



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
13.11.2024 Patentblatt 2024/46

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23C 13/02 (2006.01) F23C 13/04 (2006.01)
F23D 14/02 (2006.01) F23Q 7/10 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 23172787.6

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23C 13/02; F23C 13/04; F23D 14/02;
F23C 2900/9901; F23D 2207/00; F23N 2227/38

(22)

Anmeldetag: 11.05.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71)

Anmelder: Salzburger Aluminium
Aktiengesellschaft
5651 Lend (AT)

(72)

Erfinder:
• BREITENEDER, Thomas
4840 Vöcklabruck (AT)
• STEPAN, Thomas
5651 Lend (AT)

(74)

Vertreter: Weiser & Voith
Patentanwälte Partnerschaft
Kopfgasse 7
1130 Wien (AT)

(54)

VORRICHTUNG ZUM KATALYTISCHEN VERBRENNEN VON WASSERSTOFF

(57)

Vorrichtung (1) zum katalytischen Verbrennen von Wasserstoff, umfassend ein Gehäuse (2) und einen gasdurchlässigen Katalysator (9), wobei das Gehäuse (2) eine Einlassöffnung (5) für ein wasserstoffhaltiges Gas (8) und eine Auslassöffnung (6) für ein katalytisch verbrannten Wasserstoff enthaltendes Gas (8) hat und

zwischen der Ein- und der Auslassöffnung (5, 6) der Katalysator (9) aufgenommen ist, ferner umfassend zumindest einen elektrisch beheizbaren Heizstab (15), welcher zur lokalen Erhitzung ins Innere des Katalysators (9) hineinragt.

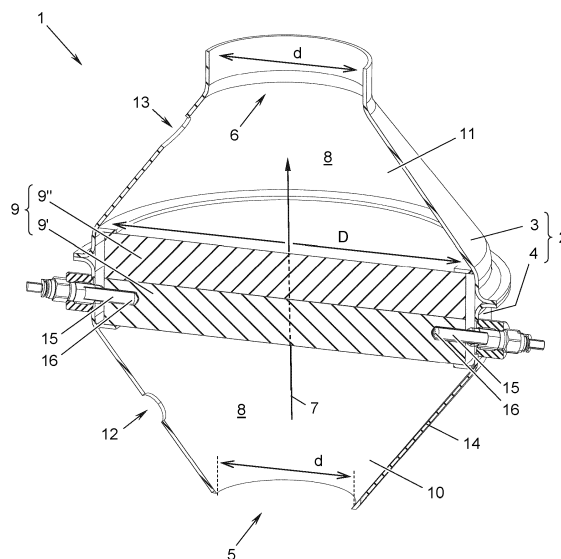


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum katalytischen Verbrennen von Wasserstoff, umfassend ein Gehäuse und einen gasdurchlässigen Katalysator, wobei das Gehäuse eine Einlassöffnung für ein wasserstoffhaltiges Gas und eine Auslassöffnung für ein katalytisch verbrannten Wasserstoff enthaltendes Gas hat und zwischen der Ein- und der Auslassöffnung der Katalysator aufgenommen ist.

[0002] Bei vielen Anwendungen in der Industrie, in Kraftwerken und im Transportwesen fällt wasserstoffhaltiges Gas, d.h. entweder reiner gasförmiger Wasserstoff oder ein Wasserstoff enthaltendes Mischgas, in geringen oder - in besonderen Betriebszuständen - auch in höheren Konzentrationen als Abgas an, unter anderem bei der Wasserstoffherstellung, -speicherung und -nutzung, z.B. als Brennstoffzellenabgas, Boil-Off-Gas etc. Anders als andere brennbare Gase ist Wasserstoff in einem extrem breiten Konzentrationsbereich entzündlich bzw. sogar explosiv, sodass eine bloße Abgabe an die Umgebungsluft gefährlich wäre. Aus Sicherheitsgründen wird daher häufig vorgesehen, das wasserstoffhaltige Gas zu fassen und geordnet zu verbrennen. Soweit keine Hochtemperaturnutzung vorgesehen werden soll, wird das wasserstoffhaltige Gas im Katalysator einer Vorrichtung der vorgenannten Art z.B. mit Luftsauerstoff flammlos und sicher bei wesentlich geringerer Temperatur zu ungefährlichem Wasser bzw. Wasserdampf verbrannt.

[0003] Als katalysierendes Material wird im Katalysator je nach Gasen ein Metall, eine Metalllegierung oder ein Metalloxid eingesetzt, aus welchem bzw. welcher der Katalysator besteht oder welches bzw. welche auf eine offenporige metallische oder keramische Trägerstruktur aufgebracht ist, und zusammen mit dieser den Katalysator bildet. Um die katalytische Verbrennung in Gang zu setzen, muss Energie zugeführt werden. Dazu wird die Vorrichtung beheizt, z.B. durch in einigen Anwendungen ohnehin vorhandene heiße Abgase und/oder mithilfe einer elektrischen Zusatzheizung für das Gehäuse bzw. das wasserstoffhaltige Gas. Nachteilig sind die nicht unerhebliche Vorlaufzeit beim Beheizen des Gehäuses und die beim Beheizen des Gases erhöhte Entzündungs- bzw. Explosionsgefahr. Dies gilt umso mehr, wenn am bzw. im Katalysator Feuchte niedergeschlagen ist, welche sowohl das Beheizen als auch die katalysierende Wirkung hemmt.

[0004] Die Erfindung setzt sich zum Ziel, eine Vorrichtung zum katalytischen Verbrennen von Wasserstoff zu schaffen, welche zuverlässig, sicher und ohne lange Vorlaufzeiten betrieben werden kann.

[0005] Dieses Ziel wird mit einer Vorrichtung der einleitend genannten Art erreicht, die sich erfindungsgemäß durch zumindest einen elektrisch beheizbaren Heizstab auszeichnet, welcher zur lokalen Erhitzung ins Innere des Katalysators hineinragt.

[0006] In der erhitzten lokalen Umgebung des Heizstabs setzt die katalytische Verbrennung unmittelbar ein

und erwärmt durch ihre Abwärme den restlichen Katalysator und das darin befindliche Gas rasch, sodass auch dort die katalytische Verbrennung zuverlässig und rasch einsetzt. Ein Feuchtebelag in der genannten lokalen Umgebung wird durch die Erhitzung rasch abgetaut; ein langdauerndes Vorheizen entfällt. Auch die Gefahr einer unerwünschten Entzündung außerhalb des Katalysators bzw. einer Explosion von wasserstoffhaltigem Gas ist wesentlich reduziert, da die erhitzte Umgebung im Inneren des Katalysators liegt, wo die katalytische Verbrennung bereits einsetzt. In dem aus dem Katalysator austretenden Gas verbleibt dadurch kein unverbrannter Wasserstoff, und vor dem Eintritt in den Katalysator muss das Gas nicht zusätzlich beheizt werden.

[0007] Der Katalysator kann jede beliebige offenporige Struktur haben. Günstig ist, wenn der Katalysator Gitter- oder Wabenstruktur hat. Eine solche regelmäßige Struktur ist einfach herstellbar, zuverlässig gasdurchlässig und kann erforderlichenfalls gut beschichtet werden. Aufgrund der regelmäßigen Struktur ist im Vergleich zu unregelmäßigen Strukturen, die meist unterschiedlich feinporige Teilbereiche haben, auch die Gefahr von hartnäckiger lokaler Feuchteansammlung reduziert.

[0008] Der Katalysator kann einteilig sein; vorteilhaft ist, wenn der Katalysator in einen einlassseitigen Flammenstabilisator und einen am Flammenstabilisator anliegenden auslassseitigen Reaktorteil unterteilt ist. Der in Strömungsrichtung des Gases vorgelagerte Flammenstabilisator bewirkt vorrangig eine gleichmäßige Durchströmung des Katalysators mit Gas und verhindert ein Rückschlagen von Flammen in Richtung des Einlasses. Im nachgelagerten Reaktorteil findet der überwiegende Teil der katalytischen Verbrennungsreaktion statt. Die beiden in Strömungsrichtung des Gases aufeinanderfolgenden Teile können unterschiedlich ausgeführt und an die jeweiligen Erfordernisse gezielt angepasst werden. Zu dieser Anpassung haben in einer günstigen Variante der Flammenstabilisator und der Reaktorteil des Katalysators unterschiedliche Struktur.

[0009] Dabei ist die Vorrichtung in einer bevorzugten Ausführungsform derart ausgebildet, dass der zumindest eine Heizstab ins Innere des Flammenstabilisators hineinragt. Der in Strömungsrichtung nachgelagerte Reaktorteil wird dadurch besonders gleichmäßig und rasch vom katalytisch verbrennenden bzw. verbrannten Wasserstoff und dem anliegenden Flammenstabilisator erwärmt und trägt zuverlässig zur gleichmäßigen katalytischen Verbrennung bei. So wird der Katalysator besonders effektiv genutzt.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsvariante ist der zumindest eine Heizstab lediglich an seiner ins Innere des Katalysators hineinragenden Spitze elektrisch beheizbar. Das reduziert die zum Beheizen erforderliche Energie und zugleich die notwendige Vorheizdauer. Auch kann einer schädlichen Überhitzung des gesamten Katalysators wesentliche einfacher vorgebeugt werden, da die lokale Temperatur an der Spitze viel rascher und feinfühler geregelt werden kann.

[0011] Bevorzugt ragt der zumindest eine Heizstab durch die Wandung des Gehäuses hindurch radial von außen ins Innere des Katalysators hinein. Dies erleichtert den Aufbau der Vorrichtung und die Zugänglichkeit zu dem zumindest einen Heizstab, sodass dieser besonders einfach beschaltet werden kann.

[0012] Damit die Wirkung des Katalysators möglichst rasch einsetzt, ist günstig, wenn mehrere Heizstäbe über den Umfang des Gehäuses verteilt sind.

[0013] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der einzigen beigeschlossenen Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Darin zeigt: Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem perspektivischen Längsschnitt.

[0014] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zum katalytischen Verbrennen von Wasserstoff. Die Vorrichtung 1 umfasst ein Gehäuse 2, das im dargestellten Beispiel aus einer oberen Halbschale 3 und einer unteren Halbschale 4 zusammengesetzt ist, wobei die Halbschalen 3, 4 jeweils im Wesentlichen die Form einer Kegelstumpf-Mantelfläche haben und an ihrer Kegelbasis zusammengesetzt, z.B. geflanscht, geschweißt, geklebt od.dgl., sind. Es versteht sich, dass das Gehäuse 2 alternativ z.B. im Wesentlichen zylindrisch sein könnte, u.zw. mit rundem, ovalem oder mehreckigem Querschnitt, oder eine andere, insbesondere asymmetrische Form haben könnte.

[0015] Das Gehäuse 2 hat eine Einlassöffnung 5 und eine Auslassöffnung 6 und wird in einer Strömungsrichtung 7 von einem Gas 8 durchströmt. Das Gas 8 tritt an der Einlassöffnung 5 in das Gehäuse 2 ein und ist in diesem Bereich wasserstoffhaltig, d.h. es ist entweder reiner gasförmiger Wasserstoff oder ein Gemisch aus Wasserstoff und zumindest einem weiteren Gas, insbesondere Sauerstoff. An der Auslassöffnung 6 tritt das Gas 8 aus und enthält in diesem Bereich katalytisch verbrannten Wasserstoff.

[0016] Zwischen der Einlass- und der Auslassöffnung 5, 6 ist in dem Gehäuse 2 ein gasdurchlässiger Katalysator 9 aufgenommen, in welchem das wasserstoffhaltige Gas 8 katalytisch verbrannt wird. Der Katalysator 9 füllt einen Bereich des Gehäuses 2 zwischen der Ein- und der Auslassöffnung 5, 6 derart aus, dass das Gas 8 den Katalysator 9 durchströmt. Dazu hat der Katalysator 9 entweder eine unregelmäßige oder eine regelmäßige offenporige Struktur, z.B. eine Schaumstruktur od.dgl. oder eine Gitter- oder Wabenstruktur od.dgl. Zur Erzielung seiner katalysierenden Wirkung ist der Katalysator 9 entweder vollständig aus einem dazu geeigneten Werkstoff, insbesondere einem Metall, z.B. Platin oder Rodium, einer Metalllegierung oder einem Metalloxid, gefertigt, wie dem Fachmann bekannt ist, oder aus einer keramischen oder metallischen Struktur, auf welche der genannte katalysierende Werkstoff aufgebracht, z.B. aufgedampft od.dgl., ist.

[0017] In der dargestellten Ausführungsform haben die Ein- und Auslassöffnungen 5, 6 aufgrund der Kegelstumpfform des Gehäuses 2 jeweils einen geringeren

Querschnitt d als der Katalysator 9 mit seinem Querschnitt D. Es versteht sich, dass Ein- und Auslassöffnungen 5, 6 optional voneinander verschiedene Querschnitte d haben können.

[0018] Zwischen der Einlassöffnung 5 und dem Katalysator 9 ist optional eine in Strömungsrichtung 7 sich erweiternde Vorkammer 10 gebildet, sodass das einströmende Gas 8 auf eine gegenüber der Einlassöffnung 5 größere Stirnfläche des Katalysators 9 verteilt wird. Ebenso ist zwischen dem Katalysator 9 und der Auslassöffnung 6 optional eine Auspuffkammer 11 gebildet, welche sich in Strömungsrichtung 7 verjüngt.

[0019] Öffnungen 12, 13 in der Wandung 14 des Gehäuses 2 im Bereich der Vorkammer 10 bzw. der Auspuffkammer 11 sind im Betrieb der Vorrichtung 1 z.B. durch Sensoren (nicht dargestellt) geschlossen, die in die Vor- bzw. Auspuffkammer 10, 11 ragen, und/oder es münden in zumindest eine dieser Öffnungen 12, 13 eine oder mehrere Rohrleitungen zur gezielten Zufuhr weiterer Gase, z.B. von Sauerstoff, und/oder zur Zu- oder Abfuhr von Wärme in das oder aus dem Gas 8 im Inneren des Gehäuses 2.

[0020] Um den Katalysator 9 lokal zu erhitzen, sodass das katalytische Verbrennen des Wasserstoffs im Inneren des Katalysators 9 einsetzt, umfasst die Vorrichtung 1 ferner zumindest einen elektrisch beheizbaren Heizstab 15, der ins Innere des Katalysators 9 hineinragt und dadurch seine lokale Umgebung im Inneren des Katalysators 9 erhitzt.

[0021] Der zumindest eine Heizstab 15 ragt z.B. von der Vorkammer 10 oder von der Auspuffkammer 11 aus in den Katalysator 9 hinein. Im dargestellten Beispiel ragt der zumindest eine Heizstab 15 hingegen durch die Wandung 14 des Gehäuses 2 hindurch radial von außen ins Innere des Katalysators 9 hinein. Dabei ist ferner z.B. der gesamte ins Innere des Katalysators 9 hineinragende Heizstab 15 elektrisch beheizbar. Alternativ ist der zumindest eine Heizstab 15 lediglich an seiner ins Innere des Katalysators 9 hineinragenden Spitze 16 elektrisch beheizbar.

[0022] Im dargestellten Beispiel umfasst die Vorrichtung 1 zwei, in anderen Ausführungsformen auch mehr als zwei Heizstäbe 15, welche optional über den Umfang des Gehäuses 2 verteilt, bevorzugt gleichmäßig verteilt, sind.

[0023] Es versteht sich, dass der Katalysator 9 ein- oder mehrteilig sein kann. Im dargestellten Beispiel ist der Katalysator in einen einlassseitigen, d.h. in Strömungsrichtung 7 vorgelagerten Flammenstabilisator 9' und einen (hier: am Flammenstabilisator 9' anliegenden) auslassseitigen, d.h. in Strömungsrichtung 7 nachgelagerten Reaktorteil 9'' unterteilt. Im Beispiel der Fig. 1 liegen Flammenstabilisator- und Reaktorteil 9', 9'' aneinander an; alternativ könnten diese beiden Teile voneinander zumindest geringfügig beabstandet sein. Ferner können der Flammenstabilisator 9' und der Reaktorteil 9'' vom Aufbau her identisch sein oder alternativ unterschiedlichen Aufbau haben, z.B. unterschiedliche

Struktur, unterschiedliches Material, unterschiedliche Dicke etc.

[0024] Der zumindest eine Heizstab 15 ragt entweder ins Innere des Flammenstabilisatorteils 9' (Fig. 1) oder ins Innere des Reaktorteils 9" hinein. Im Falle mehrerer Heizstäbe 15 könnte zumindest ein Heizstab 15 ins Innere des Flammenstabilisatorteils 9' und zumindest ein anderer Heizstab 15 ins Innere des Reaktorteils 9" hineinragen.

[0025] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern umfasst alle Varianten, Modifikationen und deren Kombinationen, die in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

Heizstab (15) durch die Wandung (14) des Gehäuses (2) hindurch radial von außen ins Innere des Katalysators (9) hineinragt.

- 5 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Heizstäbe (15) über den Umfang des Gehäuses (2) verteilt sind.

10

15

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum katalytischen Verbrennen von Wasserstoff, umfassend ein Gehäuse (2) und einen gasdurchlässigen Katalysator (9), wobei das Gehäuse (2) eine Einlassöffnung (5) für ein wasserstoffhaltiges Gas (8) und eine Auslassöffnung (6) für ein katalytisch verbrannten Wasserstoff enthaltendes Gas (8) hat und zwischen der Ein- und der Auslassöffnung (5, 6) der Katalysator (9) aufgenommen ist, **gekennzeichnet durch** zumindest einen elektrisch beheizbaren Heizstab (15), welcher zur lokalen Erhitzung ins Innere des Katalysators (9) hineinragt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Katalysator (9) Gitter- oder Wabenstruktur hat.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Katalysator (9) in einen einlassseitigen Flammenstabilisatorteil (9') und einen am Flammenstabilisatorteil (9') anliegenden auslassseitigen Reaktorteil (9'') unterteilt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flammenstabilisatorteil (9') und der Reaktorteil (9'') des Katalysators (9) unterschiedliche Struktur haben.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Heizstab (15) ins Innere des Flammenstabilisatorteils (9') hineinragt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Heizstab (15) lediglich an seiner ins Innere des Katalysators (9) hineinragenden Spitze (16) elektrisch beheizbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine

20

25

30

35

40

45

50

55

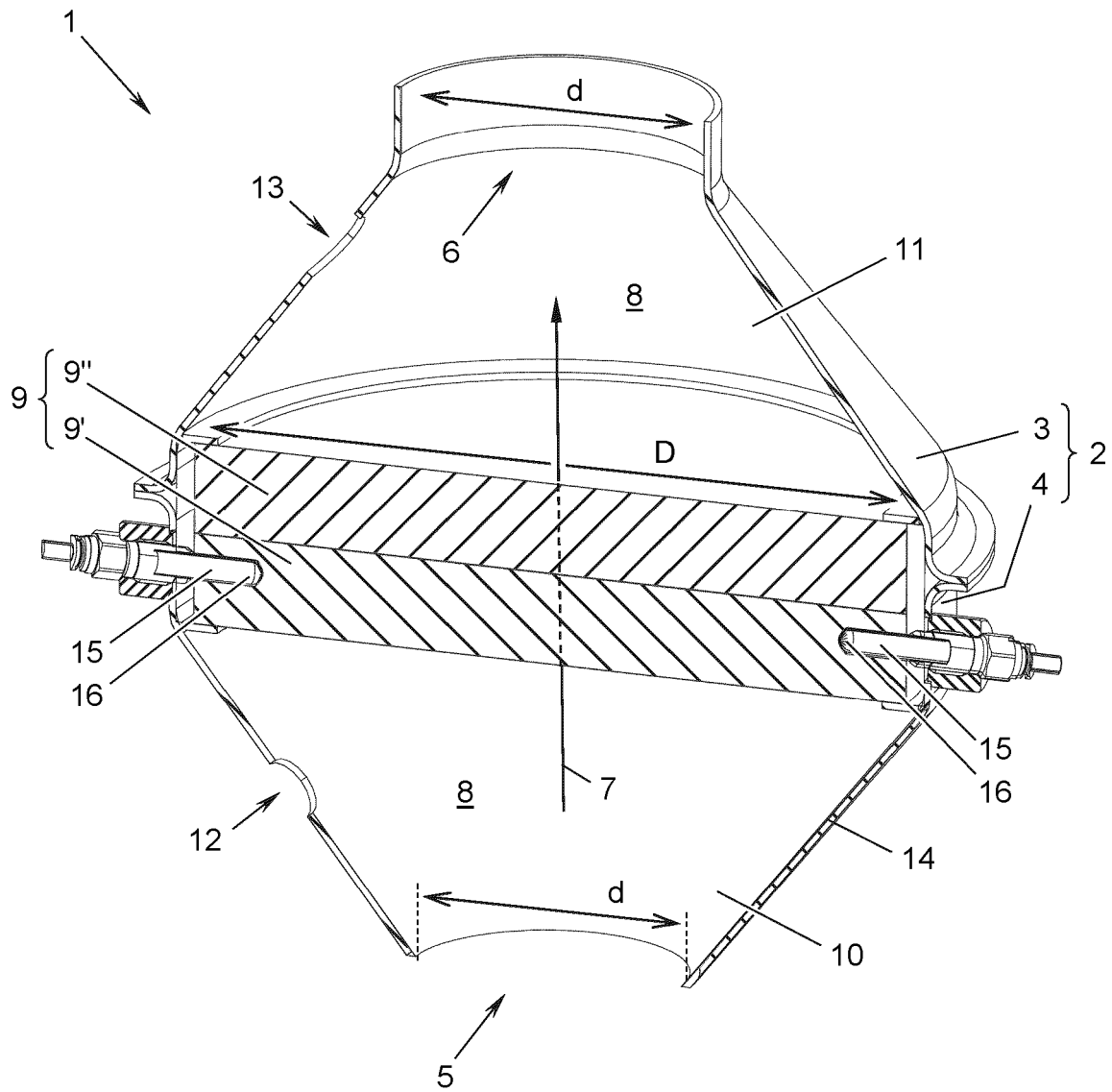


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 2787

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2004/033963 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; HOENIG GUENTER [DE]; MILLER FRANK [DE]) 22. April 2004 (2004-04-22) * das ganze Dokument *	1, 3, 5-8	INV. F23C13/02 F23C13/04 F23D14/02 F23Q7/10
X	US 2004/154222 A1 (BURCH STEVEN D [US] ET AL) 12. August 2004 (2004-08-12) * Absätze [0018] - [0020], [0024], [0028] - [0030], [0043] * * Abbildungen 2, 3 *	1-8	
X	DE 10 2012 018877 A1 (DAIMLER AG) 27. März 2014 (2014-03-27) * Absätze [0011], [0022], [0024] - [0026] * * Abbildung 2 *	1-3, 5-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23C F23D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Oktober 2023	Prüfer Vogl, Paul
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	

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

EP 23 17 2787

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-10-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2004033963 A1	22-04-2004	DE	10246231 A1	15-04-2004	
			EP	1552219 A1	13-07-2005	
15			JP	2006501435 A	12-01-2006	
			US	2006147859 A1	06-07-2006	
			WO	2004033963 A1	22-04-2004	

	US 2004154222 A1	12-08-2004	KEINE			

20	DE 102012018877 A1	27-03-2014	DE	102012018877 A1	27-03-2014	
			WO	2014048524 A1	03-04-2014	

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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