



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 35 957 B4** 2005.01.20

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 35 957.1**  
(22) Anmeldetag: **06.08.2002**  
(43) Offenlegungstag: **26.02.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **20.01.2005**

(51) Int Cl.7: **B23P 9/00**  
**B23B 1/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**Hegenscheidt-MFD GmbH & Co. KG, 41812**  
**Erkelenz, DE**

(74) Vertreter:  
**COHAUSZ & FLORACK, 40211 Düsseldorf**

(72) Erfinder:  
**Heimann, Alfred, Dr.-Ing., 52078 Aachen, DE;**  
**Klomp, Reinhard, 41238 Mönchengladbach, DE;**  
**Reim, Peter, 38162 Cremlingen, DE**

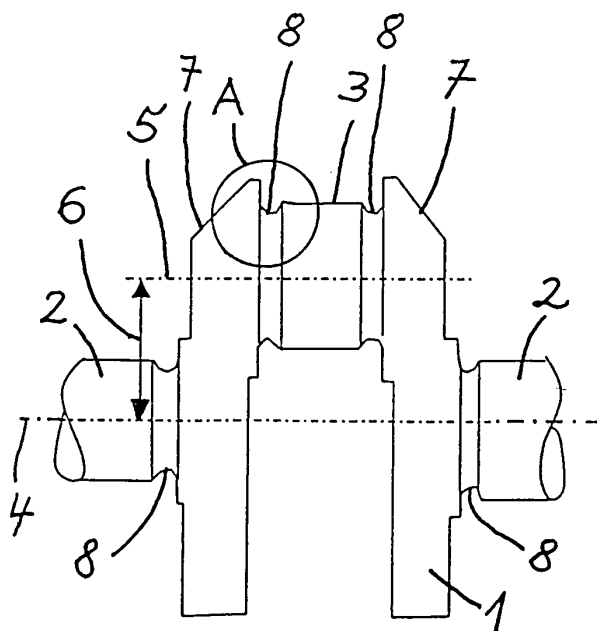
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 39 39 935 C2**  
**DE 39 16 421 C1**  
**DE 198 33 363 A1**  
**DE 197 40 290 A1**  
**DE 22 09 945 A**  
**EP 10 52 049 A2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Fertigbearbeiten von Kurbelwellen für Kraftfahrzeugmotoren**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Fertigbearbeiten der Lagerstellen an Haupt- und Pleuellagerzapfen von Kurbelwellen für Kraftfahrzeugmotoren, wobei die Kurbelwellen Abrundungen zwischen den Lagerstellen und den jeweils an die Lagerstellen angrenzenden Übergängen, wie z.B. Wangen oder Passlagern, aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Abrundungen (14) mit einem Festwalzwerkzeug festgewalzt und anschließend, unter Einhaltung eines Abstands (17) zum jeweiligen Übergang (7), die
- betreffende Lagerstelle (11) mit geringer Spantiefe (18, 20) spanabhebend bearbeitet wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fertigbearbeiten der Lagerstellen an Haupt- und Pleuellagerzapfen von Kurbelwellen für Kraftfahrzeugmotoren, wobei die Kurbelwellen Abrundungen zwischen den Lagerstellen und den jeweils an die Lagerstellen angrenzenden Übergängen, wie zum Beispiel Wangen oder Passlagern, aufweisen.

**[0002]** Zur Erhöhung der Dauerfestigkeit der Kurbelwelle von Motoren für Kraftfahrzeuge werden die Übergänge an den Lagerstellen der Haupt- und Pleuellagerzapfen festgewalzt. Dabei werden Festwalzrollen, die einen Durchmesser von etwa 15 mm und einen Abrundungsradius von etwa 1,3 mm aufweisen, mit definierter Kraft in die Radien oder Einstiche gedrückt, welche die jeweilige Lagerstelle des Haupt- oder Pleuellagerzapfens zu beiden Seiten begrenzen. Durch das Eindrücken der harten Festwalzrollen entsteht eine plastische Verformung zwischen dem Übergang, beispielsweise der Wange oder des Passlagers der Kurbelwelle, und der Lagerstelle und bringt auf diese Weise einen Zustand von Druckeigenspannungen in die Kurbelwelle ein, welcher die Dauerfestigkeit der Kurbelwelle erhöht. Dabei wird für das Festwalzen ein Teil der Breite der Lagerstelle benötigt. Von einer theoretisch maximal verfügbaren Breite zwischen zwei benachbarten Übergängen und der zugehörigen Lagerstelle eines Haupt- oder Pleuellagerzapfens steht demnach nur eine verringerte Breite als Auflage für das Pleuel oder das Hauptlager zur Verfügung. Durch die höhere Ausnutzung von Motoren, insbesondere von Dieselmotoren, entsteht der Wunsch, eine möglichst große Breite der Lagerstelle am Haupt- oder Pleuellagerzapfen ausnutzen zu können. Zwar wächst die nutzbare Lagerbreite mit sinkendem Abrundungsradius der Festwalzrolle, aber zugleich sinkt auch die dabei mit dem Festwalzen erzielbare Dauerfestigkeit der Kurbelwelle.

**[0003]** Insbesondere erhöhen Einstiche oder Hohlkehlen das Spannungsniveau an Kurbelwellen bei Biege- und Torsionsbeanspruchung, weil sie zugleich den Durchmesser am Übergang zur Wange schwächen. Das gilt gleichermaßen für Haupt- und Hublager, so dass sich in Folge der Einstiche die Beanspruchung am Übergang zur Wange weiter erhöht.

**Stand der Technik**

**[0004]** Aus der DE 198 33 363 A1 ist ein „Verfahren zur Drehbearbeitung von Rotationsflächen an Werkstücken, vorzugsweise an Kurbelwellen, und ein scheibenförmiges Werkzeug zur Durchführung des Verfahrens“ bekannt. Für die Drehbearbeitung von Kurbelwellen ist ein scheibenförmiges Werkzeug vorgesehen, das aus einem Zentriertkörper, einem Tragkörper und mehreren Werkzeugeinheiten zum Schlichten der Freistiche an den Haupt- und Pleuel-

lagerzapfen sowie weiteren Werkzeugeinheiten zum Schlichten der eigentlichen Lagerstellen an den Haupt- und Pleuellagerzapfen besteht, welche sich zwischen den Freistichen befinden. Dabei werden die Freistiche mit mehreren Werkzeugeinheiten, die je einen Schlicht-Schneideinsatz enthalten, geschlichtet. Gegenüber der Vorbearbeitung der Lagerstellen durch Schrappen erfolgt hier bekanntermaßen die Feinbearbeitung der Einstiche und Lagerstellen durch Schlichten. Somit wird eine gute Oberflächengüte und geringe Rauhtiefe an den Bearbeitungsstellen erzielt, wodurch die Dauerfestigkeit der Kurbelwelle erhöht wird.

**[0005]** Weiterhin ist aus der europäischen Patentanmeldung EP 1 052 049 A2 ein Verfahren, Werkzeug und Einrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung von Kurbelwellen bekannt geworden. Demnach kann es fertigungstechnisch günstig sein, wenn bei einer Herstellung von Kurbelwellen die Lagerzonen jeweils im ersten Bearbeitungsschritt gefräst werden, wonach im zweiten Bearbeitungsschritt jeweils die Drehbewegung des Werkzeuges in einer vorgesehenen Position beendet und in dieser die beiderseits der Lagerfläche angeordneten Rundungen oder Hohlkehlen der Lagerzapfen drehbearbeitet werden. Somit werden anwendungstechnisch erforderliche Kanten von dynamisch hoch beanspruchten Teilen gerundet oder mit Hohlkehlen ausgeführt, die schließlich zu einer Erhöhung der Dauerfestigkeit der Kurbelwelle führen.

**[0006]** Nach der DE 197 40 290 A1 ist das Festwalzen von Bauteilen an hochbelasteten Stellen grundsätzlich bekannt. Bei bestimmten Bauteilen, wie z. B. Kurbelwellen von Brennkraftmaschinen, lassen sich – als vorteilhafte Folge des Festwalzens – sogar Gewichtseinsparnisse erzielen.

**[0007]** Gemäß der DE 39 39 935 C2 ist es bekannt, bei der Herstellung von Kurbelwellen, Eindrehungen zwischen dem Übergang von Lagerstellen und Kurbelwangen einzubringen, danach die gesamte Kurbelwelle oberflächenzuhärten und abschließend nur noch die Lagerfläche spanend zu bearbeiten, so dass die tragende Lauffläche breiter wird, um höhere Belastungen des Motors zu ermöglichen.

**[0008]** Die DE 39 16 421 C1 zeigt, dass es bei der Herstellung von Kurbelwellen sinnvoll ist, zunächst die exponierten Stellen, wie den Übergang zwischen Lauffläche bzw.

**[0009]** Lagerstelle und Kurbelwange, zu bearbeiten, insbesondere zu härten, und abschließend eine spanende Endbearbeitung der Lagerstelle vorzunehmen.

**[0010]** Der DE 22 0 9 945 A ist schließlich der Hinweis zu entnehmen, dass die Übergänge zwischen

Lagerstelle und Kurbelwange zunächst fertig bearbeitet werden, insbesondere gehärtet werden, bevor die Lagerstellen dann auf Sollmaß endbearbeitet werden.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Lagerstellen von möglichst großer Breite an einer Kurbelwelle zu erzielen und dabei zugleich deren Dauerfestigkeit deutlich zu erhöhen.

**[0012]** Die Lösung dieser Aufgabe wird durch Feinbearbeitung der Kurbelwelle erzielt. Dabei kann es sich im günstigsten Falle um eine Kurbelwelle handeln, welche bei ihrer Vorbearbeitung, beispielsweise durch Gießen, Schmieden und anschließendem Härten bereits geringe Fertigungstoleranzen aufweist.

**[0013]** Erfindungsgemäß können aber auch Kurbelwellen fertig bearbeitet werden, die bereits einer spanabhebenden Bearbeitung, beispielsweise durch Fräsen, unterworfen wurden und anschließend eine Feinbearbeitung erfahren sollen. Dabei können solche Kurbelwellen nach dem Schrumpfen auch noch gehärtet worden sein.

**[0014]** Zur Lösung der Aufgabe wird vorgesehen, dass man die Abrundungen zwischen den Lagerstellen und den jeweils an die Lagerstellen angrenzenden Übergängen, wie zum Beispiel den Wangen oder Passlagern, mit einem Festwalzwerkzeug festwalzt und anschließend, unter Einhaltung eines Abstands zum jeweiligen Übergang, die betreffende Lagerstelle mit geringer Spantiefe spanabhebend bearbeitet.

**[0015]** Auf diese Weise wird nur wenig von dem durch Festwalzen verursachten günstigen Druckeigenspannungsverlauf in der Hohlkehle entfernt, so dass der Druckeigenspannungszustand der Kurbelwelle weitgehend erhalten bleibt. Auch können auf diese Weise breitere Lagerstellen erzeugt werden, als das bisher üblich war. Das wird möglich, in dem die Schleifscheibe oder das Werkzeug, mit welchen die Lagerstelle feinbearbeitet wird, den Radius im Übergang zwischen der Lagerstelle und der angrenzenden Wange nicht berührt sondern lediglich am Rand der durch das Festwalzen aufgeworfenen Einwalzzone Material weggenommen wird. In folge dessen kann der Materialabtrag bei der Fertigbearbeitung der Lagerstellen gering gehalten werden und beträgt nur noch zwischen 0,1 bis 0,3 mm. Das Verfahren eignet sich somit besonders für das Feinbearbeiten von auf der Lauffläche der Lager gehärteten Kurbelwellen, wobei die Eindringtiefe der Härtung aufgrund des kleinen Materialabtrags gering sein kann.

**[0016]** Die Einwalztiefe der Abrundungen ergibt sich aus der benötigten Dauerfestigkeitssteigerung. Sie

beträgt meist um 0,2 mm. Im Vergleich zu festgewalzten Einstichen kann die Einwalztiefe der Abrundungen geringer sein.

**[0017]** Das spanabhebende Fertigbearbeiten der Lagerstelle kann entweder mit unbestimmter Schneide, beispielsweise durch Schleifen, oder mit bestimmter Schneide, beispielsweise durch Fräsen, Drehen, Räumen, Drehräumen oder Dreh-Drehräumen erfolgen.

**[0018]** Schließlich wird der beidseitige Abstand zwischen den Übergängen und der jeweiligen Lagerstelle durch die Breite des Feinbearbeitungswerkzeugs bestimmt. Er beträgt zwischen 0,5 und 5 mm, vorzugsweise 1 mm.

**[0019]** Die so erhaltene Kurbelwelle zeichnet sich durch tangierende Radien zwischen den jeweiligen Lagerstellen und deren Übergängen aus.

**[0020]** Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben.

#### Ausführungsbeispiel

**[0021]** Es zeigen die

**[0022]** Fig. 1 einen Abschnitt einer Kurbelwelle in verkleinertem Maßstab,

**[0023]** Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Lagerzapfen einer Kurbelwelle nach Fig. 1,

**[0024]** Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt A aus einem Übergangsbereich einer Kurbelwelle und

**[0025]** Fig. 4 einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Übergangsbereich der Fig. 3 einer Kurbelwelle.

**[0026]** Die Kurbelwelle 1 hat zwei Hauptlagerzapfen 2 und einen Hublagerzapfen 3. Die Kurbelwelle 1 ist im Motorblock (nicht gezeigt) eines Kraftfahrzeugmotors mit den beiden Hauptlagerzapfen 2 um die Drehachse 4 drehbar gelagert. Die Drehachse 5 des Hublagerzapfens 3 ist von der Drehachse 4 der Kurbelwelle 1 um den Abstand 6 entfernt, welcher dem Hub entspricht. Die Übergänge zwischen den beiden Hauptlagerzapfen 2 und dem Hublagerzapfen 3 bilden die beiden Wangen 7. Zwischen den Hauptlagerzapfen 2, dem Hublagerzapfen 3 und den jeweiligen Übergängen 7 sind jeweils Hohlkehlen 8 vorgesehen. Die theoretisch verfügbare größte Lagerbreite 9 wird durch die beiden Hohlkehlen 8 auf die tatsächlich verfügbare Lagerbreite 10 reduziert, wie man das in der Fig. 2 erkennen kann.

**[0027]** Erfindungsgemäß wird nun die Lagerstelle 11, welche einem Haupt- 2 oder einem Hublagerzapfen 3 zugehört, mit Hilfe einer Festwalzrolle (nicht ge-

zeigt) festgewalzt. Der Abrundungsradius **12** der Festwalzrolle soll etwa 1,2 mm betragen. Es wird bis zu einer Einwalztiefe **13** von etwa 0,2 mm festgewalzt. Vor dem Festwalzen kann die Lagerstelle **11** spanabhebend, sei es durch Fräsen, Drehen oder Räumen vorbearbeitet und anschließend auch gehärtet worden sein.

**[0028]** Die **Fig. 4** zeigt die halbe Breite einer Lagerstelle **11**. Die Lagerstelle **11** wird im Übergangsbereich **14** zu beiden Seiten der Lagerstelle **11** festgewalzt. Dabei entstehen sogenannte „tangierende Radien“ **15**. Anschließend wird die Oberfläche **16** der Lagerstelle **11** durch Schleifen mit einer Schleifscheibe (nicht gezeigt) fertig bearbeitet. Dabei hält die Schleifscheibe zu den beiden Übergängen **7** einen Abstand **17** ein. Beispielsweise wird beim Abtragen der Oberfläche **16** mit Hilfe der Schleifscheibe in einer Tiefe **18** von 0,1 mm eine Lagerbreite **19** der Lagerstelle **11** erhalten. Beim Abtragen in einer Tiefe **20** von 0,3 mm wird hingegen nur noch eine nutzbare Lagerbreite **21** erhalten, welche geringer ist als die nutzbare Lagerbreite **19**, die bei einem Schleifabtrag von geringerer Tiefe **18** erhalten wurde. Hierbei wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass die Schleifscheibe mit welcher die Lagerstelle **11** bearbeitet wurde, an ihren Kanten jeweils einen gleichgroßen Abrundungsradius in der Größenordnung von 0,5 mm aufweist.

**[0029]** Eine theoretisch maximal erreichbare Breite **22** der Lagerstelle **11** kann allerdings nicht erzielt werden, solange vorgesehen ist, dass bei der Fertigbearbeitung des Haupt- **2** oder Hublagerzapfens **3** jeweils noch ein Abtrag **18** oder **20** der Lagerstelle **11** erfolgen soll. Anstelle einer Bearbeitung mit einer Schleifscheibe kann die Lagerstelle **11** aber auch mit einem Fräser oder einem Räumwerkzeug bei geringer Spantiefe bearbeitet werden.

**[0030]** Im Vergleich zur herkömmlichen, an sich bekannten Bearbeitung der Lagerzapfen **2** oder **3** von Kurbelwellen **1**, wie sie in der **Fig. 2** dargestellt ist, werden durch das vorliegende Verfahren wesentlich größere Lagerbreiten **19** bzw. **21** erreicht, wobei zugleich die Dauerfestigkeit der Kurbelwelle **1** dadurch erhöht wird, dass der wirksame Querschnitt der Haupt- **2** oder Hublagerzapfen **3** durch Hohlkehlen **8** nicht weiter geschwächt wird.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Kurbelwelle
<b>2</b>	Hauptlagerzapfen
<b>3</b>	Hublagerzapfen
<b>4</b>	Drehachse
<b>5</b>	Drehachse
<b>6</b>	Hub
<b>7</b>	Übergang, Wange
<b>8</b>	Hohlkehle

<b>9</b>	theoretische Lagerbreite
<b>10</b>	praktische Lagerbreite
<b>11</b>	Lagerstelle
<b>12</b>	Radius Festwalzrolle
<b>13</b>	Einwalztiefe
<b>14</b>	Übergangsbereich
<b>15</b>	tangierender Radius
<b>16</b>	Oberfläche der Lagerstelle
<b>17</b>	Abstand
<b>18</b>	Schleiftiefe
<b>19</b>	nutzbare Lagerbreite
<b>20</b>	Schleiftiefe
<b>21</b>	nutzbare Lagerbreite
<b>22</b>	theoretisch nutzbare Lagerbreite

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Fertigbearbeiten der Lagerstellen an Haupt- und Pleuellagerzapfen von Kurbelwellen für Kraftfahrzeugmotoren, wobei die Kurbelwellen Abrundungen zwischen den Lagerstellen und den jeweils an die Lagerstellen angrenzenden Übergängen, wie z.B. Wangen oder Passlagern, aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass

– die Abrundungen (**14**) mit einem Festwalzwerkzeug festgewalzt und anschließend, unter Einhaltung eines Abstands (**17**) zum jeweiligen Übergang (**7**), die – betreffende Lagerstelle (**11**) mit geringer Spantiefe (**18**, **20**) spanabhebend bearbeitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einwalztiefe (**13**) beim Festwalzen der Abrundungen (**14**) zwischen 0,1 und 0,5 mm, vorzugsweise 0,2 mm beträgt.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spantiefe (**18**, **20**) bei der abschließenden spanabhebenden Bearbeitung der Lagerstellen (**11**) zwischen 0,1 und 0,5 mm, vorzugsweise 0,25 mm beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass spanabhebend mit unbestimmter Schneide durch Schleifen gearbeitet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass mit einer Schleifscheibe gearbeitet wird, die einen Kantenradius bis 1 mm, vorzugsweise 0,5 mm, aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass spanabhebend mit bestimmter Schneide durch Fräsen, Drehen, Räumen, Drehräumen oder Dreh-Drehräumen gearbeitet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (**17**) zwischen der Wange (**7**) und der jeweiligen Lagerstelle (**11**) zwischen 0,5 und 5 mm, vorzugsweise 1 mm beträgt.

8. Kurbelwelle (1) mit Haupt- (2) und Pleuellagerzapfen (3), deren Lagerstellen (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 fertigbearbeitet wurden, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwischen den Übergängen (14) und den jeweiligen Lagerstellen (11) tangierende Radien (15) aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

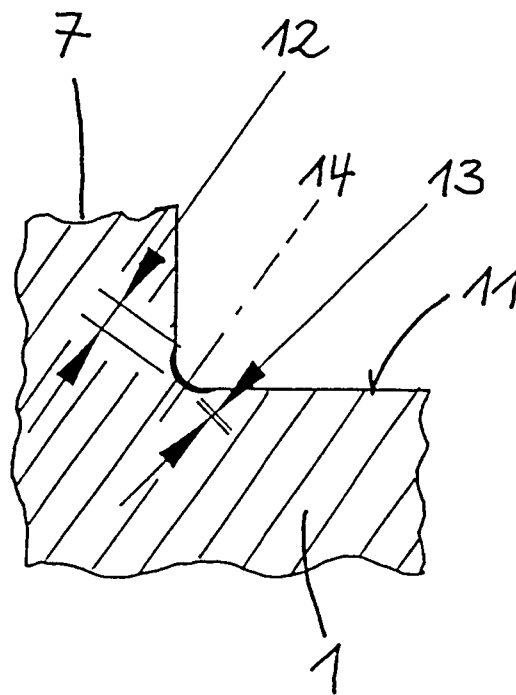


Fig. 3

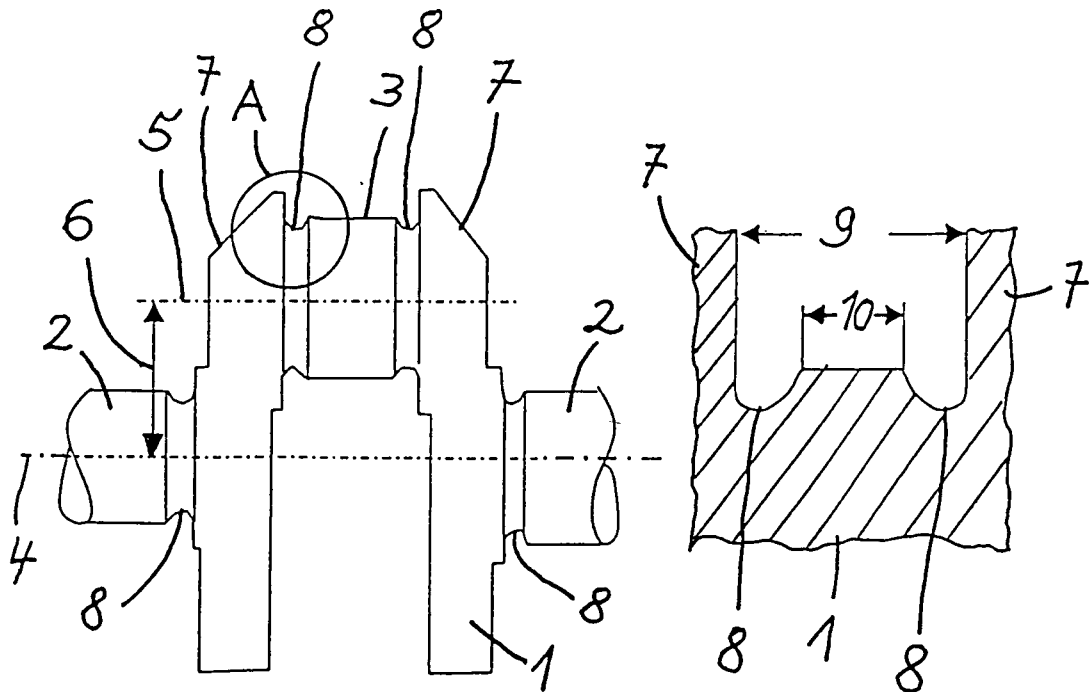


Fig. 1

Fig. 2

