(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 695 789 A5

(51) Int. Cl.: F01L 1/047 (2006.01)
F16C 3/02 (2006.01)
B21D 53/88 (2006.01)
B21K 21/16 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Gesuchsnummer: 02179/01

(22) Anmeldedatum: 27.11.2001

(30) Priorität: 03.03.2001 CH 396/01

(24) Patent erteilt: 31.08.2006

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.08.2006

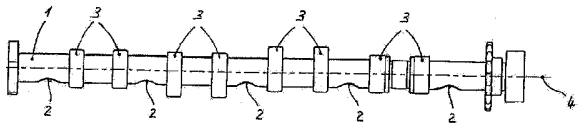
(73) Inhaber:
Krupp Presta AG, Essanestrasse
9492 Eschen (LI)

(72) Erfinder:
Walter Spiegel, 6822 Satteins (AT)
Peter Wiesner, 6713 Ludesch (AT)
Manfred Muster, 6719 Bludesch (AT)
Walter Schreiber, 9486 Schaanwald (LI)

(74) Vertreter:
Urs Wegmann Dipl. Ing. ETH, Saschela 3
9479 Oberschan (CH)

(54) Nockenwelle mit Einbuchtungen.

(57) Nockenwellenanordnungen werden bei Kraftfahrzeugmotoren immer enger zusammengebaut, so dass der Zugang zu Zylinderkopfschrauben verbaut wird. Einbuchtungen (2) entlang von zusammengesetzten Nockenwellen, welche jeweils aus einer als Rohr (1) ausgebildeten Welle mit aufgeschobenen und fixierten Nocken (3) bestehen, ermöglichen durch entsprechendes Verdrehen den freien Zugang zu Zylinderkopfschrauben auch in eingebautem Zustand. Um ein Rohr (1) verwenden zu können, für den Nockenwellenaufbau, wird erfindungsgemäss ein Presswerkzeug mit Matrizen vorgesehen, derart, dass beim Pressvorgang der Einbuchtungen (2) das Rohr (1) nicht über den Ursprungsaussendurchmesser deformiert wird und die Nockenwelle durch nachträgliches Aufschieben der Nocken (3) auf das Rohr (1) passgenau zusammengebaut werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Nockenwelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf ein Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle nach Anspruch 6.

[0002] Nockenwellen zur Steuerung von Verbrennungsmotoren für Kraftfahrzeuge werden heute in immer kompakteren Anordnungen eingebaut. Nockenwellen liegen beispielsweise aus Platzspargründen so nahe paarweise nebeneinander, dass ein direkter Zugang zu den Zylinderkopfschrauben nicht mehr möglich ist. In diesen Fällen müssen zur Demontage des Zylinderkopfes oder zum Nachziehen von Zylinderkopfschrauben solche Nockenwellen zuerst demontiert werden, was nicht sehr servicefreundlich ist und mit Zusatzkosten verbunden ist. Eine Lösung besteht nun darin, bei massiv gebauten Nockenwellen im Bereich der Zylinderkopfschrauben eine querliegende nutförmige Einbuchtung einzufrasen oder einzuschleifen. Auch ist es möglich, bei massiven gegossenen Nockenwellen die Einbuchtungen direkt zu giessen. Die Nockenwellen können dann, um Zugang zu den Zylinderkopfschrauben herzustellen, so verdreht werden, dass die Nockenwelleneinbuchtungen den Bereich der Zylinderkopfschraube freigeben.

[0003] Seit einiger Zeit werden aber zur Vereinfachung und zur Kosteneinsparung Nockenwellen nicht mehr aus einem Teil hergestellt wie gegossen, sondern als sogenannte gebaute Nockenwellen, d. h. aus mehreren Teilen zusammengesetzt hergestellt. Eine solche gebaute Nockenwelle besteht aus einem Rohr, auf welches vorgefertigte Nocken bis zu ihrer Position aufgeschoben werden und am Rohr fixiert werden. In solche Nockenwellenrohre können Einbuchtungen nicht in bekannter Weise beispielsweise durch Einfräsen angebracht werden. Ein Einfräsen würde das Rohr im Bereich der Einbuchtung so stark schwächen, dass die Belastungen im Motorbetrieb nicht ertragen würden. Würde man zur Verstärkung der ausgefrästen Einbuchtungen im Rohr in dasselbe ein weiteres Rohr oder gar eine Vollwelle einpressen, würde eine ausreichende Festigkeit in vielen Fällen immer noch nicht sichergestellt sein und die Gewichtsvorteile von gebauten hohlen Nockenwellen vermindern, wenn nicht gar vollständig aufheben und es würden zusätzliche Kosten verursacht.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, die Nachteile des vorerwähnten Standes der Technik zu beseitigen. Insbesondere besteht die Aufgabe darin, eine Nockenwelle mit einer als Rohr ausgebildeten Welle und in dessen Rohrwandung Einbuchtungen anzubringen, welche in eingebautem Zustand den Zugang zu Zylinderkopfschrauben ermöglichen, ohne den Vorteil von sogenannten gebauten Nockenwellen zu verlieren.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Anordnung nach den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie nach dem Herstellverfahren nach Anspruch 6 gelöst. Die abhängigen Ansprüche definieren weitere vorteilhafte Ausführungsformen.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass zur Herstellung von Einbuchtungen in einer als Rohr ausgebildeten Welle die Wandung im gewünschten Bereich des Rohrs derart eingepresst wird, dass die gewünschte Einkerbung in Querrichtung zur Nockenwellenachse erzeugt wird. Es ist hierbei besonders vorteilhaft, wenn beim Einpressvorgang die entstehende Deformation im Rohrwandbereich nicht zu einer Überragung des ursprünglichen Aussendurchmessers des Rohres führt. Dadurch ist gewährleistet, dass die Nocken präzise über das mit den Einbuchtungen versehene Rohr an ihre Position geschoben werden können und dort mit den üblichen Montageverfahren fixiert werden können. Die Nockenwelle kann in bekannter Weise aus dem Rohr, Nocken und den weiteren bekannten Komponenten wie Axiallagerring, Kettenrad usw. auf bekannte Art präzise nach dem Herstellen der eingepressten Einbuchtungen zusammengebaut werden als gebaute Nockenwelle.

[0007] Wie bereits erwähnt ist zu beachten, dass die Nocken nach dem Einpressvorgang präzise über diese und das Rohr geschoben werden können. Bei der Einbuchtung sollte der Rohreinzug schmal sein, damit die Nocken auch dicht neben Einbuchtungen liegen können. Hierbei darf das Rohr nicht oder nur wenig geschwächt werden wegen der notwendigen Steifigkeit gegen Knickung und Verdrehung. In der Einbuchtung wird der Rohrumfang um bis zu 30% reduziert, wobei dieser Werkstoff so verdrängt werden muss, dass kein Überstand bezogen auf den Rohraussendurchmesser entsteht. Ausserdem darf sich das Rohr beim Einbuchtungsvorgang nicht verbiegen. Bei Herstellverfahren zwischen der Erzeugung der Einbuchtung in der als Rohr ausgebildeten Welle und der Montage der Teile, insbesondere der Nocken, ist ein weiterer Verfahrenszwischenschritt unerwünscht. Zwischenschritte wie überschleifen, drehen etc. sollen vermieden werden, indem der Rohrdurchmesser durch das Einbuchtungsverfahren nicht oder nur unwesentlich vergrössert wird. Das Rohr wird zur Erzeugung der Einbuchtung passgenau am Ort der erzeugenden Einbuchtung in einer Matrize gehalten, wobei diese Matrize vorzugsweise als Vorspannwerkzeug ausgebildet ist. Die Matrize weist im Bereich der zu erzeugenden Einbuchtung eine Öffnung auf, in welcher ein Einpressstempel geführt wird. Mit diesem Einpressstempel wird die Rohrwandung derart deformiert, dass die gewünschte Einbuchtung in der Rohrwandung entsteht.

[0008] Durch präzises umschliessendes Halten des Rohres in der Matrize wird erreicht, dass beim Pressvorgang die gesamte Werkstoffverdrängung in die Wandstärke bzw. in den Innenquerschnitt des Rohres erfolgt und nicht über eine Deformation nach aussen. Mit diesem Verfahren können passgenaue Einbuchtungen erzeugt werden auf einfache und kostengünstige Art unter Verwendung der bewährten rohrförmigen Nockenwellenbautechnik bekannt als gebaute Nockenwellen.

[0009] Es ist auch möglich, eine Überragung des ursprünglichen Aussendurchmessers im Bereich der eingepressten Einbuchtung zuzulassen. Solche Deformationen können bei den üblichen Nockenwellenabmessungen bis zu einigen Millimetern betragen. Es muss dann aber darauf geachtet werden, dass solche Überragungen beim Drehen der Welle nicht in Konflikt mit den übrigen, benachbarten Teilen des Motoraggregates kommen und berühren oder gar ein Drehen verunmöglichen. Die Überragung sollte hierbei mit Vorteil höchstens so weit ausgeprägt sein, dass diese nicht in die Ebene der

Nockenlauffläche hineinragt beziehungsweise etwas davon beabstandet ist. Sollte eine Überragung zugelassen werden ist es möglich, die Nocken vor der Ausbildung der Einbuchtung über das Rohr zu ziehen und an dem dafür vorgesehenen Ort zu montieren und die Einbuchtung am Rohr danach anzubringen. Dieses Vorgehen weist zwar Vorteile gegenüber dem Stand der Technik mit eingefrästen Einbuchtungen auf, ist aber gegenüber der vorerwähnten, bevorzugten und präziseren Ausführung ohne Überragungen des Aussendurchmessers des Rohres weniger günstig im Fertigungsablauf und aufwendiger in der Herstellung.

[0010] Die Erfindung wird nun nachfolgend beispielsweise und mit schematischen Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a schematisch und in Seitenansicht eine zusammengebaute rohrförmige Nockenwelle mit erfindungsgemässen Einbuchtungen;

Fig. 1b schematisch und im Querschnitt eine rohrförmige zusammengebaute Nockenwelle mit erfindungsgemässen Einbuchtungen;

Fig. 2 schematisch und im Querschnitt eine rohrförmige Nockenwelle mit mehreren erfindungsgemäss eingepressten Einbuchtungen;

Fig. 3 schematisch und in dreidimensionaler Ansicht ein Matrizenpaar zur Aufnahme des Rohrs der Nockenwelle;

Fig. 4 schematisch und in dreidimensionaler Ansicht ein Einpressstempel;

Fig. 5 schematisch und in dreidimensionaler Ansicht eine Matrizen- und Stempelanordnung zur Erzeugung mehrer Einbuchtungen auf ein Rohr der Nockenwelle;

Fig. 6 schematisch und im Querschnitt eine rohrförmige Nockenwelle mit Einbuchtungen mit am Ende eingeschobenem Hilfsdorn.

[0011] Eine sogenannte gebaute Nockenwelle, wie sie aus verschiedenen Teilen zusammengebaut wird, ist in Seitenansicht in der Fig. 1a dargestellt. Die Nockenwelle besteht aus einer als Rohr 1 ausgebildeten Welle mit Länge 1, auf welches die Nocken 3 aufgeschoben, positioniert und befestigt sind, sowie zusätzlichen Elementen für die Lagerung und den Antrieb beispielsweise eines Antriebszahnrads. Die Nockenwelle ist im eingebauten Zustand um ihre Achse 4 drehbar gelagert angeordnet. Ersichtlich sind auch die erfindungsgemässen Einbuchtungen 2, welche entlang dem Rohr 1 entsprechend der gewünschten Position angeordnet sind, wo ein Zugang zu den Zylinderkopfschrauben in eingebautem Zustand nötig ist. Bei den immer enger werdenden Bauraumanforderungen bei den Verbrennungsmotoren, wo solche Nockenwellen vorgesehen sind, erlauben diese Einbuchtungen den Zugang zu den Zylinderkopfschrauben auch nach Einbau der Nockenwelle, wenn diese Einbuchtungen 2 entsprechend geformt sind und in Bezug auf die Zylinderkopfschrauben positioniert sind. Werden solche Nockenwellen paarweise eingebaut und stehen sehr eng beieinander, können Einbuchtungen 2 auf beiden Rohren 1 vorgesehen werden, die sich gegenüberstehen und somit den Zugang zu den Zylinderkopfschrauben ermöglichen, wenn die Nockenwellen in entsprechend ausgerichtete Position gedreht werden. In Fig. 1b ist eine Nockenwelle entsprechend der Fig. 1a im Längsschnitt dargestellt. Ein Rohr 1 mit mehreren Einbuchtungen 2 ist in Fig. 2 dargestellt. Die Einbuchtung 2 wird durch seitliches Einpressen in das Rohr 1 hergestellt, wobei die Einbuchtung 2 quer zur Längsachse 4 des Rohres 1 liegt und gegenüber dem Ursprungsaussendurchmesser d auf eine Tiefe 6 eingepresst wird, welche um bis zu 40%, vorzugsweise bis 30%, des Rohraussendurchmessers d eingepresst wird. Hierbei ist es besonders wichtig, dass durch den Einpressvorgang das Rohr nicht derart deformiert wird, dass ein Überstand gegenüber dem Ursprungsrohraussendurchmesser d entsteht. Die Nockenwellenbauteile wie die Nocken 3 könnten ansonsten nicht mehr über die Einbuchtungen auf das Rohr in ihre Position geschoben werden, oder es müsste so viel Spiel vorgesehen werden, dass die geforderte Präzision nicht mehr gewährleistet wäre.

[0012] Wie bereits erwähnt, ist das Einpressen von Einbuchtungen 2 wegen den entstehenden Deformationen problematisch und es muss dafür gesorgt werden, dass Rohre nicht unzulässig im Aussendurchmesserbereich d verformt werden beziehungsweise so vorgespannt werden, dass sie nach dem Einpressen eine bleibende Verbiegung aufweisen. Rohre, welche sich auch für Einpresstechnik eignen, bestehen aus einem Metall, wobei vorzugsweise ein Stahl St52 verwendet wird und/oder Aluminium oder ihre entsprechenden Legierungen. Zur Halterung des Rohres für den Einpressvorgang wird eine Matrize verwendet, die das Rohr derart aufnimmt, dass es beim Einpressvorgang im Aussendurchmesser nicht über den Aussendurchmesser deformiert werden kann. In Fig. 3 ist eine bevorzugte Matrize 11 dargestellt mit einer passgenauen Ausnehmung für das Rohr. Die Matrize 11 ist vorzugsweise zweiteilig ausgebildet aus einem linken Matrizenteil 12 und einem rechten Matrizenteil 13, welche sich entlang der Rohrachse 4 trennen lässt, um somit die Rohrmontage beziehungsweise Demontage zu erleichtern. In den Matrizenteilen 12, 13 ist eine bahnförmige Ausnehmung 14 vorgesehen, in welcher ein Pressstempel 10 geführt wird, derart, dass der Pressstempel präzise seitlich an das Rohr 1 herangeführt werden kann, um eine Einpressung 2 entsprechend der Ausbildung des Stempels 10 zu erzeugen. Der Pressstempel 10 besitzt eine Ausformung 15, welche den Stempelgrund bildet und entsprechend der gewünschten Einbuchtungsform 2 ausgebildet ist, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist. Auf der gegenüberliegenden Seite des Stempelgrunds 15 wird der Stempel als Stempelhalterung 16 ausgebildet, mit welcher der Stempel 10 an der Pressmaschine befestigt werden kann.

Vorteilhafterweise wird die Ausnehmung 14 an den Matrizen 12, 13 stirnseitig einseitig offen an den Matrizenteilen 12, 13 ausgebildet, womit die Anordnung leichter zu montieren beziehungsweise demontieren ist und modular aufgebaut werden kann. Dies ist vor allem auch dann vorteilhaft, wenn wie in Fig. 5 dargestellt, mehrere Presswerkzeuge hintereinander angeordnet werden sollen, um mehrere Einbuchtungen 2 erzeugen zu können. Hierbei kann der Pressvorgang durch mehrere Stempel 10 und Matrizenpaare 12, 13 gleichzeitig erfolgen oder auch sequentiell nacheinander vorgenommen werden. Weiterhin können mit dieser Technologie durch weiteres Aneinanderreihen der Presswerkzeuge 10, 12, 13 auch mehrere Rohre 1 gleichzeitig eingespannt entlang der Achsrichtung 4 und somit gleichzeitig bearbeitet werden.

[0013] Die Matrize 12, 13 wird vorzugsweise nicht in der gleichen Richtung wie der Stempel 10 zugeführt, sondern quer dazu, um zu vermeiden, dass im Werkzeugspalt ein Grat entstehen kann. Der modulare Aufbau ermöglicht ohne weiteres, eine unterschiedliche Anzahl von Einbuchtungen 2 auch in verschiedenen Abständen auf einfache Weise zu realisieren. Hierbei erfolgt die Prozessführung mit Vorteil durch eine Weg-Anschlag-Steuerung. Die vorliegende Anordnung ermöglicht, auch dickwandige Rohre auf einfache Weise umzuformen. Bei den erwähnten grossen Tiefen 6 von Einbuchtungen 2, welche mit der Innenhochdruckumformtechnik, auch bekannt als Hydroforming, nicht oder nur schwierig mit mehreren Arbeitsschritten zu realisieren wäre. Das Verfahren benötigt keine innere Gegenkraft, allein die Spannung des Rohres genügt hierbei. Die Matrize 12, 13 sollte wie gesagt das Rohr 1 passgenau aufnehmen zur Vermeidung von Rohraussendeformationen. Hierbei sollte die Präzision der Passgenauigkeit im Bereich von besser ± 5% des Rohraussendurchmessers d liegen, wobei vorzugsweise eine Vorspannung einzustellen ist. Die Form des Stempels sollte vorzugsweise, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist, als Schuh ausgeführt werden, der über das Rohr geschoben werden kann und einen Stempelgrund 15 besitzt, dessen Form auf den geforderten Einbuchtungsradius angepasst wird. Für die Auslegung dieser Formen ist die Verwendung der Finite-Element-Simulationsrechnung hilfreich. Durch das passgenaue Halten des Rohres mit der Matrize 11, insbesondere als Vorspannwerkzeug, wird erreicht, dass die gesamte Werkstoffverdrängung bei Pressvorgang in die Wandstärke w bzw. in den Innenquerschnitt des Rohres 1 erfolgt und der Aussendurchmesser d nicht vergrössert wird. Ausserdem wird bei diesem Verfahren ermöglicht, dass kein Zwischenschritt in der Produktion, wie Nachschleifen, Überdrehen etc., zwischen der Einbringung der Einbuchtungen und der Montage erforderlich wird. Dies bedeutet eine hohe Wirtschaftlichkeit des Herstellungsverfahrens. Selbst ein unter bestimmten Umständen erforderliches Nachrichten der Rohre wird die Wirtschaftlichkeit kaum reduzieren, da das automatisiert in die Prozessfolge integriert werden kann.

[0014] Zusätzlich können neben den Matrizen 12, 13 beim Einpressvorgang für die Einbuchtungen 2 im Endbereich des Rohres 1 passgenau Hilfsdorne 18, 19 eingeschoben werden, um eine Stützwirkung zu erzielen, wie dies in Fig. 6 beispielsweise dargestellt ist. Diese Massnahme verhindert, dass im Endbereich des Rohres unerwünschte Deformationen auftreten, weil die Eigenstützkraft des Rohres 1 im Endbereich ohne Gegenmassnahme verringert ist. Die Masshaltigkeit wird mit diesem Vorgehen zusätzlich verbessert. Die Präzision kann zusätzlich erhöht werden, indem der Einschubdorn 18 auf seiner Stirnfläche eine Verkleinerung des Radius um mindestens 10% aufweist, womit der Hilfsdorn näher an die zu erzeugende Einbuchtung 2 herangeführt werden kann und damit die Stabilisierwirkung weiterhin erhöht werden kann.

Patentansprüche

1. Nockenwelle mit einer als Rohr (1) ausgebildeten Welle, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (1) in der Rohrwandung mindestens eine eingepresste, nicht das Rohr umlaufende Einbuchtung (2) aufweist.
2. Nockenwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Deformationsbereich der jeweiligen eingepressten Einbuchtung (2) die Rohraussenwand den vorgegebenen Ursprungsrohrdurchmesser (d) nicht überragt.
3. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Einbuchtungen (2) am Rohr (1) vorgesehen sind und diese vorzugsweise in Rohrlängsrichtung parallel zur Rohrachse (4) ausgerichtet sind.
4. Nockenwelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Einbuchtung (2) eine Tiefe (6) von bis zu 40% des Rohraussendurchmessers (d) aufweist und die Einbuchtung (2) vorzugsweise quer zur Achsrichtung (4) liegt.
5. Nockenwelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (1) aus einem Metall besteht, vorzugsweise aus Stahl St52 und/oder Aluminium oder dessen Legierungen.
6. Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Einbuchtung (2) in die Rohrwandung einer als Rohr (1) ausgebildeten Welle eingepresst wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass beim Einpressen der Einbuchtung (2) der ursprünglich vorgegebene Rohraussendurchmesser (d) im Deformationsbereich der jeweiligen Einbuchtung (2) nicht überschritten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Einbuchtungen (2) eingepresst werden und diese vorzugsweise in Rohrlängsrichtung parallel zur Rohrachse (4) ausgerichtet werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass jede Einbuchtung (2) einzeln nacheinander eingepresst wird oder die jeweiligen Einbuchtungen (2) vorzugsweise gleichzeitig eingepresst werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Einpressvorgang durch Warm- oder Kaltumformung erfolgt, vorzugsweise mit Kaltumformung.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (1) in eine das Rohr (1) umschliessende Matrize (11) massgenau eingespannt und dass ein Stempel (10) durch eine Öffnung (14) in der Matrize (11) gegen das Rohr (1) gepresst wird, derart, dass in das Rohr (1) eine Einbuchtung (2) mit gewünschter Einbuchtungstiefe (6) erzeugt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrize (11) entlang des Rohres (1) in mindestens zwei Teile aufgetrennt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Matrize (11) das Rohr (1) mit einer Massabweichung des Rohraussendurchmessers (d) von maximal ± 5% aufnimmt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass für jede zu erzeugende Einbuchtung (2) eine abnehmbare Matrize (11) verwendet wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Nocken (3) auf das Rohr (1) aufgezogen werden und in den dafür vorgesehenen Positionen am Rohr (1) fixiert werden, in Bereichen, wo keine Einbuchtung (2) vorgesehen ist, wobei die Nocken (3) vorzugsweise nach der Ausbildung der Einbuchtung (2) auf das Rohr (1) aufgezogen und am Rohr (1) fixiert werden.

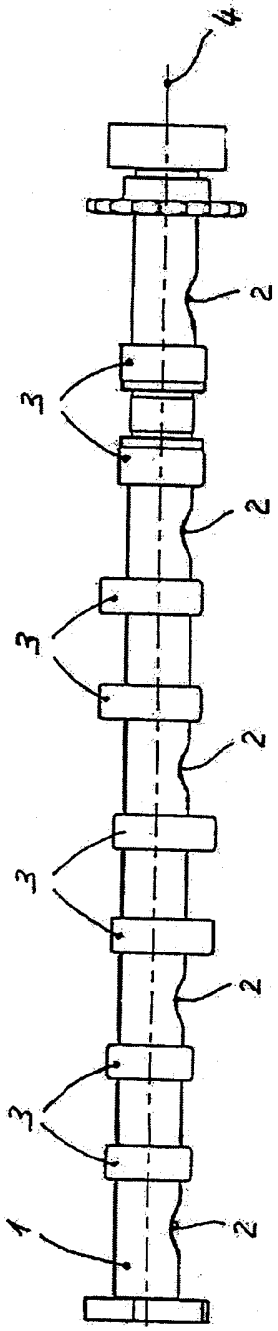


Fig. 1a

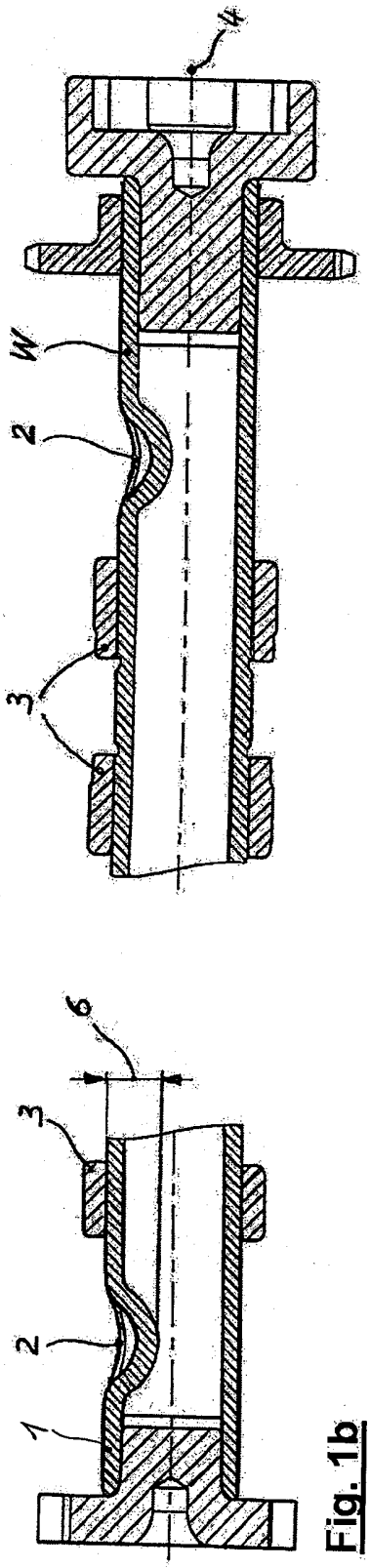


Fig. 1b

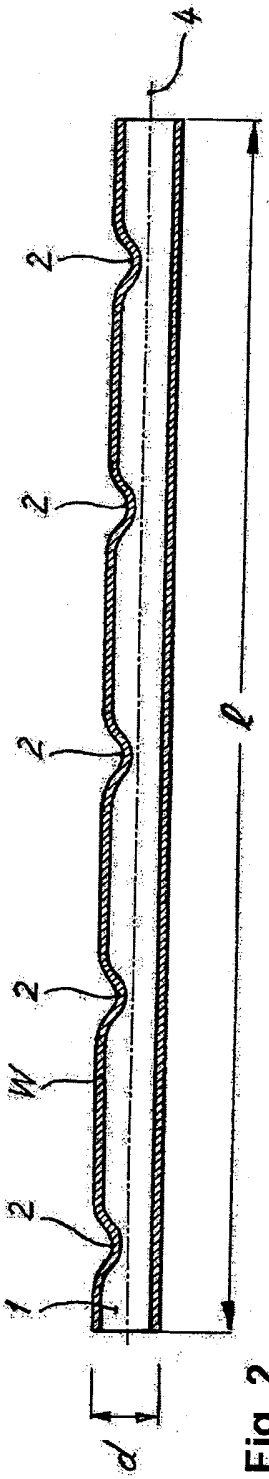


Fig. 2

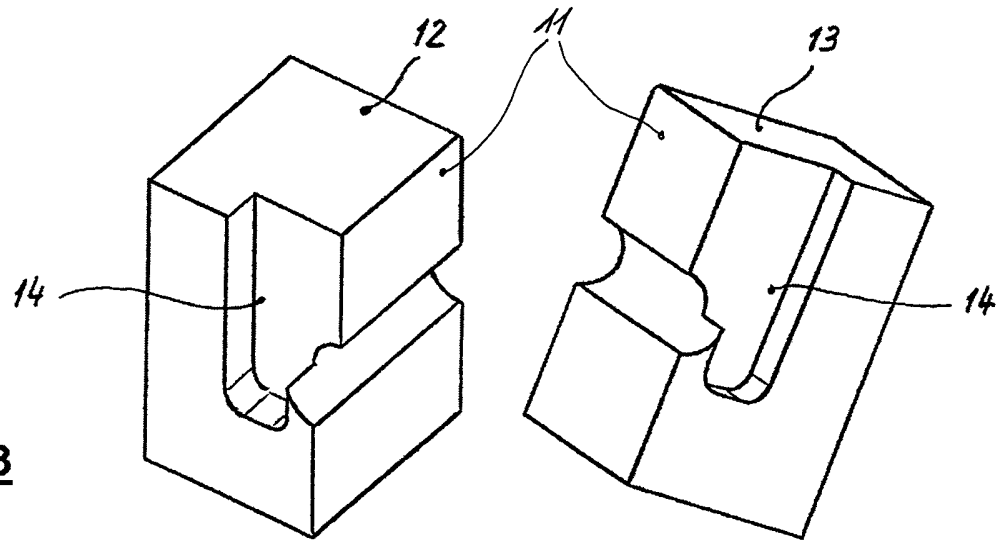


Fig. 3

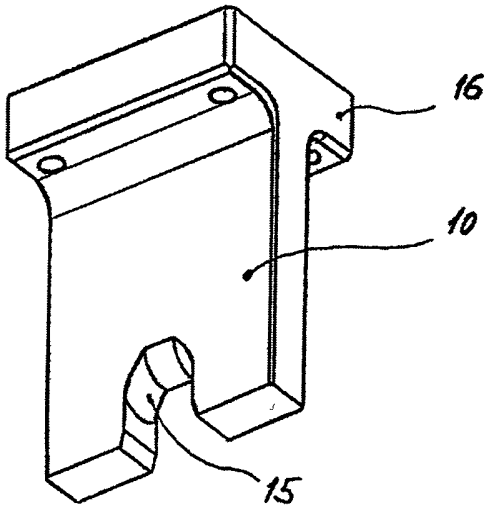


Fig. 4

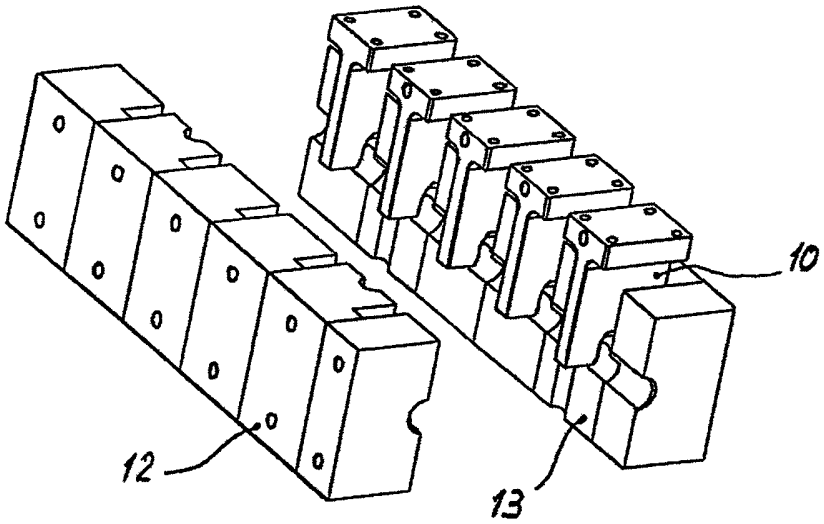


Fig. 5

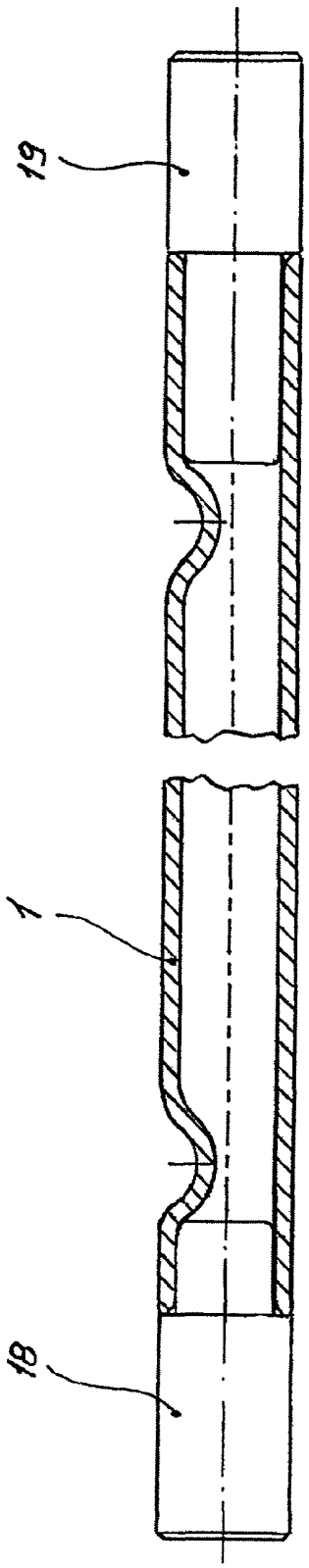


Fig. 6