

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Juli 2022 (28.07.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/157247 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C22C 38/02 (2006.01) H01M 8/04089 (2016.01)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 1/25 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01) C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01) C21D 7/02 (2006.01)
B60K 15/01 (2006.01) B60K 15/03 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/051238

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2022 (20.01.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
21152585.2 20. Januar 2021 (20.01.2021) EP

(71) Anmelder: POPPE + POTTHOFF GMBH [DE/DE];
Dammstr. 17, 33824 Werther (DE).

(72) Erfinder: KOHLMAYER, Katrin; Dahlemer Str. 17,
33619 Bielefeld (DE). SCHNEIDEWIND, Frank; Möhl-
manns Hof 6, 33613 Bielefeld (DE). BÜCKERT, Da-
vid-Daniel; Korbmacherweg 19, 33659 Bielefeld (DE).
HARHOFF, Burkhard; Alter Postweg 2, 33719 Bielefeld
(DE). KRONHOLZ, Christian; Oeings Kamp 18, 48249
Dülmen (DE). RIXE, Björn; An der Reegt 42, 33611 Bie-
lefeld (DE).

(74) Anwalt: BARDEHLE PAGENBERG PART-
NERSCHAFT MBB PATENTANWÄLTE, RECHTS-
ANWÄLTE; Prinzregentenplatz 7, 81675 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,

(54) Title: HYDROGEN DISTRIBUTION SYSTEM AND COMPONENTS HAVING LOW WEIGHT

(54) Bezeichnung: WASSERSTOFFVERTEILSYSTEM UND BAUTEILE MIT NIEDRIGEM GEWICHT

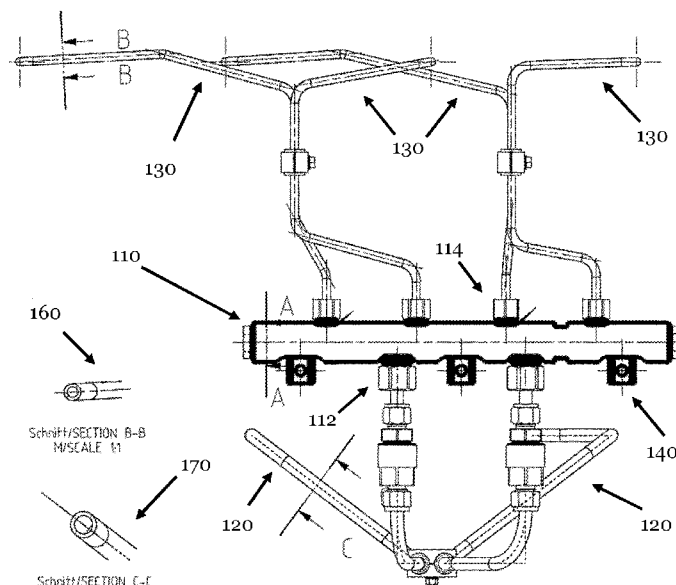


Fig. 1

160 SECTION B-B M/SCALE 1:1
170 SECTION C-C

(57) Abstract: The present invention relates to a hydrogen-conducting component for a fuel distribution system of an energy conversion system which can be operated in a pressure range from at least 0.1 MPa, comprising a main body, at least one gas line in the main body, at least one gas inlet and at least one gas outlet, which are fluidically connected via the at least one gas line, the main body being substantially produced from a heat-treatable steel having the following composition: 0.18 to 0.45 mass % carbon, 0.15 to 0.40 mass % silicon, 0.4 to 1.0 mass % manganese, 0.4 to 1.2 mass % chromium, 0.08 to 0.35 mass % molybdenum, no more than 0.035 mass % phosphorus, no more than 0.04 mass % sulphur, iron and steel production-related impurities. The heat-treatable steel also has the following properties: a tensile strength in the range from 650 MPa to 950 MPa, a yield point or a 0.2% proof stress in the range from

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

500 MPa to 850 MPa, and an elongation at break in the range from 12% to 35%. The invention also relates to a hydrogen distribution system, an energy conversion plant, and a drive system for vehicles.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein wasserstoffführendes Bauteil für ein Brennstoffverteilsystem eines Energieumwandlungssystems betreibbar in einem Druckbereich von mindestens 0,1 MPa umfassend einen Grundkörper, zumindest eine Gasleitung in dem Grundkörper, zumindest einen Gaseinlass und zumindest einen Gasauslass, die über die zumindest eine Gasleitung in Fluidverbindung stehen, wobei der Grundkörper im Wesentlichen aus einem Vergütungsstahl gefertigt ist, der die folgende Zusammensetzung aufweist: 0,18 bis 0,45 Masse-% Kohlenstoff, 0,15 bis 0,40 Masse-% Silizium, 0,4 bis 1,0 Masse-% Mangan, 0,4 bis 1,2 Masse-% Chrom, 0,08 bis 0,35 Masse-% Molybdän, höchstens 0,035 Masse-% Phosphor, höchstens 0,04 Masse-% Schwefel, Eisen und erschmelzungsbedingte Stahlbegleitelemente. Der Vergütungsstahl weist zusätzlich folgende Eigenschaften auf: eine Zugfestigkeit im Bereich von 650 MPa bis 950 MPa, eine Streckgrenze oder eine 0,2%-Dehngrenze im Bereich von 500 MPa bis 850 MPa und eine Bruchdehnung im Bereich von 12% bis 35%. Die Erfindung betrifft ferner ein Wasserstoffverteilsystem, eine Anlage zur Energieumwandlung sowie ein Antriebssystem für Fahrzeuge.

Wasserstoffverteilsystem und Bauteile mit niedrigem Gewicht

5 1. Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft wasserstoffführende Bauteile und daraus konstruierte Wasserstoffverteilsysteme mit niedrigem Gewicht, insbesondere für Antriebsstränge von Fahrzeugen, die aus einem Vergütungsstahl gefertigt sind.

10

2. Stand der Technik

Mit einer Energiedichte von ~ 120 MJ/kg und wegen der emissionsfreien Knallgasreaktion ($2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$) ist molekularer Wasserstoff (H_2) ein idealer Brennstoff für Wärmekraftmaschinen (z.B. Gasturbinen und Verbrennungsmotoren) sowie Brennstoffzellen.

15

Konventionelle H_2 -Verteilsysteme (z.B. im Antriebsstrang eines Fahrzeugs oder in der Brennstoffzuführung einer stationären Anlage zur Stromerzeugung) werden typischerweise aus austenitischem Edelstahl (z.B. vom Typ 1.4435 seltener vom Typ 1.4571) mit hohem Nickelgehalt (üblicherweise >12.5 Masse-%) gefertigt. Von dieser Materialklasse ist bekannt, dass sie ein flächenzentriertes, kubisches Kristallgitter aufweist und dadurch das Problem der Wasserstoffversprödung, das insbesondere bei hohem Gasdruck auftritt, vermieden werden kann (vgl. beispielsweise *Materials Science and Technology*, Volume 33, Issue 13 (2017)).

20

25

Konventioneller austenitischer Edelstahl ist jedoch (u.a. wegen des hohen Nickel- und Molybdängehalts) teuer. Die EP 2 850 215 B1 schlägt daher einen austenitischen Stahl ohne Molybdän und mit einem reduziertem Nickelgehalt von 6 bis 9 Massen-% vor.

30

Auch die mechanischen Eigenschaften von austenitischem Stahl sind oft schlecht dazu geeignet, um H_2 -Verteilsysteme zu fertigen, insbesondere wenn moderne

Hochdrucktanks zum Einsatz kommen. Beispielsweise weist der austenitische Edelstahl vom Typ 1.4435 meist nur eine Zugfestigkeit von unter 600 MPa, eine 0,2%-Dehngrenze von unter 250 MPa und eine Dehnung von über 45% auf. Das typischerweise hohe Gewicht von aus einem solchen Material gefertigten H₂-Bauteilen kann insbesondere für Antriebstränge moderner H₂-getriebener Fahrzeuge (z.B. Pkw, Lkw, Schienenfahrzeuge, Flugzeuge, Schiffe, Drohnen etc.) ein entscheidender Nachteil sein.

Ferner lassen sich austenitische Edelstähle auch schwerer bearbeiten und / oder erfordern unübliche Bearbeitungsverfahren, so dass z.B. für die Massenfertigung von H₂-Verteilssystemen für Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen neue Fertigungsanlagen installiert werden oder bestehende aufwendig umgerüstet werden müssen. Zusammengenommen stellen die skizzierten Nachteile von H₂-Verteilssystemen, die aus austenitischem Edelstahl gefertigt sind, also eine signifikante Hürde für den großflächigen Einsatz der H₂-Energietechnik dar.

In diesem Zusammenhang ist aus der EP 2 278 035 B1 ein Material mit guten H₂-Versprödungseigenschaften und einer Zugfestigkeit im Bereich von 900 MPa bis 950 MPa bekannt, das die folgende Zusammensetzung aufweist:

- 0,10 bis 0,20 Massen-% Kohlenstoff,
- 0,10 bis 0,40 Massen-% Silizium,
- 0,50 bis 1,20 Massen-% Mangan,
- 0,75 bis 1,75 Massen-% Nickel,
- 0,20 bis 0,80 Massen-% Chrom,
- 0,31 bis 0,50 Massen-% Kupfer,
- 0,10 bis 1,00 Massen-% Molybdän;
- 0,01 bis 0,10 Massen-% Vanadium,
- 0,0005 bis 0,005 Massen-% Bor;
- weniger als 0,01 Massen-% Stickstoff;
- 0,01 bis 0,10 Massen-% Niobium und/oder 0,005 bis 0,050 Massen-% Titan;
- ansonsten Eisen und unvermeidlichen Verunreinigungen.

Die Herstellung und die Bestandteile eines solchen Materials sind jedoch ebenfalls aufwendig und teuer und daher insbesondere für die Massenfertigung von H₂-Verteilsystemen nur unzureichend geeignet.

- 5 Es ist somit das der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegende Problem einige der vorstehend beschriebene Nachteile des Stands der Technik zumindest teilweise zu verringern.

10 **3. Zusammenfassung der Erfindung**

Das oben angeführte Problem wird zumindest teilweise durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs der vorliegenden Anmeldung gelöst. Beispielhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

15

In einer Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein wasserstoffführendes Bauteil für ein Brennstoffverteilsystem eines Energieumwandlungssystems bereit, das in einem Druckbereich von zumindest 0,1 MPa betreibbar ist und einen Grundkörper, zumindest eine Gasleitung in dem Grundkörper und zumindest einen Gaseinlass und

20 zumindest einen Gasauslass umfasst, die über die zumindest eine Gasleitung in Fluidverbindung stehen. Der Grundkörper ist dabei im Wesentlichen aus einem Vergütungsstahl gefertigt, der die folgende Zusammensetzung aufweist:

25

- 0,18 bis 0,45 Masse-% Kohlenstoff,
- 0,15 bis 0,40 Masse-% Silizium,
- 0,4 bis 1,0 Masse-% Mangan,
- 0,4 bis 1,2 Masse-% Chrom,
- 0,08 bis 0,35 Masse-% Molybdän,
- höchstens 0,035 Masse-% Phosphor,
- höchstens 0,04 Masse-% Schwefel,

30

- Eisen und erschmelzungsbedingte Stahlbegleitelemente. Der Vergütungsstahl aus dem der Grundkörper im Wesentlichen gefertigt ist, weist ferner die folgenden Eigenschaften auf:

- eine Zugfestigkeit im Bereich von 650 MPa bis 950 MPa;

- eine Streckgrenze oder eine 0,2%-Dehngrenze im Bereich von 500 MPa bis 850 MPa; und
- eine Bruchdehnung im Bereich von 12% bis 35%.

5 Wo nicht anders angegeben sind Materialeigenschaften nach den einschlägigen Industrienormen zu bestimmen (z.B. nach ISO 6892-1). Ferner ist hier und im Folgenden der Begriff „*im Wesentlichen*“ als „*innerhalb typischer Konstruktions-, Mess- und / oder Fertigungstoleranzen*“ zu verstehen. Ebenfalls ist zu verstehen, dass je nachdem ob der Vergütungsstahl aus Erzen oder aus Recyclingmaterial gewonnen
10 wird, unterschiedliche Stahlbegleitelemente vorliegen können.

Das vorstehend spezifizierte wasserstoffführende Bauteil kann beispielsweise ein Rohr (siehe Fig. 2), ein Ventil (siehe Fig. 3A und Fig. 3B), ein T-Stück, ein Druckminderer, ein Filter, ein Durchflussbegrenzer oder ein gemeinsamer Verteiler (z.B. Fig.1) sein
15 oder zumindest zwei dieser Funktionen in einem gemeinsamen Bauteil kombinieren.

Der Grundkörper des Bauteils kann dabei so konstruiert sein, dass er im Dauerbetrieb einem Gasinnendruck von zumindest 30 MPa, bevorzugt von zumindest 70 MPa und mehr bevorzugt von zumindest 100MPa standhält.

20

Insbesondere kann der Teil des Grundkörpers, der die Gasleitung umschließt, eine maximale Wandstärke im Bereich von nur 0,8 mm – 9 mm, bevorzugt im Bereich von 1 mm – 6 mm und mehr bevorzugt im Bereich von 1 mm – 5 mm aufweisen.

25 Aus solchen Bauteilen lassen sich somit H₂-Verteilsysteme fertigen, die im Vergleich zum Stand der Technik ein signifikant geringeres Gewicht aufweisen, jedoch trotzdem (hoch-)druckbeständig und gegen wasserstoffinduzierte Versprödung resistent sind und sich einfach bearbeiten (z.B. CNC-Fräsen, Bohren, Biegen und / oder Schweißen) lassen. Im Gegensatz zum Stand der Technik kann hierbei auch auf langjährig erprobte
30 Fertigungsverfahren zurückgegriffen werden, die beispielsweise auch bei der Fertigung von Dieselantriebsträngen zum Einsatz kommen.

Es hat sich gezeigt, dass die Resistenz gegen wasserstoffinduzierte Versprödung der hier beschriebenen Bauteile und Verteilsysteme dadurch noch weiter verbessert werden

kann, dass der Vergütungsstahl auf der Innenseite der zumindest einen Gasleitung eine Fehlertiefe von höchstens 5% der Wandstärke aufweist. Insbesondere kann die Fehlertiefe höchstens 200 µm, bevorzugt höchstens 130 µm aufweisen.

5 Ferner ist es vorteilhaft, insbesondere für Hochdruckbauteile und Hochdruckverteilsysteme mit geringer Wandstärke und guten Umformungs- und Fügeigenschaften, dass der Kohlenstoffgehalt des Vergütungsstahls des Grundkörpers im Bereich von 0,18 bis 0,33 Masse-%, bevorzugt im Bereich von 0,22 bis 0,29 Masse-% liegt.

10 Die Versprödungsresistenz der beschriebenen Bauteile und Verteilsysteme kann ferner dadurch verbessert werden, dass der Phosphorgehalt des Vergütungsstahls kleiner oder gleich 0,025 Masse-% beträgt und / oder der Schwefelgehalt des Vergütungsstahls kleiner oder gleich 0,010 Massen-% beträgt.

15 Für besonders hohe Anforderungen an die beschriebenen Bauteile und Verteilsysteme (z.B. an die Druckbeständigkeit, die H₂-Kompatibilität und / oder die Umformungs- und Fügeigenschaften) kann die Zugfestigkeit des Vergütungsstahls im Bereich von 700 MPa bis 950 MPa, bevorzugt im Bereich von 750 MPa bis 950 MPa, noch mehr
20 bevorzugt im Bereich von 750 MPa bis 900 MPa liegen, und / oder
 die Streckgrenze oder die 0,2%-Dehngrenze des Vergütungsstahls im Bereich von 600 MPa – 850 MPa, mehr bevorzugt im Bereich von 650 MPa bis 800 MPa liegen, und / oder die Bruchdehnung des Vergütungsstahls im Bereich von 13% bis 30%, bevorzugt im Bereich von 14% bis 28% und noch mehr bevorzugt im Bereich von
25 15% bis 25% liegen.

Beispielsweise können die beschriebenen Bauteile zumindest zwei Untereinheiten aufweisen, die durch zumindest eine Schweiß- und/oder zumindest eine Lötverbindung verbunden sind.

30 Ferner kann in einigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eine Außenfläche des Grundkörpers des jeweiligen Bauteils mit zumindest einer der folgenden Beschichtungen beschichtet sein: einer Zink-Nickel-Beschichtung; einer

galvanischen Beschichtung; einer Beschichtung, die durch elektrophoretische Abscheidung erzeugt wurde oder einer Pulverbeschichtung.

5 Hierbei kann die gewählte Beschichtung für mindestens 96 Stunden, bevorzugt für mindestens 150 Stunden und mehr bevorzugt für mindestens 720 Stunden gemäß DIN EN ISO 9227 korrosionsbeständig (z.B. gegen Rotrost) sein, um einen Dauereinsatz der beschriebene Bauteile und Systems auch im Freien und bei schwierigen Witterungs- oder Umweltbedingungen (z.B. Spritzwasser mit darin gelöstem Streusalz) gewährleisten zu können.

10

Die Materialeigenschaften des Vergütungsstahls aus dem der Grundkörper der vorstehend beschriebenen wasserstoffführenden Bauteile im Wesentliche gefertigt ist, lassen sich beispielsweise dadurch erzielen, dass in einem ersten Schritt ein geeignetes Ausgangsmaterial (z.B. ein Warmrohr oder ähnliches Halbzeug) kaltumgeformt wird, 15 um durch die Kaltverfestigung des Gefüges die gewünschte mechanische Festigkeit zu erhalten. Anschließend kann das umgeformte Ausgangsmaterial einem Glühprozess unterzogen werden, um die gewünschten vorstehend spezifizierten mechanischen Eigenschaften zu erhalten. Zur Qualitätskontrolle könne schließlich die resultierenden Eigenschaften des Werkstoffs bestimmt werden und geeignete Halbzeuge ausgewählt 20 werden.

In einer weiteren Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Wasserstoffverteilsystem für ein Energieumwandlungssystem bereit, das zumindest ein erstes wasserstoffführendes Bauteil wie vorstehend beschrieben und bevorzugt 25 zumindest ein zweites wasserstoffführendes Bauteil wie vorstehend beschrieben aufweist, wobei die beiden Bauteile zusammen in Fluidverbindung stehen – beispielsweise über eine Schraubverbindung, einen Stauchkopf mit Überwurfmutter und /oder eine Schweißverbindung und / oder eine Lötverbindung.

30 Beispielsweise kann ein solches Wasserstoffverteilsystem eine Hochdrucksektion und bevorzugt eine Niederdrucksektion und einen Druckminderer umfassen, der die Hochdrucksektion mit der Niederdrucksektion verbindet, wobei die Hochdrucksektion für eine Betriebsdruck von mindestens 30 MPa, bevorzugt von mindestens 70 MPa und mehr bevorzugt von mindestens 100 MPa ausgelegt ist.

Dabei kann die Hochdrucksektion eines oder mehrere der folgenden Bauteile umfassen: ein Außentankventil oder ein Innentankventil, einen Filter, ein Rückschlagventil, ein Überdruckventil, zumindest eine Befüllleitung und zumindest
5 eine Entnahmeleitung; einen Koaleszenzfilter, ein T-Stück; einen Befüllstutzen, einen gemeinsamer Verteiler und ein Magnetventil.

Derartige Verteilsysteme eignen sich u.a. wegen ihres niedrigen Gewichts insbesondere für den Antriebsstrang von H₂-Fahrzeugen wie Flugzeugen, Drohnen,
10 Zügen, Schiffen oder KFZ mit H₂-Antrieb und / oder H₂-Stromerzeugungsanlagen.

Beispielsweise kann ein stationäres oder mobiles Energieumwandlungssystem folgende Komponenten aufweisen; eine Wasserstoffzuleitung oder einen Wasserstofftank, einen Wasserstoffverbrennungsmotor, eine Wasserstoffgasturbine und / oder eine
15 Brennstoffzelle; und ein Wasserstoffverteilsystem wie vorstehend beschrieben, das den Wasserstoff von der Zuleitung oder dem Tank zu dem Verbrennungsmotor, der Gasturbine und / oder der Brennstoffzelle leitet.

Ferner kann ein H₂-Antriebssystem für ein Fahrzeug zumindest einen
20 Hochdruckwasserstofftank, einen Wasserstoffverbrennungsmotor, eine Wasserstoffgasturbine und / oder eine Brennstoffzelle und ein Wasserstoffverteilsystem wie vorstehend beschrieben umfassen, wobei das Wasserstoffverteilsystem den Wasserstoff von dem zumindest einen Hochdruckwasserstofftank zu dem Verbrennungsmotor, der Gasturbine und / oder der
25 Brennstoffzelle leitet.

4. Beschreibung der Zeichnungen

Gewisse Aspekte der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden mit Bezugnahme
30 auf die angefügten Zeichnungen beschrieben. Diese Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Teilsystem eines Wasserstoffverteilsystems für einen Wasserstoffverbrennungsmotor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Z-förmiges Wasserstoffverteiltröhr mit Stauchköpfen und Überwurfmuttern gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

5

Fig. 3A ein Rückschlagventil für eine Ventilbaugruppe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3B einen Längsschnitt durch den Ventilgrundkörper des Ventils von Fig. 3A

10

5. Detaillierte Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele

15 Im Folgenden werden einige exemplarische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung am Beispiel einiger exemplarischer Verteilsysteme und Bauteile für H₂-Antriebsstränge eines Kfz beschrieben. Die vorliegende Erfindung kann jedoch gleichermaßen auch in anderen Fahrzeugen wie Schiffen, Zügen, Flugzeugen oder Drohnen zum Einsatz kommen sowie in mobilen oder stationären Anlagen zur

20 Energieumwandlung bzw. Stromerzeugung. Hierbei werden verschiedenen Merkmalskombinationen mit Bezugnahme auf die dargestellten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Naturgemäß müssen nicht alle Merkmale der beschriebenen Ausführungsformen vorhanden sein, um die vorliegende Erfindung zu realisieren. Ferner könne die Ausführungsformen durch Kombinieren gewisser

25 Merkmale einer Ausführungsform mit einem oder mehreren Merkmalen einer anderen Ausführungsform modifiziert werden – falls dies technisch kompatibel und sinnvoll ist – ohne von der Offenbarung und dem Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen, der durch die Patentansprüche definiert ist.

30 Fig. 1 zeigt ein Teilsystem eines H₂-Hochdruckverteilsystems für einen Vierzylinder-H₂-Verbrennungsmotor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Verteilsystem umfasst dabei einen gemeinsamen Verteiler 110 mit zwei Gaseinlassanschlüssen 112, die über zwei Gaszuleitungen 120 gespeist werden. In der vorliegenden Ausführungsform weisen die Gaszuleitungen 120 einen

Außendurchmesser von 10 mm und einen Innendurchmesser von 7 mm auf (siehe Querschnitt 170 der Gaszuleitung 120). Die Wandstärke der beiden Zuleitungen 120 beträgt in dieser Ausführungsform somit 1,5 mm.

5 Der gemeinsame Verteiler 110 lässt sich über Befestigungsblöcke 140 z.B. am Verbrennungsmotor befestigen (z.B. über Schraubverbindungen). Da die Befestigungsblöcke 140 nicht mit dem Wasserstoff in Kontakt kommen, können sie auch aus einem anderen Material gefertigt sein als die Grundkörper der wasserstoffführenden Bauteile des dargestellten H₂-Verteilsystems (siehe Abschnitt 2
10 oben). Der gemeinsame Verteiler 110 weist ferner vier Ausgangsanschlüsse 114 auf, an denen jeweils ein H₂-Verteilrohr 130 angeschlossen ist, das H₂-Gas zu einer zugehörigen Einspritzvorrichtung des zugehörigen Verbrennungszylinders (nicht dargestellt) leitet. Die Verteilrohre 130 weisen dabei einen Außendurchmesser von 6,35 mm und einen Innendurchmesser von 4 mm auf. Die Wandstärke der Verteilrohre 130
15 beträgt somit 1,125 mm (siehe Querschnitt 160 der Verteilrohre 120).

Das dargestellte Verteilsystem und insbesondere die Rohrdurchmesser der Gaszuleitungen 120 und der Verteilrohre 130 sind für den Betrieb mit einem H₂-Hochdrucktank mit einem Gasdruck von 30 MPa ausgelegt. Die vorliegende Erfindung
20 umfasst jedoch auch H₂-Bauteile und H₂-Verteilsysteme, die für höhere Betriebsdrücke (z.B. 70 MPa oder 100 MPa) ausgelegt sind.

Fig. 2 zeigt ein Z-förmiges H₂-Verteilrohr 210 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Rohr 210 lässt sich über zwei Stauchköpfe 222 mit
25 Überwurfmuttern 220 mit anderen Bauteilen eines H₂-Verteilsystems verbinden. Die Materialeigenschaften des Vergütungsstahls aus dem der Grundkörper des Verteilrohrs 210 (und ggf. die Stauchköpfe und Überwurfmutter) gefertigt sind (siehe Abschnitt 2 oben) erlauben es, stark gebogene Rohre mit engen Biegeradien zu fertigen ohne die Druckbeständigkeit des Verteilrohres 210 zu beeinträchtigen. Beispielsweise
30 kann der Biegeradius im Bereich von 1,5 bis 2,2 des Rohrdurchmessers liegen.

Um das Verteilrohr 210 gegen externe Einflüsse zu schützen (z.B. gegen Korrosion) ist die Außenfläche des Grundkörpers des Verteilrohres 210 (und ggf. die Außenflächen der Stauchköpfe 222 und der Überwurfmuttern 220) mit einer Beschichtung

beschichtet. Beispielsweise kann zu diesem Zweck wie oben beschrieben eine Zink-Nickel-Beschichtung, eine galvanische Beschichtung, eine Beschichtung, die durch elektrophoretische Abscheidung erzeugt wurde (z.B. eine kathodische Tauchlackbeschichtung) oder eine Pulverbeschichtung zum Einsatz kommen.

5 Bevorzugt ist eine solche Beschichtung für mindestens 96 h, mehr bevorzugt für mindestens 150 h und noch mehr bevorzugt für mindestens 720 Stunden gemäß DIN EN ISO 9227 korrosionsbeständig (z.B. gegen Rotrost). Eine solche Beschichtung kann auch für die in Fig. 1 dargestellten oder andere wie oben beschriebene H₂-Bauteile zum Einsatz kommen.

10

Fig. 3A zeigt ein weiteres wasserstoffführendes H₂-Bauteil gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Hierbei handelt es sich um ein Rückschlagventil 310, das beispielsweise in einer Ventilbaugruppe 312 oder einer Befüllleitung (nicht dargestellt) verwendet werden kann. Das Rückschlagventil 310 umfasst einen Ventilgrundkörper 320 mit einem axial angeordnetem Gaseinlass 340 und zwei radial angeordneten Gasauslässen 330 sowie einer Verschlusskappe 335.

15

Der Ventilgrundkörper 320 und ggf. die Verschlusskappe 335 sind aus einem Vergütungsstahl wie in Abschnitt 2 oben beschrieben gefertigt. Dies erlaubt es Rückschlagventile mit geringer Wandstärke und guten H₂-Versprödungseigenschaften zu fertigen, die druckbeständig sind und im Vergleich zum Stand der Technik ein geringeres Gewicht aufweisen und die sich ebenfalls einfach herstellen lassen. Der Grundkörper 320 des Rückschlagventils 310 lässt sich beispielsweise in einfacher Weise CNC-Fräsen und / oder Bohren ohne, dass seine H₂-Kompatibilität und Druckbeständigkeit beeinträchtigt werden. Hierbei können geringe Wandstärken (z.B., im Bereich von 0,8 mm bis 5 mm) realisiert werden und trotzdem eine hohe Druckbeständigkeit im Dauerbetrieb und einem Betriebsdruck von bis zu 100 MPa oder mehr gewährleistet werden.

20

25

30 Fig. 3B zeigt einen Längsschnitt durch den Grundkörper 320 des Rückschlagventils 310 von Fig. 3A. Der Gasfluss vom Gaseinlass 340 zu den beiden Gasauslässen 330 ist durch den gestrichelten Pfeil illustriert. In der dargestellten Konfiguration ist das Ventil geschlossen indem eine Rückschlagfeder 350 eine metallische Abdichtkugel 360 gegen eine Dichtfläche des Ventilgrundkörpers 320 presst. Überschreitet der H₂-

Gasdruck am Gaseinlass 340 den durch die Rückschlagfeder 350 bereitgestellten Abdichtdruck, öffnet sich das Rückschlagventil, und das H₂-Gas kann vom Gaseinlass 340 zu den beiden Gasauslässen 330 strömen.

- 5 Gemäß der vorliegenden Erfindung ist der Ventilgrundkörper 320 und ggf. die Abdichtkugel 360 sowie ggf. die Rückschlagfeder 350 aus einem wie oben in Abschnitt 2 beschriebenen Vergütungsstahl gefertigt. Dies erlaubt es H₂-kompatible und hochdruckbeständige Rückschlagventile (sowie andere Ventiltypen bzw. H₂-Bauteile) zu fertigen, die ein niedriges Gewicht aufweisen und sehr gut für die Massenfertigung
10 geeignet sind.

Die durch die vorliegende Erfindung ermöglichte Gewichtsreduzierung und Effizienzgewinne können daher einen substantiellen Beitrag dazu leisten, der umweltfreundlichen H₂-Energietechnik zum Durchbruch zu verhelfen.

Patentansprüche 1 – 15

1. Wasserstoffführendes Bauteil für ein Brennstoffverteilsystem eines
5 Energieumwandlungssystems betreibbar in einem Druckbereich von mindestens
0,1 MPa umfassend;
einen Grundkörper;
zumindest eine Gasleitung in dem Grundkörper;
zumindest einen Gaseinlass und zumindest einen Gasauslass, die über die
10 zumindest eine Gasleitung in Fluidverbindung stehen;
wobei der Grundkörper im Wesentlichen aus einem Vergütungsstahl
gefertigt ist, der die folgende Zusammensetzung aufweist:
- 0,18 bis 0,45 Masse-% Kohlenstoff,
- 0,15 bis 0,40 Masse-% Silizium,
15 - 0,4 bis 1,0 Masse-% Mangan,
- 0,4 bis 1,2 Masse-% Chrom,
- 0,08 bis 0,35 Masse-% Molybdän,
- höchstens 0,035 Masse-% Phosphor,
- höchstens 0,04 Masse-% Schwefel,
20 - Eisen und erschmelzungsbedingte Stahlbegleitelemente;
wobei der Vergütungsstahl folgende Eigenschaften aufweist:
- eine Zugfestigkeit im Bereich von 650 MPa bis 950 MPa;
- eine Streckgrenze oder eine 0,2%-Dehngrenze im Bereich von 500 MPa bis
850 MPa; und
25 - eine Bruchdehnung im Bereich von 12% bis 35%.
2. Wasserstoffführendes Bauteil nach Anspruch 1, wobei der Vergütungsstahl auf
der Innenseite der zumindest einen Gasleitung eine Fehlertiefe von höchstens 200 µm,
bevorzugt von höchstens 130 µm aufweist.

3. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kohlenstoffgehalt des Vergütungsstahls im Bereich von 0,18 bis 0,33 Masse-%, bevorzugt im Bereich von 0,22 bis 0,29 Masse-% liegt.
- 5 4. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Phosphorgehalt des Vergütungsstahls kleiner oder gleich 0,025 Masse-% beträgt und / oder der Schwefelgehalt des Vergütungsstahls kleiner oder gleich 0,010 Massen-% beträgt.
- 10 5. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zugfestigkeit des Vergütungsstahls im Bereich von 700 MPa bis 950 MPa, bevorzugt im Bereich von 750 MPa bis 950 MPa, noch mehr bevorzugt im Bereich von 750 MPa bis 900 MPa liegt; und / oder
- 15 wobei die Streckgrenze oder die 0,2%-Dehngrenze des Vergütungsstahls im Bereich von 600 MPa bis 850 MPa, mehr bevorzugt im Bereich von 650 MPa bis 800 MPa liegt; und / oder wobei die Bruchdehnung des Vergütungsstahls im Bereich von 13% – 30%, bevorzugt im Bereich von 14% bis 28%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 15% - 25% liegt.
- 20 6. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Teil des Grundkörpers, der die Gasleitung umschließt, eine maximale Wandstärke im Bereich von 0,8 mm bis 9,0 mm, bevorzugt im Bereich von 1,0 mm bis 6,0 mm, mehr bevorzugt im Bereich von 1,0 mm bis 5,0 mm aufweist.
- 25 7. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bauteil zumindest zwei Untereinheiten aufweist, die durch zumindest eine Schweiß- und/oder zumindest eine Lötverbindung verbunden sind.
- 30 8. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bauteil ein Rohr, ein Ventil, ein T-Stück, ein Druckminderer, ein Filter, ein Durchflussbegrenzer oder ein gemeinsamer Verteiler ist, oder zumindest zwei dieser Funktionen in einem Bauteil kombiniert.

9. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei der Grundkörper einem Gasinnendruck von mindestens 30 MPa, bevorzugt von mindestens 70 MPa und mehr bevorzugt von mindestens 100 MPa im Dauerbetrieb standhält.
- 5
10. Wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Außenfläche des Grundkörpers mit zumindest einer der folgenden Beschichtungen beschichtet ist: einer Zink-Nickel-Beschichtung; einer galvanischen Beschichtung; einer Beschichtung, die durch elektrophoretische Abscheidung erzeugt wurde oder einer Pulverbeschichtung.
- 10
11. Wasserstoffverteilsystem für ein Energieumwandlungssystem aufweisend zumindest ein erstes wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 – 10 und bevorzugt zumindest ein zweites wasserstoffführendes Bauteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 – 10, die zusammen in Fluidverbindung stehen.
- 15
12. Wasserstoffverteilsystem nach Anspruch 11, umfassend eine Hochdrucksektion und bevorzugt eine Niederdrucksektion und einen Druckminderer, der die Hochdrucksektion mit der Niederdrucksektion verbindet, wobei die Hochdrucksektion für einen Betriebsdruck von mindestens 30 MPa, bevorzugt von mindestens 70 MPa ausgelegt ist, mehr bevorzugt von mindestens 100 MPa.
- 20
13. Wasserstoffverteilsystem nach Anspruch 12, wobei die Hochdrucksektion eines oder mehrere der folgenden Bauteile umfasst: ein Außentankventil oder ein Innentankventil, einen Filter, ein Rückschlagventil, zumindest eine Befüllleitung und zumindest eine Entnahmeleitung; einen Koaleszenzfilter, ein T-Stück; einen Befüllstutzen, einen gemeinsamen Verteiler und ein Magnetventil.
- 25
14. Stationäres oder mobiles Energieumwandlungssystem aufweisend:
eine Wasserstoffzuleitung oder einen Wasserstofftank;
einen Wasserstoffverbrennungsmotor, eine Wasserstoffgasturbine und / oder eine Brennstoffzelle; und
ein Wasserstoffverteilsystem nach einem der Ansprüche 11 – 13, das den
- 30

Wasserstoff von der Zuleitung oder dem Tank zu dem Verbrennungsmotor, der Gasturbine und / oder der Brennstoffzelle leitet.

15. Wasserstoffantriebssystem für ein Fahrzeug umfassend:
- 5 zumindest einen Hochdruckwasserstofftank;
 einen Wasserstoffverbrennungsmotor, eine Wasserstoffgasturbine und / oder
eine Brennstoffzelle; und
 ein Wasserstoffverteilsystem nach einem der Ansprüche 11 – 13, das den
Wasserstoff von dem zumindest einen Hochdruckwasserstofftank zu dem
10 Verbrennungsmotor, der Gasturbine und / oder der Brennstoffzelle leitet.

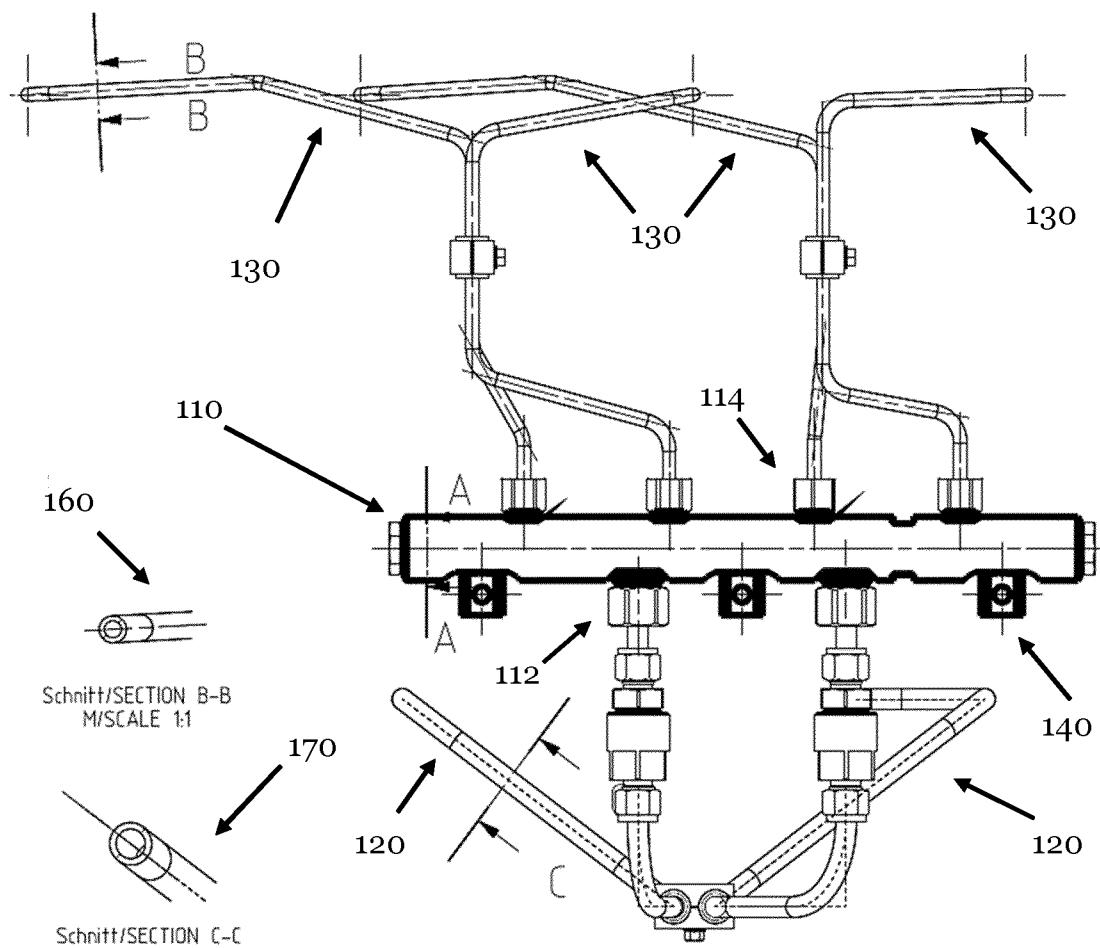


Fig. 1

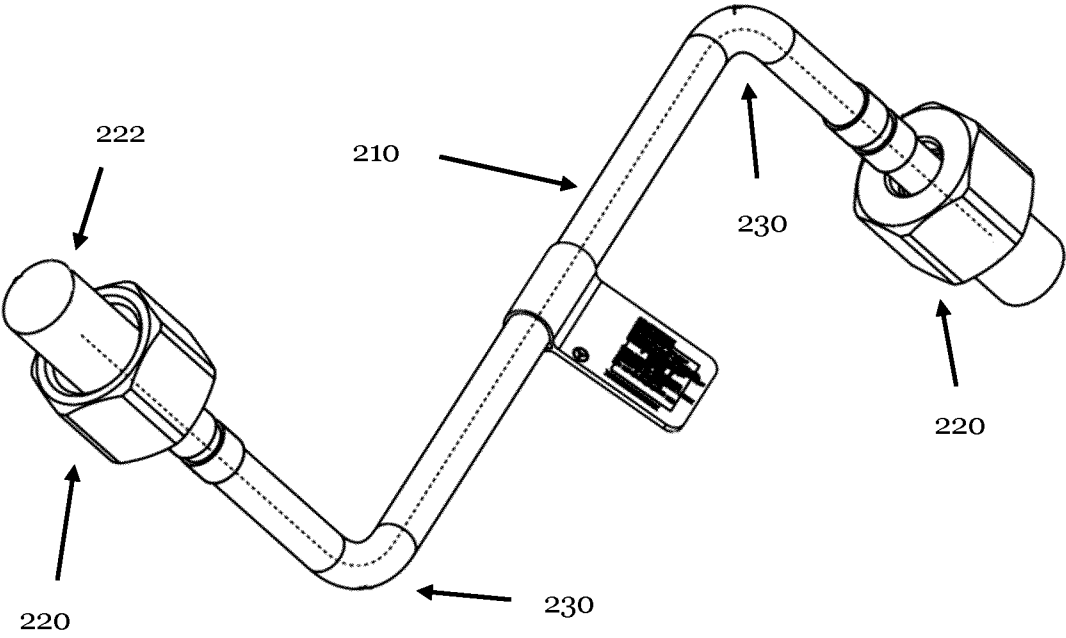


Fig. 2

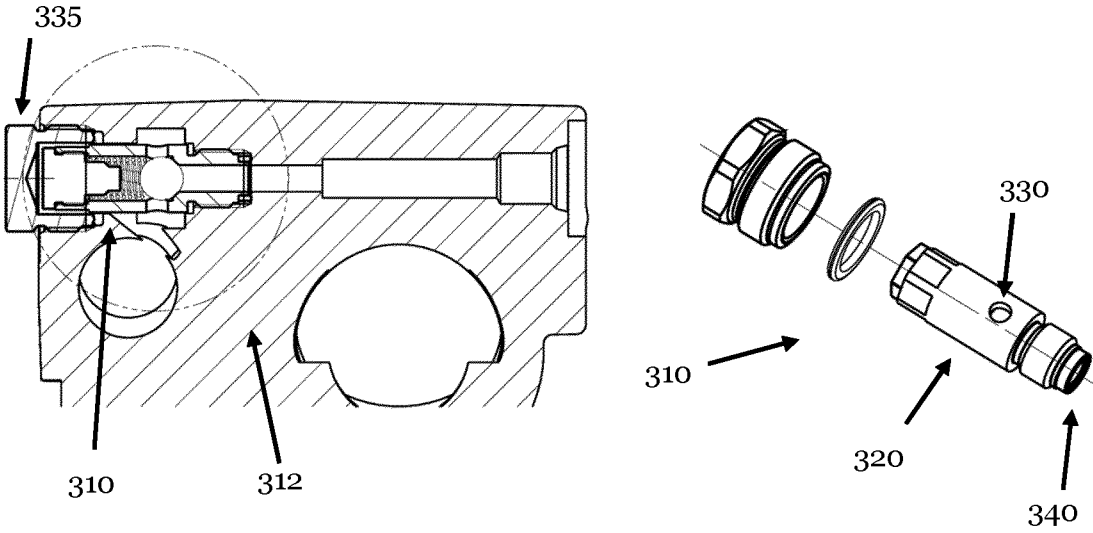


Fig. 3A

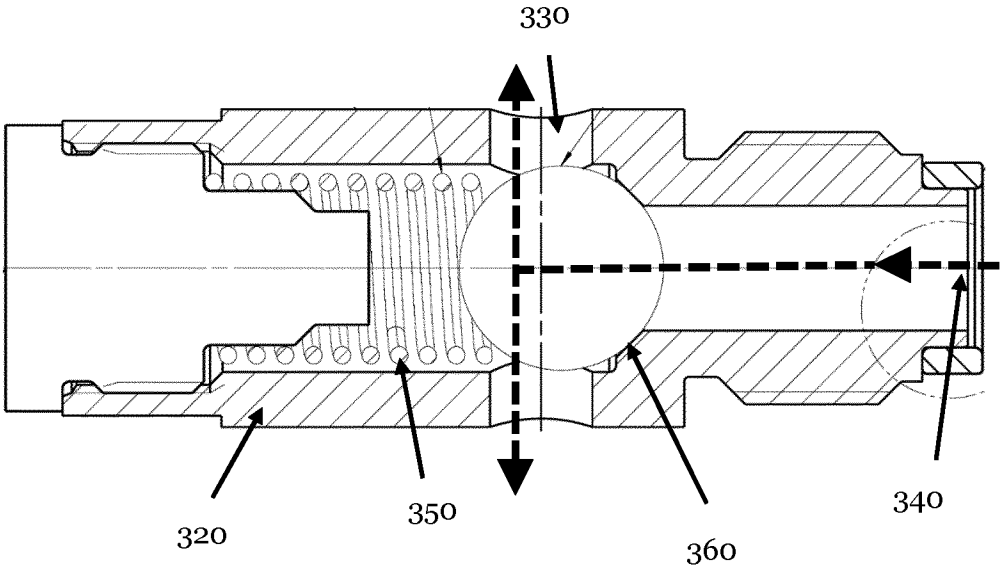


Fig. 3B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/051238**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

C22C 38/02(2006.01)i; **C22C 38/04**(2006.01)i; **C22C 38/12**(2006.01)i; **C22C 38/22**(2006.01)i; **B60K 15/01**(2006.01)i; **H01M 8/04089**(2016.01)i; **C21D 1/25**(2006.01)n; **C21D 6/00**(2006.01)n; **C21D 7/02**(2006.01)n; **B60K 15/03**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C; C21D; H01M; B60K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2682740 A1 (JAPAN STEEL WORKS LTD [JP]) 08 January 2014 (2014-01-08) paragraphs [0002], [0065] - [0083]; tables 1,2	1-15
X	JP 2018012856 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 25 January 2018 (2018-01-25) paragraphs [0002], [0012], [0086] - [0104]; example D; tables 1,2	1-15
A	US 2009285713 A1 (OMURA TOMOHIKO [JP] ET AL) 19 November 2009 (2009-11-19) paragraphs [0012], [0063] - [0072]; tables 1,2	1-15
A	EP 3351650 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 25 July 2018 (2018-07-25) paragraphs [0035], [0084] - [0098]; tables 1,2	1-15
A	JP 2019183218 A (NIPPON STEEL CORP) 24 October 2019 (2019-10-24) paragraphs [0003] - [0005], [0140] - [0173]; example 6; tables 1,2	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 April 2022

Date of mailing of the international search report

09 May 2022

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Barenbrug-van Druten

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/051238

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	Anonymous. "Überlegungen zur Fehlergrößenbestimmung bei rissartigen Fehlern im Plattierungsbereich mit TOFD" 31 May 2001 (2001-05-31), Retrieved from the Internet: https://www.ndt.net/article/dgzfp01/papers/p12/p12.htm [retrieved on 2021-06-02] XP055810082 the whole document	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/051238

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2682740	A1	08 January 2014	CA	2828913	A1	13 September 2012
				EP	2682740	A1	08 January 2014
				JP	5356438	B2	04 December 2013
				JP	2012184992	A	27 September 2012
				KR	20130137023	A	13 December 2013
				US	2013333481	A1	19 December 2013
				WO	2012121106	A1	13 September 2012
JP	2018012856	A	25 January 2018	JP	6648647	B2	14 February 2020
				JP	2018012856	A	25 January 2018
US	2009285713	A1	19 November 2009	CA	2695688	A1	26 March 2009
				CN	101821417	A	01 September 2010
				EP	2192204	A1	02 June 2010
				JP	4251229	B1	08 April 2009
				JP	2009074122	A	09 April 2009
				KR	20100046052	A	04 May 2010
				US	2009285713	A1	19 November 2009
				WO	2009038160	A1	26 March 2009
EP	3351650	A1	25 July 2018	AU	2016322190	A1	08 February 2018
				CA	2991018	A1	23 March 2017
				CA	3077926	A1	23 March 2017
				CN	108026619	A	11 May 2018
				EP	3351650	A1	25 July 2018
				JP	6299885	B2	28 March 2018
				JP	WO2017047099	A1	14 September 2017
				KR	20180038024	A	13 April 2018
				KR	20200038327	A	10 April 2020
				US	2018312935	A1	01 November 2018
				WO	2017047099	A1	23 March 2017
JP	2019183218	A	24 October 2019	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C22C38/02 H01M8/04089	C22C38/04 C22C38/12 C22C38/22 B60K15/01
ADD.	C21D1/25 C21D6/00 C21D7/02 B60K15/03	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C22C C21D H01M B60K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 682 740 A1 (JAPAN STEEL WORKS LTD [JP]) 8. Januar 2014 (2014-01-08) Absätze [0002], [0065] - [0083]; Tabellen 1,2 -----	1-15
X	JP 2018 012856 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 25. Januar 2018 (2018-01-25) Absätze [0002], [0012], [0086] - [0104]; Beispiel D; Tabellen 1,2 -----	1-15
A	US 2009/285713 A1 (OMURA TOMOHIKO [JP] ET AL) 19. November 2009 (2009-11-19) Absätze [0012], [0063] - [0072]; Tabellen 1,2 ----- --/--	1-15
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. April 2022		09/05/2022
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Barenbrug-van Druten

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 351 650 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 25. Juli 2018 (2018-07-25) Absätze [0035], [0084] - [0098]; Tabellen 1,2 -----	1-15
A	JP 2019 183218 A (NIPPON STEEL CORP) 24. Oktober 2019 (2019-10-24) Absätze [0003] - [0005], [0140] - [0173]; Beispiel 6; Tabellen 1,2 -----	1-15
T	Anonymous: "Überlegungen zur Fehlergrößenbestimmung bei rissartigen Fehlern im Plattierungsbereich mit TOFD", / 31. Mai 2001 (2001-05-31), XP055810082, Gefunden im Internet: URL: https://www.ndt.net/article/dgzfp01/papers/p12/p12.htm [gefunden am 2021-06-02] das ganze Dokument -----	2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/051238

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2682740 A1	08-01-2014	CA 2828913 A1	13-09-2012
		EP 2682740 A1	08-01-2014
		JP 5356438 B2	04-12-2013
		JP 2012184992 A	27-09-2012
		KR 20130137023 A	13-12-2013
		US 2013333481 A1	19-12-2013
		WO 2012121106 A1	13-09-2012
JP 2018012856 A	25-01-2018	JP 6648647 B2	14-02-2020
		JP 2018012856 A	25-01-2018
US 2009285713 A1	19-11-2009	CA 2695688 A1	26-03-2009
		CN 101821417 A	01-09-2010
		EP 2192204 A1	02-06-2010
		JP 4251229 B1	08-04-2009
		JP 2009074122 A	09-04-2009
		KR 20100046052 A	04-05-2010
		US 2009285713 A1	19-11-2009
		WO 2009038160 A1	26-03-2009
EP 3351650 A1	25-07-2018	AU 2016322190 A1	08-02-2018
		CA 2991018 A1	23-03-2017
		CA 3077926 A1	23-03-2017
		CN 108026619 A	11-05-2018
		EP 3351650 A1	25-07-2018
		JP 6299885 B2	28-03-2018
		JP WO2017047099 A1	14-09-2017
		KR 20180038024 A	13-04-2018
		KR 20200038327 A	10-04-2020
		US 2018312935 A1	01-11-2018
		WO 2017047099 A1	23-03-2017
JP 2019183218 A	24-10-2019	KEINE	