



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 30 833 T2** 2006.06.01

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 926 329 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 30 833.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 307 819.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.06.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.07.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02F 1/42** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**9727176            24.12.1997        GB**

(73) Patentinhaber:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,  
US**

(74) Vertreter:

**Drömer, H., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Ass., 51429  
Bergisch Gladbach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Brignall, Allan, South Woodham Ferrers, Essex  
CM3 5TY, GB; Capon, Geoffrey Charles, Maldon,  
Essex, GB**

(54) Bezeichnung: **Spiralartiger Einlasskanal mit flachem Wandlungsteil**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkopfes für einen Verbrennungsmotor des hin- und herlaufenden Typs, und besonders einen spiralförmigen Einlaßkanal mit einer Wirbelkante an einer im Wesentlichen zylindrischen Ventilschaftausparung.

**[0002]** Spiralförmige Einlaßkanäle werden gemeinhin benutzt um eine Verwirbelung der in den Zylinder eines Verbrennungsmotors – zum Beispiel einen Direkteinspritzungs-Dieselmotor – eintretenden Gase zu verursachen. Der Kanal weist eine Kammer in Form einer umgedrehten Schale auf, deren Rand in einem ringförmigen Ventilsitz endet. Eine allgemein zylindrische Ventilführung für den Schaft eines Tellerventils erstreckt sich von der Decke der Schüssel. Die Schüssel wird durch einen ringförmigen Raum begrenzt, welcher sich um die Ventilführung herum erstreckt und welcher – gewöhnlich tangential – von dem Einlaßkanal geschnitten wird, um in den Ansauggasen eine Verwirbelung zu erzeugen, während diese in den Zylinder eingelassen werden.

**[0003]** Die Verbindung zwischen dem stromaufwärts liegenden Einlaßkanal und dem ringförmigen Raum um die zylindrische Ventilführung ist entlang einer Außenwand des Kanals glatt und weist entlang einer gegenüberliegenden Innenwand einen Scheitel auf. Der Scheitel weist eine Kante mit einem Radius von mehr als 1 mm und typischerweise ungefähr 3 mm auf. Der Scheitel wirkt als eine Wirbelkante, wobei das meiste der Kante parallel zu der Achse der Ventilführung oder innerhalb von  $10^\circ$  zu einer Parallelen geführt ist. Es wurde experimentell herausgefunden daß die Gestalt und der Winkel der Innenwand bezüglich der Ventilschaftachse eine beachtliche Auswirkung auf das Ausmaß der Verwirbelung hat. Idealerweise sollte diese Gestalt und dieser Winkel für jeden in einem Produktionslauf hergestellten Zylinderkopf konstant sein, um in jedem Zylinderkopf die gleiche Verwirbelung sicherzustellen. Zum Beispiel wird Kraftstoffeinspritzungs-Zubehör eingestellt um einen Kraftstoff mit einem bestimmten Druck und bestimmten Tröpfchengröße zu liefern, und aus Gründen der Bequemlichkeit und Wirtschaftlichkeit ist diese Einstellung für jeden hergestellten Motor die gleiche. Wenn die Verwirbelungscharakteristika zwischen verschiedenen Zylinderköpfen oder zwischen verschiedenen Einlaßkanälen in dem gleichen Zylinderkopf variieren, dann wird Kraftstoff möglicherweise nicht richtig in den Einlaßgasen verteilt, oder setzt sich möglicherweise auf Oberflächen innerhalb des Zylinders ab, etwa am Kolben des Verbrennungsraums. Dies resultiert in nicht optimaler Verbrennung und erhöhten Emissionen. Daher ist das Verwirbelungsverhältnis bei einem bestimmten Nominalwert für eine bestimmte Kraftstoffeinspritzungs-Einstellung am besten.

**[0004]** In der Praxis ist es jedoch schwer in der Herstellung eines Guß-Zylinderkopfes die Gleichmäßigkeit beizubehalten, weil die Werkzeuge oder „Kästen“, wie sie manchmal genannt werden, dazu neigen von in die Werkzeuge eingeblasenen Sand abgeschliffen zu werden. Die Gestalt der Innenwand des Einlaßkanals kann sich daher über die Zeit hinweg verändern.

**[0005]** Um die Emissionsleistung völlig zu optimieren wäre es als eine Folge daher notwendig – besonders mit Direkteinspritzungs-Diesel- oder Benzinmotoren – entweder jeden Motor einzeln abzustimmen um Leistungsmerkmale zu erfüllen, oder zu versuchen die Gestalt und den Winkel der Einlaßkanal-Innenwand zu messen, und Zylinderköpfe zu verwerfen die außerhalb der Spezifikation lagen. Weil dies zeitaufwendig und relativ teuer ist, war es bisher oft notwendig sich bei mindestens einigen der hergestellten Motoren mit einer geringeren Leistung und somit mit höheren nachweisbaren Emissionen abzufinden.

**[0006]** Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren der Herstellung eines Zylinderkopfes für einen Verbrennungsmotor vom hin- und herlaufenden Typ bereitgestellt, wobei der Zylinderkopf einen spiralförmigen Einlaßkanal mit einer Kammer umfaßt, die in einem ringförmigen Ventilsitz endet und einen ringförmigen Raum um eine allgemein zylindrische Ventilschaftführung für einen Tellerventilschaft umspannt; wobei eine Fläche der Kammer eine Wand jenes Einlaßdurchgangs des Einlaßkanals entlang einer Wirbelkante trifft; und die Kammer eine schalenförmige Fläche darbietet die einen Rand aufweist, der in dem Ventilsitz endet; ein stromaufwärts liegender Abschnitt jener Wand des Einlaßdurchgangs in einer Ebene mit rechten Winkeln zur Richtung des Einlaßdurchgangs gebogen ist; und der stromaufwärts liegende Abschnitt entlang eines Übergangs in einen planaren Abschnitt dieser sich zu dieser Wirbelkante erstreckenden Wand übergeht; dadurch gekennzeichnet, daß: die Wand des Einlaßdurchgangs im Wesentlichen über ihre ganze Länge hinweg diese gebogene Oberfläche aufweist, die Wirbelkante über ihre Länge hinweg im Wesentlichen gerade ist, und der planare Abschnitt sich im Wesentlichen entlang der gesamten Ausdehnung der Wirbelkante erstreckt; und dadurch, daß das Verfahren die Schritte umfaßt:

- (i) Gießen des Zylinderkopfes in einem Metall; und
- (ii) Messen der Ausrichtung des planaren Abschnitts relativ zu einem Referenzmerkmal, um sicherzustellen daß der planare Abschnitt relativ zu dem Referenzmerkmal richtig ausgerichtet ist.

**[0007]** Das Referenzmerkmal ist vorzugsweise die Achse der Ventilschaftführung.

**[0008]** Ein stromabwärts liegender Abschnitt der Wirbelkante ist vorzugsweise mit einem Überschuß an Material gegossen und wird nachfolgend maschinell bearbeitet, um die Wirbelkante zu schärfen.

**[0009]** Der planare Abschnitt kann dann als eine Meßfläche dienen, welche vermessen werden kann, um sicherzustellen daß die stromaufwärts liegende und an die Wirbelkante angrenzende Wand den richtigen Winkel und die richtige Ausrichtung bezüglich Referenzmerkmalen in dem Zylinderkopf – wie etwa der schalenförmigen Kammer, dem Ventilsitz oder dem Ventilschaft – aufweist.

**[0010]** Vorzugsweise gibt es direkt an die Wirbelkante angrenzend (abgesehen von jeglichem Radius an der Wirbelkante selbst) keinen gebogenen Abschnitt der Einlaßkanalwand. Der planare Abschnitt erstreckt sich, um die Wirbelkante im Wesentlichen über die gesamte Wirbelkante hinweg zu treffen. Dies wird helfen sicherzustellen daß, wenn sich das Gußwerkzeug in der Nähe der Wirbelkante verändert oder durch Gebrauch abgenutzt wird, diese Änderungen detektiert werden, indem man den Winkel der planaren Fläche bezüglich eines Referenzmerkmals mißt.

**[0011]** Allgemein wird eine Linie entlang des Großteils der Wirbelkante im Wesentlichen gerade sein, und kann innerhalb von ungefähr  $10^\circ$  zu einer Parallelen zur Achse der Tellerventilschaftführung gerichtet sein.

**[0012]** Der planare Abschnitt wird eine erste Ebene und eine erste Linie beschreiben, welche sowohl in der ersten Ebene wie auch in einer zweiten Ebene liegt, wobei die zweite Ebene in rechten Winkeln zu der Achse der Tellerventilschaftführung liegt. Die erste Linie kann dann einen Knick von zwischen ungefähr  $0^\circ$  und ungefähr  $20^\circ$  zu einer zweiten Linie machen, wobei die zweite Linie dadurch beschrieben ist, daß sie ebenfalls in der zweiten Ebene liegt und durch die Achse der Tellerventilschaftführung hindurchreicht, und den stromaufwärts liegenden Übergang zwischen dem planaren Abschnitt und der Einlaßkanalwand schneidet.

**[0013]** Die Wirbelkante kann eine Kante mit einem Radius von bis zu 3 mm aufweisen. Es wird jedoch bevorzugt wenn die Wirbelkante einen Radius von unter 0,5 mm besitzt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Wirbelkante ein scharfer Scheitel, zum Beispiel mit einem Radius von unter 0,1 mm. Dies liegt daran weil der Betrag oder das Ausmaß an Verwirbelung experimentell als stark abhängig von dem Radius der Wirbelkante gefunden wurde, und allgemein ist es für einen gegebenen Motor bevorzugt wenn das Ausmaß an Verwirbelung für jeden hergestellten Zylinderkopf konstant ist. Experimentell wurde herausgefunden daß eine durch Bearbeitung

jener nicht den planaren Abschnitt aufweisenden Seite der Wirbelkante gebildete scharfe Kante in einem typischen Gußlinien-Herstellprozeß in einem reproduzierbareren Ausmaß an Verwirbelung resultiert, verglichen mit der bei einem Gußmerkmal eher üblichen abgerundeten Kante.

**[0014]** Bevorzugt ist das Referenzmerkmal die Achse der Ventilschaftführung, oder gleichermaßen eine zu dieser Achse parallele Fläche.

**[0015]** Optional kann die Oberfläche der Wirbelkante, die von jener den planaren Abschnitt aufweisenden Seite weg weist, d.h. der stromabwärts liegende Abschnitt, maschinell bearbeitet sein, um die Kante der Wirbelkante zu schärfen; und zu diesem Zweck kann die stromabwärts liegende Seite der Wirbelkante mit einem Überschuß an Material gegossen werden, der später maschinell entfernt wird.

**[0016]** Die Erfindung wird nun, anhand eines Beispiels und unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen, genauer beschrieben werden, in denen:

**[0017]** [Abb. 1](#) eine Perspektivansicht der Innenfläche eines spiralförmigen Einlaßkanals in einem gemäß des Verfahrens der Erfindung gefertigten Zylinderkopf ist, wobei der Kanal eine Kammer in Form einer umgedrehten Schale um eine im Wesentlichen zylindrische Ventilschaftführung über einen Einlaßventilsitz aufweist;

**[0018]** [Abb. 2](#) ein Querschnitt durch den Zylinderkopf von [Abb. 1](#) in rechten Winkeln zu dem Ventilschaft ist, der auf den Einlaßventilsitz hinab blickt und eine Wand der Schale zeigt, die eine planare Oberfläche in einem Einlaßdurchgang an einer Wirbelkante trifft;

**[0019]** [Abb. 3](#) eine Seitenansicht des spiralförmigen Einlaßkanals von [Abb. 1](#) ist, welche die Lage und Abmessungen der planaren Oberfläche zeigt; und

**[0020]** [Abb. 4](#) eine Auftragung ist, die das Ausmaß an Verwirbelung gegen den Winkel der planaren Oberfläche relativ zur Achse der Ventilschaftführung zeigt.

**[0021]** [Abb. 1](#) und [Abb. 2](#) zeigen die Innenflächen eines spiralförmigen Einlaßkanals **1** in einem Zylinderkopf. Der Einlaßkanal **1** wurde mit einem planaren Abschnitt **2** (in [Abb. 1](#) in schraffiertem Umriß gezeigt) in einer Wand **4** des Einlaßkanals gegossen. Der Einlaßkanal **1** weist eine Ventilschaftausparung mit einer Oberfläche **6** in Form einer umgedrehten Schale auf, die sich um eine Ventilschaftführung **8** erstreckt, welche nach unten auf einen Einlaßventilsitz **10** in einer unteren Oberfläche **12** des Zylinderkopfes gerichtet ist. Ein ringförmiger Raum **14** erstreckt sich um

das meiste der Ventilschaftführung **8**, unterbrochen von einem Einlaßdurchgang **20**, welcher im Wesentlichen tangential auf die Schale **6** trifft. Aus Gründen der Klarheit ist in den Zeichnungen kein Tellerventil gezeigt, und es ist kein von dem Auslaßventilsitz **16** des Zylinders wegführender Auslaßkanal gezeigt.

**[0022]** Unter Bezug auf [Abb. 3](#) betragen die Abmessungen des planaren Abschnittes **2** in diesem Beispiel 15 mm in der Y-Richtung parallel zur Basis des Zylinderkopfes und mit rechten Winkeln zu der Motorachse, und ein Maximum von 20 mm in der Z-Richtung parallel zu der Zylinderachse.

**[0023]** Der planare Abschnitt **2** trifft einen allgemein zylindrischen Abschnitt der schalenförmigen Oberfläche **6** bei einer scheidelförmigen Wirbelkante **18**. Die Wirbelkante **18** ist daher über das Meiste ihrer Länge hinweg gerade, in [Abb. 1](#) als eine gestrichelte Linie gezeigt. Der gerade Abschnitt der Wirbelkante ist ungefähr  $5^\circ$  von einer Parallelen mit einer Achse **22** der Ventilschaftführung weg gerichtet, und neigt sich nach außen leicht zu dem unteren Ende der Wirbelkante **18**.

**[0024]** Das stromaufwärts liegende Ende des planaren Abschnittes **2** geht entlang eines Übergangs, der allgemein einen kleinen Winkel aufweist, in die Wand des Einlaßdurchgangs über. Weil die Wand in einer Ebene mit rechten Winkeln zur Richtung des Durchgangs gebogen ist, variiert dieser kleine Winkel entlang diese Übergangs zwischen ungefähr  $0^\circ$  bis zu ungefähr  $20^\circ$ . Es wurde empirisch herausgefunden daß derartig kleine Winkel die Verwirbelungsleistung des schraubenförmigen Einlaßkanals nicht beeinflussen.

**[0025]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Wirbelkante **18** einen scharfen Scheitel auf, wie er in [Abb. 2](#) gezeichnet ist. Unter Verwendung herkömmlicher Gußtechniken ist es nicht ausführbar eine Kante mit einem Radius schärfer als 1 mm zu haben, weil die Körnigkeit und Festigkeit des im Gußprozeß verwendeten Sandes dünnwandige Abschnitte nicht fortwährend unterstützen wird. Daher besitzen Wirbelkanten herkömmlich einen Radius von ungefähr 3 mm. Die vorliegende Erfindung ist auf derartige herkömmliche Wirbelkanten anwendbar.

**[0026]** Weil die Wirbelkante gewöhnlich innerhalb von  $10^\circ$  parallel zu der Ventilschaft-Führungssachse sein wird, kann die Orientierung des planaren Abschnitts mittels eines durch eine Linie **24** von der Ventilschaft-Führungssachse **22** zu der Wirbelkante **18** begrenzten Winkels  $\alpha$  in einer Ebene mit rechten Winkeln zu der Ventilschaft-Führungssachse **22** gekennzeichnet sein, welche hier die Zeichnungsebene ist. In [Abb. 2](#) ist dieser Winkel **2** aus Gründen der Klarheit übertrieben gezeichnet, und allgemein wird  $\alpha$  zwischen ungefähr  $0^\circ$  und  $20^\circ$  liegen. Der Winkel  $\alpha$

kann variiert werden, um das Ausmaß an Verwirbelung zu ändern. In [Abb. 2](#) ist eine zweite Ausrichtung des planaren Abschnittes **102** in gestricheltem Umriß mit einem als  $\alpha'$  bezeichneten Winkel gezeigt.

**[0027]** [Abb. 4](#) zeigt die Auswirkung einer Variation des Winkels  $\alpha$  über den Bereich von ungefähr  $0^\circ$  bis ungefähr  $40^\circ$  quantitativ. Die gezeigten Daten bestehen aus vier Sätzen von Datenpunkten bei jedem von vier Flächenwinkeln. Die Spanne innerhalb jedes Satzes von Datenpunkten kann dem experimentellen Fehler zugeschrieben werden. Das Wirbelverhältnis wird hier unter Verwendung einer wohlbekannten Technik auf einem Teststand gemessen, in welchem Luft in einen leeren Zylinder angesaugt wird, innerhalb dessen ein Flügelradanemometer montiert ist.

**[0028]** Das Flügelrad ist konstruiert um die Verwirbelung von Luft um die Zylinderachse zu detektieren, und dreht sich somit auf Scharnieren um diese Achse. Das Wirbelverhältnis wird als das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeit des Flügelrads geteilt durch eine fiktive Motor-Drehgeschwindigkeit berechnet, die dem in den Zylinder eintretenden Luftvolumen entspricht. Daher ist jene der in den Zylinder eingesaugten Luft durch den spiralförmigen Einlaßkanal auferlegte Verwirbelung umso größer, je höher das Wirbelverhältnis ist.

**[0029]** Weil die Verbrennungscharakteristika eines Motors jedoch von einer Anzahl von Faktoren abhängen, wie etwa Kraftstoffversorgungsfaktoren und – für einen Benzinmotor – Zündungseinstellung, die über einen Bereich von Motoren des selben Typs hinweg gleich sein müssen, ist es bevorzugt wenn jeder Einlaßkanal ein nominelles Ausmaß an Verwirbelung erzeugt, das nicht unerwartet zwischen Motoren variiert. Die Ausrichtung des planaren Abschnittes ist leichter zu messen als eine komplexe, gebogene Gestalt. Der planare Abschnitt erlaubt daher eine bequeme Überprüfung der Gestalt des Einlaßkanals stromaufwärts von der Wirbelkante, um bei der Sicherstellung zu helfen daß der Produktionsprozeß nicht durch Änderungen in jenem in dem Gußprozeß verwendeten Werkzeug beeinflusst wird.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren der Herstellung eines Zylinderkopfes für einen Verbrennungsmotor vom hin- und herlaufenden Typ, wobei der Zylinderkopf einen spiralförmigen Einlaßkanal (**1**) mit einer Kammer (**6**) umfaßt, die in einem ringförmigen Ventilsitz (**10**) endet und einen ringförmigen Raum (**14**) um eine allgemein zylindrische Ventilschaftführung (**8**) für einen Tellerventilschaft umspannt; wobei eine Fläche der Kammer (**6**) eine Wand (**4**) jenes Einlaßdurchgangs (**20**) des Einlaßkanals (**1**) entlang einer Wirbelkante (**18**) trifft; und die Kammer (**6**) eine schalenförmige Fläche darbietet die einen Rand aufweist, der in dem Ventil-

sitz (10) endet; ein stromaufwärts liegender Abschnitt jener Wand des Einlaßdurchgangs (20) in einer Ebene mit rechten Winkeln zur Richtung des Einlaßdurchgangs (20) gebogen ist; und der stromaufwärts liegende Abschnitt entlang eines Übergangs in einen planaren Abschnitt (2) dieser sich zu dieser Wirbelkante (18) erstreckenden Wand übergeht; **dadurch gekennzeichnet**, daß:

die Wand (4) des Einlaßdurchgangs (20) im Wesentlichen über ihre ganze Länge hinweg diese gebogene Oberfläche aufweist;

die Wirbelkante (18) über ihre Länge hinweg im Wesentlichen gerade ist, und der planare Abschnitt (2) sich im Wesentlichen entlang der gesamten Ausdehnung der Wirbelkante (18) erstreckt;

und dadurch, daß das Verfahren die Schritte umfaßt:

(i) Gießen des Zylinderkopfes in einem Metall; und  
 (ii) Messen der Ausrichtung des planaren Abschnitts (2) relativ zu einem Referenzmerkmal, um sicherzustellen daß der planare Abschnitt (2) relativ zu dem Referenzmerkmal richtig ausgerichtet ist; um dadurch sicherzustellen daß die Wirbelkante (18) richtig ausgerichtet ist.

einen Radius von unter 0,5 mm aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

2. Ein Verfahren wie in Anspruch 1 beansprucht, in dem das Referenzmerkmal die Achse (22) der Ventilschaffführung (8) ist.

3. Ein Verfahren wie in Anspruch 1 oder Anspruch 2 beansprucht, in dem ein stromabwärts liegender Abschnitt der Wirbelkante (18) mit einem Überschuß an Material gegossen ist; und nachfolgend maschinell bearbeitet wird, um die Wirbelkante (18) zu schärfen.

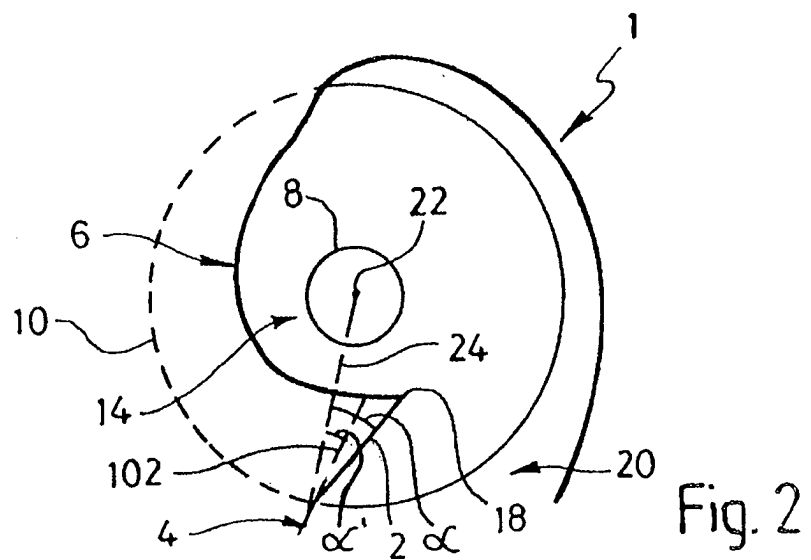
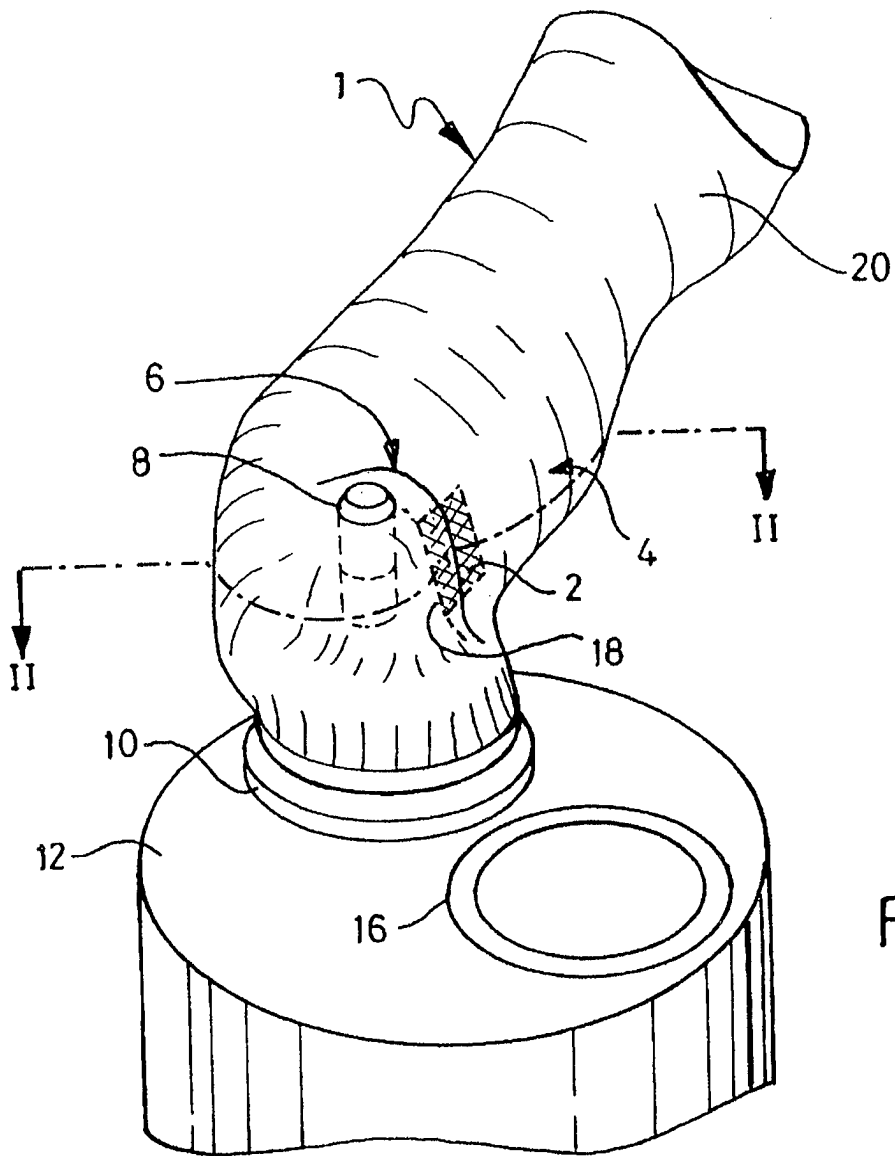
4. Ein Verfahren wie in Anspruch 1, 2 oder 3 beansprucht, in dem die Wirbelkante (18) innerhalb von 10° zu einer Parallelen zur Achse (22) der Ventilschaffführung (8) gerichtet ist.

5. Ein Verfahren wie in irgendeinem der vorstehenden Ansprüche beansprucht, in dem der planare Abschnitt (2) eine erste Ebene und eine erste Linie begrenzt, welche sowohl in der ersten Ebene wie auch der zweiten Ebene und in rechten Winkeln zu der Achse (22) der Ventilschaffführung (8) liegt; wobei die erste Linie dann einen Winkel von zwischen 0° und ungefähr 20° zu einer zweiten Linie bildet, die außerdem in der zweiten Ebene liegt und durch die Achse (22) der Ventilschaffführung (8) hindurchreicht, und diesen stromaufwärts liegenden Übergang schneidet.

6. Ein Verfahren wie in irgendeinem der vorstehenden Ansprüche beansprucht, in dem die Wirbelkante (18) eine Kante mit einem Radius von bis zu ungefähr 3 mm aufweist.

7. Ein Verfahren wie in irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6 beansprucht, in dem die Wirbelkante (18)

Anhängende Zeichnungen



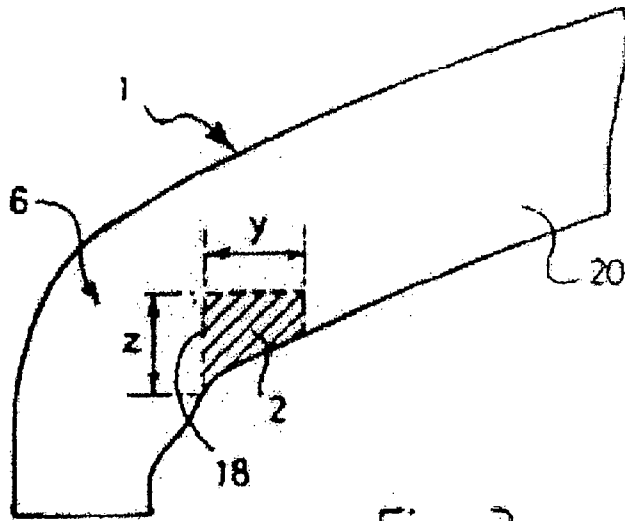


Fig. 3

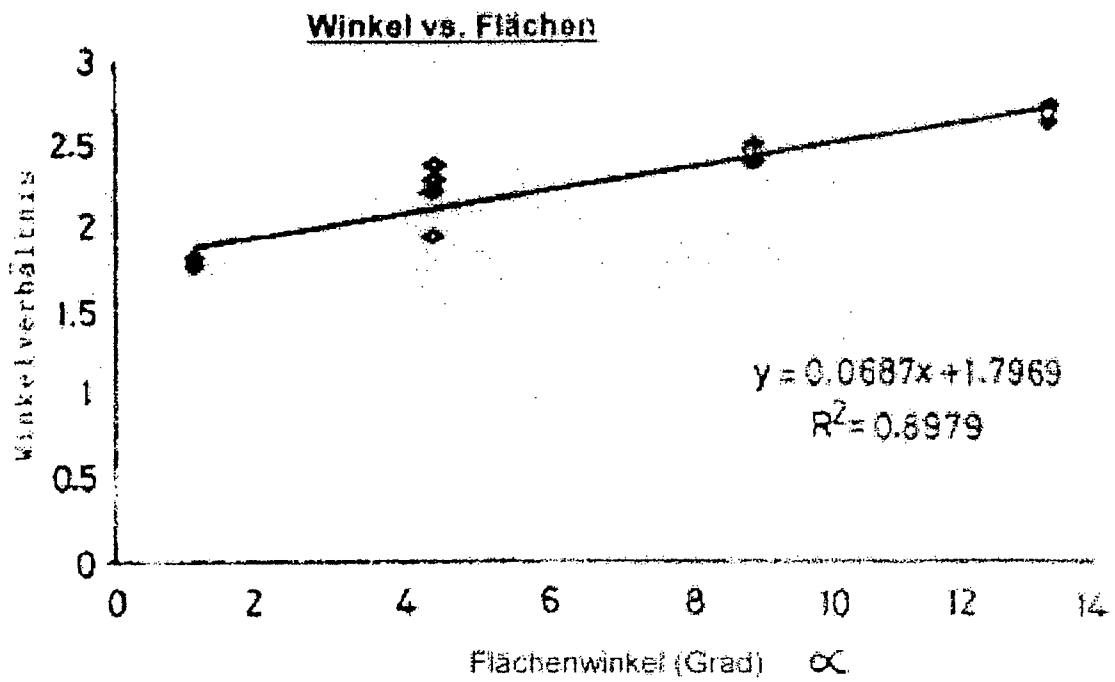


Fig. 4