

(19)



(11)

EP 2 623 616 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.08.2013 Patentblatt 2013/32

(51) Int Cl.:
C21D 7/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12153851.6**

(22) Anmeldetag: **03.02.2012**

(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

- **Hersel, Walter**
71229 Leonberg (DE)
- **Rath, Stephan**
71665 Vaihingen (DE)

(71) Anmelder: **TI Automotive (Heidelberg) GmbH**
69123 Heidelberg (DE)

(74) Vertreter: **Rohmann, Michael**
Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
An der Reichsbank 8
45127 Essen (DE)

(72) Erfinder:
 • **Fiedler, Uwe**
68804 Altlußheim (DE)

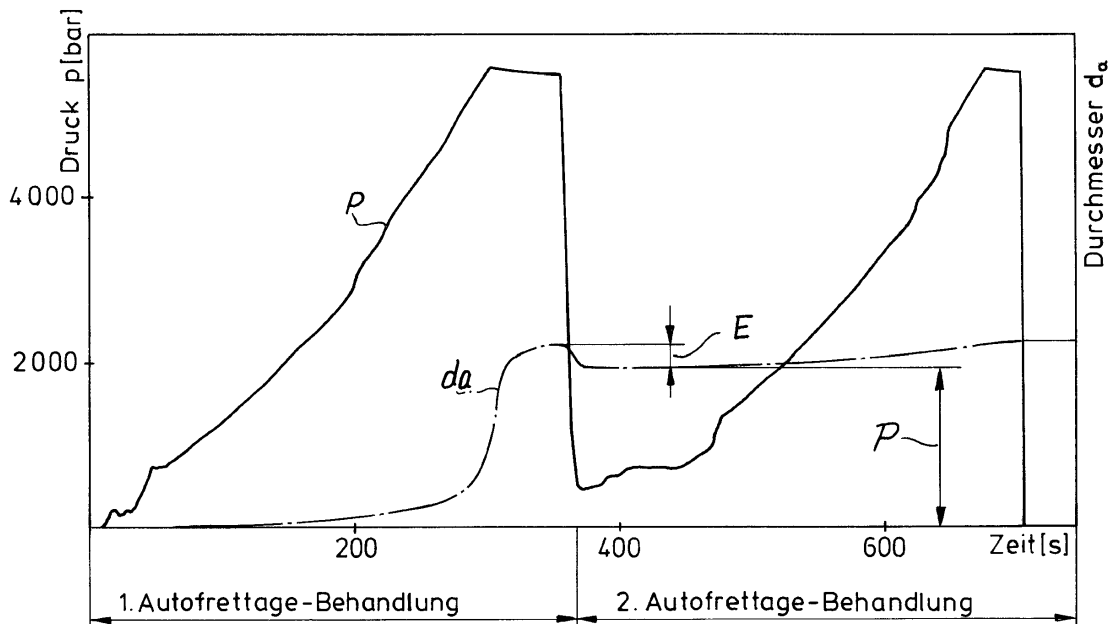
Bemerkungen:
 Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Autofrettage-Verfahren**

(57) Autofrettage-Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Metallrohren, wobei der Innenraum eines Metallrohres mit einem hohen Druck von mindestens 700 bar beaufschlagt wird, so dass ausgehend von der Innenoberfläche des Metallrohres eine Plastifizierung des

Metalls bzw. der Metallwandung stattfindet. Der Druck wird während der Behandlung erhöht und weiterhin wird der während der Behandlung zunehmende Außendurchmesser d_a des Rohres gemessen. Die Druckerhöhung wird bei Erreichen eines kritischen Außendurchmessers d_{ak} beendet und der Druck wird danach wieder verringert.

Fig. 2



EP 2 623 616 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Autofrettage-Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Metallrohren, wobei der Innenraum eines Metallrohres mit einem hohen Druck bzw. Innendruck von mindestens 700 bar beaufschlagt wird.

[0002] Derartige Verfahren sind aus der Praxis in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt. Dabei wird ein Metallrohr mit einem hohen Druck, der oberhalb des späteren Betriebsdrucks liegt, beaufschlagt. Die bei Autofrettage-Verfahren eingesetzten Drücke liegen üblicherweise im Bereich von mehreren tausend bar. Aufgrund der Einwirkung eines solchen hohen Druckes wird das Metall der inneren Wandbereiche des Metallrohres plastifiziert. Daraus resultieren innere Spannungen in der Rohrwandung, die den später im Betrieb einwirkenden Kräften aufgrund innerer Drücke entgegenwirken. Bei der Autofrettage-Behandlung wird der Druck in der Regel mit Hilfe einer Flüssigkeit bzw. mit Hilfe einer Flüssigkeit niedriger Kompressibilität, wie beispielsweise mit Hydraulik-Ölen oder ionischen Flüssigkeiten, aufgebracht. Dazu wird ein Metallrohr an beiden Enden verschlossen und mit der Flüssigkeit befüllt. Anschließend erfolgt der Druckaufbau durch Pumpen bis zum jeweiligen Enddruck. Mit steigendem Druck bildet sich, von der Innenoberfläche des Rohres ausgehend, die Plastifizierung aus. Bislang wird zur Kontrolle der Autofrettage-Behandlung der sich aufbauende bzw. der sich erhöhende Druck gemessen. Die bisher verwendeten Autofrettage-Verfahren weisen zunächst den Nachteil auf, dass das Ausmaß des Autofrettierens bzw. der Grad der Plastifizierung des Rohres nicht hinreichend präzise und funktions sicher kontrolliert werden kann. Dadurch resultieren nicht selten fehlerhafte Rohre bzw. Rohre mit nicht zufriedenstellenden Materialeigenschaften. Weiterhin haftet vielen bekannten Autofrettage-Verfahren der Nachteil an, dass - nicht zuletzt wegen der unzureichenden Präzision bei der Kontrolle des Prozesses - verhältnismäßig viele Rohre beschädigt werden und somit der Ausschuss relativ hoch ist oder Rohre unzureichend vorgespannt sind und damit die Betriebsfestigkeit über die Lebensdauer gefährdet ist.

[0003] Dementsprechend liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, ein Autofrettage-Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem die vorstehend geschilderten Nachteile vermieden werden können.

[0004] Zur Lösung dieses technischen Problems lehrt die Erfindung ein Autofrettage-Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Metallrohren, wobei der Innenraum eines Metallrohres mit einem hohen Druck bzw. Innendruck von mindestens 700 bar - vorzugsweise von mindestens 3.000 bar - beaufschlagt wird, so dass ausgehend von der Innenoberfläche des Metallrohres eine Plastifizierung des Metalls bzw. der Metallwandung stattfindet, wobei der Druck bzw. Innendruck während der Autofrettage-Behandlung erhöht wird, wobei weiterhin der wäh-

rend der Behandlung zunehmende Außendurchmesser d_a des Rohres gemessen wird und wobei der Druck anschließend wieder verringert wird. - Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Druckerhöhung bei Erreichen eines kritischen Außendurchmessers d_{ak} des Rohres beendet wird und der Druck danach wieder verringert wird.

[0005] Bei den Metallrohren handelt es sich insbesondere um Stahlrohre. Diese Stahlrohre können mit einer Beschichtung bzw. können mit Beschichtungen versehen sein. - Bei der erfindungsgemäßen Autofrettage-Behandlung wird der Druck zweckmäßigerweise von 0 bis auf den Enddruck gesteigert, der dem kritischen Außendurchmesser d_{ak} entspricht. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass nach Erreichen des Enddruckes dieser Enddruck kurzzeitig konstant gehalten wird, beispielsweise mehrere zehn Sekunden lang.

[0006] Bei dem kritischen Außendurchmesser d_{ak} handelt es sich um einen Erfahrungswert, der durch entsprechende Vorversuche festgelegt wird. Der kritische Außendurchmesser d_{ak} hängt ab von dem Material der Rohrwandung, von der Dicke der Rohrwandung und auch vom ursprünglichen Außendurchmesser des Rohres. Zweckmäßigerweise wird in Vorversuchen für ein bestimmtes Metallrohr der kritische Außendurchmesser d_{ak} bestimmt, bei dem die gewünschte Plastifizierung des Metallrohres erreicht wird und bei dem insbesondere noch keine Beschädigung des Metallrohres, beispielsweise durch Bersten bzw. Platzen auftritt.

[0007] Erfindungsgemäß wird der Außendurchmesser d_a des Rohres bzw. werden die Änderungen des Außendurchmessers d_a gemessen bzw. bestimmt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Messung des Außendurchmessers d_a kontinuierlich. Empfohlenermaßen wird der Außendurchmesser d_a mittels eines laser-interferometrischen Verfahrens gemessen. Grundsätzlich kommen für die Messung des Außendurchmessers d_a der Metallrohre alle Messverfahren infrage, die eine Messung von Änderungen des Außendurchmessers d_a im Bereich von 0 bis zu 50 μm erlauben. Vorzugsweise wird der Außendurchmesser d_a mit einer berührungsfreien Meßmethode bestimmt. Prinzipiell können aber auch nicht-berührungsfreie Meßmethoden eingesetzt werden.

[0008] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass neben dem Außendurchmesser d_a des Rohres auch der aufgebrauchte Druck bzw. Innendruck gemessen wird. Zweckmäßigerweise erfolgt eine kontinuierliche Messung des Druckes. Nach dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden also sowohl der aufgebaute Druck bzw. Änderungen des Druckes als auch der Außendurchmesser d_a bzw. Änderungen des Außendurchmessers d_a gemessen. - Die Abhängigkeit des Außendurchmessers d_a vom aufgebrauchten Druck wird für ein bestimmtes Metallrohr bzw. für einen bestimmten Rohrtyp in Vorversuchen bestimmt. Dabei kann festgestellt werden, in welchem Toleranzbereich das Verhältnis Außendurchmesser d_a / Druck bei fehler-

freien Metallrohren liegen muss. Bei weiteren Messungen an Metallrohren dieses Typs können dann bei Abweichungen von dem Toleranzbereich Materialfehler in der Rohrwandung festgestellt werden. So können auf einfache und wenig aufwendige Weise fehlerhafte Rohre erkannt werden und dem Produktionsprozess entzogen werden. Diese Ausführungsform erlaubt somit eine effektive Qualitätskontrolle während der Autofrettage-Behandlung.

[0009] Eine weitere sehr bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass ein bereits zumindest einer ersten Autofrettage-Behandlung unterzogenes Metallrohr zumindest einer zweiten Autofrettage-Behandlung unterzogen wird und dass mittels der Messung des Außendurchmessers d_a des Rohres bei der zweiten Autofrettage-Behandlung das Ausmaß der ersten Autofrettage-Behandlung bzw. der Grad der Plastifizierung der Rohrwandung bei der ersten Autofrettage-Behandlung ermittelt bzw. kontrolliert wird. Bei der ersten Autofrettage-Behandlung kann es sich um eine erfindungsgemäße Autofrettage-Behandlung oder aber auch um eine Autofrettage-Behandlung nach dem Stand der Technik handeln. Mit Hilfe der zweiten Autofrettage-Behandlung kann erkannt werden, inwieweit das Metallrohr bereits einer Autofrettage-Behandlung unterzogen wurde und ob der Grad der Plastifizierung entsprechend bzw. wunschgemäß erfolgte. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit zur Kontrolle von Metallrohren, die bereits einem Autofrettage-Verfahren unterlagen, herangezogen werden. Die Ausführungsform wird weiter unten noch näher erläutert. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass der Druck bzw. Innendruck in dem Metallrohr mittels einer Flüssigkeit aufgebaut wird. Zweckmäßigerweise handelt es sich dabei um eine Flüssigkeit niedriger Kompressibilität, vorzugsweise um eine hydraulische Flüssigkeit, beispielsweise um ein Hydraulik-Öl. Empfohlenermaßen wird das Metallrohr an beiden Enden verschlossen und der Aufbau des Innendrucks erfolgt mit Hilfe zumindest einer Pumpe.

[0010] Zweckmäßigerweise erfolgt die Beaufschlagung der Innenoberfläche des Rohres mit einem Druck bzw. Innendruck von 700 bis 15.000 bar, vorzugsweise von 2.500 bis 9.000 bar und besonders bevorzugt von 2.800 bis 8.500 bar. Eine empfohlene Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass der aufgebrachte Druck bzw. Innendruck im Bereich zwischen 5.000 und 8.500 bar liegt. - Vorzugsweise erfolgt die Druckerhöhung bzw. der Druckaufbau über einen Zeitraum von 2 bis 25 s, vorzugsweise 2 bis 20 s und bevorzugt 2 bis 10 s. Nach Erreichen des Enddruckes wird dieser zweckmäßigerweise kurzzeitig konstant gehalten, insbesondere 3 bis 40 s konstant gehalten.

[0011] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Druck bzw. Innendruck mit der Maßgabe gesteigert wird, dass eine Plastifizierung der inneren Wandbereiche des Rohres entsprechend einem Plastifizierungsradius

r_p erreicht wird, wobei dieser Plastifizierungsradius r_p 50 bis 92 %, vorzugsweise 70 bis 92 % und bevorzugt 75 bis 92 % des Außenradius r_a des Rohres beträgt. Die Radien werden dabei von der Mitte bzw. von der Längsmittelachse des Rohres aus gemessen. Wie bereits dargestellt, beginnt die Plastifizierung an der Innenoberfläche des Metallrohres und pflanzt sich bei weiterer Druckerhöhung nach außen hin fort. Der Plastifizierungsradius r_p gibt das Ausmaß der Plastifizierung in radialer Richtung des Rohres an. - Die Plastifizierung des Metalls beginnt im Übrigen bei einem Innendruck p_1 von:

$$p_1 = \frac{\sigma_F}{\sqrt{3}} (1 - (r_i / r_a)^2)$$

Bei einem Druck p_2 von

$$p_2 = \frac{2\sigma_F}{\sqrt{3}} \ln(r_a / r_i)$$

wäre theoretisch die gesamte Rohrwandung (100 %) plastifiziert. σ_F steht im Übrigen für die Spannung, bei der die elastischen Eigenschaften des Materials in Fließeigenschaften übergehen. r_i ist der Innenradius des Metallrohres und r_a ist der Außenradius des Metallrohres.

[0012] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass gerade und/oder gebogene Metallrohre oder Metallrohre mit zumindest einem gebogenen Rohrabschnitt mit dem erfindungsgemäßen Autofrettage-Verfahren behandelt werden. Insbesondere bei gebogenen Rohren oder bei gebogenen Rohrabschnitten hat sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders bewährt.

[0013] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass mit dem erfindungsgemäßen Autofrettage-Verfahren eine besonders präzise und funktionssichere Kontrolle des Plastifizierungsgrades möglich ist. Dabei zeichnet sich das Verfahren durch Einfachheit und geringen Aufwand aus. Bei gleichzeitiger Messung von Außendurchmesser und Druck können im Übrigen auf sehr einfache Weise Materialfehler bzw. fehlerhafte Rohre erkannt werden und dem Produktionsprozess entzogen werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auch problemlos eine Kontrolle bereits autofrettierter Rohre möglich. Hervorzuheben ist weiterhin, dass die erfindungsgemäßen Maßnahmen mit relativ geringen Kosten realisiert werden können. Im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Autofrettage-Verfahren werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren deutlich weniger Rohre beschädigt und das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich somit durch einen vorteilhaft geringen Ausschuss aus.

[0014] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeich-

nung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1 einen Schnitt durch ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandeltes Metallrohr mit zwei unterschiedlichen Plastifizierungsgraden und

Fig. 2. die Änderung des Druckes und die Änderung des Außendurchmessers d_a eines Metallrohres während der erfindungsgemäßen Autofrettage-Behandlung.

[0015] Die Erfindung betrifft ein Autofrettage-Verfahren zur Steigerung der Festigkeit von Metallrohren 1. Der Innenraum 2 des Metallrohres 1 wird mit einem hohen Innendruck p beaufschlagt und dieser Druck bzw. Innendruck p wird während der Autofrettage-Behandlung erhöht. Im Ausführungsbeispiel wird der Innendruck p von 0 bis etwa 5.500 bar erhöht (s. Fig. 2). Aufgrund dieser Druckerhöhung findet ausgehend von der Innenoberfläche 3 des Metallrohres 1 eine Plastifizierung des Metalls bzw. der Metallwandung statt. Die plastifizierten Innenbereiche der Rohrwandung des Metallrohres 1 sind in den Fig. 1a und 1 b durch eine Kreuzschraffur gekennzeichnet.

[0016] Erfindungsgemäß wird während der Autofrettage-Behandlung der zunehmende Außendurchmesser d_a des Metallrohres 1 gemessen (Fig. 2). Erfindungsgemäß wird weiterhin die Druckerhöhung nach Erreichen eines kritischen Außendurchmessers d_{ak} beendet (Fig. 1b) und der Druck wird danach wieder verringert (Fig. 2). Die Figuren 1a und 1b zeigen ein mit dem erfindungsgemäßen Autofrettage-Verfahren behandeltes Metallrohr 1 mit zwei unterschiedlichen Plastifizierungsgraden. In dem Zustand des Metallrohres 1 gemäß Fig. 1b ist nach Druckerhöhung der kritische Außendurchmesser d_{ak} erreicht worden sowie der gewünschte maximale Plastifizierungsgrad. Der Plastifizierungsgrad kann durch den Plastifizierungsradius r_p angegeben werden. Im Zustand des Metallrohres 1 gemäß Fig. 1b mag der Plastifizierungsradius r_p 90 % des Außenradius r_a des Metallrohres 1 betragen. r_i steht im Übrigen für den Innenradius des Metallrohres 1. Alle Radien werden von der Mitte M des Metallrohres 1 aus gemessen.

[0017] Fig. 2 zeigt den Druckaufbau bzw. den Verlauf des Druckes p und den Verlauf bzw. die Änderung des Außendurchmessers d_a während der erfindungsgemäßen Autofrettage-Behandlung. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 wird eine erste Autofrettage-Behandlung sowie gleichsam zur Kontrolle eine zweite Autofrettage-Behandlung durchgeführt. Der Fig. 2 ist entnehmbar, dass sich bei Druckbeaufschlagung eines Metallrohres 1 die Änderungen im Außendurchmesser d_a in einen elastischen Anteil E und einen plastischen Anteil P aufteilen lassen. Im Hinblick darauf kann mit einer zweiten Autofrettage-Behandlung (rechte Seite von Fig. 2) kontrolliert werden, inwieweit das Metallrohr 1 bereits einer Auto-

frettage-Behandlung unterzogen wurde und ob der Grad der Plastifizierung entsprechend bzw. wunschgemäß erfolgt ist. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit zu einer Kontrolle von Metallrohren 1 herangezogen werden, die bereits einer Autofrettage-Behandlung unterzogen wurde.

Patentansprüche

1. Autofrettage-Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Metallrohren (1), wobei der Innenraum (2) eines Metallrohres (1) mit einem hohen Druck bzw. Innendruck p von mindestens 700 bar beaufschlagt wird, so dass ausgehend von der Innenoberfläche (3) des Metallrohres (1) eine Plastifizierung des Metalls bzw. der Metallwandung stattfindet, wobei der Druck bzw. Innendruck p während der Behandlung erhöht wird, wobei weiterhin der während der Behandlung zunehmende Außendurchmesser d_a des Rohres gemessen wird und wobei der Druck anschließend wieder verringert wird.
2. Autofrettage-Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Druckerhöhung bei Erreichen eines kritischen Außendurchmessers d_{ak} beendet wird und der Druck danach wieder verringert wird.
3. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei neben dem Außendurchmesser d_a des Metallrohres (1) auch der aufgebrauchte Druck bzw. Innendruck p gemessen wird.
4. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein bereits zumindest einer ersten Autofrettage-Behandlung unterzogenes Metallrohr (1) zumindest einer zweiten Autofrettage-Behandlung nach einem der Ansprüche 1 oder 2 unterzogen wird und wobei mittels der Messung des Außendurchmessers d_a des Metallrohres (1) bei der zweiten Autofrettage-Behandlung das Ausmaß der ersten Autofrettage-Behandlung bzw. der Grad der Plastifizierung der Rohrwandung bei der ersten Autofrettage-Behandlung ermittelt wird.
5. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Druck bzw. Innendruck p in dem Metallrohr (1) mittels einer Flüssigkeit aufgebaut wird.
6. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Beaufschlagung der Innenoberfläche (3) des Metallrohres (1) mit einem Druck bzw. Innendruck p von 700 bis 15.000 bar, vorzugsweise von 2.500 bis 9.000 bar und besonders bevorzugt von 2.800 bis 8.500 bar durchgeführt wird.
7. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche

1 bis 6, wobei die Druckerhöhung bzw. der Druckaufbau über einen Zeitraum von 2 bis 25 s, vorzugsweise 2 bis 20 s und bevorzugt 2 bis 10 s erfolgt.

8. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Druck p mit der Maßgabe gesteigert wird, dass eine Plastifizierung der inneren Wandungsbereiche des Metallrohres (1) entsprechend einem Plastifizierungsradius r_p erreicht wird, wobei dieser Plastifizierungsradius r_p 50 bis 92 %, vorzugsweise 70 bis 92 % und bevorzugt 75 bis 92 % des Außenradius r_a des Metallrohres (1) beträgt. 5
9. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei gebogene Rohre oder Rohre mit zumindest einem gebogenen Rohrabschnitt behandelt werden. 10

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ. 20

1. Autofrettage-Verfahren zur Festigkeitssteigerung von Metallrohren (1), wobei ein bereits zumindest einer ersten Autofrettage-Behandlung unterzogenes Metallrohr (1) zumindest einer zweiten Autofrettage-Behandlung unterzogen wird, wobei zumindest bei der zweiten Autofrettage-Behandlung der Innenraum (2) eines Metallrohres (1) mit einem hohen Druck bzw. Innendruck p von mindestens 700 bar beaufschlagt wird, so dass ausgehend von der Innenoberfläche (3) des Metallrohres (1) eine Plastifizierung des Metalls bzw. der Metallwandung stattfindet, 25

wobei der Druck bzw. Innendruck p während der Behandlung erhöht wird, wobei weiterhin der während der Behandlung zunehmende Außendurchmesser d_a des Rohres gemessen wird und wobei der Druck anschließend wieder verringert wird 30

und wobei mittels der Messung des Außendurchmessers d_a des Metallrohres (2) bei der zweiten Autofrettage-Behandlung das Ausmaß der ersten Autofrettage-Behandlung bzw. der Grad der Plastifizierung der Rohrwandung bei der ersten Autofrettage-Behandlung ermittelt wird. 35

2. Autofrettage-Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Druckerhöhung bei Erreichen eines kritischen Außendurchmessers d_{ak} beendet wird und der Druck danach wieder verringert wird. 40

3. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei neben dem Außendurchmesser d_a des Metallrohres (1) auch der aufgebrauchte Druck bzw. Innendruck p gemessen wird. 45

4. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Druck bzw. Innendruck p in

dem Metallrohr (1) mittels einer Flüssigkeit aufgebaut wird.

5. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Beaufschlagung der Innenoberfläche (3) des Metallrohres (1) mit einem Druck bzw. Innendruck p von 700 bis 15.000 bar, vorzugsweise von 2.500 bis 9.000 bar und besonders bevorzugt von 2.800 bis 8.500 bar durchgeführt wird.

6. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Druckerhöhung bzw. der Druckaufbau über einen Zeitraum von 2 bis 25 s, vorzugsweise 2 bis 20 s und bevorzugt 2 bis 10 s erfolgt.

7. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Druck p mit der Maßgabe gesteigert wird, dass eine Plastifizierung der inneren Wandungsbereiche des Metallrohres (1) entsprechend einem Plastifizierungsradius r_p erreicht wird, wobei dieser Plastifizierungsradius r_p 50 bis 92 %, vorzugsweise 70 bis 92 % und bevorzugt 75 bis 92 % des Außenradius r_a des Metallrohres (1) beträgt.

8. Autofrettage-Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei gebogene Rohre oder Rohre mit zumindest einem gebogenen Rohrabschnitt behandelt werden.

Fig. 1B

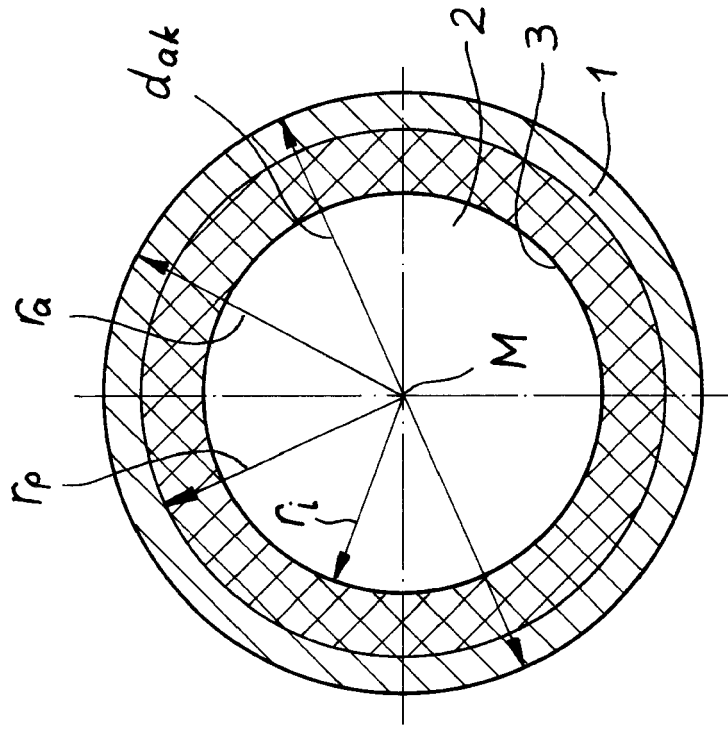


Fig. 1A

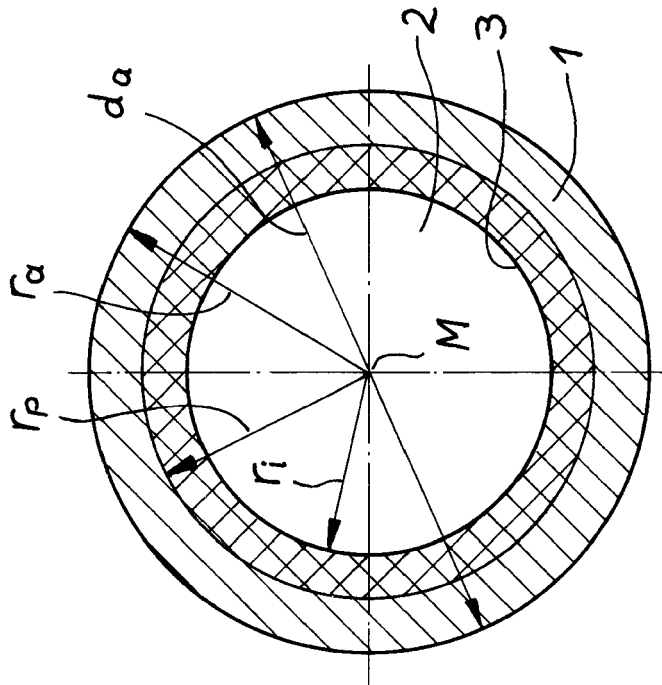
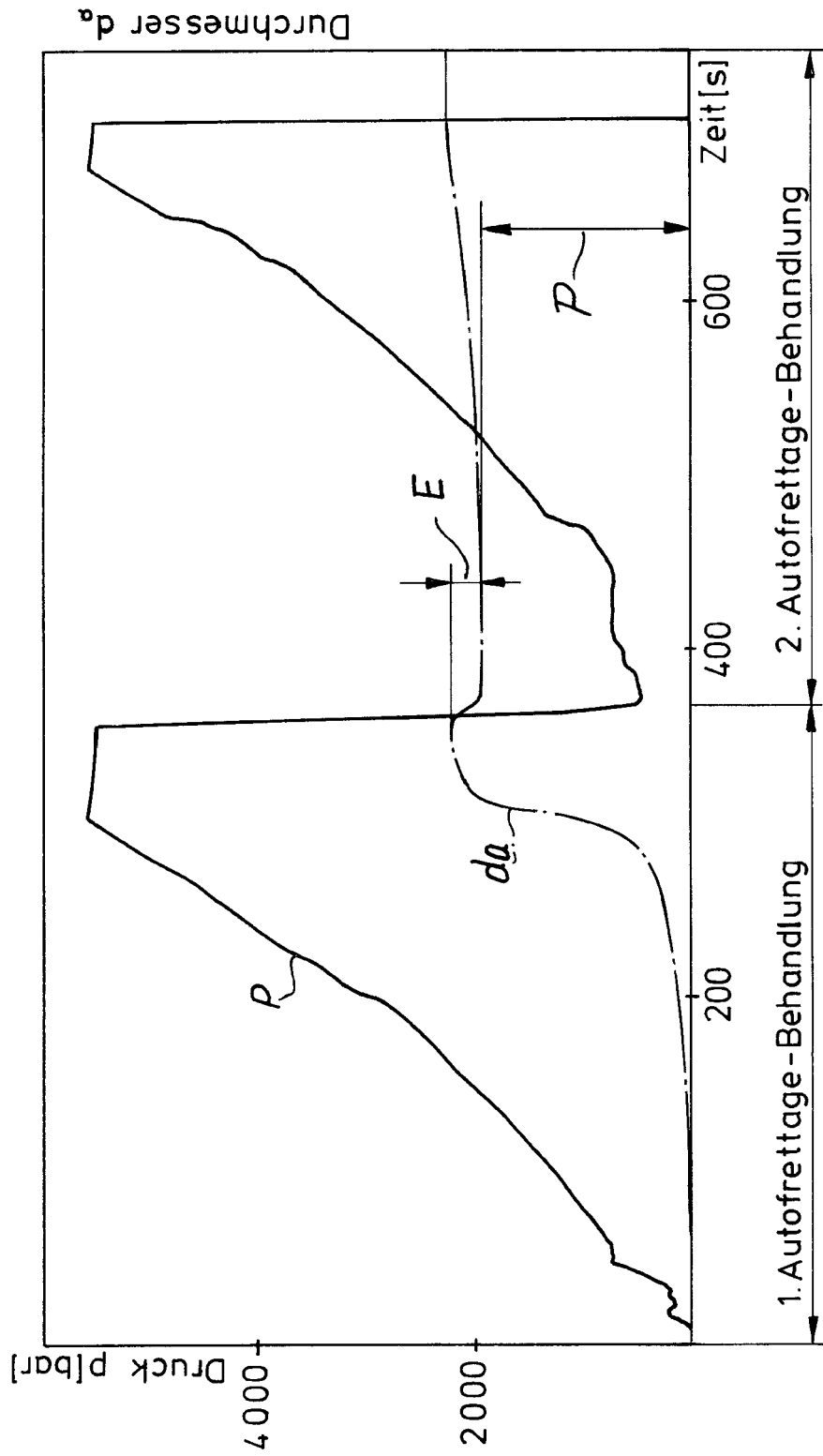


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 3851

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2010/018721 A1 (USUI KOKUSAI SANGYO KK [JP]; SHIMURA FUMIHIKO [JP]; NISHIIE KATSUHIKO) 18. Februar 2010 (2010-02-18) * Absatz [0010] - Absatz [0014]; Abbildungen 1-10 * * Absatz [0016] - Absatz [0019]; Beispiele 1,4 *	1-3,5,6,9	INV. C21D7/12
X	EP 0 041 835 A2 (BARCOCK & WILCOX CO [US]) 16. Dezember 1981 (1981-12-16) * Seite 7, Zeile 28 - Seite 8, Zeile 17 * * Seite 9, Zeile 19 - Seite 10, Zeile 30; Ansprüche 1,3; Abbildungen 1,2 *	1-3,6,8	
X	US 3 438 113 A (BERMAN IRWIN ET AL) 15. April 1969 (1969-04-15) * Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 3, Zeile 20 * * Spalte 3, Zeile 55 - Zeile 67; Abbildung 1 *	1-3	
A	US 3 889 381 A (BROWN BRUCE B) 17. Juni 1975 (1975-06-17) * Spalte 1, Zeile 11 - Zeile 48 * * Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 21 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D B21D
A	JP 55 035282 A (NIPPON STEEL CORP; YAMAMOTO SUIATSU KOGYOSHO KK) 12. März 1980 (1980-03-12) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,3,6-8	
A	WO 99/35036 A2 (KAPP JOSEPH A [US]) 15. Juli 1999 (1999-07-15) * Ansprüche 9-15 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 23. Juli 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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 12 15 3851

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.

23-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2010018721 A1	18-02-2010	JP 2010043920 A WO 2010018721 A1	25-02-2010 18-02-2010
EP 0041835 A2	16-12-1981	CA 1203368 A1 DE 3168749 D1 EP 0041835 A2 ES 8308239 A1 JP 1257680 C JP 57048433 A JP 59033453 B MX 155491 A	22-04-1986 21-03-1985 16-12-1981 16-11-1983 29-03-1985 19-03-1982 16-08-1984 18-03-1988
US 3438113 A	15-04-1969	FR 1553015 A US 3438113 A	10-01-1969 15-04-1969
US 3889381 A	17-06-1975	KEINE	
JP 55035282 A	12-03-1980	KEINE	
WO 9935036 A2	15-07-1999	AU 2016599 A EP 1053177 A2 US 6154946 A WO 9935036 A2	26-07-1999 22-11-2000 05-12-2000 15-07-1999

EPC FORM P0461

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