



Europäisches Patentamt
 European Patent Office
 Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 473 061 A2**

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: **91114051.5**

Int. Cl.⁵: **F01L 1/04**

Anmeldetag: **22.08.91**

Priorität: **25.08.90 DE 4026980**
13.09.90 DE 4029026

Anmelder: **J. Wizemann GmbH & Co.**
Ouellenstrasse 7
W-7000 Stuttgart 50(DE)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.03.92 Patentblatt 92/10

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

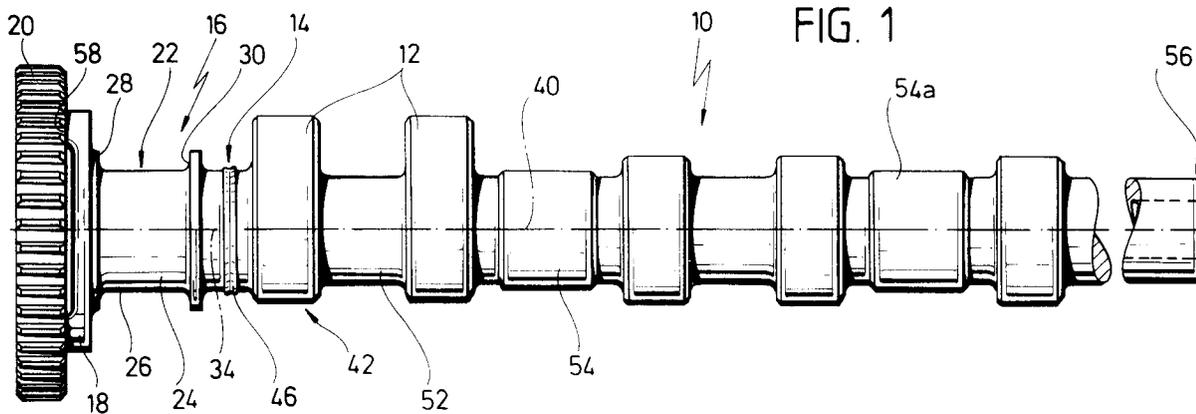
Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Uhlandstrasse 14 c
W-7000 Stuttgart 1(DE)

Nockenwelle für Verbrennungsmotoren.

Um eine Nockenwelle für Verbrennungsmotoren mit einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Welle so zu verbessern, daß das Antrieb-

steil mit beliebigen geometrischen Formen und/oder kostengünstiger herstellbar ist, wird vorgeschlagen, daß das Antriebsteil und das Funktionsteil getrennte Teile sind und daß das Antriebsteil mit dem Funktionsteil durch Schweißen gefügt ist.



EP 0 473 061 A2

Die Erfindung betrifft eine Nockenwelle für Verbrennungsmotoren mit einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil.

Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Nockenwelle für Verbrennungsmotoren aus einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil.

Bei den 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.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Nockenwelle der gattungsgemäßen Art sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Welle derart zu verbessern, daß das Antriebsteil mit beliebigen geometrischen Formen und/oder kostengünstiger herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einer Nockenwelle der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Antriebsteil und das Funktionsteil getrennte Teile sind und daß das Antriebsteil an dem Funktionsteil durch Schweißen angefügt ist.

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, die dadurch, daß dieses - wie aus dem Stand der Technik bekannt - in einem Stück mit dem Funktionsteil gegossen werden soll, bedingt sind.

Ferner ist man bei der erfindungsgemäßen Lösung frei in der Werkstoffwahl. Man kann das Funktionsteil aus einem ersten, 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 Gewichtersparnis bei der erfindungsgemäßen Welle möglich sind.

Darüber hinaus bietet die erfindungsgemäße Lösung auch den Vorteil, das Funktionsteil nach

anderen Produktionsverfahrensschritten herzustellen als das Antriebsteil 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 Fehlansrichtungen, 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 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. Verstellrichtungen, 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 der erfindungsgemäßen Welle ist es eben-

falls in einfacher Weise möglich, die zentrale Ausnehmung so auszubilden, daß diese ein Innenformschlußelement aufweist, welches kostengünstig und sehr präzise durch Räumen anstelle von Stoßen gefestigt 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 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.

Eine Alternative der erfindungsgemäßen Lösung sieht vor, daß das Funktionsteil gegossen ist. Besonders bevorzugt ist ein Ausführungsbeispiel, bei welchem das Funktionsteil aus Grauguß hergestellt ist.

Dieser Grauguß 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.

Eine Alternative zu einem gegossenen Funktionsteil ist ein solches aus Stahl. Dies bietet produktionstechnische Vorteile, da Stahl durch automatisierbare Verfahren, insbesondere spanabhebende Verfahren, formgebend bearbeitbar ist. Dabei kann das Funktionsteil als Monoteil oder als aus mehreren Elementen gefügtes Teil ausgebildet sein.

Vorzugsweise wird als Stahl Baustahl verwendet.

Die Eigenschaften dieses Baustahls, insbesondere die Verschleißfestigkeit, können durch eine Vergütung oder die Verwendung von Einsatzstahl oder Nitrierstahl verbessert werden.

Insbesondere dann, wenn die erfindungsgemäße 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 Antriebsteil und das Funktionsteil getrennt herstellbare Teile sind und daß das Antriebsteil durch Schweißen an das Funktionsteil angefügt wird. Dieses erfindungsgemäße Verfahren führt zu einer Welle mit den vorstehend bereits genannten Vorteilen.

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 hinein erstreckt, 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 hinein erstreckt, 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

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

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Gefüges umfaßt legiertes oder unlegiertes Gußeisen 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

carbidgehaltstabilisierenden Spurenele-

mente 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 Nockenwelle 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 aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Antriebsteil (16) und das Funktionsteil (10) getrennte Teile sind und daß das Antriebsteil (16) an dem Funktionsteil (10) durch Schweißen angefügt ist.
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 Lichtbogen-schweißung 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 hergestellt ist.
18. Nockenwelle nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit Kugelgraphit hergestellt ist.
19. Nockenwelle nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit feinlamellarem Graphit hergestellt ist.
20. Nockenwelle nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Grauguß mit D-Graphit hergestellt ist.
21. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus umwandlungshärtbarem Grauguß hergestellt ist.
22. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Schalenhartguß hergestellt ist.
23. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Stahl hergestellt ist.
24. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) ein Monoteil ist.
25. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) ein aus mehreren Elementen gefügtes Teil ist.
26. Nockenwelle nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Baustahl hergestellt ist.
27. Nockenwelle nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Einsatzstahl hergestellt ist.
28. Nockenwelle nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) aus Nitrierstahl hergestellt ist.
29. Nockenwelle nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil (10) ein dem Antriebsteil (16) zu-

gewandtes hohles Ende (42) aufweist.

- 30.** Verfahren zum Herstellen einer Welle für Verbrennungsmotoren aus einem Funktionselemente aufweisenden Funktionsteil und einem an dem Funktionsteil gehaltenen Antriebsteil, insbesondere nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil und das Funktionsteil getrennt hergestellte Teile sind und daß das Antriebsteil durch Schweißen an das Funktionsteil angefügt wird. 5
- 31.** Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil mit dem Funktionsteil durch eine Reibschweißung verbunden wird. 10
- 32.** Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil mit dem Funktionsteil durch eine Lichtbogenschweißung mit umlaufendem Lichtbogen verbunden wird. 15
- 33.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil vor dem Schweißen formgebend vorbearbeitet wird. 20
- 34.** Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil vor dem Schweißen spanend formgebend vorbearbeitet wird. 25
- 35.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil nach dem Schweißen formgebend fertig bearbeitet wird. 30
- 36.** Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil nach dem Schweißen durch Aufnehmen der Welle am Funktionsteil fertig bearbeitet wird. 35
- 37.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil vor dem Schweißen formgebend fertig bearbeitet wird. 40
- 38.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil nach dem Anfügen an das Antriebsteil spanend formgebend bearbeitet wird. 45
- 39.** Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil nach dem Anschweißen an das Antriebsteil fertig bearbeitet wird. 50
- 40.** Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil nach dem Anschweißen an das Antriebsteil mindestens fertig geschliffen wird. 55
- 41.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil vor dem Anschweißen an das Antriebsteil spanend formgebend vorbearbeitet wird.
- 42.** Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß das Funktionsteil vor dem Anschweißen an das Antriebsteil vorgeschliffen wird.
- 43.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Schweißverbindung durch Erwärmen und langsames Abkühlen zur Härteverminderung entspannt wird.
- 44.** Verfahren nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Verbindung induktiv erwärmt wird.
- 45.** Verfahren nach einem der Ansprüche 30 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die gefügte Verbindung spanabhebend nachbearbeitet wird.

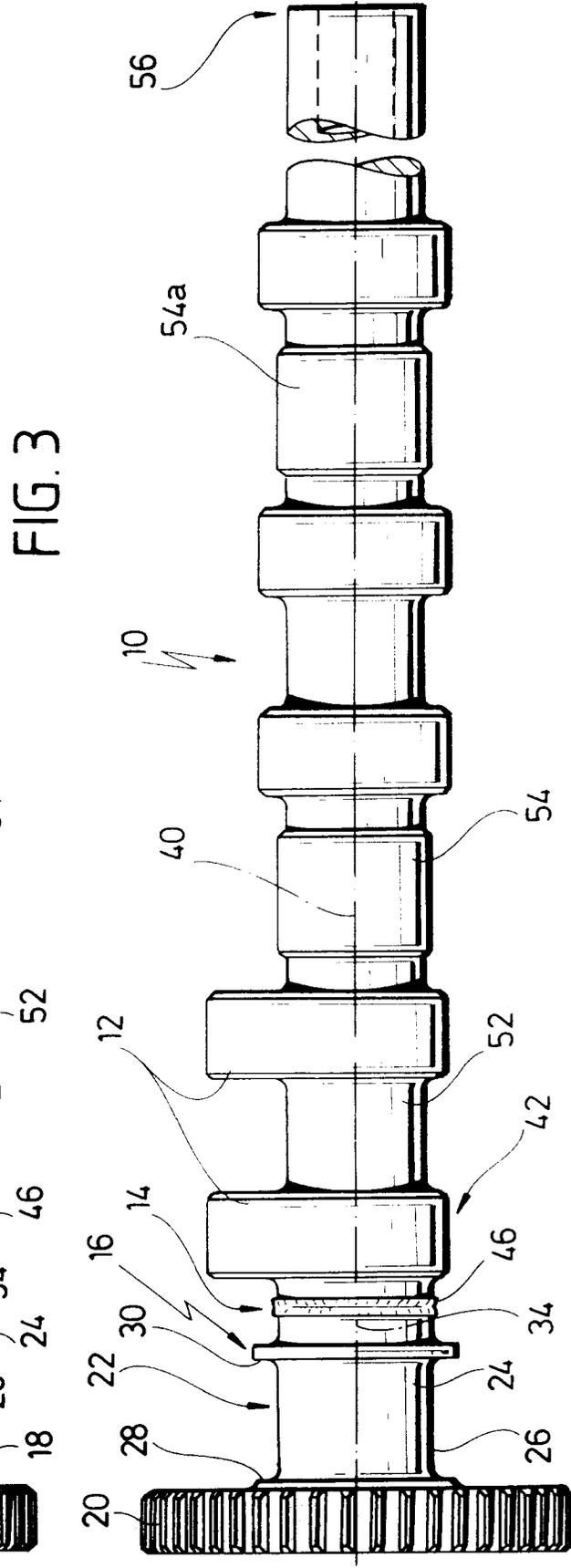
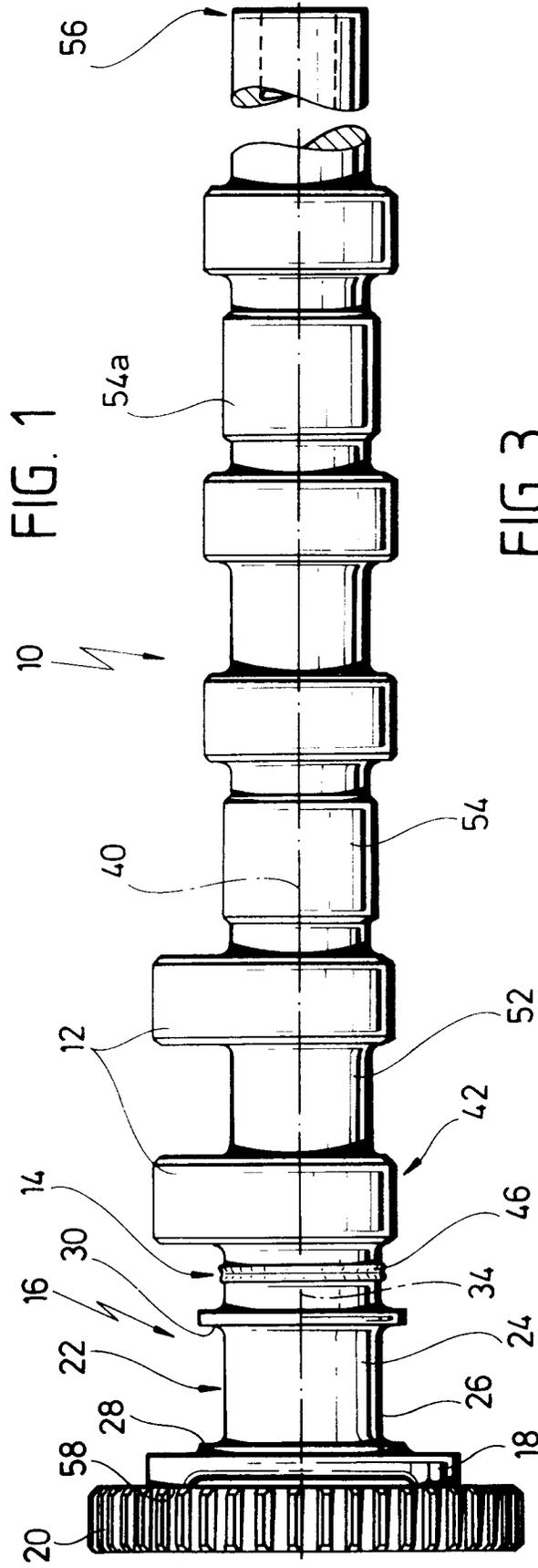


FIG. 2

