

(19)



(11)

EP 2 320 064 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.05.2011 Patentblatt 2011/19

(51) Int Cl.:

F02M 61/16 ^(2006.01)

C21D 7/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10174323.5**

(22) Anmeldetag: **27.08.2010**

(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 SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME RS

(30) Priorität: **05.11.2009 DE 102009046437**

(71) Anmelder: **MAN Diesel & Turbo SE**

86153 Augsburg (DE)

(72) Erfinder:

- **Kern, Stefan**
86179 Augsburg (DE)
- **Dr. Haberland, Heiner**
39638 Letzlingen (DE)
- **Wagner, Wolfgang**
06847 Dessau-Roßlau (DE)

(54) Verfahren zum Bearbeiten einer Einspritzdüse

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Einspritzdüse, wobei der Kraftstoffung dienende Ausnehmungen der Einspritzdüse mit einem rheopexischen Fluid oder einem dilatanten Fluid gefüllt werden, und wobei das Fluid mit einem Autofrettage-
druck beaufschlagt wird, sodass sich in den Ausnehmungen der Einspritzdüse ein derartiger Innendruck aufbaut, dass die Dauerschweifefestigkeit der Einspritzdüse erhöht wird.

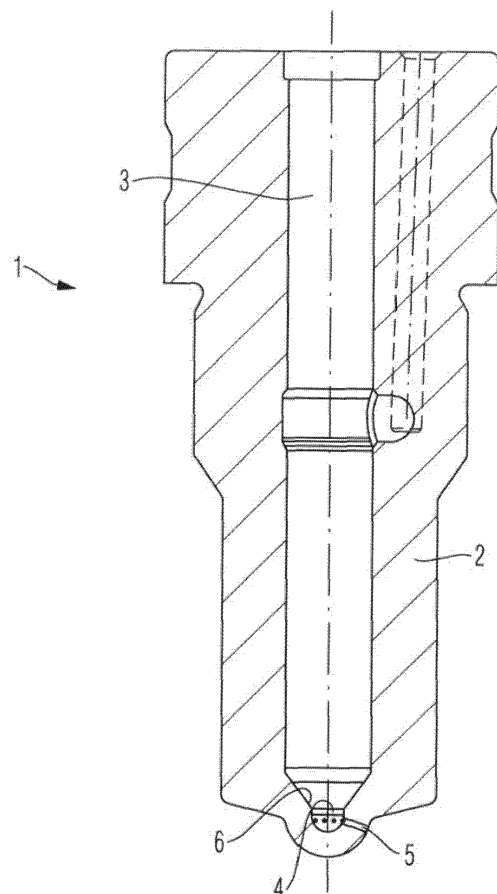


Fig. 1

EP 2 320 064 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Einspritzdüse nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei Einspritzdüsen von Brennkraftmaschinen, insbesondere von Schiffsdieselmotoren, handelt es sich um hochbeanspruchte Bauteile. So sind Einspritzdüsen abhängig vom Einspritztakt hohen Einspritzdrücken ausgesetzt. Die Dauerschwellfestigkeit von Einspritzdüsen beschränkt dabei die realisierbaren Einspritzdrücke,

[0003] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren zum Bearbeiten einer Einspritzdüse zu schaffen, mit Hilfe dessen die Dauerschwellfestigkeit derselben erhöht werden kann. Dieses Problem wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß werden der Kraftstoffzuführung dienende Ausnehmungen der Einspritzdüse mit einem rheopexischen oder dilatanten Fluid gefüllt, wobei das Fluid mit einem Autofrettagedruck beaufschlagt wird, sodass sich in den Ausnehmungen der Einspritzdüse ein derartiger Innendruck aufbaut, dass die Dauerschwellfestigkeit der Einspritzdüse erhöht wird.

[0004] Als Autofrettage (Selbstschrumpfung) bezeichnet man ein Verfahren zur Festigkeitssteigerung von beispielsweise Rohrleitungen für den Einsatz bei und pulsierenden Innendruck, Dabei wird das Rohr einem über dem späteren Betriebsdruck und über der Streckgrenze liegenden Innendruck ausgesetzt, so dass die Bereiche an der Innenwand plastifizieren. Nach dem Entspannen entstehen in diesem Bereich Druckeigenstressungen, die einer Rissbildung im späteren Einsatz vorbeugen.

[0005] Der Effekt der Autofrettage beruht auf der wechselseitigen Beziehung der plastifizierten inneren und der elastisch verformten äußeren Zone, die von der plastisch verformten inneren Zone daran gehindert wird, wieder ihre ursprüngliche Form einzunehmen, sie bleibt gedehnt. Die Durchführung erfolgt, in dem das Rohr mit einer Flüssigkeit mit möglichst geringer Kompressibilität gefüllt und die Rohrenden dicht verschlossen werden. Nun bringen Pumpen meist über Druckübersetzer den benötigten Druck auf. Nach kurzer Haltezeit kann wieder entlastet werden. Autofrettage findet auch bereits Anwendung bei der Common-Rail-Einspritzung, siehe beispielsweise das Dokument DE 10 2007 011 868 B3.

[0006] Hierzu können bereits handelsübliche Autofrettageöle verwendet werden, wobei diese Fluide maximal ca. 5000 bar übertragen können.

[0007] Das Problem hierbei ist jedoch, dass beispielsweise die Spritzlöcher der Einspritzdüsen nicht damit verdichtet werden können.

[0008] Die hier vorliegende Erfindung schlägt erstmals vor, zur Erhöhung der Dauerschwellfestigkeit von Einspritzdüsen Ausnehmungen der Einspritzdüsen mit einem Fluid zu füllen, das rheopexische oder dilatante Eigenschaften aufweist, wobei das Fluid mit den rheope-

xischen oder dilatanten Eigenschaften mit einem Autofrettagedruck beaufschlagt wird, sodass sich in den der Einspritzdüse ein Innendruck aufbaut, mit dem die Dauerschwellfestigkeit der Einspritzdüse erhöht werden kann.

[0009] Es ist eine der hier vorliegenden Erfindung, dass durch Befüllen von der Kraftstoffzuführung dienenden Ausnehmungen der Einspritzdüse mit einem rheopexischen oder dilatanten Fluid und durch Anlegen eines entsprechenden Autofrettagedrucks die Dauerschwellfestigkeit von Einspritzdüsen erhöht werden kann. Hierdurch ist es möglich, höhere Einspritzdrücke zu realisieren. Weiterhin lassen sich Einspritzdüsengeometrien darstellen, die bislang aus Festigkeitsgründen nicht möglich waren, Hierdurch ist auch eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und von Emissionen der Brennkraftmaschine möglich.

[0010] Rheopexie ist die Eigenschaft eines nicht newtonischen Fluids, nach einer Scherung eine höhere Viskosität zu zeigen, Rheopexie ist stark zeitabhängig und bedeutet, dass die Viskosität bei konstanter mit der Zeit ansteigt. Dieses Verhalten ist eng verwandt mit der Dilatanz, bei der die Viskosität nur während der Scherung höher ist. Dilatanz zeichnet sich im Gegensatz zur Rheopexie dadurch aus, dass sie nicht zeitabhängig ist, sondern nur von der Scherung abhängt. Je größer die aufgebrachte Scherung ist, um so viskoser bzw. zäher verhält sich das Fluid.

[0011] Beispielsweise ist in den Dokumenten DE 30 25 562 A1 und EP 01 74 566 B1 die Herstellung und Grundfunktion dilatanter Copolymerdispersionen beschrieben.

[0012] Das hier zu verwendende Fluid besteht beispielsweise aus zwei Komponenten, nämlich einem öligen Grundfluid (Autofrettageöl) vermischt mit einem Medium mit körniger Struktur wie Quarzsand oder Ähnlichem.

[0013] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert, Dabei zeigt:

Fig. 1: einen Querschnitt durch eine Einspritzdüse.

[0014] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine Einspritzdüse 1, wobei die Einspritzdüse 1 von einem Einspritzdüsenkörper 2 bereitgestellt wird, in den Ausnehmungen eingebracht sind, nämlich ein Kraftstoffzulauf 3, ein Sacklochbereich 4 und Spritzlöcher 5, wobei im Übergangsbereich zwischen dem Kraftstoffzulauf 3 und dem Sacklochbereich 4 ein sogenannter Nadelsitz 6 ist.

[0015] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, eine derartige Einspritzdüse 1 dadurch zu bearbeiten, dass die der Kraftstoffzuführung dienenden Ausnehmungen 3, 4, 5 und 6 der Einspritzdüse 1 mit einem rheopexischen Fluid oder einem dilatanten Fluid gefüllt werden, und dass das Fluid mit einem Autofretta-

gedruckt beaufschlagt wird, sodass sich in den Ausnehmungen 3 bis 6 der Einspritzdüse 1 ein derartiger Innendruck ausbaut, dass die Dauerschwellfestigkeit der Einspritzdüse 1 erhöht wird,

[0016] Der wird dabei derart bemessen, dass sich im Werkstoff der Einspritzdüse, nämlich im Werkstoff des Einspritzdüsenkörpers 2, Spannungen oberhalb der Streckgrenze des Werkstoffs und unterhalb der Zugfestigkeit desselben ausbilden. Der Autofrettagedruck ist weiterhin derart bemessen, dass die Einspritzdüse im Bereich der Ausnehmungen 3 bis 6, die der Kraftstoffführung dienen, zumindest abschnittsweise plastisch verformt und damit partiell plastifiziert wird, sodass nach dem Abbau des Autofrettagedrucks in dem plastisch verformten bzw. plastifizierten Abschnitten Druckeigen-
spannungen verbleiben. Diese Druckeigen-
spannungen bewirken bei schwellender Betriebsbelastung durch Druck eine Reduzierung der Mittelspannung und damit eine Erhöhung der Dauerschwellfestigkeit der Einspritzdüse 1,

[0017] Der Erfindung liegt demnach die Erkenntnis zugrunde, dass unter Ausnutzung eines mit rheopexischen oder dilatanten Eigenschaften die Dauerschwellfestigkeit einer Einspritzdüse 1 erhöht werden kann. Fluide mit rheopexischen oder dilatanten Eigenschaften weisen mit steigender Scherung der Fluidteilchen eine erhöhte Viskosität auf, wobei bei rheopexischen Fluiden diese Viskositäts-
erhöhung von der Zeitdauer der Scherung abhängig ist. Bei einer Einspritzdüse 1 befinden sich engste Strömungsquerschnitte im Bereich der Spritzlöcher 5, sodass der größte Viskositätszuwachs des rheopexischen oder dilatanten Fluids bei Anlegen des in den Spritzlöchern 5 zu erwarten ist. In Strömungsrichtung stromaufwärts des engsten Strömungsquerschnitts der Spritzlöcher 5 gesehen, also zumindest im Bereich des Kraftstoffzulaufs 3, des Sacklochs 4 sowie des Nadelsitzes 6, erfolgt eine zumindest partielle bzw. abschnittsweise plastische Verformung der Einspritzdüse 1 im Bereich ihrer innen liegenden Ausnehmungen 3 bis 6. Eine gesonderte Abdichtung der Spritzlöcher 5 in einem Außenbereich derselben ist nicht erforderlich,

[0018] Wie bereits voran beschrieben enthalten dilatante oder rheopexische Fluide körnige Bestandteile, weiche beim Anliegen einer ausreichenden Scherung gegeneinander blockieren und so die Viskositäts-
erhöhung bewirken. Diese körnigen Bestandteile können, bei entsprechender Härte der Körner, in der Umströmung von Stahlbauteilen abrasiv wirken. Damit kann ein solches Fluid zusätzlich für das Verfahren der hydroerosiven Verrundung (HE-Verrundung) von Spritzlöchern der Einspritzdüsen eingesetzt werden. Beide Verfahren (HE-Verrundung und Autofrettage der Einspritzdüsen) können somit in einem Arbeitsgang vereint werden. Die Verfahren sind so zu gestalten, dass das Fluid zunächst mit geringem Druck durch die Einspritzdüse strömt und die Spritzlocheinläufe erosiv bearbeitet werden. Die dilatanten oder rheopexischen Eigenschaften treten bei der entsprechend geringen Scherung in den Spritzlöchern nicht

auf. Im Anschluss wird der Druck, mit dem das Fluid durch die Düse gepumpt wird, erhöht, so dass dann das dilatante oder rheopexische Verhalten des Fluids auftritt und der Durchfluss durch die Spritzlöcher zum Erliegen kommt, Der Druck ist dann weiter bis zum Autofrettagedruck zu erhöhen,

Bezugszeichenliste

10 [0019]

- 1 Einspritzdüse
- 2 Einspritzdüsenkörper
- 3 Kraftstoffzulauf
- 4 Sacklochbereich
- 5 Spritzlöcher
- 6 Nadelsitz

25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten einer Einspritzdüse, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kraftstoffführung dienende Ausnehmungen der Einspritzdüse mit einem rheopexischen Fluid oder einem dilatanten Fluid gefüllt werden, und dass das mit einem Autofrettagedruck beaufschlagt wird, sodass sich in den Ausnehmungen der Einspritzdüse ein derartiger Innendruck aufbaut, dass die Dauerschwellfestigkeit der Einspritzdüse erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Autofrettagedruck derart bemessen wird, dass sich im Werkstoff der Einspritzdüse Spannungen der Streckgrenze des Werkstoffs und unterhalb der Zugfestigkeit des Werkstoffs ausbilden,
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Autofrettagedruck derart bemessen wird, dass die Einspritzdüse im Bereich der Ausnehmungen, die der Kraftstoffführung dienen, zumindest abschnittsweise plastisch verformt wird, und dass nach dem Abbau des Autofrettagedrucks in den plastisch verformten Abschnitten Druckeigen-
spannungen verbleiben.
4. des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zur Bearbeiten einer Einspritzdüse für eine mit Schweröl betriebene Schiffsdieselmotorkraftmaschine,
5. des nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**

dass das rheopexische oder dilatante Fluid zusätzlich zur Erhöhung der Dauerschweifbarkeit der Einspritzdüse auch zur hydroerosiven Verrundung der Einspritzlöcher der Einspritzdüse eingesetzt wird, derart, dass das Fluid zunächst mit geringem Druck durch die Einspritzdüse gepumpt wird und nach der erosiven Bearbeitung der Einspritzlöcher der Druck für den Durchfluss des Fluids bis zum Autofrettagendruck erhöht wird.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

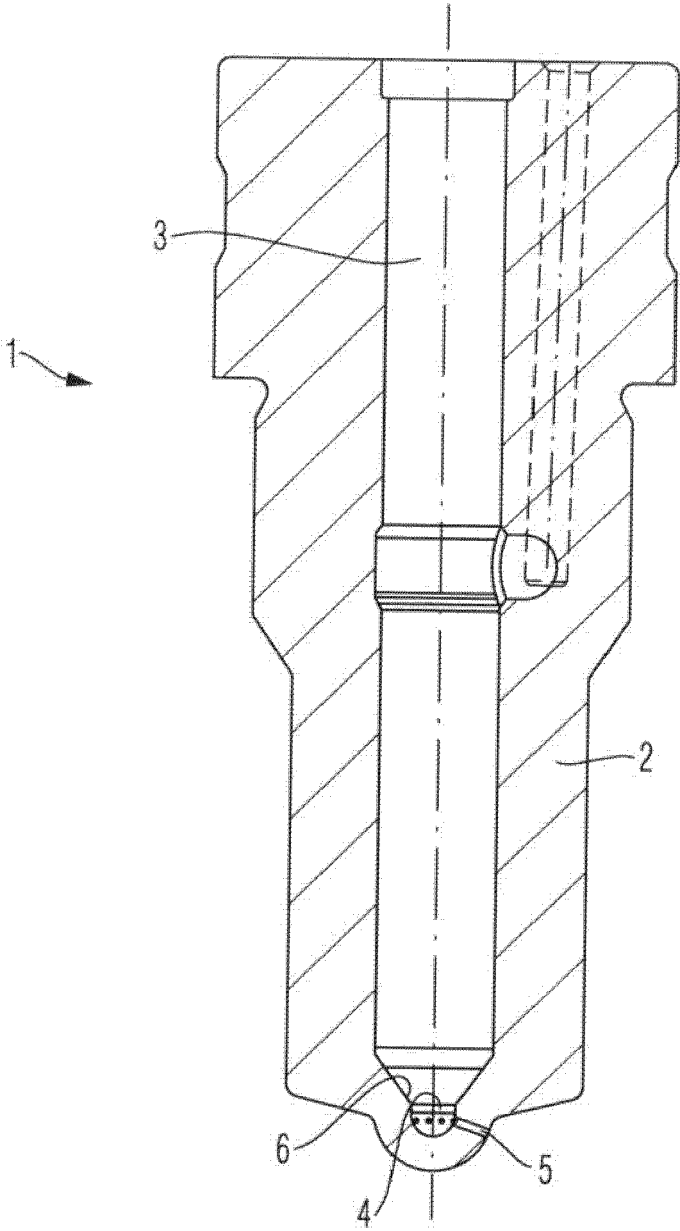


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 17 4323

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 2005/005913 A1 (USUI MASAYOSHI [JP] ET AL) 13. Januar 2005 (2005-01-13) * Absatz [0021]; Anspruch 5 *	1-3	INV. F02M61/16 C21D7/06
A	US 4 354 371 A (JOHNSON DANIEL E) 19. Oktober 1982 (1982-10-19) * Spalte 1, Zeile 24 - Spalte 2, Zeile 68 *	1-3	
A	DE 15 83 992 B1 (MANNESSMANN AG) 9. Juni 1971 (1971-06-09) * das ganze Dokument *	1	
A	WO 2005/049273 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; GROTA BEATE [DE]) 2. Juni 2005 (2005-06-02) * das ganze Dokument *	5	
A,P	DE 10 2009 000538 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 5. August 2010 (2010-08-05) * Absätze [0002] - [0006], [0028], [0033] *	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02M C21D
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2010	Prüfer Landriscina, V
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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 10 17 4323

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

19-11-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005005913 A1	13-01-2005	KEINE	
US 4354371 A	19-10-1982	CA 1160823 A1	24-01-1984
		DE 3140114 A1	24-06-1982
		FR 2492713 A1	30-04-1982
		GB 2086295 A	12-05-1982
DE 1583992 B1	09-06-1971	KEINE	
WO 2005049273 A1	02-06-2005	DE 10353168 A1	23-06-2005
DE 102009000538 A1	05-08-2010	WO 2010086330 A1	05-08-2010

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102007011868 B3 [0005]
- DE 3025562 A1 [0011]
- EP 0174566 B1 [0011]