

(19)



(11)

EP 4 190 935 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.06.2023 Patentblatt 2023/23

(21) Anmeldenummer: **21212558.7**

(22) Anmeldetag: **06.12.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22C 38/02 (2006.01) **C22C 38/04** (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) **C22C 38/24** (2006.01)
C22C 38/28 (2006.01) **C22C 38/32** (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/22;
C22C 38/24; C22C 38/28; C22C 38/32; C21D 9/08;
C21D 2211/002

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Benteler Steel/Tube GmbH**
33104 Paderborn (DE)

(72) Erfinder:
 • **ENGEL, Waldemar**
33104 Paderborn (DE)
 • **ROSE, Leonhard**
33178 Borchten (DE)
 • **HALFPAP, Christopher**
33106 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Cullinane, Marietta Bettina**
Df-mp Dörries Frank-Molnia & Pohlman
Patentanwälte Rechtsanwälte PartG mbB
Theatinerstraße 16
80333 München (DE)

(54) **PERFORATIONSPISTOLENROHR UND PERFORATIONSPISTOLE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Perforationspistolenrohr, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Rohr aus einer Stahllegierung besteht, die neben Eisen die folgenden Legierungselemente, angegeben in Massenprozent, umfasst:

C 0,12 - 0,22%
 Si 0,3 - 1,0%
 Mn 1,0 - 4%
 Cr 0,5 - 2%

Mo 0,1 - 1%,
 V 0,05 - 0,2%
 Ti 0,02 - 0,1% und
 B 0,001 - 0,01%
 und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, und dass das Rohr eine Streckgrenze, $R_{P0,2}$, im Bereich von 750 bis 1100 MPa aufweist. Zudem wird eine Perforationspistole mit einem solchen Perforationspistolenrohr beschrieben.

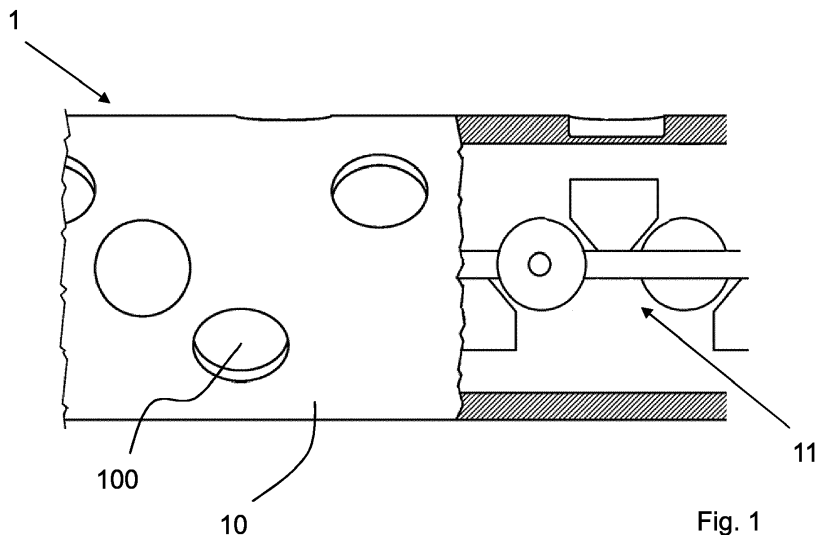


Fig. 1

EP 4 190 935 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Perforationspistolenrohr und eine Perforationspistole mit einem Perforationspistolenrohr.

[0002] Perforationspistolen, die auch als Perforating Guns oder PerfGuns bezeichnet werden, werden verwendet, um Bohrlöcher für die Erdöl- und Erdgas-Förderung zu aktivieren. Dabei wird mittels einer gezielten Sprengung das umliegende Gestein im Bohrloch zerstört, um durchlässiger für das Fluid, das heißt Erdöl oder Erdgas, zu werden. Das Außenrohr der Perforationspistole wird auch als Hohlträger oder Hollow Carrier bezeichnet. Das Außenrohr hat die Aufgabe die Perforationspistole bei der Sprengung zu halten und darf dabei nicht zerstört werden oder sich maßgeblich verformen, um ein Verstopfen des Bohrlochs zu verhindern. Dazu ist eine hohe Widerstandsfähigkeit des Außenrohrmaterials gegen die extremen Belastungen erforderlich.

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher eine Perforationspistole und insbesondere ein Perforationspistolenrohr zu schaffen, dass diesen Belastungen zuverlässig standhält.

[0004] Gemäß einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch ein Perforationspistolenrohr, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Rohr aus einer Stahllegierung besteht, die neben Eisen die folgenden Legierungselemente, angegeben in Massenprozent, umfasst:

C	0,12-0,22%
Si	0,3-1,0%
Mn	1,0-4%
Cr	0,5 - 2%
Mo	0,1 - 1%,
V	0,05 - 0,2%
Ti	0,02-0,1% und
B	0,001 - 0,01%

und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, und dass das Rohr eine Streckgrenze, $R_{P0,2}$, im Bereich von 750 bis 1100 MPa aufweist.

[0005] Das Perforationspistolenrohr wird auch als Rohr bezeichnet. Die Stahllegierung wird im Folgenden auch als Werkstoff oder Legierung bezeichnet. Gehaltsangaben von Legierungselementen sind in Massenprozent angegeben, werden aber gegebenenfalls nur mit Prozent bezeichnet. Als erschmelzungsbedingte Verunreinigungen werden unvermeidbare Verunreinigungen bezeichnet, die beim der Herstellung der Legierung auftreten.

[0006] Als Perforationspistolenrohr wird erfindungsgemäß ein Rohr einer Perforationspistole bezeichnet. Insbesondere stellt das Perforationspistolenrohr vorzugsweise das äußere Rohr einer Perforationspistole dar und kann auch als Hollow Carrier bezeichnet werden. Im Folgenden wird die Perforationspistole auch als PerfGun

oder Perforating Gun bezeichnet. Das Rohr ist bevorzugt nahtlos aus einem Vollblock oder Hohlblock beispielsweise durch einen üblichen Stoßbankprozess oder das bekannte Mannesmann-Walzverfahren sowie ggf. einem Streckreduzierwalzen hergestellt.

[0007] Das erfindungsgemäße Rohr weist eine Streckgrenze $R_{P0,2}$ von mindestens 750 MPa, insbesondere im Bereich von 800 bis 1100 MPa auf. Vorzugsweise weist das Rohr eine Streckgrenze, $R_{P0,2}$, im Bereich von 850 bis 1050 MPa auf. Diese Streckgrenzen-Werte können mit dem erfindungsgemäß verwendeten Werkstoff erzielt werden. Somit wird durch die Erfindung eine Erhöhung des Widerstandes der Legierung und damit des Rohres gegen Versagen bei hochdynamischer Belastung, insbesondere bei der Explosion erzielt. Zudem weist das Rohr vorzugsweise eine hohe Festigkeit auf, die groß genug ist, um dem Umgebungsdruck der PerfGun vor der Explosion zu widerstehen.

[0008] Vorzugsweise weist das Rohr eine Zugfestigkeit R_m von mindestens 1100 MPa vorzugsweise bis maximal 1400 MPa auf.

[0009] Vorzugsweise weist das Rohr ein Streckgrenzenverhältnis R_e/R_m von weniger als 0,9, vorzugsweise von weniger als 0,87, weiter vorzugsweise von 0,8 oder 0,7 auf.

[0010] Vorzugsweise weist das Rohr eine Bruchdehnung von mehr als 10%, vorzugsweise mehr als 16% auf.

[0011] Das Rohr weist vorzugsweise ein luftgehärtetes, bainitisches Gefüge auf. Hierdurch liegen an dem Perforationspistolenrohr Eigenschaften vor, die den Beanspruchungen der Perforationspistole Rechnung tragen. Vorteile gegenüber konventionell vergüteten Perforationspistolenrohren sind neben dem reduzierten Energieaufwand durch die eingesparten Wärmebehandlungsschritte Härtungsglügen und Anlassen.

[0012] Als bainitisches Gefüge wird vorzugsweise ein Gefüge bezeichnet, das mindestens 70 Flächenprozent Bainit aufweist. Das Gefüge kann darüber hinaus Martensit, Austenit und/oder Ferrit aufweisen. Das erfindungsgemäße Rohr wird vorzugsweise nach einer Wärmebehandlung an Luft gehärtet. Hierbei wird vorzugsweise eine Kühlrate von 4 bis 6 K/s, vorzugsweise 5 K/s verwendet.

[0013] Vorzugsweise wurde das Rohr nach dem Luft härten zumindest einem Kaltumformschritt unterzogen. Hierdurch kann die Versetzungsdichte erhöht werden. Die Kaltumformung stellt vorzugsweise ein Richten des Rohres dar. Dadurch kann insbesondere die Streckgrenze des Perforationspistolenrohres weiter erhöht werden.

[0014] Das Perforationspistolenrohr kann mehrere, insbesondere lokal begrenzte Abschnitte reduzierter Wanddicke aufweisen, die als Sollbruchstellen dienen. Diese lokal begrenzten Abschnitte stellen vorzugsweise punktuelle oder kreisförmige Abschnitte dar. Vorzugsweise weist das Rohr zumindest eine Sollbruchstelle in Form einer verringerten Wanddicke auf. Die Sollbruchstelle kann insbesondere eine runde Vertiefung an der Außenseite oder der Innenseite des Rohres sein. Die

lokal begrenzten Abschnitte, das heißt die Sollbruchstellen, sind in dem Perforationspistolenrohr dazu vorgesehen, bei Zündung von in das Perforationspistolenrohr eingebrachten Zündladungen Wandöffnungen an dem Perforationspistolenrohr auszubilden. Aufgrund des großen Energieaufnahmevermögens der erfindungsgemäßen Stahllegierung, aus der das Perforationspistolenrohr besteht, kann beim Zünden der Zündladungen sichergestellt werden, dass das Perforationspistolenrohr nicht zerbricht. Lediglich die Bereiche der verringerten Wandstärke werden durchtrennt und so die Perforation des umgebenden Gesteins ermöglicht.

[0015] Bei der erfindungsgemäßen Legierung liegt Kohlenstoff in einem Bereich zwischen 0,12 und 0,22 Ma% vor. Durch Kohlenstoff wird eine Aufhärtung des Werkstoffes gewährleistet. Ist der Kohlenstoffgehalt zu gering, das heißt liegt dieser insbesondere unterhalb von 0,12%, ist die Festigkeit der Legierung zu gering, das heißt kann die für die Beanspruchung eines PerfGuns erforderliche Festigkeit nicht erreicht werden. Ist der Kohlenstoffgehalt hingegen zu hoch, das heißt liegt dieser über 0,22 Ma%, ist die Schweißbarkeit des Werkstoffes und damit des PerfGuns, das aus dem Werkstoff hergestellt ist, beeinträchtigt. Mit dem erfindungsgemäß enthaltenen Kohlenstoff kann zudem eine Festigkeit des Werkstoffes erzielt werden, bei der die Zugabe von teuren Legierungselementen, wie beispielsweise Molybdän, zur Festigkeitssteigerung bereits in geringen Mengen ausreichen kann. In einer Ausführungsform liegt der Kohlenstoffgehalt der Legierung zwischen 0,15 - 0,22%, vorzugsweise 0,17 und 0,2 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Kohlenstoffs besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0016] Silizium liegt erfindungsgemäß in einer Menge von 0,3 - 1,0 Ma%, vorzugsweise 0,3 - 0,9 Ma% vor. Durch die Zugabe von Silizium in diesem Bereich kommt es bei der erfindungsgemäßen Legierung zu einer Erhöhung der Festigkeit durch Mischkristallverfestigung. Zudem wird auch durch Silizium eine Erhöhung der Durchhärbarkeit des Werkstoffes und dadurch Erhöhung der Festigkeit erzielt. Die Wirkung von Silizium ist hierbei allerdings schwächer als von Chrom oder Mangan. Daher sind erfindungsgemäß mindestens 0,3 Ma% Silizium in der Legierung enthalten. Ist der Siliziumgehalt zu gering, wird die geforderte Festigkeit des Perforationspistolenrohres nicht erreicht. Ist der Siliziumgehalt zu hoch, entstehen vermehrt Seigerungen und damit verbunden die Gefahr von Rissen während der Aushärtung oder Kaltverarbeitung. Der Siliziumgehalt liegt bei der erfindungsgemäßen Legierung daher bei maximal 1,0 Ma%. In einer Ausführungsform liegt der Siliziumgehalt der Legierung zwischen 0,4 und 0,85 Ma%, vorzugsweise zwischen 0,5 und 0,7 Ma%. In diesen Bereichen können die oben genannten Effekte des Siliziums besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0017] Mangan ist erfindungsgemäß in einer Menge

von 1,0 - 4 Ma%, vorzugsweise 1,2 - 3,5 Ma% in der Legierung enthalten. Durch die Zugabe von Mangan wird die Durchhärbarkeit des Werkstoffes erhöht und eine Erhöhung der Festigkeit erzielt. Durch die Zugabe von Mangan in der angegebenen Menge werden zudem lufthärtende Eigenschaften des Werkstoffes erzielt. Weiterhin trägt Mangan zur Erhöhung der Festigkeit durch Mischkristallverfestigung, die auch als Solid Solution Strengthening bezeichnet wird, bei. In einer Ausführungsform liegt der Mangangehalt der Legierung zwischen 1,4 und 3,0 Ma%, bevorzugt zwischen 1,6 und 2,5 Ma%, insbesondere zwischen 2,0 und 2,3 Ma%. In diesen Bereichen können die oben genannten Effekte des Mangans besonders gut genutzt werden.

[0018] Chrom liegt erfindungsgemäß in einer Menge im Bereich von 0,5 bis 2 Ma% vor. Hierdurch wird zum einen die Erhöhung der Durchhärbarkeit des Werkstoffes und die Erhöhung der Festigkeit erzielt. Zum anderen werden durch die Zugabe von Chrom in der angegebenen Menge lufthärtende Eigenschaften erzielt. Die Menge von Chrom ist erfindungsgemäß auf maximal 2 Ma% beschränkt. Bei einem höheren Chromgehalt kann es zur Ausscheidung von Chromcarbiden und dadurch zu einer Verschlechterung der Schweißbarkeit kommen. In einer Ausführungsform liegt der Chromgehalt der Legierung zwischen 0,5 und 1,5 Ma%, beispielsweise zwischen 1,0 und 1,8 Ma% und insbesondere von 1,3 und 1,5 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Chroms besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0019] Molybdän ist erfindungsgemäß in der Legierung in einer Menge von 0,1 bis 1 Ma% enthalten. Durch die Zugabe von Molybdän kann die Durchhärbarkeit des Werkstoffes weiter gesteigert werden und die Erhöhung der Festigkeit erzielt werden. Zudem kann durch Molybdän, wie auch durch Vanadium, die Anlassbeständigkeit verbessert werden. Schließlich bewirkt Molybdän eine Reduzierung der Neigung zur Versprödung bei einer thermischen Beanspruchung, die auch als Tempering Embrittlement bezeichnet wird. Insbesondere kann eine 500°C-Versprödung vermieden werden. In einer Ausführungsform liegt der Molybdängehalt der Legierung zwischen 0,1 und 0,7 Ma%, beispielsweise zwischen 0,14 und 0,7 Ma%, insbesondere zwischen 0,17 und 0,3 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Molybdäns besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0020] Vanadium liegt erfindungsgemäß in Mengen von mindestens 0,05 bis 0,2 Ma% vor. Durch die Zugabe von Vanadium in diesen Mengen kann die Anlassbeständigkeit erhöht werden. Zudem wird eine Verschlechterung der mechanischen Kennwerte, insbesondere der Festigkeits- und Verformungskennwerte, nach thermischer Beanspruchung durch Bildung von Vanadiumkarbonitride reduziert. Zudem wird durch die gezielte Zugabe von Vanadium die Lufthärtbarkeit der Legierung un-

terstützt. In einer Ausführungsform liegt der Vanadiumgehalt der Legierung zwischen 0,05 und 0,15 Ma%, vorzugsweise zwischen 0,06 und 0,15 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Vanadiums besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0021] Titan ist in einer Menge im Bereich von 0,02 - 0,1 Ma% enthalten. Durch die Zugabe von Titan kann gegebenenfalls in der Legierung vorliegender Stickstoff, der beispielsweise bei Verzicht auf eine Vakuumentgasung in der Legierung vorliegen kann, abgebunden werden. Somit wird die Bildung von Bornitriden verhindert und die Wirkung von Bor, insbesondere die härbarkeitssteigernde Wirkung, kann genutzt werden. Ist in der Legierung weniger als 0,02 Ma% Titan enthalten oder kein Titan vorhanden, würden Bornitride entstehen und dadurch könnte die härbarkeitssteigernde Wirkung des Bors nicht mehr genutzt werden. In einer Ausführungsform liegt der Titangehalt der Legierung zwischen 0,03 und 0,1 Ma%, vorzugsweise zwischen 0,04 und 0,08 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Titans besonders gut genutzt werden, beziehungsweise dessen negative Einflüsse begrenzt werden.

[0022] Bor ist erfindungsgemäß in einem Bereich von 0,001 - 0,01 Ma% in der Legierung enthalten. Hierdurch wird die Erhöhung der Durchhärbarkeit des Werkstoffes weiter gesteigert. In einer Ausführungsform liegt der Borgehalt der Legierung zwischen 0,001 und 0,006 Ma%, vorzugsweise zwischen 0,0015 und 0,0025 Ma%. In diesem Bereich können die oben genannten Effekte des Bors besonders gut genutzt werden,

[0023] Mit der erfindungsgemäßen Legierung wird somit ein anlassbeständiger Werkstoff geschaffen, der zudem die Aufhärtung des Werkstoffes gewährleistet, eine erhöhte Festigkeit aufweist und dennoch geschweißt werden kann. Zudem weist der Werkstoff eine erhöhte Durchhärbarkeit auf, wodurch sich die Festigkeit weiter erhöht. Weiterhin weist die erfindungsgemäße Legierung auch lufthärtende Eigenschaften auf und die Versprödungsneigung ist reduziert. Schließlich weist die erfindungsgemäße Legierung eine hohe Temperaturbeständigkeit auf. Durch die in der erfindungsgemäßen Legierung vorliegenden geringen Gehalte von Chrom, Vanadium sowie Molybdän, sind zudem die Kosten reduziert.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform besteht die Stahllegierung, angegeben in Massenprozent, aus:

C	0,17 - 0,20%
Si	0,5 - 0,7%
Mn	1,7 - 2,2%
Cr	0,6-1,4%
Mo	0,1-0,2%
V	0,05 - 0,10%
Ti	0,03 - 0,08%
B	0,0010 - 0,0030%

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

[0025] Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen. Ein erfindungsgemäßes Rohr aus dieser Stahllegierung weist eine Streckgrenze R_e von mindestens 800 MPa - im gerichteten Zustand sogar mehr als 850 MPa - und eine Zugfestigkeit R_m von mindestens 1150 MPa und ein Streckgrenzenverhältnis R_e/R_m von weniger als 0,80 auf.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform besteht die Stahllegierung aus, angegeben in Massenprozent:

C	0,18%
Si	0,6%
Mn	2,1%
Cr	0,6-1,4%
Mo	0,1-0,2%
V	0,07%
Ti	0,05%
B	0,0020%

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

[0027] Die folgenden Stahllegierungen haben sich als besonders geeignet erwiesen:

Legierung 1:

C	0,18%
Si	0,6%
Mn	2,1%
Cr	1,4%
Mo	0,2%
V	0,07%
Ti	0,05%
B	0,0020%

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

Legierung 2:

C	0,18%
Si	0,6%
Mn	2,1%
Cr	0,6%
Mo	0,2%
V	0,07%
Ti	0,05%
B	0,0020%

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

Legierung 3:

C	0,18%
Si	0,6%
Mn	2,1%

(fortgesetzt)

Cr	0,6%
Mo	0,1%
V	0,07%
Ti	0,05%
B	0,0020%

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

[0028] Die erfindungsgemäß verwendete Legierung kann zusätzlich zu den angegebenen Legierungselementen mindestens eins der folgenden Legierungselemente in den in Massenprozent angegebenen Bereichen aufweisen:

Al	0,03 - 0,05%
Ni	max. 0,2%
Cu	max. 0,22%
Sn	max. 0,02%
P	max. 0,015%
S	max. 0,003%
N	max 0,014%.

[0029] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Perforationspistole, die dadurch gekennzeichnet ist, dass diese ein erfindungsgemäßes Perforationspistolenrohr umfasst. Vorzugsweise stellt das Perforationspistolenrohr das äußere Rohr des Perforationspistolenrohres dar.

[0030] Vorteile und Merkmale, die bezüglich des erfindungsgemäßen Perforationspistolenrohr erläutert werden, gelten - soweit anwendbar - auch für die Perforationspistole und umgekehrt und werden gegebenenfalls nur einmalig erläutert.

[0031] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beiliegenden Zeichnungen erneut erläutert. Es zeigen:

Figur 1: eine schematische Darstellung einer Perforationspistole mit einem Perforationspistolenrohr.

[0032] In Figur 1 ist schematisch eine Ausführungsform der Perforationspistole 1 gezeigt. Die Perforationspistole 1 umfasst ein Perforationspistolenrohr 10, das auch als Hollow Carrier bezeichnet werden kann. Das Perforationspistolenrohr 10 stellt vorzugsweise ein nahtloses Rohrelement dar. In dem Perforationspistolenrohr 10 sind lokal begrenzte Bereiche 100 mit einer verringerten Wandstärke eingebracht. Die lokal begrenzten Bereiche 100 weisen jeweils eine kreisförmige Fläche auf. Die Bereiche 100 sind über die Länge des Perforationspistolenrohres 10 verteilt. In dem Perforationspistolenrohr 10 ist eine Zündeinheit 11 mit Zündladungen eingebracht. Durch die Zündeinheit 11 wird das explosive Material der Zündladung gezündet und dadurch zum einen die Bereiche 100 des Perforationspistolenrohres 10 ge-

öffnet und zum anderen das umliegende Material, beispielsweise Gestein, perforiert.

Bezugszeichenliste

5

[0033]

1	Perforationspistole
10	Perforationspistolenrohr
100	Bereich geringerer Wandstärke
11	Zündeinheit

10

Patentansprüche

15

1. Perforationspistolenrohr, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr aus einer Stahllegierung besteht, die neben Eisen die folgenden Legierungselemente, angegeben in Massenprozent, umfasst:

20

C	0,12 - 0,22%
Si	0,3 - 1,0%
Mn	1,0 - 4%
Cr	0,5 - 2%
Mo	0,1 - 1%,
V	0,05 - 0,2%
Ti	0,02 - 0,1% und
B	0,001 - 0,01%

25

30

und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, und dass das Rohr eine Streckgrenze, $R_{P0,2}$, im Bereich von 750 bis 1100 MPa aufweist.

35

2. Perforationspistolenrohr nach Anspruch 1, wobei das Rohr ein luftgehärtetes, bainitisches Gefüge aufweist.

40

3. Perforationspistolenrohr nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Rohr eine Streckgrenze, $R_{P0,2}$, im Bereich von 850 bis 1050 MPa aufweist.

45

4. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Rohr eine Zugfestigkeit R_m von mindestens 1100 MPa vorzugsweise bis maximal 1400 MPa aufweist.

50

5. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Rohr ein Streckgrenzenverhältnis R_e/R_m von weniger als 0,9, vorzugsweise von weniger als 0,87, weiter vorzugsweise von 0,8 oder 0,7 aufweist.

55

6. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Rohr eine Bruchdehnung von mehr als 10%, bevorzugt von mehr als 13%, insbesondere mehr als 16% aufweist.

7. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Rohr nach der Herstellung zumindest einem Schritt des Richtens unterzogen wurde. (fortgesetzt)
- | | | |
|--|---|------------------|
| | V | 0,05 - 0,10% |
| | B | 0,0010 - 0,0030% |
8. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Rohr zumindest eine Sollbruchstelle in Form einer verringerten Wanddicke aufweist. 5
- | | | |
|--|----|--------------|
| | Ti | 0,03 - 0,08% |
| | Mo | 0,1-0,2% |
- Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.
9. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,15 - 0,22 %, insbesondere 0,17 - 0,20% liegt. 10
10. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Siliziumgehalt im Bereich von 0,4 bis 0,85%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 0,7% liegt. 15
11. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Mangengehalt im Bereich von 1,4 bis 3,0%, vorzugsweise im Bereich von 1,6 bis 2,5%, insbesondere zwischen 2,0 bis 2,3 % liegt. 20
12. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Chromgehalt im Bereich von 0,5 - 1,8%, vorzugsweise im Bereich von 1,0 bis 1,8%, insbesondere von 1,3 bis 1,5% liegt. 25
13. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Molybdängehalt im Bereich von 0,14 - 0,7%, vorzugsweise im Bereich von 0,17 bis 0,3% liegt. 30
14. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Vanadiumgehalt im Bereich von 0,05 - 0,15%, vorzugsweise im Bereich von 0,06 bis 0,15% liegt. 35
15. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der Titangehalt im Bereich von 0,03 - 0,1%, vorzugsweise im Bereich von 0,04 bis 0,08% liegt. 40
16. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Borgehalt im Bereich von 0,001 - 0,006%, vorzugsweise im Bereich von 0,0015 bis 0,0025% liegt. 45
17. Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahllegierung besteht aus, angegeben in Massenprozent: 50
- | | | |
|----|--------------|----|
| C | 0,17 - 0,20% | |
| Mn | 1,7 - 2,2% | 55 |
| Si | 0,5 - 0,7% | |
| Cr | 0,6-1,4% | |
18. Perforationspistole, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese ein Perforationspistolenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 17 umfasst.
19. Perforationspistole nach Anspruch 18, wobei das Perforationspistolenrohr das äußere Rohr des Perforationspistolenrohres darstellt.

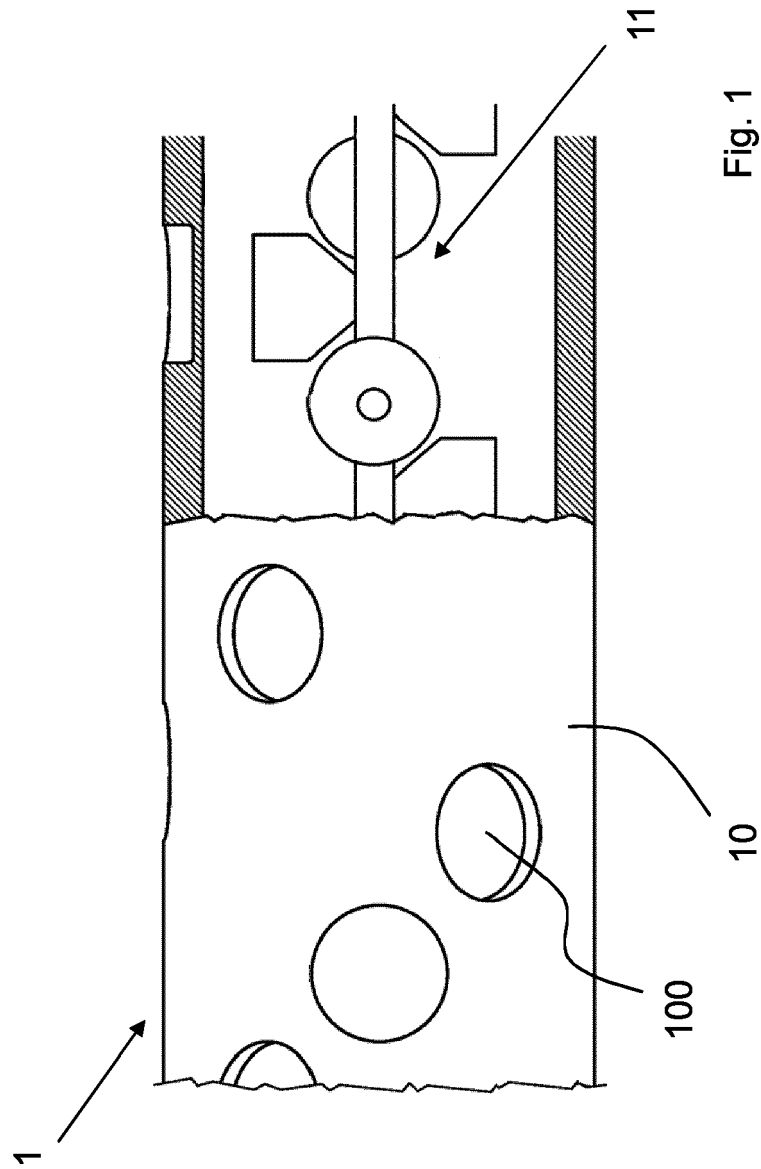


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 2558

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)
X	DE 11 2017 006053 T5 (BAOSHAN IRON & STEEL [CN]) 19. September 2019 (2019-09-19) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-12; Tabellen 1-3 *	1-16, 18, 19	INV. C22C38/02 C22C38/04 C22C38/22 C22C38/24 C22C38/28 C22C38/32
X	DE 10 2015 111150 A1 (BENTELER STEEL/TUBE GMBH [DE]) 12. Januar 2017 (2017-01-12) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-11; Tabelle 1 *	1-19	ADD. C21D9/08
A	DE 10 2007 023306 A1 (BENTELER STAHL ROHR GMBH [DE]) 20. November 2008 (2008-11-20) * das ganze Dokument *	1-19	
A	DE 10 2015 119839 A1 (BENTELER STEEL/TUBE GMBH [DE]) 18. Mai 2017 (2017-05-18) * das ganze Dokument *	1-19	
			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
			C22C C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 7. April 2022	Prüfer Mikloweit, Alexander
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 21 21 2558

5 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.

07-04-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 112017006053 T5	19-09-2019	CN 108118251 A	05-06-2018
			DE 112017006053 T5	19-09-2019
			US 2019316234 A1	17-10-2019
			WO 2018099381 A1	07-06-2018

	DE 102015111150 A1	12-01-2017	DE 102015111150 A1	12-01-2017
			US 2017009321 A1	12-01-2017

20	DE 102007023306 A1	20-11-2008	AR 066600 A1	02-09-2009
			CA 2685001 A1	20-11-2008
			DE 102007023306 A1	20-11-2008
			EP 2152919 A1	17-02-2010
			US 2011259482 A1	27-10-2011
			WO 2008138642 A1	20-11-2008
25	-----			
	DE 102015119839 A1	18-05-2017	KEINE	

30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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