



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 658 101 A5

⑤① Int. Cl.4: F 01 L 3/04

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer: 1944/82

⑳② Anmeldungsdatum: 07.04.1982

⑳④ Patent erteilt: 15.10.1986

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.10.1986

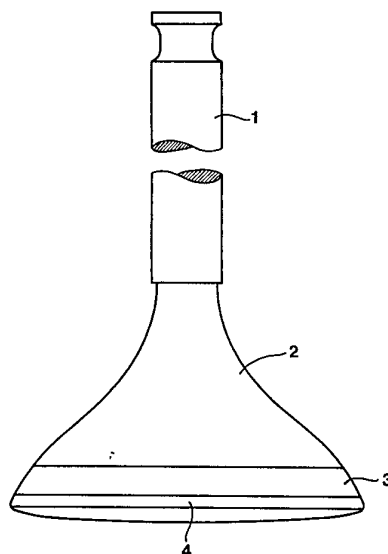
⑦③ Inhaber:  
I.K. Technology A.S., Oslo 1 (NO)

⑦② Erfinder:  
Kvernes, Ingard, Nyccedal (NO)

⑦④ Vertreter:  
William Blanc & Cie conseils en propriété  
industrielle S.A., Genève

⑤④ **Ventil für Dieselmotoren.**

⑤⑦ Die Ventiloberfläche wird mit mindestens einer Schutzschicht aus metallischem Material an der Dichtfläche (3) des Ventiltellers und einer Schutzschicht aus keramischem Material an der verbrennungskammerseitigen Fläche (4) des Ventiltellers versehen. Durch den Schutz gegen die an verschiedenen Stellen auftretende unterschiedliche Temperatur-, Korrosions-, Erosions- und Reibungsbeanspruchung wird die Lebensdauer der Ventile wesentlich verlängert.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Ventil für Dieselmotoren, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventiloberfläche zum Schutz des Ventils gegen physikalische und chemische Beanspruchung an mindestens zwei Stellen mit je einer verschiedenen Schutzschicht versehen ist, und zwar mit einer Schutzschicht aus metallischem Material an der Dichtfläche (3) des Ventiltellers und mit einer Schutzschicht aus keramischem Material an der verbrennungskammerseitigen Fläche (4) des Ventiltellers.

2. Ventil nach Patentanspruch 1 für Dieselmotoren mit einer Drehzahl von weniger als 1000 U/min, dadurch gekennzeichnet, dass die schaftseitige Fläche (2) des Ventiltellers mit einer Schutzschicht aus keramischem Material versehen ist.

3. Ventil nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das keramische Material, in Gewichtsprozent, 70–100% ZrO<sub>2</sub> und 30–0% mindestens eines der Oxyde Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub> aufweist.

4. Ventil nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das keramische Material, in Gewichtsprozent, 70–100% ZrO<sub>2</sub> und 30–0% MgO aufweist.

5. Ventil nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das keramische Material, in Gewichtsprozent, 70–100% ZrO<sub>2</sub> und 30–0% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aufweist.

6. Ventil nach einem der Patentansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der verbrennungsraumseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,3 und 3,5 mm aufweist.

7. Ventil nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der verbrennungsraumseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 1,0 und 2,0 mm aufweist.

8. Ventil nach einem der Patentansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der schaftseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,1 und 2,0 mm aufweist.

9. Ventil nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der schaftseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,3 und 0,5 mm aufweist.

10. Ventil nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an den mit keramischem Material beschichteten Flächen des Ventiltellers eine Grundschicht aus einer der folgenden Legierungen in einer Dicke zwischen 0,05 und 0,5 mm auf dem Grundkörper aufgebracht ist

|       |          |       |        |
|-------|----------|-------|--------|
| a) Cr | 1–30     | b) Al | 0,5–30 |
| Al    | 0,5–20   | Ni    | Rest   |
| Y     | 0,01–5,0 |       |        |
| Co    | Rest     |       |        |

|       |          |       |          |
|-------|----------|-------|----------|
| c) Al | 0,5–20,0 | d) Cr | 0,5–25,0 |
| Mo    | 0,5–20,0 | Al    | 0–30,0   |
| Ni    | Rest     | Ni    | Rest     |

wobei die Zusammensetzung in Gewichtsprozent angegeben ist.

11. Ventil nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an den mit keramischem Material beschichteten Flächen des Ventiltellers eine Grundschicht mit einer Dicke zwischen 0,05 und 0,5 mm aus einer Legierung

|    |          |
|----|----------|
| Cr | 1–30     |
| Al | 0,5–20   |
| Y  | 0,01–5,0 |
| Ni | Rest     |

auf dem Grundkörper aufgebracht ist, wobei die Legierungszusammensetzung in Gewichtsprozent angegeben ist.

12. Ventil nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Grundschicht und der jeweiligen Schutzschicht eine Zwischenschicht aus Cr mit einer Dicke zwischen 0,01 und 0,5 mm aufgebracht ist.

13. Ventil nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtfläche des Ventiltellers mit einer Schutzschicht aus einer der folgenden Legierungen versehen ist

|         |        |       |          |
|---------|--------|-------|----------|
| 10 a) C | 0–1,5  | b) Cr | 5–35     |
| Cr      | 5–30   | W     | 0–15     |
| Fe      | 0,5–10 | Mo    | 0–15     |
| Si      | 0–6    | Ni    | 0–20     |
| B       | 0–6    | C     | 0,01–4,0 |
| 15 W    | 0–10   | Si    | 0–2      |
| Mo      | 0–10   | Co    | Rest     |
| Ni      | Rest   |       |          |

wobei die Legierungszusammensetzung in Gewichtsprozent angegeben ist.

14. Ventil nach Patentanspruch 13 für Dieselmotoren mit einer Drehzahl von weniger als 1000 U/min, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht an der Dichtfläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 1,0 und 4,0 mm aufweist.

15. Ventil nach Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht an der Dichtfläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 2,0 und 3,0 mm aufweist.

16. Ventil nach einem der Patentansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilschaft mit einer Schutzschicht aus WC/Co versehen ist, deren Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, im Bereich 70–98 WC/30–2 Co und deren Dicke zwischen 0,1 und 2,0 mm liegt.

17. Ventil nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der WC/Co-Schutzschicht zwischen 0,3 und 1,0 mm liegt.

18. Ventil nach einem der Patentansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilschaft mit einer Schutzschicht aus Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/NiCr-Gemisch versehen ist, deren Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, im Bereich 60–95 Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/40–5 NiCr und deren Dicke zwischen 0,1 und 2,0 mm liegt.

19. Ventil nach Patentanspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>/NiCr-Schutzschicht zwischen 0,3 und 1,0 mm liegt.

20. Ventil nach Patentanspruch 1 für Dieselmotoren mit einer Drehzahl von mehr als 1000 U/min, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der verbrennungsraumseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,1 und 1,5 mm aufweist.

21. Ventil nach Patentanspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der verbrennungsraumseitigen Fläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,1 und 1,0 mm aufweist.

22. Ventil nach Patentanspruch 13 für Dieselmotoren mit einer Drehzahl von mehr als 1000 U/min, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der Dichtfläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,1 und 3,0 mm aufweist.

23. Ventil nach Patentanspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht auf der Dichtfläche des Ventiltellers eine Dicke zwischen 0,5 und 2,5 mm aufweist.

24. Verfahren zur Herstellung des Ventils nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die verschiedenen Schichten auf der Ventiloberfläche durch thermisches Spritzen aufgebracht werden und die Dichtfläche des Ventiltellers und/oder der Ventilschaft mechanisch nachbearbeitet werden.

An Dieselmotoren tritt je nach Zyp und Drehzahlbereich ein mehr oder weniger starker Verschleiss auf, der insbesondere durch den jeweils verwendeten Kraftstoff hervorgerufen wird und zum Teil auf die nicht vollständige Verbrennung desselben zurückzuführen ist.

Bei schweren Dieselmotoren beispielsweise, die mit einer Drehzahl von maximal 1000 U/min laufen, sind die Ventile hohen Temperatur-, Korrosions- und Erosionsbelastungen durch die Verbrennungsgase ausgesetzt und besitzen dementsprechend nur eine relativ kurze Lebensdauer. Diese Belastungen sind besonders stark, wenn die verwendeten Schweröle durch Vanadium, Natrium und Schwefelverbindungen verunreinigt sind.

Bei schneller laufenden Dieselmotoren, die mit gereinigtem Dieseldieselkraftstoff arbeiten, ist die Ausnutzung des Kraftstoffes relativ schlecht, da in der Brennkammer vergleichsweise niedrige Temperaturen auftreten. Man strebt daher nach einer Erhöhung der Brennkammertemperatur und erzielt diese beispielsweise durch eine Beschichtung des Zylinderkopfs mit keramischem Material, welches als Temperaturbarriere wirkt. Die erhöhte Brennkammertemperatur führt aber auch zu einem starken Verschleiss der Ventile.

Um die Standzeiten der Ventile für Dieselmotoren zu erhöhen, wurden die Ventilsitze mit einer Schicht aus hitzebeständigen Legierungen, wie z. B. Nimonic, hergestellt. Es wurde damit aber nur eine geringe Verlängerung der Lebensdauer der Ventile erreicht.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Ventil für Dieselmotoren zu schaffen, das eine wesentlich höhere Standzeit als die bekannten Ventile aufweist.

Dies wird erfindungsgemäss durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale erreicht.

Für Dieselmotoren mit einer Drehzahl von weniger als 1000 U/min ist ferner die schaftseitige Fläche des Ventiltellers mit einer Schutzschicht aus keramischem Material versehen.

Verschiedene Ausführungsformen der erfindungsgemäss beschichteten Ventile sind im folgenden angeführt und einzelne Beispiele näher beschrieben. Es wird dabei jeweils eine Kombination von Beschichtungen verwendet, die auf die spezifischen Belastungen an den verschiedenen Ventiltellen abgestimmt sind, wodurch die Standzeiten der Ventile gegenüber den herkömmlichen Ventilen um mindestens das Doppelte erhöht werden.

Die beigefügte Zeichnung zeigt in der einzigen Figur schematisch ein Dieselmotorventil, wobei 1 den Ventilschaft, 2 die obere oder schaftseitige Fläche des Ventiltellers, 3 die Dichtfläche des Ventiltellers und 4 die untere oder verbrennungsraumseitige Fläche des Ventiltellers bezeichnen.

Bei Ventilen für langsamlaufende Dieselmotoren wird der Ventilteller an der verbrennungsraumseitigen Fläche 4 und an der schaftseitigen Fläche 2 vorzugsweise mit keramischen Werkstoffen auf  $ZrO_2$ -Basis beschichtet, da bei diesen Ventilen die genannten Flächen höheren Temperaturwechsel- und Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind. Die keramischen Werkstoffe weisen dabei 70–100 Gewichtsprozent  $ZrO_2$ , bis zu 30 Gewichtsprozent  $Al_2O_3$  und/oder  $CaO$  und/oder  $SiO_2$  und/oder  $MgO$  und/oder  $Y_2O_3$  auf. Die Dicke der Schicht auf der verbrennungsraumseitigen Fläche, welche höheren Temperaturbelastungen ausgesetzt ist als die schaftseitige Fläche, liegt im Bereich von 0,3 bis 3,5 mm, vorzugsweise zwischen 1,0 und 2,0 mm. Die Schichtstärke auf der schaftseitigen Fläche liegt im Bereich von 0,1 bis 2,0 mm, vorzugsweise zwischen 0,3 und 0,5 mm.

Als Beschichtungsverfahren wird ein thermisches Spritzverfahren, insbesondere das Plasmaspritzverfahren verwendet. Vorzugsweise wird zunächst eine Grundschicht in einer

Dicke von 0,05 bis 0,5 mm aufgespritzt, wobei eine der folgenden Legierungen

|    |          |    |          |
|----|----------|----|----------|
| Cr | 1–30     | Al | 0,5–30   |
| Al | 0,5–20   | Ni | Rest     |
| Y  | 0,01–5,0 |    |          |
| Co | Rest     |    |          |
| Al | 0,5–20,0 | Cr | 0,5–25,0 |
| Mo | 0,5–20,0 | Al | 0–30,0   |
| Ni | Rest     | Ni | Rest     |

oder vorzugsweise

|    |          |
|----|----------|
| Cr | 1–30     |
| Al | 0,5–20   |
| Y  | 0,01–5,0 |
| Ni | Rest     |

verwendet wird.

Zur besseren Bindung zwischen Grundschicht und Keramiksicht, sowie zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit durch Bildung einer Diffusionsbarriere wird an der verbrennungsraumseitigen Fläche eine Chromschicht in einer Dicke zwischen 0,01 und 0,5 mm auf die Grundschicht aufgebracht.

Die Dichtfläche des Ventiltellers 3, die Temperatur-, Korrosions- und Erosionsbelastungen ausgesetzt ist, wird mit einer Schicht aus Hartlegierungen auf Ni- oder Co-Basis versehen, wobei die Schichtdicke nach dem Einschleifen zwischen 1,0 und 4,0 mm, vorzugsweise zwischen 2,0 und 3,0 mm liegt. Als Hartlegierungen kommen insbesondere Legierungen folgender Zusammensetzung, in Gewichtsprozent, zur Anwendung:

|    |        |    |          |
|----|--------|----|----------|
| C  | 0–1,5  | Cr | 5–35     |
| Cr | 5–30   | W  | 0–15     |
| Fe | 0,5–10 | Mo | 0–15     |
| So | 0–6    | Ni | 0–20     |
| B  | 0–6    | C  | 0,01–4,0 |
| W  | 0–10   | Si | 0–2      |
| Mo | 0–10   | Co | Rest     |
| Ni | Rest   |    |          |

Das Auftragen der Schicht erfolgt durch Auftragschweißen mit Pulver, Stäben oder Elektroden. Vorzugsweise wird das Plasma-Pulverauftragsschweisverfahren verwendet.

Der Ventilschaft 1, der hauptsächlich einer Metall-Metall-Gleitverschleissbeanspruchung unterliegt, wird im vorliegenden Fall vorzugsweise mit Karbiden beschichtet, insbesondere mit WC/Co mit zwischen 70 und 98 Gewichtsprozent WC und 30 bis 2 Gewichtsprozent Co oder mit  $Cr_3C_2$ /NiCr aus 60–95 Gewichtsprozent  $Cr_3C_2$  und 40–5 Gewichtsprozent NiCr, wobei die Schichtdicke zwischen 0,1 und 2,0 mm, vorzugsweise zwischen 0,3 und 1,0 mm liegt. Die Beschichtung erfolgt wieder durch ein thermisches Spritzverfahren, wobei sich das Plasmaspritzverfahren als am besten geeignet erweist und gegebenenfalls, je nach Beanspruchung und Dicke der Karbidschicht, eine Grundschicht auf den Schaft aufgetragen wird, die ähnlich wie die Grundschicht unter der Keramiksicht gebildet werden kann.

Für schneller laufende Dieselmotoren, d. h. für Motoren mit einer Drehzahl über 1000 U/min, werden die erfindungsgemässen Ventile vorzugsweise nur auf der verbrennungsraumseitigen Fläche des Ventiltellers und am Ventilsitz beschichtet, wodurch auch bei erhöhter Brennkammertemperatur eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich ihrer Stand-

zeit erzielt wird. Die Beanspruchung des Schaftes und der schaftseitigen Fläche des Ventiltellers ist bei diesem Motortyp geringer als bei den langsam laufenden Motoren. Die Keramikbeschichtung der Unterseite 4 des Ventiltellers erfolgt in einer Dicke von 0,1 bis 1,5 mm, vorzugsweise zwischen 0,1 und 1,0 mm. Darunter wird vorzugsweise eine Grundschrift wie bei den Ventilen für langsam laufende Motoren aufgespritzt, jedoch erweist sich eine Chrom-Zwischenschicht nicht als notwendig.

Die Dichtfläche des Ventiltellers wird in analoger Weise wie weiter oben beschrieben beschichtet, wobei die Legierungsschicht nach dem Einschleifen eine Dicke zwischen 0,1 und 3,0 mm, vorzugsweise zwischen 0,5 und 2,5 mm aufweist.

Die folgenden Beispiele beschreiben typische Anwendungen der Erfindung.

#### Beispiel 1

Ein Auslassventil für einen mit maximal 900 U/min laufenden Schiffsdieselmotor wurde zunächst an der Dichtfläche des Ventiltellers mit einer Nickellegierung der nachstehenden Zusammensetzung (in Gewichtsprozent)

|    |      |
|----|------|
| C  | 0,9  |
| Cr | 16,0 |
| Fe | 4,0  |
| B  | 2,8  |
| Si | 3,5  |
| Ni | Rest |

durch Plasma-Pulverauftragsschweißen in einer Dicke von 2,5 mm beschichtet. Als Plasmagas diente Argon mit 5% Wasserstoff und als Pulverfördergas Argon.

Danach wurden die untere und die obere Fläche des Ventiltellers sowie der Schaft mit einer Grundschrift aus einer Legierung der folgenden Zusammensetzung (in Gewichtsprozent)

|    |      |
|----|------|
| Al | 5,0  |
| Y  | 0,2  |
| Cr | 12,0 |
| Ni | Rest |

versehen, wobei die Schichtdicke 0,2 mm betrug. Es wurde das Plasmaspritzverfahren angewendet, mit einem Gemisch von Argon und Wasserstoff als Plasmagas und Argon als Pulverfördergas. Die verbrennungsraumseitige Ventiltellerfläche wurde sodann nach dem gleichen Verfahren 0,2 mm dick mit Chrom beschichtet.

In gleicher Weise wurde danach auf dem Ventilteller eine Keramik-Schutzschicht aus (in Gewichtsprozent) 75 ZrO<sub>2</sub> und 25 MgO aufgetragen, wobei die Schichtdicke auf der Oberseite des Ventiltellers 0,3 mm und auf der Unterseite 2,5 mm betrug.

Zuletzt wurde der Ventilschaft, mit Hilfe der gleichen Plasmaanlage, mit einer 0,4 mm dicken Schutzschicht versehen, die aus einem Spritzpulver der Zusammensetzung 75 Gewichtsprozent Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> und 25 Gewichtsprozent der Legierung 80 Ni, 20 Cr hergestellt wurden. Der Ventilteller und der Schaft wurden mechanisch nachbearbeitet. Das so hergestellte Ventil hatte die dreifache Standzeit eines üblichen Ventils im gleichen Motor.

#### Beispiel 2

Ein Ventil wie in Beispiel 1 wurde in analoger Weise wie dort beschrieben beschichtet, jedoch mit folgenden Materialien:

Für die Dichtfläche des Ventiltellers wurde eine Kobaltlegierung verwendet und zwar mit der Zusammensetzung (in Gewichtsprozent)

|    |       |
|----|-------|
| C  | 1,2   |
| Cr | 28,0  |
| W  | 5     |
| Si | 0,5   |
| Co | Rest. |

Für die Grundschrift auf den Ventiltellerflächen und auf dem Schaft wurde eine Legierung der Zusammensetzung (in Gewichtsprozent)

|    |      |
|----|------|
| Al | 5,0  |
| Mo | 5,0  |
| Ni | Rest |

verwendet.

Die keramische Schutzschicht bestand aus 82,0 Gewichtsprozent ZrO<sub>2</sub>, 18,0 Gewichtsprozent Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und wurde ohne Cr-Zwischenschicht auf die Grundschrift aufgebracht. Der Ventilschaft wurde mit, in Gewichtsprozent, 88,0 WC, 12,0 Co beschichtet.

Die Standzeit dieses Ventils in einem mit nur wenig verunreinigtem Dieselmotor betriebenen Motor betrug das Vierfache der Standzeit eines üblichen Ventils.

#### Beispiel 3

Ein Auslassventil eines Kraftfahrzeugdieselmotors, dessen maximales Drehmoment bei 2200 U/min lag, wurde wie folgt beschichtet:

Auf die Dichtfläche des Ventiltellers wurde nach dem Plasma-Pulverauftragsschweißverfahren mit übertragenem Lichtbogen eine Legierung der Zusammensetzung (in Gewichtsprozent)

|    |      |
|----|------|
| C  | 1,1  |
| W  | 4,5  |
| Si | 0,3  |
| Ni | 3,0  |
| Cr | 25,0 |
| Co | Rest |

aufgetragen. Als Plasmagas diente Argon mit 5% Wasserstoff und als Pulverfördergas Argon.

Die Schichtdicke nach dem Einschleifen betrug 2,0 mm.

Nach dem Vorschleifen des Ventiltellers wurde die verbrennungsraumseitige Fläche des Ventiltellers durch Strahlen mit Korund vorbereitet. Darauf wurde mit einer Plasmaspritzanlage eine Grundschrift von 0,1 mm Dicke mit einem Pulver der Zusammensetzung 5 Gewichtsprozent Al, Rest Ni aufgetragen. Als Plasmagas diente ein Gemisch aus Stickstoff und Wasserstoff, als Pulverfördergas wurde Stickstoff verwendet.

Mit der gleichen Anlage und den gleichen Gasen wurde eine keramische Schutzschicht auf die Grundschrift aufgetragen. Der entsprechende pulverförmige Werkstoff bestand aus 80 Gewichtsprozent ZrO<sub>2</sub> und 20 Gewichtsprozent Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Die Dicke der Keramikschicht betrug 0,5 mm.

Das derart beschichtete Ventil wurde zusammen mit herkömmlichen Ventilen in den Motor eingebaut und wies beim Testlauf eine wesentlich höhere Standzeit auf.

