(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 473 061 B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **08.11.95**

(51) Int. Cl.[6]: **F01L 1/04**, F16H 53/02, B23K 20/12

(21) Anmeldenummer: **91114051.5**

(22) Anmeldetag: **22.08.91**

(54) **Nockenwelle für Verbrennungsmotoren.**

(30) Priorität: **25.08.90 DE 4026980**
13.09.90 DE 4029026

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.03.92 Patentblatt 92/10

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.11.95 Patentblatt 95/45

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 324 500
EP-A- 0 365 757
DE-A- 3 346 056
DE-A- 3 705 114
DE-A- 3 822 329
DE-C- 3 644 577
GB-A- 1 295 988
US-A- 3 999 277
US-A- 4 445 265

(73) Patentinhaber: **MAHLE-J. WIZEMANN GmbH & Co. KG**
Haldenstrasse 7
D-70376 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Wizemann, Kurt**
Ouellenstrasse 7
W-7000 Stuttgart 50 (DE)
Erfinder: **Peppler, Peter, Dr.-Ing.**
Pfeilstrasse 26b
W-7000 Stuttgart 80 (DE)

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Uhlandstrasse 14 c
D-70182 Stuttgart (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 473 061 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Nockenwelle für Verbrennungsmotoren, mit einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil, wobei das Antriebsteil und das Funktionsteil getrennte Teile sind und das Antriebsteil an dem Funktionsteil durch Verschweißen im Bereich von Stirnflächen angefügt ist.

Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Welle für Verbrennungsmotoren aus einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil, wobei das Antriebsteil und das Funktionsteil als getrennte Teile hergestellt werden und das Antriebsteil durch stirnseitiges Verschweißen an das Funktionsteil stumpf angefügt wird.

Bei bekannten Nockenwellen für Verbrennungsmotoren wird, wenn das Funktionsteil gegossen sein soll, die gesamte Welle mitsamt dem Antriebsteil in einem Stück gegossen. Aufgrund der gießtechnischen Herstellung des Antriebsteils in einem Stück mit dem Funktionsteil kann die geometrische Form des Antriebsteils nicht frei gewählt werden, sondern ist den bei einem Gießverfahren üblichen Beschränkungen unterworfen. Darüber hinaus kann auch das Antriebsteil nicht in beliebiger Weise bearbeitet werden und somit ist auch durch die Bearbeitung die Möglichkeit, das Antriebsteil in gewünschten Formen auszubilden, eingeschränkt.

Die DE-A-33 46 056 offenbart eine Nockenwelle für Verbrennungsmotoren mit einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil.

Die Nockenwelle gemäß dieser Druckschrift ist zwar durch Reibschweißen hergestellt, jedoch durch ein Reibschweißen zwischen Stahlteilen.

Die DE-PS 36 44 577 offenbart zwar einen Reibschweißvorgang zwischen Stahl- und Gußeisen ganz allgemein jedoch ein Gußeisen mit einer ferritischen Matrix.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Nockenwelle der gattungsgemäßen Art sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Welle hinsichtlich ihrer Bauteilfestigkeit zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einer Nockenwelle der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Funktionsteil aus Grauguß hergestellt ist und eine ferritisch perlitische oder eine rein perlitische Matrix aufweist.

Auch die erfindungsgemäße Lösung hat den großen Vorteil, daß das Antriebsteil durch seine Herstellung getrennt vom Funktionsteil in beliebigen Formen durch entsprechende formgebende Bearbeitung herstellbar ist und durch das Anschweißen an das Funktionsteil dann die endgültige Welle hergestellt wird. Damit entfallen auch bei der Formgebung des Antriebsteils Rücksichtnahmen auf die Form desselben.

Ferner ist man bei der erfindungsgemäßen Lösung frei in der Werkstoffwahl für das Antriebsteil. Man kann das Funktionsteil aus dem erfindungsgemäßen, für diese Funktion geeigneten Werkstoff herstellen und das Antriebsteil aus einem zweiten für diesen geeigneten Werkstoff, so daß neben einer Funktionsoptimierung beispielsweise eine Verbesserung der Bauteilfestigkeit und/oder eine Gewichtsersparnis bei der erfindungsgemäßen Welle möglich sind.

Darüber hinaus bietet die erfindungsgemäße Lösung auch den Vorteil, das Funktionsteil nach Produktionsverfahrensschritten herzustellen, die Grauguß mit einer ferritisch perlitischen oder einer rein perlitischen MAtrix ergeben, und das Antriebsteil nach anderen Produktionsverfahrensschritten und beide nach diesen unterschiedlichen Verfahrensschritten miteinander zu verschweißen und lediglich die letzten Bearbeitungsschritte an der ganzen Welle durchzuführen.

Somit können Funktionsteil und Antriebsteil im wesentlichen ohne Rücksicht auf das jeweils andere Teil konzipiert sein.

Das Verschweißen des Antriebsteils mit dem Funktionsteil kann grundsätzlich in unterschiedlichster Art und Weise erfolgen. So ist beispielsweise eine Laserschweißung oder auch eine Elektronenstrahlschweißung möglich.

Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn das Antriebsteil mit dem Funktionsteil durch eine Reibschweißung verbunden ist, da dann die Ausrichtung des Antriebsteils zum Funktionsteil und die Gesamtlänge der beiden bereits durch das Reibschweißverfahren definiert festlegbar und somit Fluchtungsfehler zwischen diesen vermeidbar sind.

Alternativ zum Reibschweißen ist es auch möglich, daß das Antriebsteil an das Funktionsteil durch eine Lichtbogenschweißung mit umlaufendem Lichtbogen gefügt ist. Die Lichtbogenschweißung mit umlaufendem Lichtbogen ist ebenfalls eine Schweißtechnik, die Fehlausrichtungen, beispielsweise auch durch ungleichmäßige Erwärmung und unsymmetrisches Schrumpfen von Antriebsteil und Funktionsteil, vermeidet dadurch, daß durch den umlaufenden Lichtbogen eine sehr gleichmäßige Schweißung erfolgt.

Hinsichtlich der Form des Antriebsteils wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So ist es besonders vorteilhaft, wenn das Antriebsteil einen Antriebsflansch umfaßt.

Insbesondere, um bei modernen Wellen für Verbrennungsmotoren Gewicht zu sparen, ist es vorteilhaft, wenn der Antriebsflansch als Antriebsrad ausgebildet ist, was bei der erfindungsgemäß

aufgebauten Welle trotz Verwendung von Grauguß mit ferritisch perlitischer oder rein perlitischer Matrix für das Funktionsteil bearbeitungsmäßig problemlos möglich ist.

Ferner ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß das Antriebsteil einen Anschlußstutzen umfaßt, mit welchem dieses an das Funktionsteil anschweißbar ist.

Insbesondere bei all denjenigen Wellen für Verbrennungsmotoren, in welche Zusatzeinrichtungen, wie z.B. Verstelleinrichtungen, eingebaut werden sollen oder bei welchen Gewicht gespart werden soll, ist es vorteilhaft, wenn das Antriebsteil eine in dieses axial eindringende zentrale Ausnehmung aufweist, welche vorzugsweise von seiten des Antriebsflansches oder des Antriebsrades in das Antriebsteil eindringt.

Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn die zentrale Ausnehmung das Antriebsteil axial vollständig durchsetzt.

Bei einem derart ausgebildeten Antriebsteil ist es ebenfalls in einfacher Weise möglich, die zentrale Ausnehmung so auszubilden, daß diese ein Innenformschlußelement aufweist, welches kostengünstig und sehr präzise durch Räumen anstelle von Stoßen gefertigt werden kann.

Des weiteren ist es zweckmäßig, wenn das Antriebsteil eine Aufnahme für ein Axiallager für die Welle aufweist. Diese Aufnahme kann dadurch, daß eine von dem Funktionsteil unabhängige Formgebung des Antriebsteils möglich ist, in besonders kostengünstiger Weise am Antriebsteil hergestellt werden. Aus Gründen der Wärmeableitung beim Reibschweißen ist es günstig, im Anschluß an die Schweißstelle einen rohrförmigen Stutzen am Antriebsteil vorzusehen, der vorteilhafterweise das Axiallager umfaßt.

Vorzugsweise ist die Aufnahme so ausgebildet, daß sie eine Ringfläche und insbesondere auch eine Zylinderfläche aufweist, an welchen sich das Axiallager abstützt.

Dadurch, daß das Antriebsteil unabhängig von dem Funktionsteil herstellbar ist, wird bei der erfindungsgemäßen Lösung die Möglichkeit geschaffen, daß das Antriebsteil trotz einem Funktionsteil aus Grauguß mit ferritisch perlitischer oder rein perlitischer Matrix aus Stahl hergestellt ist.

Günstig ist es dabei, wenn das Antriebsteil aus Baustahl hergestellt ist.

Besonders vorteilhaft ist die Herstellung des Antriebsteils aus vergütbarem Stahl oder Einsatzstahl oder Nitrierstahl. Mit derartigen Stählen lassen sich in einfacher Weise an Teilen des Antriebsteils die Bauteileigenschaften, unabhängig von dem Funktionsteil optimieren, da ein Fügen erst nach derartigen Behandlungen, insbesondere Wärmebehandlungen, erfolgt.

Alternativ zur Herstellung des Antriebsteils aus Stahl ist es vorteilhaft, wenn das Antriebsteil aus Grauguß hergestellt ist.

Vorzugsweise wird ein Grauguß mit Kugelgraphit verwendet. Es wäre dabei denkbar, das Antriebsteil als umschmelzgehärteten Kugelgraphit auszubilden.

Besonders bei Verwendung von Grauguß für das Antriebsteil ist es vorteilhaft, wenn dieser Grauguß schalenhartgußfreier Grauguß ist.

Dieser Grauguß des Funktionsteils ist günstigerweise ein Grauguß mit Kugelgraphit.

Alternativ dazu ist es aber auch möglich, einen Grauguß mit lamellarem Graphit, vorzugsweise mit feinlamellarem Graphit und besonders bevorzugt mit D-Graphit zu verwenden.

Da beim Funktionsteil ebenfalls in besonders stark belasteten Bereichen eine Härtung erforderlich ist, ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Funktionsteil umwandlungsgehärtet oder insbesondere umschmelzgehärtet ist.

Alternativ zum Herstellen des Funktionsteils als umschmelzgehärtetes Teil ist es ebenfalls günstig, wenn das Funktionsteil aus Schalenhartguß hergestellt ist.

Das Funktionsteil kann beispielsweise als Monoteil oder als aus mehreren Elementen gefügtes Teil ausgebildet sein.

Insbesondere dann, wenn die Welle durch Reibschweißen zwischen dem Antriebsteil und dem Funktionsteil hergestellt ist, besteht die Möglichkeit, diese beiden als Vollquerschnitt stumpf gegeneinander zu schweißen. Noch besser ist es jedoch, wenn das Funktionsteil ein dem Antriebsteil zugewandtes hohles Ende aufweist, wobei in diesem Fall außerdem das Antriebsteil vorzugsweise mit der zentralen Ausnehmung versehen ist, so daß jeweils Ringflächen miteinander verschweißt werden.

Im einfachsten Fall ist dabei vorgesehen, daß das Funktionsteil eine dem Antriebsteil zugewandte Sackbohrung aufweist.

Zur Gewichtsersparnis ist es dabei aber ebenfalls möglich, wenn das Funktionsteil ein dem Antriebsteil abgewandtes hohles Ende aufweist, oder es ist auch bei extremer Gewichtsersparnis möglich, daß das Funktionsteil eine dieses in axialer Richtung durchsetzende Ausnehmung aufweist.

Bei einem im Rahmen der erfindungsgemäßen Lösung besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Welle eine Nockenwelle und das Funktionsteil ein Nockenteil derselben ist, wobei die Funktionselemente dann von den Nocken gebildet werden.

Die eingangs genannte erfindungsgemäße Aufgabe wird aber auch bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Funktionsteil aus Grauguß

mit einer ferritisch perlitischen oder einer rein perlitischen Matrix hergestellt wird.

Besonders bevorzugt ist es dabei, wenn das Antriebsteil mit dem Funktionsteil durch eine Reibschweißung verbunden wird.

Alternativ zur Reibschweißung ist auch eine Lichtbogenschweißung mit einem umlaufenden Lichtbogen möglich.

Bei der Herstellung des Antriebsteils ist es zweckmäßig, wenn dieses vor dem Schweißen formgebend vorbearbeitet wird. Beispielsweise wird das Antriebsteil von einem Rohling durch Umformen (Schmieden oder Fließpressen) hergestellt und anschließend zusätzlich vorbearbeitet.

Das Vorbearbeiten umfaßt im einfachsten Fall ein Vorbearbeiten von Aufnahmeflächen für das Schweißen, damit letzteres mit definierter Ausrichtung des Antriebsteils zum Funktionsteil erfolgen kann.

Vorzugsweise werden hierzu am Antriebsteil eine Zylinderfläche und eine stirnseitige Planfläche vorbearbeitet, die gemeinsam eine eindeutige Ausrichtung des Antriebsteils zulassen.

Dabei ist es günstig, wenn die Vorbearbeitung der Flächen auf ein Zwischenmaß erfolgt, so daß diese Flächen bei der Fertigbearbeitung nochmals eine Überarbeitung auf Endmaß erfahren.

Vorteilhaft ist eine spanend formgebende Vorbearbeitung des Antriebsteils, wobei insbesondere die Möglichkeit gegeben ist, das Antriebsteil beidseitig formgebend vorzubearbeiten.

Besonders dann, wenn das Antriebsteil noch zusätzlich eine dieses axial vollständig durchsetzende zentrale Ausnehmung aufweist, bietet das erfindungsgemäße Verfahren den großen Vorteil, daß vor dem Schweißen die das Antriebsteil axial durchsetzende zentrale Ausnehmung durch Räumen bearbeitet wird, wobei insbesondere an die Bearbeitung eines Innenformschlußelements gedacht ist.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht dabei vor, daß das Antriebsteil nach dem Schweißen formgebend fertig bearbeitet wird, da dann die erfindungsgemäße Welle als Ganzes zur Fertigbearbeitung in entsprechenden Aufnahmen gehalten werden kann.

Alternativ dazu ist es aber auch möglich, daß das Antriebsteil vor dem Schweißen zumindest teilweise formgebend fertig bearbeitet wird. Nach dem Schweißen erfolgt beispielsweise eine Fertigbearbeitung des Funktionsteils durch eine Aufnahme am fertig bearbeiteten Antriebsteil, beispielsweise zwischen Spitzen.

Besonders kostengünstig ist es, das Antriebsteil vor dem Schweißen bis auf die Anschlag- und Spannflächen fertigzubearbeiten.

In all den Fällen, in welchen die Fertigbearbeitung nach dem Schweißen erfolgt, wird vorzugsweise so vorgegangen, daß das Antriebsteil nach dem Schweißen durch eine zusätzliche Aufnahme der Welle am Funktionsteil, beispielsweise zwischen Spitzen, fertig bearbeitet wird.

Hinsichtlich der Bearbeitung des Funktionsteils selbst wurden bislang keine näheren Angaben gemacht. So sieht eine bevorzugte Vorgehensweise vor, daß das Funktionsteil nach dem Anfügen an das Antriebsteil spanend formgebend bearbeitet wird, wobei diese Bearbeitung insbesondere eine Fertigbearbeitung ist, bei welcher vorzugsweise mindestens das Funktionsteil spanend fertig bearbeitet, beispielsweise fertig geschliffen, wird.

Um eine definierte Ausrichtung des Funktionsteils zum Antriebsteil beim Schweißen zu erreichen, erfolgt zweckmäßigerweise eine Vorbearbeitung von Aufnahmeflächen zum Schweißen.

Diese Aufnahmeflächen sind insbesondere zylindrische Flächen, die auf ein vorgegebenes Maß vorbearbeitet werden. Diese zylindrischen Flächen umfassen entweder eine speziell vorgesehene Spannfläche am Funktionsteil und/oder eine spätere Lagerfläche am Funktionsteil, wobei im letztgenannten Fall vorzugsweise eine Vorbearbeitung der Lagerfläche auf ein Zwischenmaß erfolgt.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung besteht die Möglichkeit, daß eine spanende formgebende Bearbeitung des Funktionsteils erst nach dem Anschweißen des Antriebsteils erfolgt.

Alternativ dazu ist es aber auch möglich, daß das Funktionsteil vor dem Anfügen an das Antriebsteil weitgehend spanend formgebend vorbearbeitet, beispielsweise vorgeschliffen, wird.

Im Rahmen der bisherigen Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden keine näheren Ausführungen zur Bearbeitung der Schweißverbindung gemacht. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Schweißverbindung nach dem Schweißen durch Erwärmen zur Verlangsamung des Abkühlens und damit zur Härteverminderung thermisch entspannt wird. Diese Vorgehensweise bringt insbesondere dann große Vorteile, wenn das Antriebsteil und das Funktionsteil aus unterschiedlichen Materialien sind oder wenn das Antriebsteil und das Funktionsteil aus sich beim Schweißen härtenden Materialien sind.

Als besonders zweckmäßig hat es sich dabei erwiesen, wenn die Schweißverbindung zum Entspannen induktiv erwärmt wird.

Schließlich hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die Schweißverbindung, um Kerbeffekte zu vermeiden und die Bauteilfestigkeit zu verbessern, spanabhebend nachbearbeitet wird, um beispielsweise einen Schweißwulst zu entfernen.

Weitere Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Welle sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung derselben sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der

zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Teil eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Welle;

Fig. 2 einen Längsschnitt durch das erste Ausführungsbeispiel in Fig. 1 und

Fig. 3 eine Teilansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Welle.

Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Welle, ausgebildet als Nockenwelle, umfaßt ein als Ganzes mit 10 bezeichnetes Nockenteil, an welchem Nocken 12 angeformt sind.

Dieses Nockenteil ist vorzugsweise aus Kugelgraphit aufweisendem Grauguß in Form von Schalenhartguß hergestellt.

An dem Nockenteil 10 ist durch eine Schweißverbindung 14 ein als Ganzes mit 16 bezeichnetes Antriebsteil gehalten, welches einen Antriebsflansch 18 aufweist, an welchem ein Antriebsrad 20 befestigbar ist. Von diesem Antriebsflansch weg erstreckt sich in Richtung des Nockenteils ein als Ganzes mit 22 bezeichneter Anschlußstutzen, welcher an den Antriebsflansch 18 unmittelbar angeformt ist und sich bis zur Schweißverbindung 14 erstreckt. Dieser Anschlußstutzen umfaßt eine als Ganzes mit 24 bezeichnete Aufnahme für ein Axiallager der Nockenwelle, welche eine Zylinderfläche 26 und zwei einander gegenüberliegende und die Zylinderfläche 26 begrenzende Ringflächen 28 und 30 aufweist.

Ferner umfaßt das Antriebsteil 16, wie in Fig. 2 dargestellt, eine zentrale Ausnehmung 32, welche sich koaxial zu einer Achse 34 des Antriebsteils 16 in dieses hineinerstreckt, und zwar von seiten des Antriebsflansches 18 bis zur Schweißverbindung 14. Im Anschluß an den Antriebsflansch ist dabei die Ausnehmung 32 mit einer als Innenformschlußelement dienenden Verzahnung 36 versehen, in welche beispielsweise Zusatzaggregate zu der Nockenwelle, vorzugsweise eine Nockenverstellung mit Gegenformschlußelementen, einsetzbar sind.

An die Ausnehmung 32 schließt sich eine endseitige Ausnehmung 38 des Nockenteils an, welche sich koaxial zu einer Rotationsachse 40 in ein als Ganzes mit 42 bezeichnetes vorderes Ende des Nockenteils 10 hineinerstreckt, und zwar bis zu einem Boden 44, welcher die endseitige Ausnehmung 38 abschließt. Dabei hat vorzugsweise die endseitige Ausnehmung 38 denselben Durchmesser wie die Ausnehmung 32.

Im verschweißten Zustand sind das Antriebsteil 16 und das Nockenteil 10 koaxial zueinander ausgerichtet, so daß die Achsen 34 und 40 zusammenfallen.

Das Antriebsteil 16 ist seinerseits vorzugsweise aus vergütetem Baustahl hergestellt und durch eine Reibschweißung mit dem Nockenteil 10 verschweißt, wobei das Antriebsteil 16 und das Nockenteil mit einander zugewandten stumpfen Stirnflächen 40 bzw. 50 gegeneinander gepreßt und geschweißt sind, und ein Schweißwulst 46, welcher die Schweißverbindung 14 umgibt, entsteht.

Um das Nockenteil 10 zum Reibschweißen aufnehmen zu können, ist dieses mit einer der Stirnfläche 50 naheliegenden Spannfläche 52 versehen, welche vor dem Reibschweißen auf einen Spanndurchmesser bearbeitet ist.

Ferner weist das Nockenteil 10 noch Lagerflächen 54 auf, wobei eine Lagerfläche, beispielsweise die Lagerfläche 54a ebenfalls auf einen Zwischendurchmesser vorbearbeitet ist, um eine zusätzliche Fläche für ein Spannen des Nockenteils 10 zum Reibschweißen zu erhalten.

Die Bearbeitung der Spannfläche 52 und der Lagerfläche 54a erfolgt durch Aufnahme des Nockenteils 10 zwischen Spitzen an dem vorderen Ende 42 und einem hinteren Ende 56.

Ferner ist das Antriebsteil 16 im Bereich seines Antriebsflansches 18 und einer Stirnfläche 58 desselben auf ein Zwischenmaß vorbearbeitet, so daß mittels der Stirnfläche 58 und dem Antriebsflansch 18 eine Aufnahme des Antriebsteils 16 für das Reibschweißen erfolgen kann.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das Nockenteil 10 aus unlegiertem Kugelgraphitguß mit einer perlitischen Matrix hergestellt, wobei das Graugußeisen mit Kugelgraphit folgende Zusammensetzung aufweist:

C 2,90 - 3,90 %
Si 1,20 - 2,60 %
Mn 0,10 - 1,20 %
P 0,04 - 0,10 %
S 0,005 - 0,015 %
Cr 0,05 - 0,50 %
Cu 0,25 - 1,00 %,

und wobei die carbidstabilisierenden Spurenelemente, wie Wismuth, Zinn, Selen, Tellur, Antimon, Molybdän, Vanadium und Titan, eine Summenkonzentration von mehr als 0,15 % aufweisen.

Erfindungsgemäß umfaßt das Gefüge legierten oder unlegierten Grauguß mit ferritisch-perlitischer oder rein perlitischer Matrix, legiert vorzugsweise mit Mo und Ni, um vor dem Reibschweißen das Funktionsteil durch eine geeignete Wärmebehandlung mit einer bainitischen Matrix zu versehen.

Besonders vorteilhaft ist ein Ausführungsbeispiel, bei welchem das Nockenteil 10 aus Kugelgraphitguß mit einer perlitischen Matrix hergestellt wird, wobei das Graugußeisen mit Kugelgraphit folgende Zusammensetzung aufweist:

C 3,60 - 3,90 %
Si 1,90 - 2,60 %
Mn 0,10 - 0,50 %
P 0,04 - 0,10 %

S 0,005 - 0,015 %
Cr 0,05 - 0,15 %
Cu 0,25 - 0,50 %,

und wobei die carbidstabilisierenden Spurenelemente wie Wismuth, Zinn, Selen, Tellur, Antimon, Molybdän, Vanadium und Titan eine Summenkonzentration von mehr als 0,15 % aufweisen.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 3, sind, insoweit als dieses dieselben Teile wie das erste Ausführungsbeispiel aufweist, dieselben Bezugszeichen verwendet, so daß diesbezüglich auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel verwiesen werden kann.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel ist allerdings anstelle des Antriebsflansches 18 unmittelbar ein Antriebsrad 20 an den Anschlußstutzen 22 angeformt, so daß das Antriebsteil 16 selbst unmittelbar das Antriebsrad 20 aufweist.

Beide Ausführungsbeispiele werden vorzugsweise so hergestellt, daß das Nockenteil 10 gegossen und das Antriebsteil 16 durch spanende Bearbeitung formgebend vorbearbeitet werden. Dieses vorbearbeitete Antriebsteil 16 und das gegossene Nockenteil 10 werden anschließend durch die Reibschweißung miteinander verbunden, wobei der Schweißwulst 46 entsteht.

Die nunmehr zusammengefügte Nockenwelle wird im Bereich der Schweißverbindung 14 soweit erforderlich entspannt, wozu möglichst unmittelbar nach dem Reibschweißen die Nockenwelle in eine separate Position überführt, die Schweißverbindung 14 induktiv erwärmt und langsam zur Härteverminderung abgekühlt wird.

Anschließend erfolgt ein spanabhebendes Nachbearbeiten der Schweißverbindung 14, insbesondere des Schweißwulstes 46.

Bei der nunmehr als Ganzes vorliegenden Nokkenwelle wird zuerst das Nockenteil, insbesondere die Lagerflächen und danach die Nocken, durch Aufnahme zwischen Spitzen und mit den üblichen bekannten Schleifverfahren fertig bearbeitet, so daß der Nockenteil 10 in seiner endgültig geschliffenen Form vorliegt.

Gleichzeitig mit der Bearbeitung des Nockenteils 10 wird die Fertigbearbeitung des Antriebsteils 16 durch Überdrehen oder Schleifen, insbesondere des Axiallagers desselben, vorgenommen, so daß schließlich die Nockenwelle in fertig bearbeitetem Zustand vorliegt, bei welcher sämtliche Abmessungen die gleichen Toleranzen aufweisen, wie bei einer aus einem Stück gegossenen und bearbeiteten bekannten Nockenwelle.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Nockenwelle wird folgendermaßen hergestellt:
Nach dem Herstellen des Nockenteils 10 zum Beispiel als Schalenhartgußteil wird dieses abgelängt und am Ende 56 mit einer Zentrierung vorbearbeitet sowie am Ende 42 mit einem Hilfszentrum versehen. Anschließend erfolgt eine Aufnahme des Nockenteils zwischen Spitzen und eine Vorbearbeitung desselben zur Herstellung der Spannfläche 52 auf ein definiertes Maß und einer Vorbearbeitung der Lagerfläche 54a auf einen Zwischendurchmesser, der größer ist als der spätere Durchmesser der Lagerfläche 54. Vorzugsweise erfolgt dieses Vorbearbeiten der Spannfläche und der Lagerfläche 54a durch Schleifen.

Anschließend erfolgt nach Aufnahme des Nockenteils 10 an der Spannfläche 52 und der Lagerfläche 54a eine Bearbeitung des Endes 42 auf eine definierte Länge und einen gewünschten Durchmesser der Bohrung 38.

Vor dem Reibschweißen erfolgt ferner ein Vorbearbeiten des Antriebsteils 16 im Bereich des Flansches 18 und dessen Stirnfläche 58, wobei beide auf ein Zwischenmaß vorbearbeitet werden. Zusätzlich wird bei der Vorbearbeitung des Antriebsteils 16 eine Bearbeitung der Bohrung 32 und der Innenverzahnung 36 durchgeführt.

Im Falle des Ausführungsbeispiels gemäß Fig.3 wird auch das Antriebsrad 20 vor dem Reibschweißen spanend ausgebildet. In diesem Fall wird das Antriebsteil 16 zum Zweck des Reibschweißens im Bereich des Axiallagers 24 gespannt.

Zum Reibschweißen werden - wie bereits erwähnt - das Antriebsteil 16 im Bereich des Antriebsflansches 18 und der Stirnfläche 58 als Anlagefläche sowie das Nockenteil 10 an der Spannfläche 52 und der Lagerfläche 54a aufgenommen und verschweißt.

Nach dem Reibschweißen erfolgt eine Aufnahme der nunmehr als fertig gefügtes Teil vorliegenden Nockenwelle an dem hinteren Ende 56 und dem Antriebsteil 16 in den vorher gefertigten Zentren zwischen Spitzen.

Nunmehr erfolgt eine Gesamtbearbeitung der Nockenwelle, welche eine Bearbeitung des Antriebsflansches 18 im Bereich seiner Flanschaußenfläche und der Stirnfläche 58 auf Endmaß sowie eine Bearbeitung sämtlicher Lagerflächen 54 sowie des Axiallagers mit der Zylinderfläche 26 und den Ringflächen 28 und 30 auf Endmaß und anschließend ein Schleifen der Nocken 12 umfaßt.

Patentansprüche

1. Nockenwelle für Verbrennungsmotoren, mit einem Funktionselemente (12) aufweisenden Funktionsteil (10) und einem an dem Funktionsteil (10) gehaltenen Antriebsteil (16), wobei das Antriebsteil (16) und das Funktionsteil (10) getrennte Teile sind und das Antriebsteil (16) an dem Funktionsteil (10) durch Verschweißen im Bereich von Stirnflächen angefügt ist,
dadurch gekennzeichnet,

daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß hergestellt ist und eine ferritisch perlitische oder eine rein perlitische Matrix aufweist.

2. Nockenwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) an das Funktionsteil (10) durch eine Reibschweißung angeschweißt ist.

3. Nockenwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) an das Funktionsteil (10) durch eine Lichtbogenschweißung mit umlaufendem Lichtbogen angeschweißt ist.

4. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) einen Antriebsflansch (18) umfaßt.

5. Nockenwelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsflansch als Antriebsrad (20) ausgebildet ist.

6. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) einen Anschlußstutzen (22) umfaßt, mit welchem dieses an das Funktionsteil (10) anschweißbar ist.

7. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) eine in dieses axial eindringende zentrale Ausnehmung (32) aufweist.

8. Nockenwelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zentrale Ausnehmung (32) ein Innenformschlußelement (36) aufweist.

9. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) eine Aufnahme (24) für ein Axiallager für die Welle aufweist.

10. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Stahl hergestellt ist.

11. Nockenwelle nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Baustahl hergestellt ist.

12. Nockenwelle nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus vergütbarem Stahl hergestellt ist.

13. Nockenwelle nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Einsatzstahl hergestellt ist.

14. Nockenwelle nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Nitrierstahl hergestellt ist.

15. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Grauguß hergestellt ist.

16. Nockenwelle nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) aus Grauguß mit Kugelgraphit hergestellt ist.

17. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit Kugelgraphit hergestellt ist.

18. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit feinlamellarem Graphit hergestellt ist.

19. Nockenwelle nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit D-Graphit hergestellt ist.

20. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus umwandlungshärtbarem Grauguß hergestellt ist.

21. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Schalenhartguß hergestellt ist.

22. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) ein Monoteil ist.

23. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, das das Funktionsteil (10) ein aus mehreren Elementen gefügtes Teil ist.

24. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) ein dem Antriebsteil (16) zugewandtes hohles Ende (42) aufweist.

25. Verfahren zum Herstellen einer Welle für Verbrennungsmotoren aus einem Funktionselemente (12) aufweisenden Funktionsteil (10) und einem an dem Funktionsteil (10) gehaltenen Antriebsteil (16), wobei das Antriebsteil (16) und das Funktionsteil (10) als getrennte

Teile hergestellt werden und das Antriebsteil (16) durch stirnseitiges Verschweißen an das Funktionsteil (10) stumpf angefügt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit einer ferritisch perlitischen oder einer rein perlitischen Matrix hergestellt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) mit dem Funktionsteil (10) durch eine Reibschweißung verbunden wird.

27. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) mit dem Funktionsteil (10) durch eine Lichtbogenschweißung mit umlaufendem Lichtbogen verbunden wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) vor dem Schweißen formgebend vorbearbeitet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) vor dem Schweißen spanend formgebend vorbearbeitet wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) nach dem Schweißen formgebend fertig bearbeitet wird.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) nach dem Schweißen durch Aufnehmen der Welle am Funktionsteil (10) fertig bearbeitet wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (16) vor dem Schweißen formgebend fertig bearbeitet wird.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) nach dem Anfügen an das Antriebsteil (16) spanend formgebend bearbeitet wird.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) nach dem Anschweißen an das Antriebsteil (16) fertig bearbeitet wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) nach dem Anschweißen an das Antriebsteil (16) mindestens fertig geschliffen wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) vor dem Anschweißen an das Antriebsteil (16) spanend formgebend vorbearbeitet wird.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) vor dem Anschweißen (16) an das Antriebsteil vorgeschliffen wird.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Schweißverbindung (14) durch Erwärmen und langsames Abkühlen zur Härteverminderung entspannt wird.

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Verbindung (14) induktiv erwärmt wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 39, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Verbindung (14) spanabhebend nachbearbeitet wird.

Claims

1. Camshaft for internal combustion engines with a functional part (10) having functional elements (12) and a driving part (16) held by functional part (10), whereby driving part (16) and functional part (10) are separate parts and driving part (16) is joined to functional part (10) by welding at end faces,
with the distinguishing feature
that functional part (10) is manufactured from grey cast iron and has a ferritic-pearlitic or purely pearlitic matrix.

2. Camshaft according to Claim 1, with the distinguishing feature that driving part (16) is friction-welded to functional part (10).

3. Camshaft according to Claim 1, with the distinguishing feature that driving part (16) is arc-welded to functional part (10) with a continuous weld seam.

4. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that driving part (16) embraces a drive flange (18).

5. Camshaft according to Claim 4, with the distinguishing feature that the drive flange takes the form of drive wheel (20).

6. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that driving part (16) embraces a connecting piece (22) with which said part can be welded to functional part (10).

7. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that driving part (16) has a central recess (32) which penetrates it in an axial direction.

8. Camshaft according to Claim 7, with the distinguishing feature that central recess (32) has an internal interlocking element (36).

9. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that driving part (16) has a recess (24) for a thrust bearing for the shaft.

10. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from steel.

11. Camshaft according to Claim 10, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from structural steel.

12. Camshaft according to Claim 11, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from heat treatable steel.

13. Camshaft according to Claim 11, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from case hardening steel.

14. Camshaft according to Claim 11, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from nitriding steel.

15. Camshaft according to one of the Claims 1 to 9, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from grey cast iron.

16. Camshaft according to Claim 15, with the distinguishing feature that driving part (16) is manufactured from spheroidal graphite cast iron.

17. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from spheroidal graphite cast iron.

18. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from fine flake graphite cast iron.

19. Camshaft according to Claim 18, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from interdendritic graphite cast iron.

20. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from transformation hardening cast iron.

21. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from chilled cast iron.

22. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) is a single-element part.

23. Camshaft according to one of the Claims 1 to 21, with the distinguishing feature that functional part (10) is a part comprising several connected elements.

24. Camshaft according to one of the preceding Claims, with the distinguishing feature that functional part (10) has a hollow end (42) facing driving part (16).

25. Technique for manufacturing a shaft for internal combustion engines from a functional part (10) having functional elements (12) and a driving part (16) held by functional part (10), whereby driving part (16) and functional part (10) are manufactured as separate parts and driving part (16) is butt-welded to function part (10) by its end face, with the distinguishing feature that functional part (10) is manufactured from grey cast iron with a ferritic-pearlitic or purely pearlitic matrix.

26. Technique according to Claim 25, with the distinguishing feature that driving part (16) is friction-welded to functional part (10).

27. Technique according to Claim 25, with the distinguishing feature that driving part (16) is arc-welded to functional part (10) with a continuous weld seam.

28. Technique according to one of the Claims 25 to 27, with the distinguishing feature that driving part (16) is pre-shaped before the welding operation.

29. Technique according to Claim 28, with the distinguishing feature that driving part (16) is pre-shaped by cutting before the welding op-

eration.

30. Technique according to one of the Claims 25 to 29, with the distinguishing feature that driving part (16) is finish-shaped after the welding operation.

31. Technique according to Claim 30, with the distinguishing feature that driving part (16) is finished by accommodating the shaft at functional part (10) after the welding operation.

32. Technique according to one of the Claims 25 to 29, with the distinguishing feature that driving part (16) is finish-shaped before the welding operation.

33. Technique according to one of the Claims 25 to 32, with the distinguishing feature that functional part (10) is shaped by cutting after it is joined to driving part (16).

34. Technique according to Claim 33, with the distinguishing feature that functional part (10) is finish-machined after it is welded to driving part (16).

35. Technique according to Claim 34, with the distinguishing feature that functional part (10) is at least finish-ground after it is welded to driving part (16).

36. Technique according to one of the Claims 25 to 35, with the distinguishing feature that functional part (10) is pre-shaped by cutting before it is welded to driving part (16).

37. Technique according to Claim 36, with the distinguishing feature that functional part (10) is pre-ground before it is welded to driving part (16).

38. Technique according to one of the Claims 25 to 37, with the distinguishing feature that weld joint (14) is stress-relieved by heating and slow cooling to reduce the hardness.

39. Technique according to Claim 38, with the distinguishing feature that weld joint (14) is heated by induction.

40. Technique according to one of the Claims 25 to 39, with the distinguishing feature that weld joint (14) is finish-machined.

Revendications

1. Arbre à cames pour moteurs à combustion interne comportant une partie fonctionnelle (10) présentant des éléments fonctionnels (12) et une partie entraînement (16) fixée à la partie fonctionnelle, la partie entraînement (16) et la partie fonctionnelle (10) étant des parties séparées et la partie entraînement (16) étant fixée à la partie fonctionnelle (10) par soudage au niveau des faces,
caractérisé en ce que
la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte grise et présente une matrice ferrito-perlitique ou purement perlitique.

2. Arbre à cames selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est soudée à la partie fonctionnelle (10) par soudage par friction.

3. Arbre à cames selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est soudée à la partie fonctionnelle (10) par soudage à l'arc avec un arc rotatif.

4. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) comporte une bride d'entraînement (18).

5. Arbre à cames selon la revendication 4, caractérisé en ce que la bride d'entraînement est conçue comme une roue d'entraînement (20).

6. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) comporte un embout de raccordement (22) par lequel elle peut être soudée à la partie fonctionnelle (10).

7. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) présente un évidement central (32) pénétrant axialement dans celle-ci.

8. Arbre à cames selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'évidement central (32) présente un élément à fermeture géométrique intérieure (36).

9. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) présente un logement (24) pour une butée d'arbre.

10. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie

entraînement (16) est réalisée en acier.

11. Arbre à cames selon la revendication 10, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en acier de construction.

12. Arbre à cames selon la revendication 11, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en acier apte à la trempe et au revenu.

13. Arbre à cames selon la revendication 11, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en acier de cémentation.

14. Arbre à cames selon la revendication 11, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en acier pour nitruration.

15. Arbre à cames selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en fonte grise.

16. Arbre à cames selon la revendication 15, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est réalisée en fonte grise à graphite sphéroïdal.

17. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte grise à graphite sphéroïdal.

18. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte grise à graphite finement lamellaire.

19. Arbre à cames selon la revendication 18, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte grise à graphite D.

20. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte grise apte à la trempe de transformation.

21. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en fonte moulée trempée en surface.

22. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est réalisée en un seul élément.

23. Arbre à cames selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est constituée de plusieurs éléments.

24. Arbre à cames selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) présente une extrémité creuse dirigée vers la partie entraînement (16).

25. Procédé de fabrication d'un arbre pour moteurs a combustion interne constitué d'une partie fonctionnelle (10) présentant des éléments fonctionnels (12) et d'une partie entraînement (16) fixée à la partie fonctionnelle (10), la partie entraînement (16) et la partie fonctionnelle (10) étant fabriqués sous forme d'éléments séparés et la partie entraînement (16) étant fixée bout à bout à la partie fonctionnelle (10) par soudage des faces, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) en fonte grise est fabriquée avec une matrice ferrito-perlitique ou purement perlitique.

26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est assemblée à la partie fonctionnelle (10) par soudage par friction.

27. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est assemblée à la partie fonctionnelle (10) par soudage à l'arc avec un arc rotatif.

28. Procédé selon l'une des revendications 25 à 27, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est préusinée avant le soudage.

29. Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) est usinée par enlèvement de copeaux avant le soudage.

30. Procédé selon l'une des revendications 25 à 29, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) subit un usinage de finition après le soudage.

31. Procédé selon la revendication 30, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) subit un usinage de finition après le soudage par réception de l'arbre à la partie fonctionnelle (10).

32. Procédé selon l'une des revendications 25 à 29, caractérisé en ce que la partie entraînement (16) subit un usinage de finition avant le soudage.

33. Procédé selon l'une des revendications 25 à 32, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est usinée par enlèvement de copeaux après assemblage à la partie entraînement (16).

34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) subit un usinage de finition après soudage sur la partie entraînement (16).

35. Procédé selon la revendication 34, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est au moins finie par meulage après le soudage sur la partie entraînement (16).

36. Procédé selon l'une des revendications 25 à 35, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est préusinée par enlèvements de copeaux avant soudage sur la partie entraînement (16).

37. Procédé selon la revendication 36, caractérisé en ce que la partie fonctionnelle (10) est prérectifiée avant soudage sur la partie entraînement (16).

38. Procédé selon l'une des revendications 25 à 37, caractérisé en ce que la soudure (14) est détendue par chauffage et refroidissement lent pour diminuer la dureté.

39. Procédé selon la revendication 38, caractérisé en ce que la soudure (14) est chauffée par induction.

40. Procédé selon l'une des revendications 25 à 39, caractérisé en ce que la soudure (14) est réusinée par enlèvement de copeaux.

FIG. 1

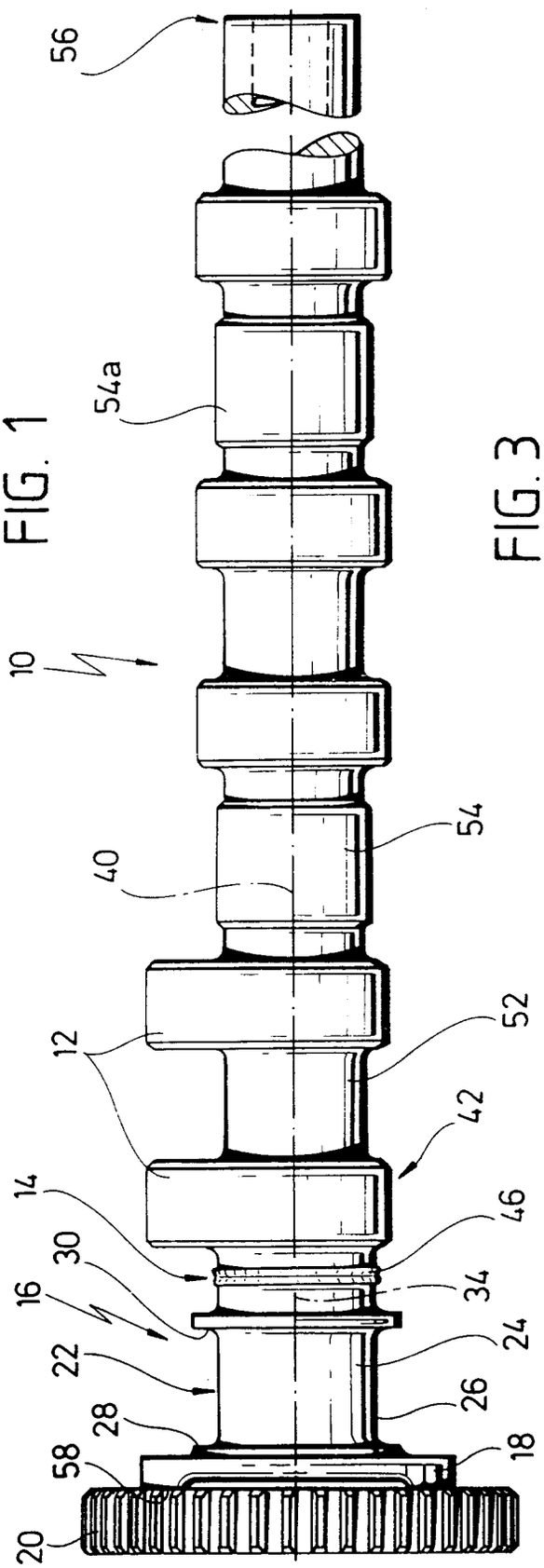

56
54a
10
40
54
12
52
42
14
46
30
16
34
22
24
28
26
58
18
20

FIG. 3

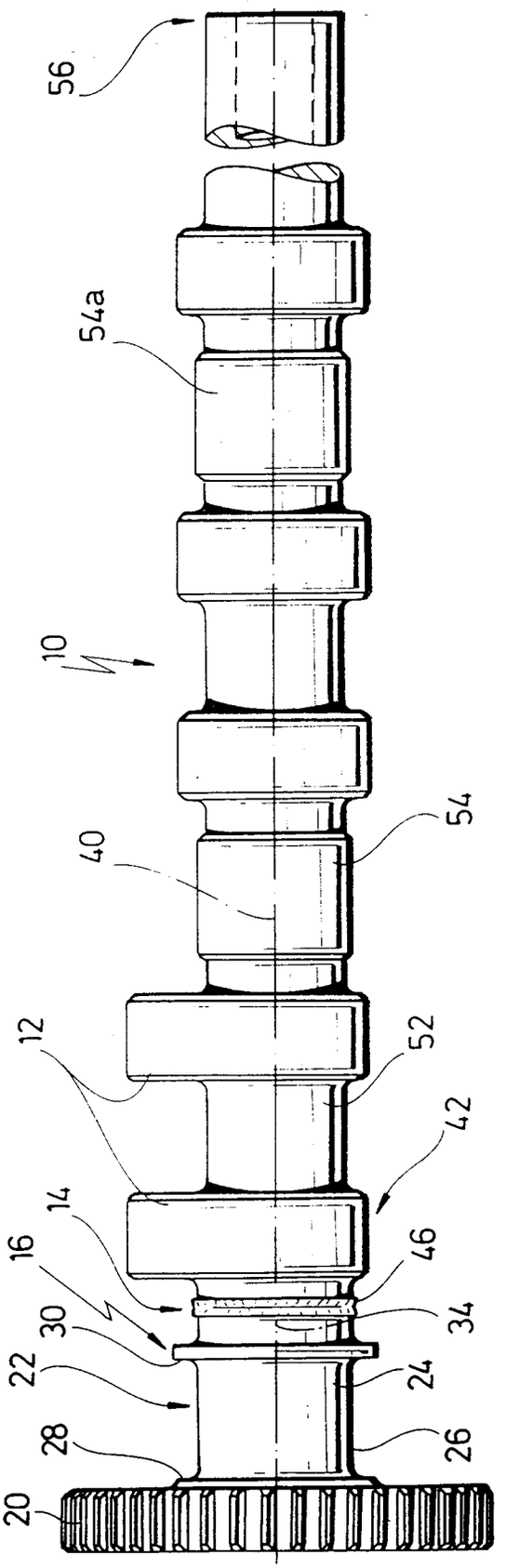

56
54a
10
40
54
12
52
42
14
16
46
30
34
22
24
28
26
20

FIG. 2

