

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 8023/2024
(22) Anmeldetag: 14.07.2023
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.03.2025
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2025

(51) Int. Cl.: **F16C 7/02** (2006.01)
B23H 7/02 (2006.01)

(67) Umwandlung von A 50560/2023

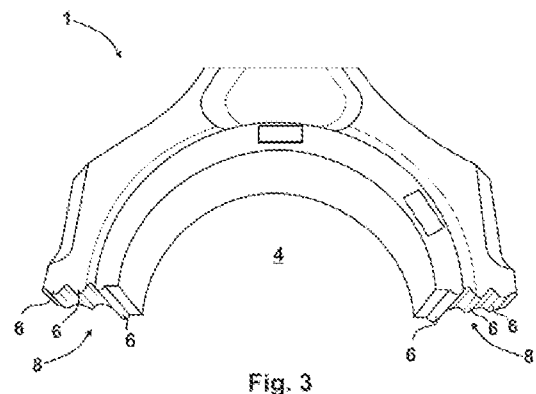
(56) Entgegenhaltungen:
CN 107962361 A
CN 102011791 B
US 2003131683 A1
MOURALOVA, K. et al. Analysis of surface and subsurface layers after WEDM for Ti-6Al-4V with heat treatment. Measurement. 27. November 2017 (27.11.2017), Vol. 116 (2018), pages 556-564
DE 3133662 A1
EP 3015204 A1
US 2014174400 A1

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
Pankl Racing Systems AG
8605 Kapfenberg (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines Pleuels sowie Pleuel**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Pleuels (15), welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel (15) einen Pleuelschaft (1) und einen über eine Verzahnung (5) mit dem Pleuelschaft (1) verbindbaren Pleueldeckel (2) aufweist, wobei Pleuelschaft (1) und Pleueldeckel (2) in einem zusammengebauten Zustand ein Pleuelauge (4) einschließen. Um eine hohe Positioniergenauigkeit und Maßhaltigkeit zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verzahnung (5) mit Drahterodieren gebildet wird. Weiter betrifft die Erfindung ein Pleuel (15), welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel einen Pleuelschaft (1) und einen über eine Verzahnung (5) mit dem Pleuelschaft (1) verbindbaren Pleueldeckel (2) aufweist.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES PLEUELS SOWIE PLEUEL

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Pleuels, welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel einen Pleuelschaft und einen über eine Verzahnung mit dem Pleuelschaft verbindbaren Pleueldeckel aufweist, wobei Pleuelschaft und Pleueldeckel in einem zusammengebauten Zustand ein Pleuelauge einschließen.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein Pleuel, welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel einen Pleuelschaft und einen über eine Verzahnung mit dem Pleuelschaft verbindbaren Pleueldeckel aufweist.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es zur Herstellung eines Pleuels bekannt, Pleuel einteilig herzustellen, mit Bruchkerben zu versehen und dann an den gekerbten Stellen im Bereich des großen Pleuelauges in zwei Teile zu zerbrechen. Dadurch werden exakt zueinander passende Bruchflächen erreicht, welche eine gute Kraftübertragung gewährleisten. Allerdings hat sich gezeigt, dass bei derartig hergestellten Pleueln ein Einbau einer Lagerschale häufig schwierig und ein Wiederverbau nur mit geringer Genauigkeit möglich ist sowie darüber hinaus nur eine unzureichende Maßhaltigkeit und Positioniergenauigkeit erreicht werden.

[0004] Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines Pleuels anzugeben, mit welchem die Nachteile des Standes der Technik vermieden oder zumindest reduziert werden.

[0005] Weiter soll ein entsprechendes Pleuel angegeben werden.

[0006] Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem die Verzahnung mit Drahterodieren gebildet wird.

[0007] Im Rahmen der Erfindung wurde festgestellt, dass durch Einsatz eines Drahterodierverfahrens selbst bei Einsatz eines Titanwerkstoffes die Herstellung einer Verzahnung im Bereich des Pleuelauges möglich ist, welche Verzahnung eine derart hohe Genauigkeit aufweist, dass ein Einbau der Lagerschale verbessert, bei einem Wiederverbau eine erhöhte Genauigkeit erreicht sowie eine Maßhaltigkeit und eine Positioniergenauigkeit erhöht werden.

[0008] Das Pleuel könnte grundsätzlich auch durch Herstellen von einem Pleuelschaft und einem Pleueldeckel unabhängig voneinander hergestellt werden, indem die Verzahnung an der Trennfläche am Pleuelschaft sowie die Verzahnung an der Trennfläche am Pleueldeckel durch Drahterodieren gebildet werden.

[0009] Ein besonders einfaches Verfahren ergibt sich, wenn die Verzahnung durch Schneiden eines Pleuels im Bereich des Pleuelauges durch Drahterodieren gebildet wird. Üblicherweise ist dabei vorgesehen, dass zunächst ein einteiliges Pleuel mit Abmessungen ausgebildet ist, bei welchem ein allenfalls durch das Schneiden mittels Funken- bzw. Drahterodieren bedingter Materialverlust bereits berücksichtigt ist, sodass die durch das Schneiden erhaltenen beiden Teile, der Pleuelschaft und der Pleueldeckel, anschließend exakt die zur Aufnahme der Lagerschale erforderlichen Abmessungen aufweisen.

[0010] Zum Schneiden des Pleuels in die zwei Teile, Pleuelschaft und Pleueldeckel, kann das Pleuel auf eine Aufspannvorrichtung aufgespannt sein. In der Regel wird das Pleuel dann samt der Aufspannvorrichtung in ein Drahterodieranlage eingebracht werden, in eine exakte Position des Pleuels und des Pleuelauges durch Messen ermittelt und basierend darauf mittels einer numerischen Steuerung einer Bewegung des Drahtes das Pleuel am großen Pleuelauge entlang einer definierten Verzahnung geschnitten wird. Die Aufspannvorrichtung kann dabei beispielsweise durch eine Metallplatte gebildet sein, an welche das Pleuel geklemmt wird. Es versteht sich, dass die Aufspannvorrichtung in aller Regel Ausnehmungen zur Durchführung des Drahtes aufweist, sodass der Draht der Drahterodieranlage bei einem Schneiden des Pleuels nicht mit der Aufspannvorrichtung kollidiert.

[0011] Bei einem derartigen Pleuel ergeben sich zwei Trennflächenpaare, also sowohl am Pleuelschaft als auch am Pleueldeckel jeweils zwei Trennflächen, welche korrespondierend ausgebildet sind, sodass Pleuelschaft und Pleueldeckel über diese Trennflächen verbunden werden können. Die Verzahnung kann an einem dieser Trennflächenpaare vorgesehen sein, um ein Gleiten vom Pleuelschaft relativ zum Pleueldeckel zumindest in einer Richtung zu verhindern und gleichzeitig eine gute Kraftübertragung zu gewährleisten. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, dass beide Trennflächen sowohl am Pleuelschaft als auch am Pleueldeckel Verzahnungen aufweisen, welche ineinander eingreifen können. Dadurch kann eine besonders genaue Verbindung mit sehr guter Kraftübertragung erreicht werden.

[0012] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Verzahnung unter Einsatz einer Drahtelektrode gebildet wird, welche aus Messing- oder Kupferdraht besteht.

[0013] Günstig ist es, wenn die Verzahnung unter Einsatz einer Drahtelektrode gebildet wird, welche einen Durchmesser von 0,01 mm bis 0,5 mm, insbesondere 0,02 mm bis 0,35 mm, aufweist.

[0014] Es hat sich bewährt, dass die Verzahnung durch Drahterodieren in einem Dielektrikum, insbesondere deionisiertem Wasser, gebildet wird.

[0015] Um eine besonders hohe Genauigkeit zu erreichen, ist bevorzugt vorgesehen, dass das Drahterodieren zumindest eine Schruppstufe und zumindest eine, vorzugsweise zumindest zwei, Schlichtstufen aufweist.

[0016] Es hat sich bewährt, dass das Drahterodieren mit einer Drahtgeschwindigkeit von 5 mm/min bis 50 mm/min, vorzugsweise 10 mm/min bis 15 mm/min, erfolgt.

[0017] Günstig ist es, wenn das Drahterodieren mit einer Spannung von 20 Volt bis 100 Volt, insbesondere 60 Volt bis 80 Volt, erfolgt. Dadurch wird eine sehr hohe Genauigkeit der erodierten Fläche erzielt, insbesondere bei Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung.

[0018] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass die Verzahnung zumindest zwei Zähne mit Zahnflanken aufweist, welche Zähne durch eine Zahnfußfläche verbunden sind, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass die Verzahnung eine Verrundung mit einem Radius von weniger als 1 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,6 mm, insbesondere 0,1 mm bis 0,2 mm, aufweist. Ein derartig kleiner Radius führt zu einer hohen Passgenauigkeit und kann insbesondere durch Drahterodieren besonders einfach und prozesssicher hergestellt werden.

[0019] Beispielsweise hat sich gezeigt, dass mit einem Draht mit einem Drahtdurchmesser von 0,25 mm ein Eckenradius der Verzahnung von 0,18 mm und mit einem Draht mit einem Drahtdurchmesser von 0,15 mm ein Eckenradius von 0,12 mm erreicht werden kann.

[0020] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Zahnfußfläche eine Rundung mit einem Krümmungsradius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,6 mm, aufweist.

[0021] Es hat sich bewährt, dass die Zahnflanken über einen Zahnkopf verbunden sind, wobei ein Übergang zwischen Zahnflanken und Zahnkopf einen Radius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,4 mm, beträgt. Dadurch werden günstige mechanische Beanspruchungen im Bereich des Zahnkopfes bei gleichzeitig hoher Maßgenauigkeit erreicht.

[0022] Um eine besonders günstige Oberfläche zu erzielen, ist bevorzugt vorgesehen, dass die Verzahnung nach dem Drahterodieren durch Mikrostrahlen gereinigt und oberflächlich verdichtet wird. Dadurch werden eine 100%ige Entfernung einer Weißzone, eine Reinigung der Oberfläche von Loseteilen, eine Uniformierung der Oberfläche, eine Verdichtung der Oberfläche sowie eine Reduktion von Rauheitswerten erreicht.

[0023] Die weitere Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Pleuel der eingangs genannten Art gelöst, welches in einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

[0024] Ein derartiges Pleuel ist im Unterschied zu bruchgetrennten Pleuel wiederholt mit hoher

Genauigkeit zusammenbaubar, gewährleistet einen günstigen Einbau der Lagerschale sowie eine hohe Maßhaltigkeit und Positioniergenauigkeit.

[0025] Um ein möglichst einfaches Herstellungsverfahren bei gleichzeitig guter mechanischer Belastung der einzelnen Bauteile zu erreichen, ist bevorzugt vorgesehen, dass die Verzahnung zumindest zwei Zähne mit Zahnflanken aufweist, welche Zähne durch eine Zahnfußfläche verbunden sind.

[0026] Günstig ist es, wenn die Verzahnung eine Rundung mit einem Radius von 0,05 mm bis 0,6 mm, insbesondere 0,1 mm bis 0,2 mm, aufweist.

[0027] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass die Zahnfußfläche einen Krümmungsradius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,6 mm, aufweist.

[0028] Das Pleuel kann beispielsweise in der Weise ausgebildet sein, dass Zahnköpfe der Zähne am Pleuelschaft mit Zahnfußflächen am Pleueldeckel korrespondieren. Entsprechend versteht es sich, dass bei einer bevorzugten Ausführung beispielsweise eine Verzahnung mit einer Zahnfußfläche, welche einen Krümmungsradius von beispielsweise 0,6 mm am Pleueldeckel aufweist, eine Verzahnung mit einem entsprechenden Radius von 0,6 mm am Zahnkopf im Bereich des Pleuelschaftes bedingt, um eine Passgenauigkeit der korrespondierenden Verzahnungen sicherzustellen. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, dass Zahnfußflächen und Zahnköpfe im zusammengebauten Zustand leicht voneinander beabstandet sind und somit Pleuelschaft und Pleueldeckel an Zahnflanken der Zähne aneinander anliegen, um eine hohe Passgenauigkeit zu erreichen.

[0029] Günstig ist es, wenn die Zahnflanken über einen Zahnkopf verbunden sind, wobei ein Radius an einem Übergang zwischen Zahnflanke und Zahnkopf weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,4 mm, beträgt.

[0030] Um eine formschlüssige Verbindung zwischen Pleuelschaft und Pleueldeckel zu erreichen, welche eine Relativverschiebung entlang einer Längsachse der Zähne verhindert, ist bevorzugt vorgesehen, dass die Zähne in einer Draufsicht unter einem Winkel zueinander angeordnet sind. Somit sind Längsachsen der einzelnen Zähne nicht parallel, sondern stehen beispielsweise unter einem Winkel von 10 Grad bis 30 Grad relativ zueinander, wodurch eine Verschiebung von Pleueldeckel relativ zum Pleuelschaft auch parallel zu Längsachsen der Zähne nicht mehr möglich ist. Derartige Zähne können durch Funken- bzw. Drahterodieren einfach hergestellt werden, indem beispielsweise der Draht seitlich geschwenkt wird.

[0031] Eine gute Kraftübertragung ergibt sich insbesondere dann, wenn die Zahnflanken unter einem Zahnflankenwinkel von 70 Grad bis 110 Grad, insbesondere etwa 90 Grad, zueinander angeordnet sind.

[0032] Weiter kann vorgesehen sein, dass die Zahnflanken parallel sind.

[0033] Es hat sich bewährt, dass die Zahnflanken normal zu einer Zahnfußfläche sind. Eine derartige Geometrie kann insbesondere durch das Drahterodieren besonders gut hergestellt werden, zumal ein Schneiden durch Drahterodieren kein Freistellen erfordert.

[0034] Günstig ist es, wenn die Verzahnung einen Mittenrauwert R_a von 0,3 μm bis 1 μm , insbesondere 0,4 μm bis 0,5 μm , aufweist. Eine derartige Oberfläche kann insbesondere durch Drahterodieren auf besonders einfache und prozesssichere Weise hergestellt werden.

[0035] Es hat sich bewährt, dass das Pleuel aus einem der Titanwerkstoffe P200, P204, P208 oder P222 besteht.

[0036] Der Titanwerkstoff P200 ist unter dem Handelsnamen Ti6Al4V/WL:3.7164 erhältlich.

[0037] Der Titanwerkstoff P204 ist unter dem Handelsnamen Ti6Al4V/WL:3.7164-2 erhältlich.

[0038] Der Titanwerkstoff P208 ist unter dem Handelsnamen SP700 erhältlich.

[0039] Der Titanwerkstoff P222 weist folgende Zusammensetzung auf:

Al: 8,7 % bis 9,7 %;
Zr: 1,7 % bis 2,3 %;
Nb: 0,5 % bis 0,9 %;
Mo: 0,2 % bis 0,4 %;
Si: 0,25 % bis 0,45 %;
O: max. 0,165 %;
H: max. 0,01 %;
N: max. 0,05 %;
C: max. 0,08 %;
Cu: max. 0,1 %;
Fe: max. 0,1 %.

[0040] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0041] Fig. 1 und 2 einen Pleueldeckel eines erfindungsgemäßen Pleuels;

[0042] Fig. 3 und 4 einen Pleuelschaft eines Pleuels;

[0043] Fig. 5 ein Beispiel für eine Verzahnung;

[0044] Fig. 6 ein weiteres Beispiel einer Verzahnung;

[0045] Fig. 7 einen Pleueldeckel eines weiteren Ausführungsbeispiels;

[0046] Fig. 8 und 9 ein weiteres Beispiel einer Verzahnung eines Pleuels;

[0047] Fig. 10 und 11 eine Aufspannvorrichtung ohne und mit einem Pleuel.

[0048] Fig. 1 und 2 zeigen einen Pleueldeckel 2 eines erfindungsgemäß hergestellten Pleuels 15. Wie ersichtlich weist der Pleueldeckel 2 zwei Trennflächen 8 auf, über welche Trennflächen 8 der Pleueldeckel 2 mit einem Pleuelschaft 1 verbindbar ist, um ein Pleuelauge 4 zwischen Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2 einzuschließen. An den Trennflächen 8 sind Zähne 6 vorgesehen, welche mit korrespondierenden Zähnen 6 am Pleuelschaft 1 zusammenwirken, um eine formschlüssige Verbindung zwischen Pleueldeckel 2 und Pleuelschaft 1 zu erreichen.

[0049] Fig. 3 und 4 zeigen den zum Pleueldeckel 2 der Fig. 1 und 2 korrespondierenden Pleuelschaft 1, welcher ebenfalls entsprechende Verzahnungen 5 an den Trennflächen 8 aufweist.

[0050] Fig. 5 zeigt eine Verzahnung 5 im Detail. Wie ersichtlich sind sowohl am Pleuelschaft 1 als auch am Pleueldeckel 2 mehrere ineinandergreifende Zähne 6 vorgesehen, wobei die Zähne 6 jeweils Zahnflanken 3 und einen Zahnkopf 9 aufweisen und durch einen Zahnfuß beabstandet sind. Der Zahnfuß der Zähne 6 am Pleueldeckel 2 weist im dargestellten Ausführungsbeispiel eine Rundung 11 mit einem Radius von 0,6 mm auf. Zwischen den Zahnflanken 3 und dem Zahnkopf 9 ergibt sich ein Übergang 10 mit einem Radius von 0,4 mm. Dadurch werden eine hohe Passgenauigkeit und gleichzeitig geringe mechanische Belastungen erzielt.

[0051] Ein Zahnflankenwinkel β zwischen den Zahnflanken 3 beträgt hier etwa 90 Grad.

[0052] Es versteht sich, dass die Zähne 6 des Pleuelschaftes 1 korrespondierende Abmessungen aufweisen, sodass sich hier am Zahnkopf 9 beispielsweise eine Rundung 11 mit einem Radius von 0,6 mm ergibt.

[0053] Fig. 6 zeigt eine Verzahnung 5 eines weiteren Pleuelschaftes 1 in einer Draufsicht, wobei Längsachsen 12 der Zähne 6 unter einem Winkel α zueinander angeordnet sind. Bei derartig ausgerichteten Zähnen 6, welche durch Drahterodieren ebenfalls einfach hergestellt werden können, ist eine Verschiebung entlang der Zahnrichtung verhindert, sodass eine hohe Passgenauigkeit erzielt wird.

[0054] Fig. 7 zeigt einen zum Pleuelschaft 1 der Fig. 6 korrespondierenden Pleueldeckel 2 mit einer entsprechenden Verzahnung 5, wobei auch hier Längsachsen 12 der Zähne 6 unter einem Winkel α von etwa 10 Grad bis 20 Grad zueinander angeordnet sind.

[0055] Fig. 8 und 9 zeigen ein weiteres Beispiel einer Verzahnung 5, wobei Fig. 8 die Verzahnung 5 in zusammengesetztem Zustand und Fig. 9 in einem Zustand zeigt, bei welchem Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2 leicht beabstandet sind. Wie hier ersichtlich, sind Zahnflanken 3 teilweise parallel zueinander und darüber hinaus am Pleueldeckel 2 normal zu Zahnfußflächen 7 positioniert. Entsprechend sind die Zahnflanken 3 der Zähne 6 am Pleuelschaft 1 normal zu den korrespondierenden Zahnköpfen 9 angeordnet. Eine derartige Ausbildung einer Verzahnung 5 führt zu besonders hoher Positioniergenauigkeit und ist durch Drahterodieren mit hoher Genauigkeit möglich. Somit unterscheidet sich die hier dargestellte Verzahnung 5 insbesondere aufgrund dieses Merkmals von einer beispielsweise durch Schleifen gebildeten Verzahnung 5, welches Verfahren keine normal aufeinander stehenden Flächen mit entsprechend kleinem Eckenradius ermöglicht.

[0056] Um Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2 aneinander zu fixieren, können insbesondere mittig in den Kontaktflächen hier nicht dargestellte Bohrungen vorgesehen sein, in welchen Schrauben angeordnet werden, mit welchen der Pleueldeckel 2 kraftschlüssig am Pleuelschaft 1 fixiert wird.

[0057] Wie in Fig. 8 besonders genau ersichtlich, sind die Zahnfußflächen 7 und die Zahnköpfe 9 bevorzugt derart ausgebildet, dass die Zähne 6 in zusammengebautem Zustand an den Zahnköpfen 9 bzw. den Zahnfußflächen 7 leicht beabstandet sind und im Wesentlichen an den Zahnflanken 3 aneinander anliegen. Dadurch wird ein besonders guter Kontakt zwischen Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2 auch bei mehrmaligem Zusammenbau bzw. Wiederverbau erreicht.

[0058] Fig. 10 zeigt eine Aufspannvorrichtung 13 zur Trennung eines Pleuels 15 in einer Funkenerosionsanlage in einen Pleuelschaft 1 und einen Pleueldeckel 2. Wie ersichtlich besteht die Aufspannvorrichtung 13 im Wesentlichen aus einer Metallplatte, an welcher ein Pleuel 15 aufgespannt werden kann, um das Pleuel 15 durch Drahterodieren am großen Pleuelauge 4 zu trennen und dabei eine Verzahnung 5 zu bilden. Weiter weist die Aufspannvorrichtung 13 eine Ausnehmung 14 auf, durch welche der Draht der Funkenerosionsanlage geführt werden kann, sodass der Draht der Funkenerosionsanlage während des Schneidens bzw. Trennens des Pleuels 15 nicht mit der Aufspannvorrichtung 13 kollidiert.

[0059] Fig. 11 zeigt die Aufspannvorrichtung 13 der Fig. 10 samt einem aufgespannten Pleuel 15. Dargestellt ist ein Pleuel 15 vor einem Trennen, weswegen noch keine Verzahnung 5 ersichtlich ist. Die Aufspannvorrichtung 13 wird samt dem Pleuel 15 in eine Draht- bzw. Funkenerosionsanlage eingebracht, in welcher ein Draht durch das große Pleuelauge 4 und die Ausnehmung 14 in der Aufspannvorrichtung 13 geführt und gemäß der zu bildenden Verzahnung 5 bzw. gemäß einer zu bildenden Trennebene relativ zum Pleuel 15 bewegt und gegebenenfalls geschwenkt wird, um insbesondere Zähne 6 mit unter einem Winkel α zueinander ausgerichteten Längsachsen 12 zu bilden und das Pleuel 15 in Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2 zu trennen.

[0060] Das Drahterodieren kann beispielsweise in einem Wasserbad mit Druckspülung erfolgen, wobei als Dielektrikum deionisiertes Wasser eingesetzt werden kann. Eine Deionisierung des Wassers kann dabei durch Deionisierungspatronen erfolgen, welche Harze enthalten.

[0061] Um nach dem Erodieren eine Alphacase-Bildung zu verhindern wird das Pleuel 15 bzw. die Teile, Pleuelschaft 1 und Pleueldeckel 2, üblicherweise durch Mikrostrahlen von einer Weisszone befreit, wobei die Oberfläche gereinigt, verdichtet und uniformiert wird. Dadurch kann eine Schmelzzone an der Oberfläche vollständig entfernt werden.

[0062] Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren können Pleuel 15 auch aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung wie beispielsweise P200, P204, P208 oder P222 mit hoher Prozesssicherheit hergestellt werden, welche eine hohe Positioniergenauigkeit auch bei wiederholtem Zusammenbau aufweisen.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Pleuels (15), welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel (15) einen Pleuelschaft (1) und einen über eine Verzahnung (5) mit dem Pleuelschaft (1) verbindbaren Pleueldeckel (2) aufweist, wobei Pleuelschaft (1) und Pleueldeckel (2) in einem zusammengebauten Zustand ein Pleuelauge (4) einschließen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) mit Drahterodieren gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) durch Schneiden eines Pleuels (15) im Bereich des Pleuelauges (4) durch Drahterodieren gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pleuel (15) während des Schneidens auf einer Aufspannvorrichtung (13) mit einer Ausnehmung (14) aufgespannt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) unter Einsatz einer Drahtelektrode gebildet wird, welche aus Messing- oder Kupferdraht besteht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) unter Einsatz einer Drahtelektrode gebildet wird, welche einen Durchmesser von 0,01 mm bis 0,5 mm, insbesondere 0,02 mm bis 0,35 mm, aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) durch Drahterodieren in einem Dielektrikum, insbesondere deionisiertem Wasser, gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drahterodieren zumindest eine Schrappstufe und zumindest eine, vorzugsweise zumindest zwei, Schlichtstufen aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drahterodieren mit einer Drahtgeschwindigkeit von 5 mm/min bis 50 mm/min, vorzugsweise 10 mm/min bis 15 mm/min, erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drahterodieren mit einer Spannung von 20 Volt bis 100 Volt, insbesondere 60 Volt bis 80 Volt, erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) zumindest zwei Zähne (6) mit Zahnflanken (3) aufweist, welche Zähne (6) durch eine Zahnfußfläche (7) verbunden sind, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass die Verzahnung (5) eine Verrundung mit einem Radius von weniger als 1 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,6 mm, insbesondere 0,1 mm bis 0,2 mm, aufweist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnfußfläche (7) eine Rundung (11) mit einem Krümmungsradius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,05 mm bis 0,6 mm, aufweist.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanken (3) über einen Zahnkopf (9) verbunden sind, wobei ein Übergang (10) zwischen Zahnflanke (3) und Zahnkopf (9) einen Radius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,4 mm, beträgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) nach dem Drahterodieren durch Mikrostrahlen gereinigt und oberflächlich verdichtet wird.
14. Pleuel (15), welches aus Titan, einem Titanwerkstoff oder einer Titanlegierung besteht, welches Pleuel (15) einen Pleuelschaft (1) und einen über eine Verzahnung (5) mit dem Pleuelschaft (1) verbindbaren Pleueldeckel (2) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das

Pleuel (15) in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 hergestellt ist.

15. Pleuel (15) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) zumindest zwei Zähne (6) mit Zahnflanken (3) aufweist, welche Zähne (6) durch eine Zahnfußfläche (7) verbunden sind.
16. Pleuel (15) nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) eine Rundung (11) mit einem Radius von 0,05 mm bis 0,6 mm, insbesondere 0,1 mm bis 0,2 mm, aufweist.
17. Pleuel (15) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnfußfläche (7) einen Krümmungsradius von weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,6 mm, aufweist.
18. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanken (3) über einen Zahnkopf (9) verbunden sind, wobei ein Radius an einem Übergang (10) zwischen Zahnflanke (3) und Zahnkopf (9) weniger als 1 mm, insbesondere weniger als 0,7 mm, vorzugsweise 0,2 mm bis 0,4 mm, beträgt.
19. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zähne (6) in einer Draufsicht unter einem Winkel (α) zueinander angeordnet sind.
20. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanken (3) unter einem Zahnflankenwinkel (β) von 70 Grad bis 110 Grad, insbesondere etwa 90 Grad, zueinander angeordnet sind.
21. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanken (3) parallel sind.
22. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanken (3) normal zu einer Zahnfußfläche (7) sind.
23. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (5) einen Mittenrauwert Ra von 0,3 μm bis 1 μm , insbesondere 0,4 μm bis 0,5 μm , aufweist.
24. Pleuel (15) nach einem der Ansprüche 14 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pleuel (15) aus einem der Titanwerkstoffe P200, P204, P208 oder P222 besteht.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

1/7

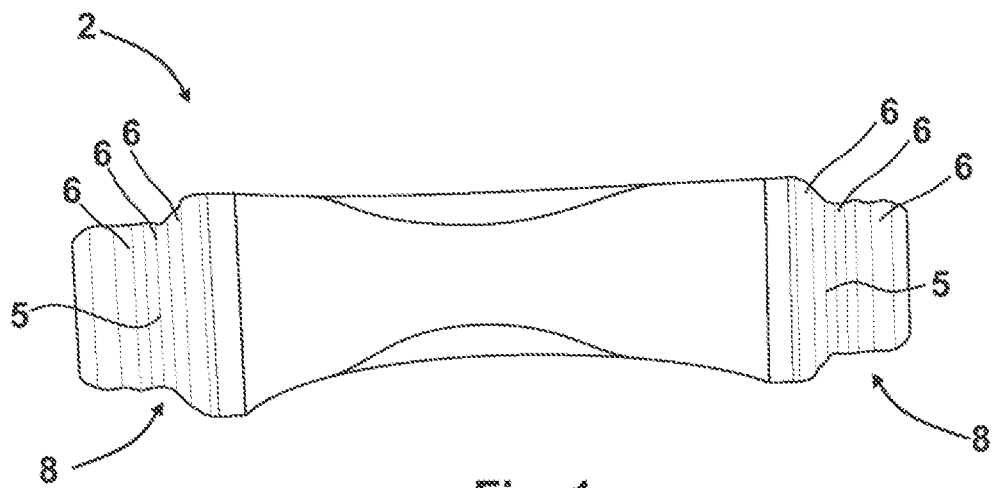


Fig. 1

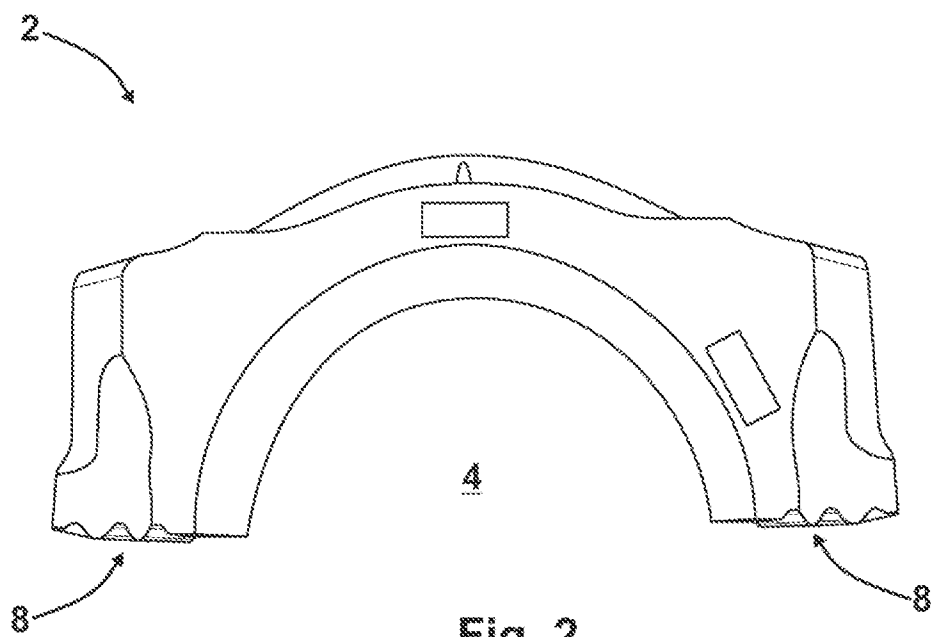


Fig. 2

2/7

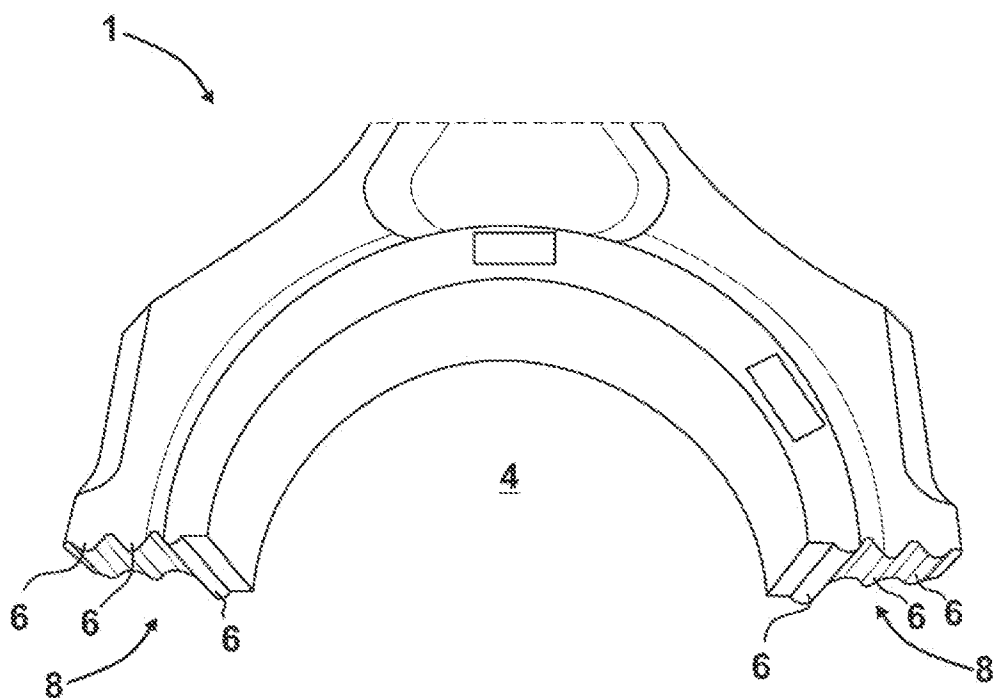


Fig. 3

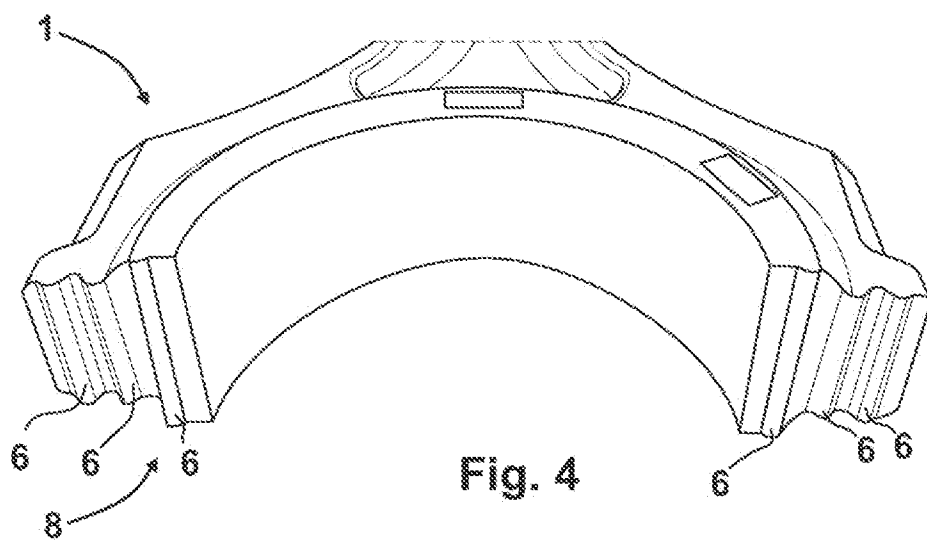


Fig. 4

3/7

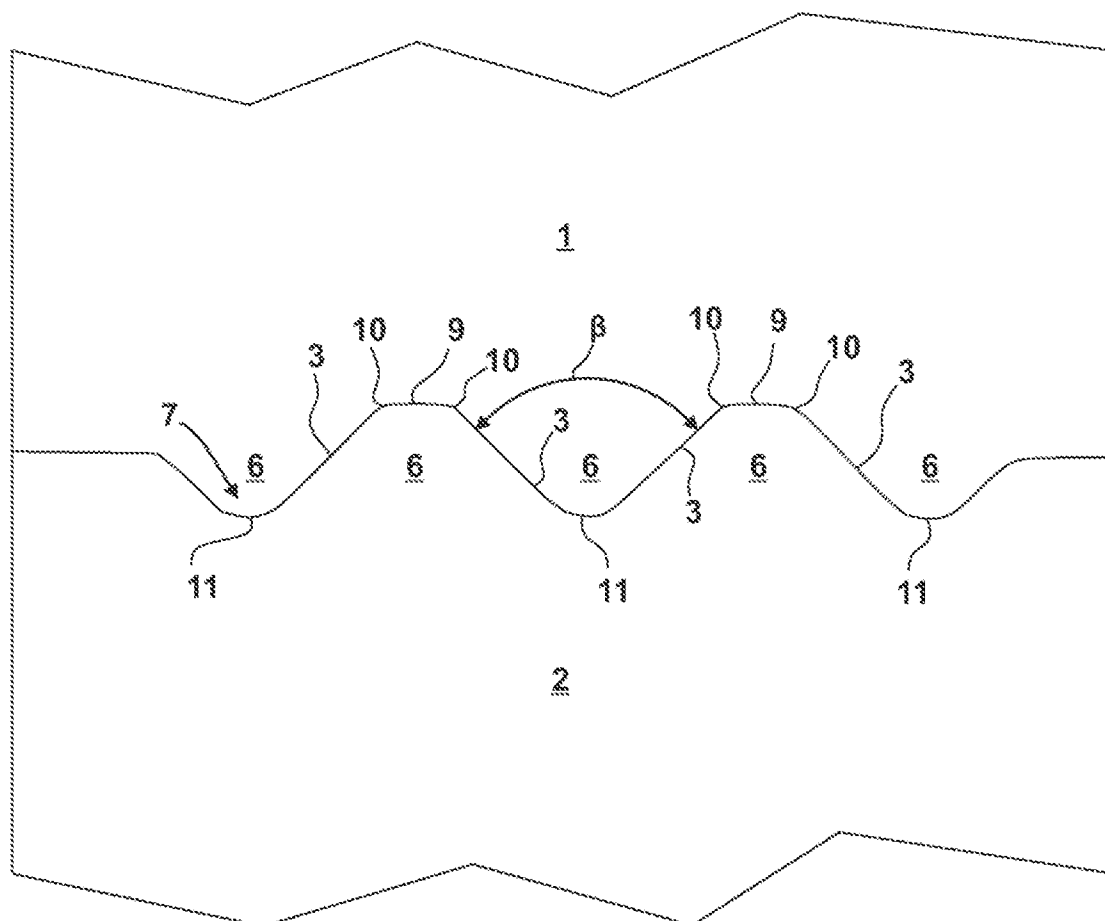
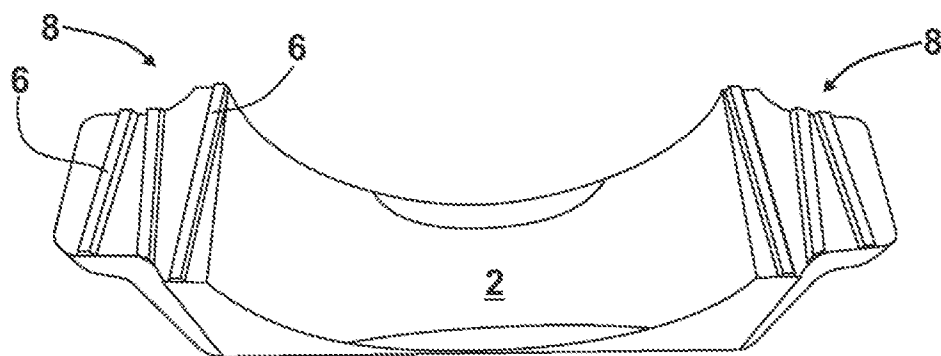
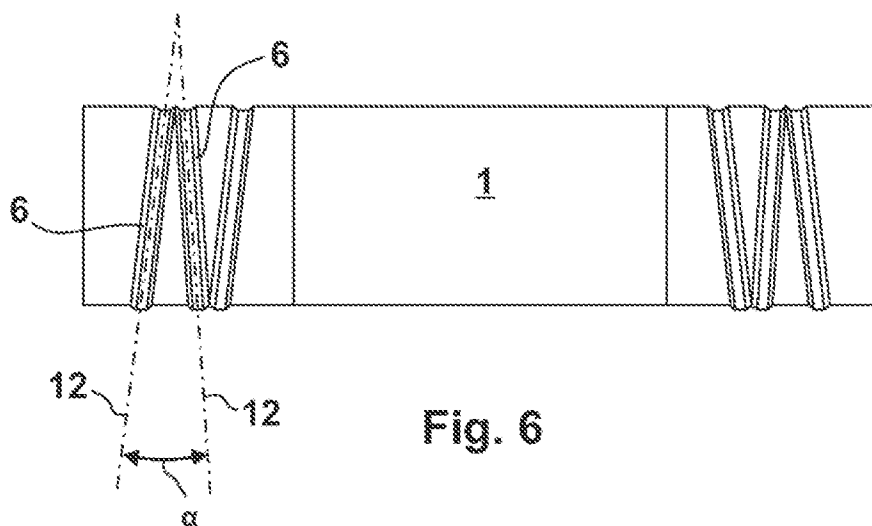


Fig. 5

4/7



5/7

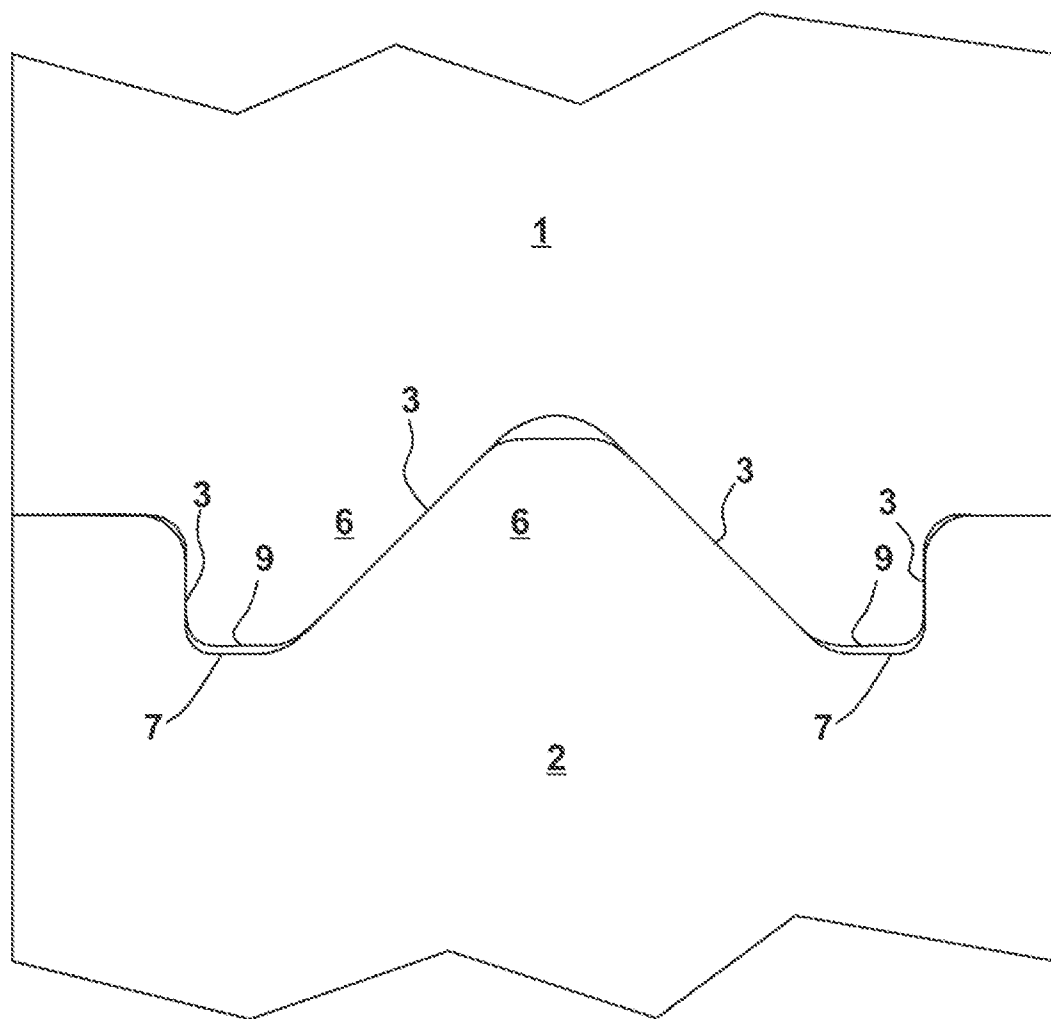


Fig. 8

6/7

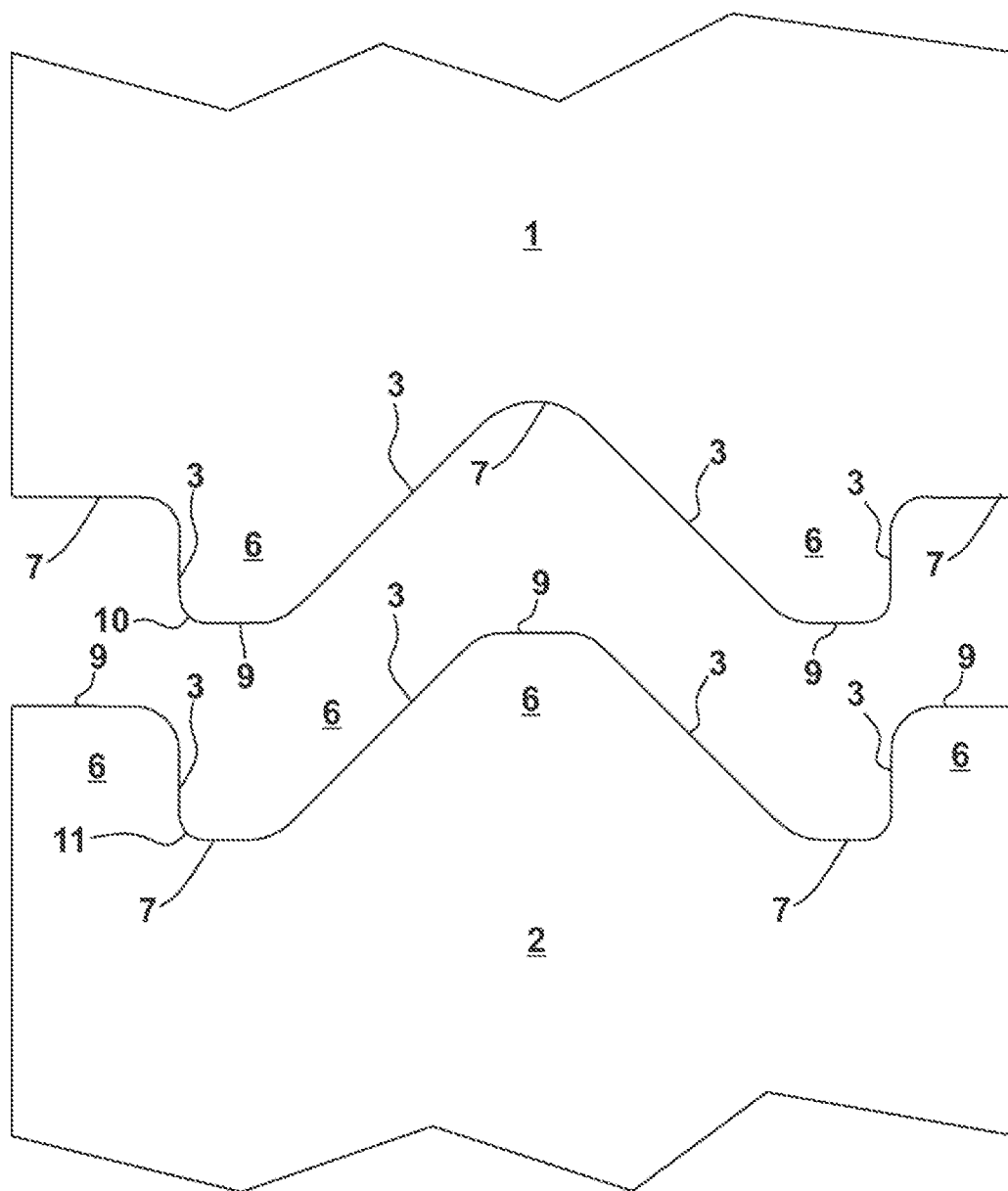


Fig. 9

7/7

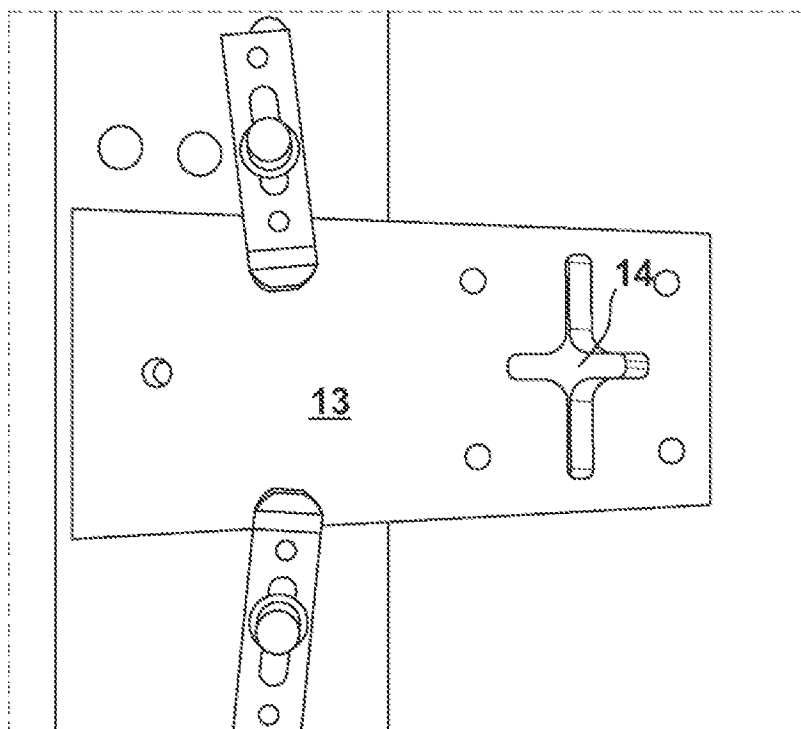


Fig. 10

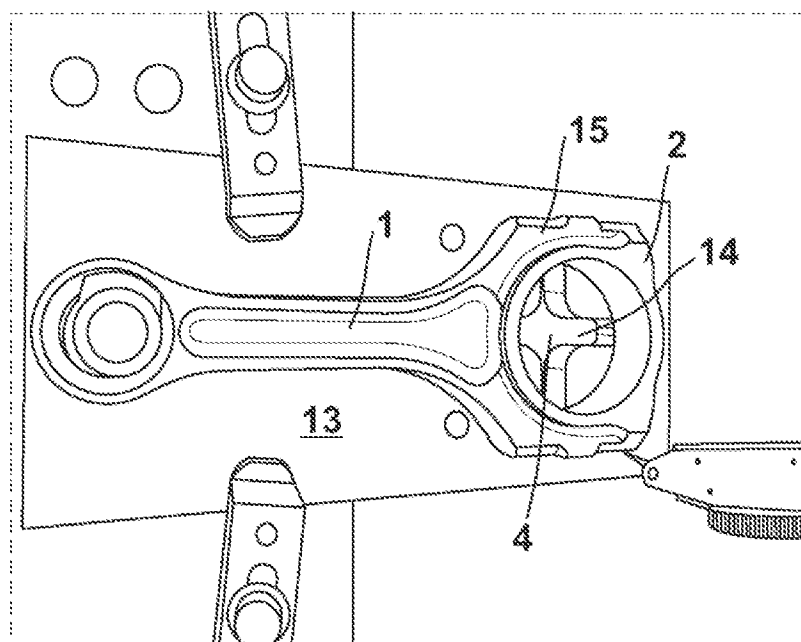


Fig. 11

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: F16C 7/02 (2006.01); B23H 7/02 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: F16C 7/02 (2013.01); B23H 7/02 (2013.01); F16C 2204/42 (2013.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F16C, B23H		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, FULLTEXT		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13.09.2024 eingereichten Ansprüchen 1-24 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend An- spruch
X	CN 107962361 A (XUE LUHAO) 27. April 2018 (27.04.2018) Fig. 1, 2, Absätze [0009], [0012], [0018], [0034], Anspruch 7	1-24
X	CN 102011791 B (ZHONG SHUPING) 27. Februar 2013 (27.02.2013) Fig. 3, Absatz [0040], Ansprüche 3, 4, 7	1-24
X	US 2003131683 A1 (GLANNONE) 17. Juli 2003 (17.07.2003) Fig. 2, 6-10, 17, 18, Absatz [0053], Anspruch 1	14-24
A		1-13
A	MOURALOVA, K. et al. Analysis of surface and subsurface layers after WEDM for Ti-6Al-4V with heat treatment. Measurement. 27. November 2017 (27.11.2017), Vol. 116 (2018), pages 556-564 Abschnitt "1. Introduction", Absatz 1; Seite 557, rechte Spalte, Absatz 4; Seite 558, Text, Tabelle 3; Fig. 11	1-24
A	DE 3133662 A1 (INOUE-JAPAX RESEARCH) 06. Mai 1982 (06.05.1982) Fig. 1, Seite 6, letzter Absatz - Seite 8, Absatz 1, Seiten 14-16	1-24
A	EP 3015204 A1 (YAMAHA MOTOR CO LTD) 04. Mai 2016 (04.05.2016) Fig. 1A, 1B, Absätze [0042], [0045]	1-24
A	US 2014174400 A1 (DUNBAR ET AL.) 26. Juni 2014 (26.06.2014) Fig. 2, Absätze [0016], [0028]	1-24
Datum der Beendigung der Recherche: 13.09.2024		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): EHRENDORFER Kurt
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		