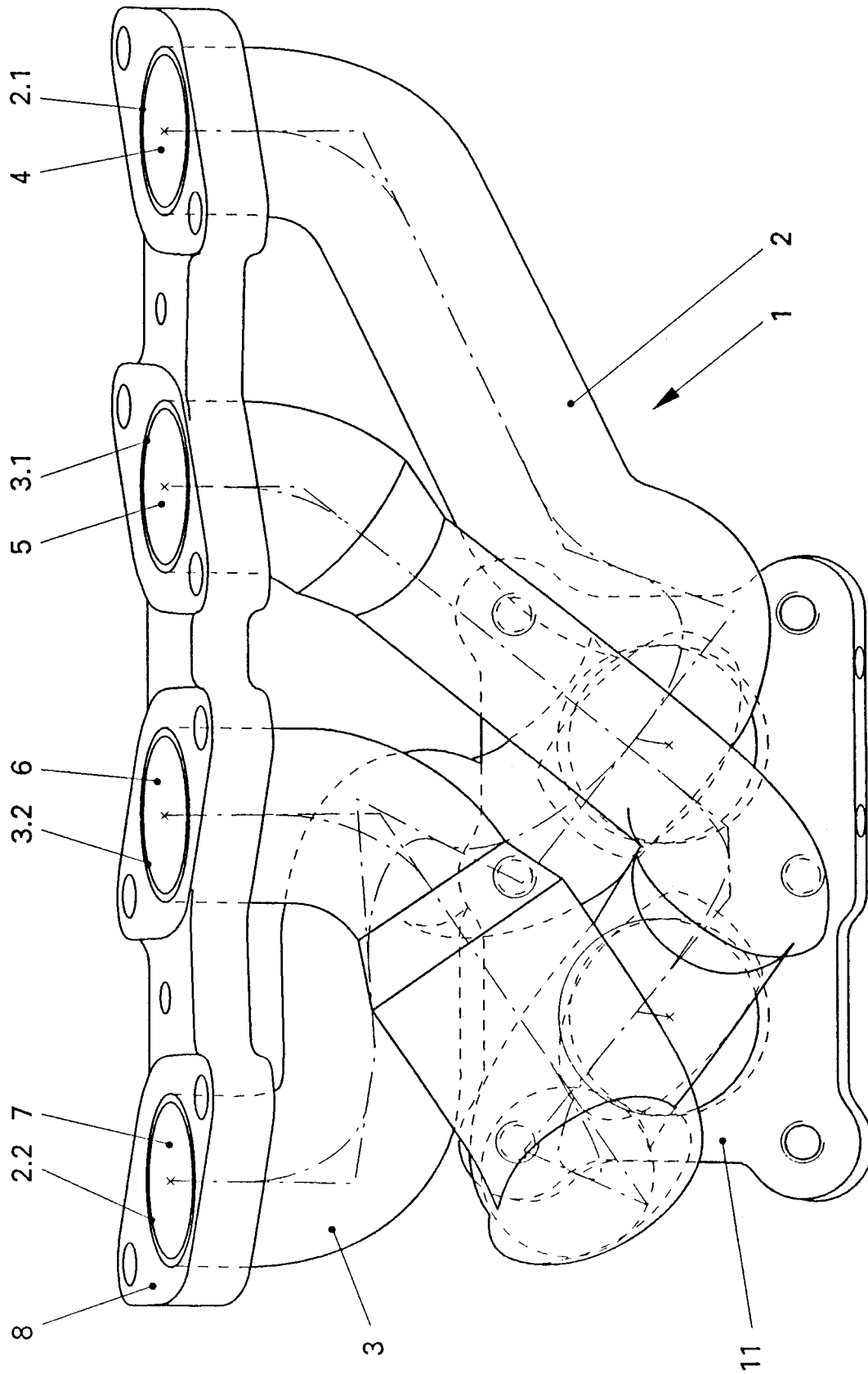
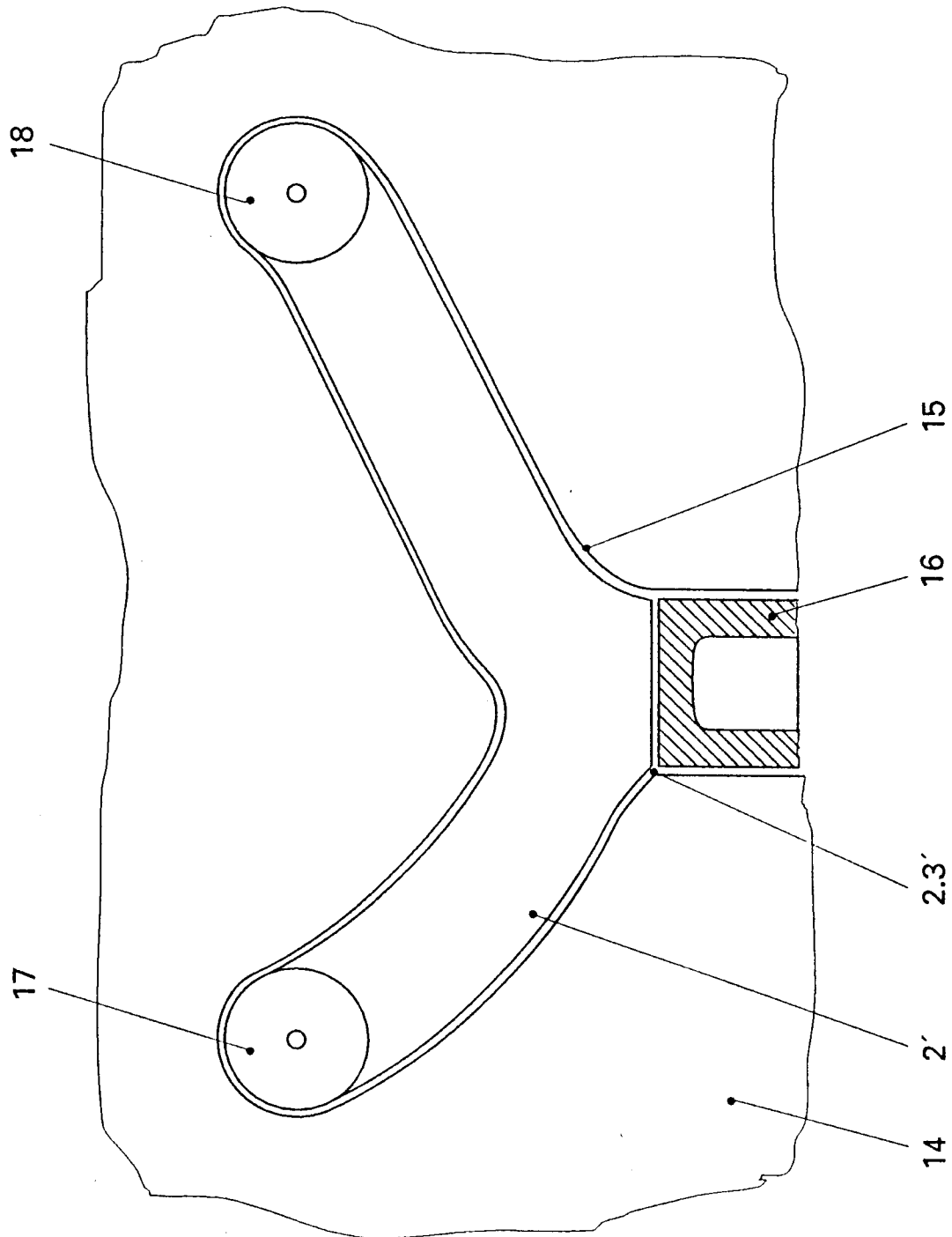


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 10 2305

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.5)
A,D	EP-A-0 321 869 (NISSAN MOTOR CO.) * Spalte 3, Zeile 44 - Spalte 4, Zeile 29; Abbildungen 1-3 *	1	F01N7/10 F01N7/18 B21D26/02

A	US-A-4 840 053 (NAKAMURA) * Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 5, Zeile 55; Abbildungen 1-13 *	1	

A	FR-A-2 527 263 (WITZENMANN GMBH METALLSCHLAUCH-FABRIK PFORZHEIM) * Seite 5, Zeile 26 - Seite 6, Zeile 2; Abbildung *	1	

A	DE-C-41 03 083 (EICHELBERG)		

A	GB-A-835 259 (FLEXONICS CORPORATION)		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.5)
			F01N B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 21. Juli 1994	Prüfer Friden, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	