



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 145 801 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.10.2001 Patentblatt 2001/42

(51) Int Cl.7: **B24B 31/116**

(21) Anmeldenummer: **01107396.2**

(22) Anmeldetag: **26.03.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Raith, Rudolf**
94327 Bogen (DE)
• **Frankl, Herbert**
94315 Straubing (DE)

(30) Priorität: **30.03.2000 DE 10015875**

(74) Vertreter: **Wunderlich, Rainer, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte
Weber & Heim
Irmgardstrasse 3
81479 München (DE)

(71) Anmelder: **Sonplas GmbH**
94315 Straubing (DE)

(54) **Verfahren zur Bearbeitung eines Düsenelementes für Einspritzventile**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines Düsenelementes (12) für Einspritzventile (10), welche zum Einspritzen eines Brennstoffs vorgesehen sind. Es ist ein Düsenelement mit zumindest einer Düsenöffnung (16) vorgesehen, deren Durchmesser kleiner als ein Soll-Durchmesser ist, wobei durch die Düsenöffnung ein Abrasivmedium geleitet wird, welches Material abträgt und die Düsenöffnung vergrößert.

Gemäß der Erfindung wird als Abrasivmedium eine Mischung verwendet, welche eine Trägerflüssigkeit auf Mineralölbasis oder Wasserbasis und ein organophiles bzw. hydrophiles Tonmaterial umfasst. Die Komponenten der Mischung sind definiert ausgewählt, wobei die Mischung bei der abtragenden Bearbeitung weitgehend die gleichen rheologischen Eigenschaften wie der für das Einspritzventil vorgesehene Brennstoff aufweist.

EP 1 145 801 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines Düsenelementes für Einspritzventile, welche zum Einspritzen eines Brennstoffes vorgesehen sind, bei dem ein Düsenelement mit zumindest einem Düsenkanal vorgesehen wird, dessen Durchmesser kleiner als ein Soll-Durchmesser ist, und durch den Düsenkanal ein Abrasivmedium geleitet wird, welches Material abträgt und den Düsenkanal vergrößert.

[0002] Ein gattungsgemäßes Verfahren geht beispielsweise aus der EP 0 277 957 B1 hervor. Zur Bearbeitung von Düsenöffnungen wird bei diesem bekannten Verfahren ein visko-elastisches Abrasivmedium eingesetzt. Dieses visko-elastische Abrasivmedium besteht beispielsweise aus einer Silikon-Masse, welche mit fein verteilten Abrasivpartikeln durchsetzt ist. Mit diesem visko-elastischen Abrasivmedium kann zwar eine allseitig gute Bearbeitung von Düsenkanalflächen erreicht werden. Jedoch sind die Zustandswerte dieser Masse während der Bearbeitung schwer zu ermitteln. Dies hat eine relativ schwerfällige Steuerung des Bearbeitungsverfahrens zur Folge. Für eine notwendige hoch präzise Bearbeitung der feinen Düsenöffnungen ist aber eine schnelle und sehr exakte Messung des Ist-Wertes des Druckes oder des Volumenstromes des Abrasivmediums erforderlich. Zudem müssen bei diesem Verfahren aufwändige Vergleichsversuche durchgeführt werden, um eine Korrelation zwischen dem Durchfluss des Abrasivmediums und dem des Brennstoffes zu erhalten.

[0003] Eine gute Steuerung bzw. Regelung des Bearbeitungsverfahrens wird bei dem weiteren gattungsgemäßen Verfahren nach der DE 197 00 304 C1 erreicht. Bei diesem bekannten Verfahren wird als Abrasivmedium die Verwendung einer Flüssigkeit vorgeschlagen, welche mit abrasiven Partikeln vermischt ist. Die Verwendung von Feststoffpartikeln in einer Flüssigkeit führt grundsätzlich das Problem mit sich, dass die Partikeln in der Flüssigkeit sedimentieren. Dies hat eine unterschiedliche Verteilung und Konzentrationsschwankungen der abrasiven Partikel im flüssigen Trägermedium zur Folge, was wiederum zu Schwankungen der rheologischen Eigenschaften des Abrasivmediums und damit des Schleifergebnisses an den Düsenöffnungen führt. Diese Schwankungen führen auch dazu, dass die Durchflussskennwerte der Spritzöffnungen durch das flüssige Abrasivmedium selbst nur mit gewissen Toleranzen überprüft werden können.

[0004] Es ist weiter in der DE 37 23 698 A1 ein Verfahren beschrieben, bei dem der statische Durchfluss von Düsenkörpern mit vorgefertigten Abspritzöffnungen in einem ersten Schritt zunächst gemessen wird, wobei der Düsenkörper dabei mit konstantem Druck von einer Prüfflüssigkeit beaufschlagt wird. In einem zweiten Schritt wird dann der Düsenkörper mit dem abrasiven Schleifmittel beaufschlagt, so dass dieses Schleifmittel die Düsenöffnungen durchströmt und Material abträgt.

In einem dritten Schritt wird dann der Düsenkörper erneut mit der Prüfflüssigkeit beaufschlagt und erneut der statische Durchfluss gemessen. Die abwechselnden Schritte des Bearbeitens und Prüfens werden solange zyklisch wiederholt, bis ein gewünschter Soll-Wert erreicht ist.

[0005] Bei einer derartigen Bearbeitung besteht insbesondere bei einem Stop des Bearbeitungszyklus die Gefahr einer Sedimentation der Abrasivpartikel. Dies kann zu einer Verhärtung bzw. zu einer Verklumpung im Trägermedium führen. Um dies zu verhindern, müssen aufwändige Maßnahmen, beispielsweise die Anordnung von Rührwerken und Mischern, vorgesehen werden.

[0006] Bei einem weiteren bekannten Verfahren nach der WO 97/05989 ist die Verwendung eines schlammartigen Abrasivmediums vorgesehen, welches gegenüber dem einleitend genannten visko-elastischen Abrasivmedium eine verringerte Viskosität aufweist. Um ein Absetzen der Schleifpartikel in dem Trägerfluid zu verhindern, wird die Verwendung eines naphthenischen Öls als Additiv vorgeschlagen. Das sich hierbei ergebende schlammartige Abrasivmedium stellt einen Kompromiss zwischen den beiden vorbeschriebenen Lösungen, nämlich einerseits einem sehr zähen visko-elastischen Medium und andererseits einer Flüssigkeit, dar. Allerdings sind auch bei dieser Kompromisslösung die vorbeschriebenen Probleme hinsichtlich Korrelation zu den rheologischen Eigenschaften des im Betrieb vorgesehenen Brennstoffes und der Sedimentation der Abrasivpartikel in nicht unerheblichem Maße gegeben.

[0007] Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, ein Verfahren zur Feinstbearbeitung eines Düsenelementes für Einspritzventile anzugeben, bei dem sowohl eine besonders gleichmäßige Bearbeitung an dem Bauteil als auch eine einfache Steuerbarkeit des Verfahrens gewährleistet sind.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass als Abrasivmedium eine Mischung verwendet wird, welche als Komponenten entweder eine Trägerflüssigkeit auf Mineralölbasis und ein organophiles Tonmineral oder eine Trägerflüssigkeit auf Wasserbasis und ein hydrophiles Tonmineral umfasst, und dass die Komponenten der Mischung definiert ausgewählt sind, wobei die Mischung weitgehend die gleichen rheologischen Eigenschaften wie der für das Einspritzventil vorgesehene Brennstoff aufweist.

[0010] Ein Grundgedanke der Erfindung beruht auf der Erkenntnis, demnach bestimmte Tonminerale einerseits für eine Feinstbearbeitung gemäß der Erfindung geeignet sind und andererseits aufgrund ihrer organophilen oder hydrophilen Eigenschaft ohne signifikante Neigung zur Sedimentation in einer Trägerflüssigkeit auf Mineralölbasis bzw. auf Wasserbasis dispergiert

bleiben. Aufgrund ihrer molekularen Struktur und Ionenverteilung können die Tonminerale starke Vander-Waalsche-Bindungen mit der entsprechenden Trägerflüssigkeit eingehen. Diese speziellen Tonminerale sind zusammen mit der Trägerflüssigkeit so ausgewählt, dass die Mischung weitestgehend den rheologischen Eigenschaften des für das Einspritzventil vorgesehenen Brennstoffs entspricht. So wird erfindungsgemäß eine gleichmäßige Verteilung der Partikel in der Trägerflüssigkeit gewährleistet, wobei das Fließverhalten des Abrasivmediums bei der Bearbeitung des Düsenelementes etwa dem Fließverhalten des vorgesehenen Brennstoffs entspricht. Es kann so ohne aufwändige Durchführung mehrerer Bearbeitungs- und Prüfzyklen in einem Bearbeitungsgang das gewünschte Spritzbild des Brennstoffs an der Düse mit sehr großer Genauigkeit eingestellt werden. Dies ist für die Herstellung moderner energiesparsamer Verbrennungsmotoren von ganz wesentlicher Bedeutung.

[0011] Denn für einen optimalen Verbrennungsvorgang und damit eine optimale Kraftstoffausnutzung ist nicht allein eine exakte mengenmäßige Einspritzung des Kraftstoffes, sondern insbesondere das von dem Düsenelement erzeugte, sogenannte Spritzbild maßgeblich. Weiterhin ist nach der Bearbeitung keine aufwändige Reinigung des Bauteiles erforderlich. Allenfalls erfolgt ein kurzer Nachspül- oder Waschvorgang mit der reinen Flüssigkeit.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es bevorzugt, dass ein pulverförmiges, kristallines Tonmineral verwendet wird, dessen Partikel eine schichtförmige Struktur aufweisen. Durch diese schichtförmige Struktur wird erreicht, dass die Partikel des Tonminerals eine besonders große Oberfläche aufweisen und somit eine besonders gute Verbindung zu den Molekülen der Trägerflüssigkeit aufbauen können.

[0013] Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, dass als Tonmineral Bentonit verwendet wird, welches zur Einstellung der gewünschten Eigenschaften chemisch behandelt wird. Bentonit kann beispielsweise mit einer Säure oder einer Base behandelt werden, wobei durch entsprechende Ionen-Austauschreaktionen sich beispielsweise eine gewünschte organophile oder hydrophile Eigenschaft einstellen lässt. Die chemische Behandlung kann durch einen sogenannten Aktivatorstoff auf Säure- oder Basenbasis erfolgen, der dem Tonmineral bei Herstellung der Mischung mit der Trägerflüssigkeit zugegeben wird. Hierdurch können gezielt auch die Eigenschaften des Abrasivmediums, beispielsweise die Viskosität, und sogar eine Thixotropie eingestellt werden. Bei einer eingestellten Thixotropie ist es nach der Erfindung möglich, dass das Abrasivmedium unter den Bearbeitungsbedingungen bei Durchtritt durch das Düsenelement weitgehend die rheologischen Eigenschaften des vorgesehenen Brennstoffs besitzt, während in einem statischen Zustand eine Gelstruktur der Mischung gegeben ist.

[0014] Besonders kostengünstig ist die Verwendung

von Wasser als Trägerflüssigkeit. Nach der Erfindung ist es für eine sehr präzise Bearbeitung der feinen Kanäle mit einem Durchmesser von bis höchstens 1 mm vorteilhaft, dass als Trägerflüssigkeit der Brennstoff oder ein Ersatzstoff mit entsprechenden rheologischen Eigenschaften eingesetzt wird. Als Trägerflüssigkeit kann somit Diesel oder Benzin oder hierzu marktübliche nichtbrennbare Ersatzstoffe zur Herstellung des Abrasivmediums verwendet werden.

[0015] Grundsätzlich ist es möglich, mit dem pulverförmigen, kristallinen Tonmineral, welches eine Partikelgröße von 0,1 µm bis 100 µm aufweisen kann, die Feinstbearbeitung des Düsenelementes unmittelbar auszuführen. Für größere Abtragsleistungen sowie zur Erhöhung der Standfestigkeit des Abrasivmediums ist es nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass dem Abrasivmedium zusätzliche Abrasivpartikel zugesetzt werden. Diese zusätzlichen herkömmlichen Schleifmaterialien können beispielsweise Siliciumcarbid, Borcarbid oder Diamantstaub sein. Die Schleifpartikel können dabei zwischen 0,5 bis 5 % des Gewichtes des Abrasivmediums erreichen. Bei einer entsprechenden Dosierung des Tonminerals zwischen 1,5 bis 4 % des Gewichtes des Abrasivmediums ist es möglich, dass in der verbleibenden 98 %- bis 99 %-igen Flüssigkeit die zusätzlich eingebrachten Schleifpartikel durch das Tonmineral mit dispergiert gehalten werden, so dass keine oder keine nennenswerte Sedimentation der zusätzlichen Schleif- oder Abrasivpartikel auftritt.

[0016] Aufgrund der weitgehend gleichen rheologischen Eigenschaften des Abrasivmediums mit dem vorgesehenen Brennstoff ist es nach einer Weiterbildung der Erfindung möglich, dass der Strömungsverlauf des Abrasivmediums während der abrasiven Bearbeitung wie die Strömung des Brennstoffs in einem Soll-Betrieb eingestellt wird. So kann die erfindungsgemäße abrasive Flüssigkeit selbst zur präzisen Bearbeitung einer Dralldüse eingesetzt werden, wobei sowohl die radial nach innen führenden Kanäle als auch die axiale Spitzlochbohrung bearbeitet werden. Ein Strahl der erfindungsgemäßen abrasiven Flüssigkeit wird dabei mit einer starken Rotation versehen, durch welche eine zuverlässige Ausglättung der Spitzlochbohrung erreicht wird.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass während der Abrasivbearbeitung der Druck des Abrasivmediums gemessen wird und dass bei Erreichen eines Soll-Druckes die Abrasivbearbeitung beendet wird. Die Abrasivflüssigkeit wird dabei mit einem definierten Volumenstrom durch das Düsenelement geleitet, wobei der sich einstellende, messbare Druckabfall ein Maß für den Bearbeitungsfortschritt an dem Düsenelement ist. Vorzugsweise wird der Volumenstrom entsprechend einem Soll-Volumenstrom des Düsenelementes im Betrieb gewählt oder einem diesen Zustand sehr nahekommenen Wert gewählt, so dass eine unmittelbar vergleich-

bare oder zumindest sehr nahekommende Korrelation zu den tatsächlichen Betriebsverhältnissen des Düsen-elementes gegeben ist. Die Bearbeitung des Düsen-elementes erfolgt somit bei einem relativ hohen Druck von etwa 100 bar und mehr.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Düsen-elementes weiter erläutert, welches schematisch in der Querschnittsansicht der einzigen Figur dargestellt ist.

[0019] Gemäß dieser Querschnittsansicht eines Einspritzventiles 10 ist in einem Ringgehäuse 20 ein etwa rechteckiges Düsen-element 12 eingesetzt. Zwischen dem Ringgehäuse 20 und dem Düsen-element 12 sind so vier Zuführkanäle 22 ausgebildet, durch welche Brennstoff vertikal zur Zeichnungsebene strömen kann. In dem Düsen-element 12 sind zur Ausbildung einer sogenannten Dralldüse mehrere, etwa radial gerichtete Düsenkanäle 14 mit einem sehr kleinen Durchmesser unter 1 mm ausgebildet. Diese radial gerichteten Düsenkanäle 14 münden tangential in eine axial verlaufende, mittige Spritzlochbohrung 16 in dem Düsen-element 12. Bei dem zusammengesetzten Einspritzventil 10 befindet sich koaxial in der Spritzlochbohrung 16 eine durchmesser kleinere Stellnadel 18, mit welcher das Spritzbild des Einspritzventiles 10 beeinflussbar ist.

[0020] Diese Dralldüse, welche bei modernen verbrauch- und schadstoffarmen Verbrennungsmotoren einsetzbar ist, wird ein spezielles Spritzbild des Brennstoffs im Wesentlichen dadurch erreicht, dass der Brennstoff von den Zuführkanälen 22 über die radial gerichteten Düsenkanäle 14 mit ihren Düsenöffnungen 15 etwa tangential in die Spritzlochbohrung 16 eingespritzt werden, in welcher sich die tangentialen Brennstoffstrahle mit einem axial gerichteten Brennstoffstrahl überlagern. Durch diese Überlagerung ergibt sich eine sehr gute Verwirbelung oder Drall, welcher bei Eintritt in den Verbrennungsraum eines Verbrennungszylinders für ein gewünschtes verbrennungsförderndes Spritzbild sorgt.

[0021] Anhand dieser beispielhaften Ausführungsform einer Dralldüse ist es offensichtlich, dass die gewünschte komplexe Strömungsleitung durch die axiale Spritzlochbohrung und insbesondere die feinen radial gerichteten Düsenkanäle bei Einstellung des gewünschten Spritzbildes durch ein erfindungsgemäßes Abrasivmedium erreichbar sind, deren rheologische Eigenschaften denen des Brennstoffs sehr nahe kommt oder diesen sogar entspricht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Düsen-elementes (12) für Einspritzventile (10), welche zum Einspritzen eines Brennstoffs vorgesehen sind, bei dem

- ein Düsen-element (12) mit zumindest einem Düsenkanal (16) vorgesehen wird, dessen

Durchmesser kleiner als ein Soll-Durchmesser ist, und

- durch den Düsenkanal (16) ein Abrasivmedium geleitet wird, welches Material abträgt und den Düsenkanal (16) vergrößert,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** als Abrasivmedium eine Mischung verwendet wird, welche als Komponenten entweder eine Trägerflüssigkeit auf Mineralölbasis und ein organophiles Tonmineral oder eine Trägerflüssigkeit auf Wasserbasis und ein hydrophiles Tonmineral umfasst, und
- **dass** die Komponenten der Mischung definiert ausgewählt sind, wobei die Mischung bei der abtragenden Bearbeitung weitgehend die gleichen rheologischen Eigenschaften wie der für das Einspritzventil vorgesehene Brennstoff aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein pulverförmiges, kristallines Tonmineral verwendet wird, dessen Partikel eine schichtförmige Struktur aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Tonmineral Bentonit verwendet wird, welches zur Einstellung der gewünschten Eigenschaften chemisch behandelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Trägerflüssigkeit der Brennstoff oder ein Ersatzstoff mit entsprechenden rheologischen Eigenschaften eingesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass zur Erhöhung der Abrasivwirkung des Abrasivmediums zusätzliche Abrasivpartikel zugesetzt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Strömungsverlauf des Abrasivmediums während der abrasiven Bearbeitung entsprechend der Strömung des Brennstoffs in einem Soll-Betrieb eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass während der Abrasivbearbeitung der Druck des Abrasivmediums gemessen wird und dass bei Erreichen eines Soll-Druckes die Abrasivbearbeitung beendet wird.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 10 7396

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D, Y	WO 97 05989 A (DYNETICS CORP) 20. Februar 1997 (1997-02-20) * das ganze Dokument *	1-7	B24B31/116
Y	US 4 555 872 A (YIE GENE G) 3. Dezember 1985 (1985-12-03) * Spalte 6, Zeile 47 - Spalte 7, Zeile 37; Beispiel I *	1-7	
Y	EP 0 103 085 A (IBM) 21. März 1984 (1984-03-21) * das ganze Dokument *	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B C09G C09K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 27. Juli 2001	Prüfer Gelder, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 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	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 01 10 7396

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.

27-07-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9705989	A	20-02-1997	AU	6764296 A	05-03-1997
			DE	29624247 U	23-05-2001
			DE	844920 T	05-04-2001
			EP	0844920 A	03-06-1998
			JP	11510437 T	14-09-1999
			US	5807163 A	15-09-1998

US 4555872	A	03-12-1985	US	4478368 A	23-10-1984

EP 0103085	A	21-03-1984	DE	3367042 D	20-11-1986
			JP	1703253 C	14-10-1992
			JP	3070897 B	11-11-1991
			JP	59035429 A	27-02-1984
			US	4549374 A	29-10-1985

EPO FORM P0481

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