

(19)



(11)

EP 2 949 766 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.12.2015 Patentblatt 2015/49

(51) Int Cl.:
C21D 8/00 (2006.01) **C22C 38/00 (2006.01)**
F02F 3/00 (2006.01) **B21K 1/22 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15167871.1**

(22) Anmeldetag: **15.05.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

Benannte Validierungsstaaten:
MA

(30) Priorität: **21.05.2014 DE 102014209645**

(71) Anmelder: **Mahle International GmbH**
70376 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Müller, Alexander**
72218 Wildberg (DE)
• **Vogelsang, Matthias**
71672 Marbach (DE)

(74) Vertreter: **BRP Renaud & Partner mbB**
Rechtsanwälte Patentanwälte
Steuerberater
Königstraße 28
70173 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine mit den Schritten: Warmumformen eines Ventilrohlings zu einem Rohventil, Einstellen des Gefüges und der Härte des Rohventils und Fertigbearbeiten des Rohventils mit eingestelltem Gefüge und eingestellter Härte, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellen des Gefü-

ges und der Härte des Rohventils dadurch erfolgt, dass das Rohventil zunächst einer Kältebehandlung bei einer Temperatur von ≤ -100 °C und dann einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von ≥ 650 °C unterzogen wird. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein mit dem Verfahren erhaltenes Ventil sowie eine Brennkraftmaschine, die mindestens ein solches Ventil enthält.

EP 2 949 766 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine. Die Erfindung betrifft außerdem ein nach diesem Verfahren hergestelltes Ventil sowie eine Brennkraftmaschine, die mindestens ein solches Ventil enthält.

[0002] Ventile für Brennkraftmaschinen werden üblicherweise aus hochlegierten austenitischen Stählen, wie z.B. aus Stählen mit den Werkstoffbezeichnungen X45, X80, X85 und 1.4344, hergestellt. Dabei wird bei dem herkömmlichen Herstellungsverfahren zunächst ein Ventilrohling aus den genannten Stählen einem Warmumformen unterzogen, so dass ein Rohventil erhalten wird. Das Rohventil wird anschließend einem Härten in einem Vakuumofen und dann einem Anlassen unterzogen. Anschließend wird das derart wärmebehandelte Rohventil in an sich bekannter Weise weiteren Bearbeitungsschritten unterzogen, bis das fertige Ventil erhalten wird.

[0003] Durch den Wärmeeintrag in den Ventilrohling während der Warmumformung wird eine Gefügeänderung zu einem härteren Gefüge erreicht, das jedoch noch eine große Menge an Restaustenit enthält. Da Ventile eine gleichmäßige Gefügestruktur aufweisen sollen und auf einen bestimmten Härtewert eingestellt werden sollen, werden in dem herkömmlichen Herstellungsverfahren die vorstehend genannten Schritte des Härten in einem Vakuumofen und des Anlassens durchgeführt, wodurch der Restaustenitgehalt vermindert wird und die Härte des Ventils eingestellt wird.

[0004] Die Härtung in einem Vakuumofen ist jedoch zeitaufwändig und sowohl die Anschaffung als auch der Betrieb eines Vakuumofens sind teuer.

[0005] Ferner ist die Durchführung einer Kältebehandlung von legierten Stählen bekannt. Dabei werden insbesondere hochlegierte Werkzeugstähle einer Kältebehandlung unterzogen, um die Standzeit von Werkzeugen, wie z.B. Fräsern, Stanzeinsätzen, Räumwerkzeugen, zu erhöhen.

[0006] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, ein Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine zu schaffen, das kostengünstiger ist als das herkömmliche Verfahren und mit dem die Verminderung des Restaustenits und die Einstellung der Härte des Ventils einfach erreicht werden können. Ferner soll mit der vorliegenden Erfindung ein entsprechendes Ventil geschaffen werden.

[0007] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, ein Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine mit den Schritten: Warmumformen eines Ventilrohlings zu einem Rohventil, Einstellen des Gefüges und der Härte des Rohventils und Fertigbearbeiten des Rohventils mit eingestelltem Gefüge und eingestellter Härte derart auszuführen,

5 dass das Einstellen des Gefüges und der Härte des Rohventils dadurch erfolgt, dass das Rohventil zunächst einer Kältebehandlung bei einer Temperatur von ≤ -100 °C und dann einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von ≥ 650 °C unterzogen wird.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Kältebehandlung bei einer Temperatur von ≤ -100 °C werden im Wesentlichen die gleichen Effekte erzielt, wie sie durch die herkömmliche Härtungsbehandlung in einem Vakuumofen erzielt werden, d.h. insbesondere die Verminderung des Restaustenits nach der Warmumformung.

[0010] So wird in dem vorliegenden Verfahren bei einer Durchführung der Kältebehandlung bis zu einer Temperatur von -120 °C die Gefügeumwandlung von Restaustenit zu der festeren und härteren martensitischen Struktur im Wesentlichen vervollständig, wodurch die Härte des Stahls steigt. Gleichzeitig mit der Härte nimmt auch die Verschleißfestigkeit des Stahls zu.

[0011] Wenn die Kältebehandlung in dem vorliegenden Verfahren bei noch tieferen Temperaturen durchgeführt wird, d.h. bei unterhalb von -120 °C bis -198 °C, wird nicht nur der Restaustenit im Wesentlichen vollständig in Martensit umgewandelt, sondern der Martensit wird ferner kristallographisch und mikrostrukturell verändert. Insbesondere werden feine Martensitnadeln gebildet, wodurch die Härte weiter ansteigt.

[0012] Diese Veränderung des Martensits führt bei der erfindungsgemäßen Wärmebehandlung bei einer Temperatur von ≥ 650 °C auch zur Ausscheidung einer feineren Verteilung von Carbiden in dem angelassenen Gefüge, was sowohl die Zähigkeit als auch die Verschleißfestigkeit des Ventils erhöht.

[0013] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung wird deshalb die Kältebehandlung bei einer Temperatur von -100 °C bis -196 °C, insbesondere bei einer Temperatur von -140 °C bis -160 °C, durchgeführt.

[0014] Die Kältebehandlung wird in an sich bekannter Weise so durchgeführt, dass die Rohventile entweder direkt durch flüssigen Stickstoff gekühlt werden, oder durch Luft oder Alkohol als Kälteträger, die bzw. der durch flüssigen Stickstoff gekühlt worden ist. Wird auf Temperaturen unter -120 °C abgekühlt, z.B. auf -160 °C, ist zu empfehlen, zunächst auf eine Zwischentemperatur von z.B. -135 °C abzukühlen, und erst nach einem Zeitpunkt, bei dem die Temperatur innerhalb des gesamten Ventils gleich ist, langsam weiter abzukühlen. Dadurch kann eine Rissbildung in dem Ventil vermieden werden.

[0015] Die Abkühlungsrate bei der Kältebehandlung kann dabei $0,5$ bis 4 °C/min, vorzugsweise 1 bis 3 °C/min und insbesondere 1 bis 2 °C/min betragen.

[0016] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung wird die Kältebehandlung für einen Zeitraum von $0,5$ bis 24 Stunden, vorzugsweise $0,75$ bis 12 Stunden, insbesondere 1 bis 6 Stunden durchgeführt.

[0017] Die erfindungsgemäße Wärmebehandlung ist

eine an sich bekannte Anlassbehandlung, die erfindungsgemäß bei einer Temperatur von 650 °C bis 780 °C, vorzugsweise 680 °C bis 750 °C, insbesondere 690 °C bis 730 °C, für einen Zeitraum von 1 bis 4 Stunden, vorzugsweise 1,5 bis 3 Stunden, insbesondere 2 bis 2,5 Stunden durchgeführt wird.

[0018] Das in dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Warmumformen umfasst Warmfließpressen und Schmieden, wie sie in an sich bekannter Weise zur Bildung von Rohventilen aus Ventilrohlingen verwendet werden.

[0019] Der in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendete Ventilrohling kann aus bekannten hochlegierten Stählen für Ventilanwendungen hergestellt sein, insbesondere aus einem Stahl mit der Werkstoffbezeichnung X45, X80, X85 oder 1.4344.

[0020] Das Fertigbearbeiten des Rohventils mit eingestelltem Gefüge und eingestellter Härte umfasst die fachüblichen Schritte, wie z.B. ein Sandstrahlen unmittelbar nach der Anlass-Wärmebehandlung, ein Richten nach dem Sandstrahlen und verschiedene spanabhebende Prozesse wie z.B. Dreh- und Schleifvorgänge.

[0021] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können somit die Gesamtkosten dadurch gesenkt werden, dass das herkömmlich durchgeführte Härten im Vakuumofen durch die wesentlich kostengünstigere Kältebehandlung ersetzt wird.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird erfindungsgemäß ein Ventil für eine Brennkraftmaschine bereitgestellt, das durch das vorstehend beschriebene Verfahren erhalten wird.

[0023] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung weist das Ventil eine Festigkeit von 1000 bis 1350 MPa, vorzugsweise 1100 bis 1350 MPa, insbesondere 1200 bis 1350 MPa, und eine Vickers-Härte HV1 von 300 bis 500, vorzugsweise 320 bis 480, insbesondere 340 bis 450 auf.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird erfindungsgemäß eine Brennkraftmaschine bereitgestellt, die mindestens ein Ventil enthält, das mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren erhalten worden ist.

[0025] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0026] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0027] Das folgende Beispiel dient lediglich der weiteren Veranschaulichung der Erfindung und ist nicht beschränkend aufzufassen.

Beispiel

[0028] Ein Zylinderbutzen aus dem Werkstoff X85CrMoV18-2 als Ventilrohling wird induktiv erhitzt und bei 1150 °C einem Warmfließpressen unterzogen. Der erhaltene Schmiederohling wird direkt auf der Warm-

fließpresse gesenkgeschmiedet, und das erhaltene Rohventil wird in einer Wasser-Thermisol-Lösung abgekühlt. Das Rohventil weist ein martensitisches Gefüge mit einem Restaustenitgehalt von >70 % auf.

5 [0029] Mit dem erhaltenen Rohventil wird anschließend eine Kältebehandlung bei -100 °C mit einer Abkühlrate von 2 °C/min und einer Haltezeit von 0,5 Stunden durchgeführt. Das martensitische Gefüge des Rohventils nach der Kältebehandlung weist einen Restaustenitgehalt von <70 % auf.

10 [0030] Das nach der Kältebehandlung erhaltene Ventil wird dann bei einer Temperatur von 720 °C für 2 Stunden angelassen, wobei ein gehärtetes Ventil mit einer Vickers-Härte HV1 von 420 und einer Festigkeit von 1350 MPa erhalten wird. Eine Analyse des Gefüges zeigt, dass der Restaustenitgehalt auf 0 % gesunken ist.

15 [0031] Das angelassene Ventil wird schließlich noch den üblichen Fertigbearbeitungsvorgängen unterzogen, beispielsweise einem Sandstrahlen, Richten, Drehen und Schleifen.

Patentansprüche

25 1. Verfahren zum Herstellen eines Ventils für eine Brennkraftmaschine mit den Schritten:

Warmumformen eines Ventilrohlings zu einem Rohventil,
Einstellen des Gefüges und der Härte des Roh-

30 ventils und
Fertigbearbeiten des Rohventils mit eingestelltem Gefüge und eingestellter Härte,

dadurch gekennzeichnet, dass

35 das Einstellen des Gefüges und der Härte des Rohventils dadurch erfolgt, dass das Rohventil zunächst einer Kältebehandlung bei einer Temperatur von ≤ -100 °C und dann einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von ≥ 650 °C unterzogen wird.

40 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kältebehandlung bei einer Temperatur von -100 °C bis -196 °C durchgeführt wird.

45 3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kältebehandlung bei einer Temperatur von -140 °C bis -160 °C durchgeführt wird.

50 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kältebehandlung für einen Zeitraum von 0,5 bis 24 Stunden durchgeführt wird.

55 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebe-

handlung bei einer Temperatur von 650 °C bis 780 °C durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass das Warmumformen Warmfließpressen und Schmieden umfasst. 5

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilrohling aus einem Stahl mit der Werkstoffbezeichnung X45, X80, X85 oder 1.4344 hergestellt ist. 10

8. Ventil für eine Brennkraftmaschine, erhalten durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7. 15

9. Ventil nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass es eine Festigkeit von 1000 bis 1350 MPa und eine Vicker-Härte HV1 von 300 bis 500 aufweist. 20

10. Brennkraftmaschine,
dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens ein Ventil nach Anspruch 8 oder 9 enthält. 25

30

35

40

45

50

55

60

65



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 16 7871

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	ROGER SCHIRADELLE, RICK DIEKMAN: "Cryogenics", engine professional, 31. Dezember 2011 (2011-12-31), Seiten 48-56, XP002745515, Gefunden im Internet: URL:www.cryogenictreatmentdatabase.org/attachment.php?attachment=1096107 [gefunden am 2015-10-07] * Seite 50 - Seite 56 *	1-10	INV. C21D8/00 C22C38/00 F02F3/00 B21K1/22
A	R G Tated ET AL: "Comparison of Effects of Cryogenic Treatment on Different Types of Steels: A Review", International Conference in Computational Intelligence (ICCIA) 2012 Proceedings published in International Journal of Computer Applications, 31. Dezember 2012 (2012-12-31), Seiten 10-29, XP055218831, Gefunden im Internet: URL:http://research.ijcaonline.org/iccia/number9/iccia1068.pdf [gefunden am 2015-10-07] * Seite 12 - Seite 15 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D C22C F02F B21K
A	AT 507 385 B1 (JOH PENGG AG [AT]) 15. März 2011 (2011-03-15) * das ganze Dokument *	1-10	
A	EP 0 280 467 A1 (EATON CORP [US]) 31. August 1988 (1988-08-31) * das ganze Dokument *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2015	Prüfer Huber, Gerrit
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3
EPO FORM 1503_03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 7871

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-10-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
AT 507385	B1	15-03-2011	KEINE

EP 0280467	A1	31-08-1988	BR 8800605 A 27-09-1988
			EP 0280467 A1 31-08-1988
			US 4741080 A 03-05-1988

15

20

25

30

35

40

45

50

EPC FORM P0461

55

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82