

(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
26. Mai 2017 (26.05.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/085061 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F02F 3/00 (2006.01) *B23K 1/008* (2006.01)
B23K 1/00 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2016/077740
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
15. November 2016 (15.11.2016)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2015 222 688.3
17. November 2015 (17.11.2015) DE
- (71) **Anmelder:** **KS KOLBENSCHMIDT GMBH** [DE/DE];
Karl-Schmidt-Straße, 74172 Neckarsulm (DE).
- (72) **Erfinder:** **KÜHNEL, Robert**; Hinter der Alten Schule 13,
99098 Erfurt Bübleben (DE). **GERMANN, Holger**;
Freiligrathstr. 3, 74074 Heilbronn (DE).
WERNINGHAUS, Edward; Lange Str. 33, 74177 Bad
Friedrichshall (DE).
- (74) **Anwalt:** **GREIF, Thomas**; Rheinmetall Platz 1, 40476
Düsseldorf (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, 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, JP, KE, KG, 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, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** PISTON FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) **Bezeichnung :** KOLBEN FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE

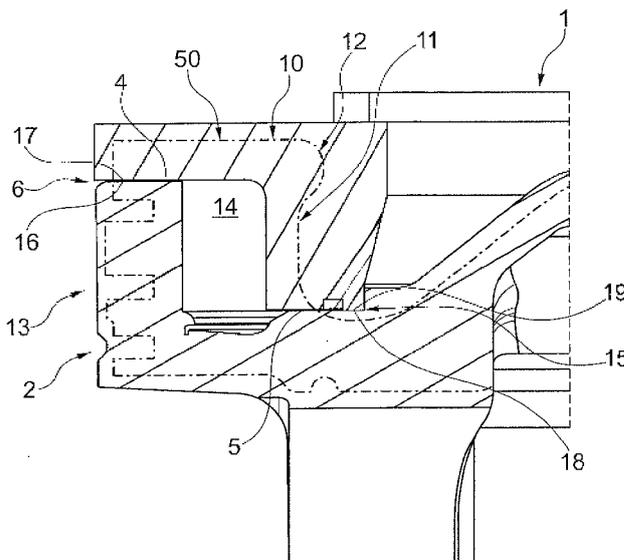


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a piston (50) for internal combustion engines, the piston consisting of a bottom part (2) and a top part (3). At least one upper joining plane (6), which passes through the outer circumference of the piston (50), is formed between the parts (2, 3). In the region of the upper joining plane (6), an upper bottom-part joining surface (16) and an upper top-part joining surface (17) lie opposite one another and/or at least one lower joining plane (15), which does not pass through the outer circumference of the piston (50), is formed between the parts (2, 3). In the region of the lower joining plane (15), a lower bottom-part joining surface (18) and a lower top-part joining surface (19) lie opposite one another, and at least one solder gap (4, 5) is arranged at least in one sub-region of the at least one joining plane (6, 15) between the joining surfaces (16, 17; 18, 19). In the region of the at least one joining plane (6, 15), solder containing iron is inserted between the bottom part (2) and the top part (3). The invention also relates to a number of methods for producing the piston.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Kolben (50) für Brennkraftmaschinen,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/085061 A1



-
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, wobei im Bereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen dem Unterteil (2) und dem Oberteil (3) eisenhaltiges Lot eingebracht ist, sowie mehrere Verfahren zu seiner Herstellung.

5

Kolben für eine Brennkraftmaschine**BESCHREIBUNG**

Die Erfindung betrifft einen Kolben für Brennkraftmaschinen sowie mehrere Verfahren
10 zur Herstellung eines Kolbens gemäß den Merkmalen des jeweiligen Oberbegriffes
der unabhängigen Patentansprüche.

Der in Rede stehende Kolben entsteht durch stoffschlüssiges Fügen eines Unterteils
mit einem Oberteil zu einem Kolbenrohling und späterer Bearbeitung des
15 Kolbenrohlings zu dem Kolben.

Die WO 2011/006469 A1 zeigt einen mehrteiligen Kolben für einen
Verbrennungsmotor sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kolbens.
Das Verfahren zur Herstellung eines mehrteiligen Kolbens für einen
20 Verbrennungsmotor umfasst die folgenden Verfahrensschritten: Herstellen eines
Kolbenoberteils und eines Kolbenunterteils mit jeweils einem inneren Stützelement mit
Fügeflächen und einem äußeren Stützelement mit Fügeflächen, Aufbringen eines
Hochtemperatur-Lotwerkstoffs im Bereich mindestens einer Fügefläche,
Zusammensetzen von Kolbenoberteil und Kolbenunterteil zu einem Kolbenkörper
25 durch Herstellen eines Kontakts zwischen den Fügeflächen, Verbringen des
Kolbenkörpers in einen Vakuumofen und Evakuieren des Vakuumofens, Erwärmen
des Kolbenkörpers bei einem Druck von höchstens 10^{-2} mbar auf eine Löttemperatur
von höchstens 1300 °C, und Abkühlen des gelöteten Kolbens bei einem Druck von
höchstens 10^{-2} mbar bis zur vollständigen Erstarrung des Hochtemperatur-
30 Lotwerkstoffs. Die WO 2011/006469 A1 betrifft ferner einen mit diesem Verfahren
herstellbaren mehrteiligen Kolben für einen Verbrennungsmotor, bei welchem
ringförmige innere Stützelemente vorgesehen sind, die einen äußeren umlaufenden
Kühlkanal und einen inneren Kühlraum begrenzen.

In der DE 10 2008 038 325 A1 wird ein Verfahren zur Befestigung eines Ringelementes auf einem Kolben für einen Verbrennungsmotor vorgeschlagen, bei dem das Ringelement über ein auf der radialen Außenfläche eines Teils des Kolbenbodens angebrachtes Gewinde auf den Kolbengrundkörper aufgeschraubt wird, in den Kolbenboden im Bereich des Gewindes eine nach oben offene, umlaufende Nut eingeformt wird, die Nut mit Lötmaterial gefüllt wird, der Kolben erhitzt wird, bis sich das Lötmaterial verflüssigt und zwischen die Gewindegänge des Gewindes fließt, und anschließend der Kolben abgekühlt wird. Dadurch ergibt sich eine Schraubverbindung zwischen dem Kolbengrundkörper und dem Ringelement. Eine Schraubverbindung erfordert zusätzliche Teile und ist zeitaufwändig in der Herstellung.

Schweißen (Laserschweißen, Reibschweißen) zum Fügen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolben inklusiv Spannungsarmglühen mit anschließender, zusätzlicher Wärmebehandlung (Vergüten) ist Zeit- und Kosten-intensiv.

Im Stand der Technik erfolgt in einem Arbeitsschritt die Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil eines Kolbenrohlings bzw. Kolbens, insbesondere als Lötverbindung. In mindestens einem weiteren Arbeitsschritt erfolgt die Wärmebehandlung zur Ausbildung des vorgesehen ferritisch-karbidischen Gefüges, das Vergüten. Dies erfordert einen doppelten Wärmeeintrag in die Kolbenstruktur und ist zeitaufwändig.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Kolbenrohling sowie einen daraus gefertigten Kolben, welcher die zuvor genannten Nachteile nicht aufweist, sowie mehrere Verfahren zur Herstellung eines entsprechenden Kolbenrohlings bzw. Kolbens bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch einen Kolbenrohling, einen Kolben und mehrere Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

30

Erfindungsgemäß ist ein Kolbenrohling zur Herstellung eines Kolbens für Brennkraftmaschinen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbenrohlings durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbenrohlings nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei

5

10

15

20

zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, wobei eine Zentrierung zur lagerichtigen Anordnung von Unterteil und Oberteil in mindestens einem Lötspalt vorgesehen ist. Durch diese Anordnung der mindestens einen Fügefläche liegt diese bevorzugt am äußeren Rand des Ringfeldes oder sogar außerhalb des Ringfeldes in den Bolzenbohrungen entgegengesetzter Richtung. Der in der Fügefläche ausgebildete Lötspalt ist somit vom Umfang des Kolbenrohlings aus leicht zugänglich. Weiterhin befindet sich die mindestens eine Fügefläche in einem Bereich der bei der Schaffung der Brennraummulde aus dem Kolbenrohling entfernt wird. Auch wird somit ermöglicht, dass Muldenhals und Muldenrand der Brennraummulde integral ausgeführt sind. In diesen mindestens einen Lötspalt kann Lot zur Ausbildung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbenrohlings eingebracht werden.

Der Begriff „obere“ beschreibt Elemente bzw. Bereiche, die im Bezug zur oberen Fügeebene des Kolbenrohlings bzw. des Kolbens stehen. Somit sind die obere Unterteilfügefläche, die obere Oberteilfügefläche und der obere Lötspalt der oberen Fügeebene zuzuordnen. Der Begriff „untere“ beschreibt dementsprechend Elemente bzw. Bereiche, die im Bezug zur unteren Fügeebene des Kolbenrohlings bzw. des Kolbens stehen. Daraus folgend sind die untere Unterteilfügefläche, die untere Oberteilfügefläche und der untere Lötspalt der unteren Fügeebene zuzuordnen.

25

30

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Spaltmaß zwischen Unterteil und Oberteil des mindestens einen Lötspalts zwischen 0,05 mm und 0,5 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,4 mm beträgt. Hierdurch kann die Menge des eingesetzten Lots variiert werden. Abhängig von der späteren Beanspruchung des Kolbens in der jeweiligen Brennkraftmaschine kann die Lotmenge eingestellt werden. Unter Beanspruchung werden unterschiedliche Belastungen durch die Verwendung der Brennkraftmaschine aufweisend einen entsprechenden Kolben in verschiedenen Fahrzeugen wie beispielsweise Lastkraftwagen, Personenkraftwagen, Triebfahrzeuge, Lokomotiven oder Schiffen verstanden.

10

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Zentrierung das Spaltmaß aufweist. Vorteilhaft wird durch die Zentrierung das Spaltmaß für den mindestens einen Lötspalt erzeugt. Die Zentrierung befindet sich bevorzugt in einem Bereich der mindestens einen Fügefläche, welcher bei der Schaffung der Brennraummulde des Kolbens entfernt wird. Durch die Zentrierung erfolgt ein Formschluss zwischen den korrespondierenden Durchmessern des Unterteils und des Oberteils des Kolbenrohlings.

15

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass am Oberteil des Kolbenrohlings ein Druckausgleichselement vorgesehen ist, welches in mindestens einem Lötspalt mündet. Das Druckausgleichselement unterstützt den Lotfluss in den mindestens einen Lötspalt. Hierdurch wird gewährleistet, dass keine Lufteinschlüsse im Bereich der stoffschlüssigen Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbenrohlings bzw. des daraus entstehenden Kolbens vorliegen. Überflüssiges Lot wird bei der Erstellung der Brennraummulde mit dem Druckausgleichselement zusammen entfernt. Somit wird eine sichere, hochfeste Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbens geschaffen.

25

Alternativ oder ergänzend ist vorgesehen, dass an dem Unterteil des Kolbenrohlings ein Druckausgleichselement vorgesehen ist, welches dauerhaft in dem Unterteil verbleibt und vorzugsweise in einen Kühlkanal mündet. Auch hierdurch ergeben sich die vorstehend beschriebenen Vorteile insbesondere hinsichtlich des Lotflusses.

30

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Druckausgleichselement diagonal im Bezug auf die Kolbenhubachse angeordnet ist. Bei der Durchführung des Fügeprozesses ist das Unterteil bevorzugt über dem Oberteil angeordnet. Somit unterstützt die diagonale Anordnung des Druckausgleichselements den Fluss des Lots. Neben Kapillareffekten fließt das Lot somit Schwerkraft unterstützt.

Erfindungsgemäß ist ein Kolben für Brennkraftmaschinen vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, wobei im Bereich der mindestens einen Fügeebene zwischen dem Unterteil und dem Oberteil eisenhaltiges Lot eingebracht ist. Eisenhaltiges Lot, beispielsweise Fe-Lot, ermöglicht die Durchführung des Lötprozesses und des Vergütungsprozesses in einem Arbeitsschritt.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Unterteil und/oder das Oberteil aus Vergütungsstahl und/oder mikrolegiertem Stahl und/oder AFP-Stahl und/oder bainitischem Stahl besteht. Die zuvor genannten Stahlsorten sind Prozessen zur Änderung der Gefügestruktur zugänglich. Hierdurch kann entsprechend dem Einsatzzweck des Kolbens in einer Brennkraftmaschine eine geeignete Stahlsorte ausgewählt und thermisch behandelt werden. Abhängig von der Leistung und der Belastung des Kolbens während des Betriebs der Brennkraftmaschine kann eine geeignete Stahlsorte ausgewählt werden. Eine Beschreibung der Stahlsorten und ihrer Eignung zur Verwendung zur Herstellung von Kolben für Brennkraftmaschinen erfolgt in nachgelagerten Textpassagen.

Weiterhin sind bevorzugte Lotmaterialien angegeben, die sich aus verschiedenen Legierungselementen zusammensetzen. Diese Lotmaterialien haben besonders vorteilhafte Wirkungen im Zusammenhang mit den Materialien Vergütungsstahl und/oder mikrolegiertem Stahl und/oder AFP-Stahl und/oder bainitischem Stahl, da durch sie ein einfacher Fügeprozess gegeben ist und die beiden gefügten Teile dauerhaft im Betrieb unter hohen Beanspruchungen zusammengefügt bleiben.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines Vergütungsstahls vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,

- g) Durchführung eines Vergütungsprozesses für den Kolbenrohling, durch Abschrecken und anschließend Anlassen,
- h) Der Vergütungsprozess ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt ein Vergütungsgefüge und eine Härte von > 310 HB aufweist.

Alternativ ist erfindungsgemäß ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischem Stahls vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind, wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teilettemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,

- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohrlings mit Abkühlraten zwischen 0,25 und 5 K/s zum Durchschreiten des Bainitgebietes bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets,
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine Temperatur von weniger als 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur vorliegt.

Alternativ ist erfindungsgemäß ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischem Stahls vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohrlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohrlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,

- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings mit Abkühlraten zwischen 0,25 und 5 K/s auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten zum Durchschreiten des Bainitgebietes bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets,
- 5 h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur aufweist.

Alternativ ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischem Stahls vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder

15 zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt

20 angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- 25 c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen
- 30 der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,

- f) Abkühlen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings mit Abkühlgradienten zwischen 250 und 10 K/s auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten,
- 5 h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur aufweist.

Alternativ ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine
10 unter Verwendung eines ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stahls (AFP-Stahls) vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche
15 ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt
20 angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- 25 c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen
30 der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,

- f) Abkühlen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings mit Abkühlraten zwischen 5 und 45 K/min zum Durchschreiten des Bainitgebietes bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets,
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine
5 Temperatur von unter 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur eingestellt ist.

Alternativ ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stahls (AFP-
10 Stahls) vorgesehen, welcher aus einem Unterteil und einem Oberteil besteht, wobei zwischen den Teilen mindestens eine obere Fügeebene ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche und eine obere Oberteilfügefläche ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen mindestens eine untere Fügeebene
15 ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche und eine untere Oberteilfügefläche ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene zwischen den Fügeflächen mindestens ein Lötspalt angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils und eines Oberteils mit mindestens einer Fügefläche,
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche,
- c) Zusammensetzen von Unterteil und Oberteil zu einem Kolbenrohling durch
25 Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche, wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- 30 e) Erwärmen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,

- f) Abkühlen des Kolbenrohlings auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings mit Abkühlraten zwischen 5 und 45 K/min auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten zum Durchschreiten des
5 Bainitgebietes bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets,
h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling eine Temperatur von unter 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur eingestellt ist.

10 Die zuvor geschilderten Verfahren ermöglichen den Fügeschritt für Unterteil und Oberteil des Kolbenrohlings bzw. des Kolbens in einem Verfahren durchzuführen. Die für die Lötverbindung aufgebrauchte Wärmemenge dient auch zur Bildung der gewünschten Gefügestruktur im Kolben. Es wird somit Handlingzeit, Energie und Prozesszeit bezogen auf den gesamten Herstellprozess eingespart. Dies führt zu einer
15 deutlichen Senkung der Herstellkosten für den jeweiligen Kolben.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das isotherme Halten zwischen 5 und 30 Minuten, bevorzugt zwischen 10 und 20 Minuten erfolgt. Hierdurch wird sichergestellt, dass das gewünschte Gefüge im Kolben ausgebildet ist.

20 Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass zumindest die Verfahrensschritte e, f und g in einem Vakuumofen durchgeführt werden. Hierdurch wird der Fluss des Lots innerhalb des mindestens einen Lötspalts unterstützt. Dies unterstützt die Herstellung einer Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbens bzw. Kolbenrohlings
25 ohne Lufteinschlüsse. Dies wiederum erhöht die Betriebssicherheit der Brennkraftmaschine mit einem solchen Kolben.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass während der Durchführung des Verfahrens das Unterteil über dem Oberteil angeordnet ist. Diese Anordnung
30 unterstützt die Positionierung des Unterteils zum Oberteil, da die größere Masse des Unterteils in Schwerkraftrichtung wirkt.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass durch ein Druckausgleichselement das Lot unter Wirkung des Kapillareffekts und/oder Atmosphärendruck in den mindestens einen Lötspalt zieht. Das Druckausgleichselement unterstützt wirksam den Fluss des Lots innerhalb der Lötverbindung und verhindert oder vermeidet
5 zumindest die Bildung von Luftporen in der Lötverbindung.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Positionierung von Unterteil zu Oberteil durch eine Zentrierung erfolgt. Hierdurch wird ein präzises Fügen von Unterteil und Oberteil ermöglicht.

10 Mit anderen Worten wird durch das erfindungsgemäße Fügeverfahren eine kosteneffizientere Fügetechnologie zum bestehenden Reibschweißverfahren und Verfahren mit getrennten Fügeschritt und Wärmebehandlungsschritt bereitgestellt. Es ist keine separate Wärmebehandlung nach dem Fügen notwendig, da das Löten und
15 die Wärmebehandlung in einem Prozessschritt erfolgt.

Umfang der Prozessführung und Kontrolle der Abkühlparameter beim Schmieden, beispielsweise beim Rohteillieferant wird vereinfacht bzw. reduziert. Es erfolgt eine Reduzierung der Taktzeit sowie daraus resultierend eine Reduzierung Bauteilkosten.

20 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines Kolbens erfolgt in einem Arbeitsschritt die Herstellung der Lötverbindung und die Wärmebehandlung zum Vergüten des gefügten Kolbens.

25 Zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind folgende geometrische Maßnahmen am Kolben vorgesehen. Eine Fügefläche befindet sich in einem Ringfeld und in einer Brennraummulde und umfasst keine oder mindestens eine Ringnut sowie keinen oder einen anteiligen Muldenhals dieser Brennraummulde. Die Einstellung eines definierten Lötspalts erfolgt mit Hilfe einer am Oberteil befindlichen Zentrierung.

30 Die Zentrierung stellt einen inneren und äußeren Lötspalt von beispielsweise 0,3 mm ein. Am Oberteil befindliche Druckausgleichselemente sorgen dafür, dass das Lot unter Wirkung des Kapillareffekts und Atmosphärendruck in den Lötspalt ziehen kann.

Unterteil und Oberteil werden „über Kopf“ gelötet, damit die Masse bzw. das Eigengewicht des Unterteils (Hauptteils) auf das Oberteil (Ringelement) wirken kann. Das Oberteil weist nach der Fertigstellung des Kolbens das Ringfeld auf und wird daher auch als Ringelement bezeichnet. Das Oberteil hat regelmäßig eine geringere
5 Masse als das Unterteil, daher wird zum Fügen das Unterteil über dem Oberteil angeordnet, gesehen entlang der Kolbenhubachse. Die größere Masse des Unterteils unterstützt die Ausbildung einer lagerichtigen Lotverbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbens.

10 Nachfolgende prozesstechnische Maßnahmen sind zur Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen. Zur Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung zwischen Unterteil und Oberteil des Kolbens ist ein eisenhaltiges Verbindungsmittel, insbesondere ein Fe-Lot vorgesehen. Das Ober- und/oder Unterteil aus Vergütungsstahl und/oder mikrolegiertem Stahl und/oder AFP-Stahl und/oder
15 bainitischem Stahl besteht.

- Die Wärmebehandlung nach Abschluss des Lötprozesses, insbesondere unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischen Stahls, erfolgt unter folgender Verfahrensweise:

20 o Kontinuierliches Abkühlen oder Abschrecken auf Temperatur zwischen 350 - 600 °C mit anschließendem isothermen Halten

- Prozessführung Löten (für Vergütungsstahl, mikrolegierten und bainitischen Stahl):

25 o Löten bei ca. 1100 - 1200 °C mit anschließender Abkühlung auf ca. 900 - 1000 °C

- Prozessführung für Wärmebehandlung Kolbenmaterial (für mikrolegierten und bainitischen Stahl) kann in 2 Variationen erfolgen:

30 o 1.) Kontinuierliches Abkühlen mit Abkühlgradienten zum Durchschreiten des Bainit- bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets

 o 2.) Kontinuierliches Abkühlen mit Abkühlgradienten zwischen 250 und 10K/s auf isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten

- Der Kolben weist eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur auf
- Die Wärmebehandlung nach Abschluss des Lötprozesses, insbesondere unter Verwendung eines Vergütungsstahls, erfolgte unter folgender Verfahrensweise:
 - 5 ○ Vergütungsprozess, d.h. Abschrecken und anschließend Anlassen
- Der Kolben weist eine Vergütungsgefüge und eine Härte von > 310 HB auf

Die Einführung der Common-Rail-Dieseltechnologie steigerte den Absatz von Fahrzeugen mit Dieselantrieb beträchtlich. Zu Beginn dieser Entwicklung betrug der Druck in den Common-Rail-Diesel-Brennkraftmaschinen ca. 1200 bar. Die
10 fortlaufende Verbesserung dieser Technologie führte zur Entwicklung von Common-Rail-Diesel-Brennkraftmaschinen mit Drücken zwischen 2200 und 2400 bar. Die ständig zunehmenden Umweltauflagen hinsichtlich der Einschränkung und Reduktion von Emissionen, wie Stickoxide (NO_x) und Kohlendioxid (CO₂), als auch Rußpartikeln,
15 erfordert eine immer sauberere Verbrennung des Dieselkraftstoffes im Zylinder. Dies kann erreicht werden, indem die Effizienz der Common-Rail-Diesel-Brennkraftmaschinen durch Verbesserung der Einspritztechnologie gesteigert wird. Hierzu ist es notwendig, den Einspritzdruck in der Brennkraftmaschine zu erhöhen.

20 Die folgenden Textpassagen befassen sich mit der Eignung der Stahlsorten für die Herstellung von Kolben für Brennkraftmaschinen, sowie den im Vergütungsprozess entstehenden Gefügen. Beispielsweise der Vergütungsstahl 42CrMo4 gilt für Anwendungen höherer spezifischer Leistungen bei Kolben für Brennkraftmaschinen als ein sehr guter Kompromiss in Bezug auf seine Umformbarkeit, seine
25 Festigkeitseigenschaften, Zunderbeständigkeit, Bearbeitbarkeit und Kosten. Vergütungsstähle sind solche Stähle, die durch eine Vergütungsbehandlung (Härtvorgang mit nachfolgendem Anlassen) eine relativ hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit annehmen. Diese Gruppe beginnt bei den einfachen niedriglegierten Kohlenstoffstählen. Bei kleinen Querschnitten können diese
30 Werkstoffe durch das Vergüten auf eine höhere Härte gebracht werden. Bei

größerer Querschnitten reicht jedoch die Härbarkeit der unlegierten Kohlenstoffstähle für eine Durchhärtung bis in den Kern nicht aus. Um bei größeren Querschnitten die in der Regel gewünschte martensitische Gefügeausbildung auch im Kern zu erzielen, muss der Stahl mit härbarkeitssteigernden Elementen wie beispielsweise Chrom, Molybdän oder Nickel legiert werden.

Für Anwendungen mittlerer Belastung bieten aus wirtschaftlichen Gründen mikrolegierte Stähle bei Kolben für Brennkraftmaschinen Vorteile. Als mikrolegiert werden Stähle bezeichnet, denen 0,01 bis 0,1 Massenprozent an Aluminium, Niob, Vanadium und/oder Titan zulegiert wurden, um beispielsweise über Bildung von Karbiden und Nitriden und Kornfeinung eine hohe Festigkeit zu erzielen. Mikrolegierte Kaltumformstähle sind Stähle mit hoher Streckgrenze oder hoher Festigkeit. Bei HSLA-Stählen (High Strength Low Alloy) werden die hohen Festigkeitswerte durch Ausscheidungshärtung und Korngrößenverfeinerung bei gleichzeitiger Minimierung des Anteils an Legierungselementen erreicht. Dies wirkt sich nicht nur positiv auf die Lötbarkeit aus, sondern sorgt auch dafür, dass in den Lötzonen weder eine Aufweichung des Metalls noch eine Kornvergrößerung eintritt. Niedriglegierte HSLA-Stähle eignen sich besonders für die Fertigung von Kolben für Brennkraftmaschinen. Je nach Streckgrenze weisen alle Güten dieser Stähle eine ausgezeichnete Kaltumformeignung und eine hervorragende Sprödbbruchfestigkeit bei niedrigen Temperaturen auf. Sämtliche HSLA-Stähle zeichnen sich durch eine gute Ermüdungsfestigkeit und eine hohe Stoßfestigkeit aus. Aufgrund dieser guten mechanischen Eigenschaften eignen sich HSLA-Stähle zur Herstellung von Kolben für Brennkraftmaschinen.

Als Beispiel für einen bainitischen Stahl sei der Stahl 20MnCrMo7 (1.7911) genannt. Bei Abkühlung aus der Umformhitze bildet er stabil ein Gefüge im unteren Bainitbereich mit Martensitanteilen aus. Dieser Stahl hält Arbeitsdrücken bis zu 3000 bar in der Brennkraftmaschine stand. Es ist überraschend, dass Stähle mit einer höheren Festigkeit auch bessere Zähigkeiten aufweisen. Dies wird möglich durch die Feinkörnigkeit des bainitisch-martensitischen Gefüges im Vergleich zum Ferrit-Perlit-Gefüge der AFP-Stähle.

Bainit ist ein Zwischenstufengefüge, es kann bei der Wärmebehandlung von kohlenstoffhaltigem Stahl entstehen. Synonym zu Bainit wird im deutschen Sprachraum auch der Begriff Zwischenstufengefüge verwendet. Bainit bildet sich bei Temperaturen, die zwischen denen für die Perlit- bzw. Martensitbildung liegen. Anders als bei der Bildung von Martensit sind hier Umklappvorgänge im Kristallgitter und Diffusionsvorgänge gekoppelt, dadurch werden verschiedene Umwandlungsmechanismen möglich. Aufgrund der Abhängigkeit von Abkühlungsgeschwindigkeit, Kohlenstoffgehalt, Legierungselementen und der daraus resultierenden Bildungstemperatur, besitzt der Bainit kein charakteristisches Gefüge.

5
10 Bainit besteht, ebenso wie Perlit, aus den Phasen Ferrit und Zementit (Fe_3C) unterscheidet sich aber vom Perlit in Form, Größe und Verteilung. Grundsätzlich wird in zwei Hauptgefügeformen unterschieden, dem oberen Bainit (auch körniger Bainit) und dem unteren Bainit.

15 Bainitisieren oder auch isothermisches Umwandeln in der Bainitstufe ist ein Austenitisieren mit anschließendem Abschrecken auf Temperaturen oberhalb Martensitstarttemperatur M_s . Die Abkühlgeschwindigkeit für den Kolben wird dabei so gewählt, dass keine Umwandlung in der Perlitstufe stattfinden kann. Beim Halten auf der Temperatur oberhalb M_s wandelt sich der Austenit im Kolben möglichst vollständig zu Bainit um.

20

Durch eine langsame Umklappung des Austenits entstehen, von den Korngrenzen oder Störstellen ausgehend, stark an Kohlenstoff übersättigte Ferrit-Kristalle mit kubischraumzentriertem Kristallgitter (krz-Gitter) im Kolben. Der Kohlenstoff scheidet sich aufgrund der höheren Diffusionsgeschwindigkeit im krcz-Gitter in Form kugeliger oder ellipsoider Zementitkristalle innerhalb des Ferritkorn aus. Ebenso kann der Kohlenstoff in den Austenitbereich des Kolbens eindiffundieren und Carbide bilden.

25

Der obere Bainit entsteht im oberen Temperaturbereich der Bainitbildung, er hat ein nadelförmiges Gefüge, das sehr stark an Martensit erinnert. Durch die günstigen Bedingungen für die Diffusion diffundiert der Kohlenstoff im Kolben an die Korngrenzen der Ferritnadeln. Im Kolben entstehen hier unregelmäßige und

30

unterbrochene Zementitkristalle. Wegen der regellosen Verteilung hat das Gefüge im Kolben oft ein körniges Aussehen. Bei nicht ausreichender metallografischer Analyse kann das Gefüge leicht mit Perlit oder auch dem Widmanstätten-Gefüge verwechselt werden.

5

Der untere Bainit entsteht im Kolben nur bei kontinuierlicher Abkühlung im unteren Temperaturbereich der Bainitbildung. Durch die Ferritbildung reichert sich der Austenit an Kohlenstoff an, bei weiterer Abkühlung wandeln sich die Austenitbereiche im Kolben in Ferrit, Zementit, nadeligen Bainit und Martensit um. Durch das Bainitisieren werden Eigenspannungen im Kolben vermindert und die Zähigkeit erhöht, so dass sich dieses Verfahren für rissempfindliche Stähle und kompliziert geformte Kolben anbietet.

10

Das Verformungs- und Festigkeitsverhalten eines Kolbens wird nachfolgend näher betrachtet. Die isotherme Bainitumwandlung bietet eine Reihe von Vorteilen. Im Gebiet des unteren Bainits werden neben hohen Festigkeiten sehr gute Zähigkeitseigenschaften im Kolben erreicht, wie es sich für Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,1 bis 1 % zeigt. Dabei wurde der Chromgehalt von 0 bis 1% und der Siliziumgehalt von 0,1 bis 0,6 % variiert. Bei Umwandlungstemperaturen von 400 bis 600 °C wurde ein Streckgrenzenverhältnis von 0,6 bis 0,8 ermittelt. Für Zugfestigkeiten über 850 N/mm² zeigten die in der Bainitstufe umgewandelten Stähle eine überlegene Duktilität gegenüber normal vergüteten Stählen. Diese sehr guten mechanischen Eigenschaften des Bainits bleiben bis zu tiefsten Temperaturen erhalten. Ferner sind die Bruchdehnung, Brucheinschnürung und Kerbschlagzähigkeit höher als bei vergleichbarer Festigkeit nach normaler Vergütung. Auch die Zeitstandfestigkeit, Dauerschwingfestigkeit und Zeitschwingfestigkeit werden durch dieses Wärmebehandlungsverfahren günstig beeinflusst.

15

20

25

Werkstoffe für Kolben mit bainitischen Gefügeständen bringen Vorteile in der Dauerfestigkeit und Zeitfestigkeit. Es kann gezeigt werden, dass die Dauerfestigkeit bainitisch umgewandelter Proben über der von vergüteten Proben mit vergleichbarer

30

Zugfestigkeit liegt. Es ist dabei auf eine möglichst vollständige bainitische Umwandlung zu achten. Dabei zeichnet sich das bainitische Gefüge dadurch aus, dass es durch innere oder äußere Kerben sowie von Rissen erzeugte Spannungsspitzen wirksam abbauen kann.

5

Die Umwandlung in der Bainitstufe ist jedoch nicht nur aufgrund der guten mechanischen Eigenschaften für Kolben interessant, sondern auch unter dem Aspekt einer verzugsarmen und praktisch härteriss freien Wärmebehandlung. Infolge der relativ hohen Umwandlungstemperaturen sind sowohl die Abschreck- als auch die Umwandlungsspannungen sehr viel geringer als bei der üblichen Härtung. Zudem ist die Umwandlung in der Bainitstufe mit erheblich kleineren Volumenänderungen verbunden als die martensitische Umwandlung. Die mikrostrukturelle Definition des Bainits hierbei wird bei Eisenbasiswerkstoffen Bainit als nichtlamellares Produkt des eutektoiden Zerfalls aus Ferrit und Carbid bestehend angesehen. Die beiden Produktphasen bilden sich diffusionskontrolliert zeitlich nacheinander, wobei die Carbide sich entweder im zuerst gebildeten Ferrit oder an dessen Grenzfläche ausscheiden.

Martensit ist ein metastabiles Gefüge von Festkörpern, das diffusionslos und athermisch durch eine kooperative Scherbewegung aus dem Ausgangsgefüge entsteht. Kooperative Bewegung meint, dass das Martensitgitter nur durch geordnete Winkel und Lageänderungen aus dem Ausgangsgitter entsteht. Die einzelnen Atome bewegen sich dabei nur um Bruchteile des Atomabstands. Die als invariante Habitusebene bezeichnete Mittelrippe jeder entstandenen Martensitplatte nimmt am Umklappen nicht teil. Für Stähle ist die martensitische Umwandlung eine häufig genutzte Möglichkeit der Eigenschaftsbeeinflussung.

Im Stahl des Kolbens entsteht Martensit durch einen diffusionslosen Umklappvorgang aus dem kubisch-flächenzentrierten Gitter des Austenits in ein hdp (hexadiagonal dichteste Packung) Gitter, während der raschen Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb der Martensitstarttemperatur. Die Umwandlung hört auf, wenn

die Abkühlung gestoppt wird. Ist die Martensitfinishtemperatur erreicht, dann vergrößert sich mit weiterer Abkühlung der Volumenanteil des Martensits nicht weiter.

Auch AFP-Stähle bieten für Anwendungen bei Kolben für Brennkraftmaschinen mit
5 mittlerer Belastung aus wirtschaftlichen Gründen Vorteile. Ausscheidungshärtende
ferritisch-perlitische Stähle (AFP-Stähle) sind im Wesentlichen Kohlenstoffstähle, die
zusätzlich mit ca. 0,1 - 0,4 % Vanadium legiert sind. Sofern der Kolben warm
geschmiedet wird, ist während des Warm Schmiedevorgangs bei ca. 1250 °C ihre
10 Gefügestruktur austenitisch und das Vanadium ist vollständig im Austenitgitter gelöst.
Nach dem Schmiedevorgang des Kolbens wandelt der Austenit durch eine kontrollierte
Abkühlung an Luft erst teilweise in die ferritische und bei weiter fallender Temperatur
dann zusätzlich in die perlitische Gefügestruktur um. Dies entspricht den Vorgängen,
die auch bei einfachen Kohlenstoffstählen bei der Abkühlung ablaufen. Die
mikrolegierten AFP-Stähle zeigen aber in der Folge einen zusätzlichen Effekt: Im
15 Ferrit/Ferrit-Perlit-Gefüge hat das Vanadium eine deutlich niedrigere Löslichkeit,
sodass ein erheblicher Ausscheidungsdruck entsteht. Da das Element auch bei
niedrigeren Temperaturen noch ausreichend diffundieren kann, kommt es zur Bildung
von Ausscheidungen: Das Vanadium verbindet sich mit Kohlenstoff und ggf. Stickstoff
zu Vanadiumcarbiden oder -carbonitriden. Diese für die Festigkeitssteigerung
20 verantwortlichen Ausscheidungen sind gleichmäßig im ganzen Gefüge verteilt und
haben Abmessungen im ein- oder zweistelligen Nanometerbereich. Damit können sie
effektiv die Bewegung von Versetzungen behindern (Ausscheidungsverfestigung).
Infolgedessen steigen Streckgrenze und Zugfestigkeit dieser Stähle gegenüber
vergleichbaren Legierungen ohne Vanadium deutlich an. Im Lichtmikroskop sind
25 lediglich ferritische und perlitische Bereiche erkennbar. Erst im
Transmissionselektronenmikroskop können die festigkeitssteigernden
Ausscheidungen sichtbar gemacht werden. Damit können mit dieser Stahlgruppe
Festigkeitswerte für Kolben erzielt werden, die in den Bereich der Vergütungsstähle
reichen, ohne dass ein Härte- und Anlassvorgang durchgeführt werden muss, jedoch
30 vorteilhafterweise durchgeführt werden kann. Da der im Rahmen einer
Wärmebehandlung übliche Abschreckvorgang entfällt, können auch

keine Härterisse entstehen, sodass die Kolben auch nicht rissgeprüft werden müssen. Das Zusammenwirken von kostengünstigerer Legierungslage und dem Entfall einer Vergütungsbehandlung sowie auch der Rissprüfung resultiert in signifikanten Kosteneinsparungen gegenüber den Vergütungsstählen.

5

Austenit ist die metallographische Bezeichnung für die kubisch-flächenzentrierte Modifikation (Phase) des reinen Eisens und seiner Mischkristalle. Die austenitische Phase (definiert durch die kubisch-flächenzentrierte Gitterstruktur) kommt zwischen den Temperaturen 1392 °C und 911 °C als γ -Eisen bei reinem Eisen vor. Bei der
10 Abkühlung bildet sie sich aus dem δ -Ferrit durch eine polymorphe Umwandlung. Kommt Kohlenstoff als Legierungselement hinzu, liegt der Austenit als Einlagerungsmischkristall vor. Das kubisch-flächenzentrierte Austenitgitter verfügt über Oktaederlücken mit einem Radius von 0,41 R. Trotz der größeren Packungsdichte vermag Austenit daher deutlich mehr Kohlenstoffatome zu lösen als
15 das α -Ferritgitter. Die Kohlenstofflöslichkeit des Austenits liegt bei einer Temperatur von 723 °C bei 0,8 %. Die maximale Löslichkeit liegt bei 1147 °C mit 2,06 % Kohlenstoff. Die Diffusionsgeschwindigkeit im Austenit ist kleiner als im Ferrit. Die austenitische Phase hat paramagnetische Eigenschaften, sie ist nicht magnetisierbar.

20 Ferrit ist die metallographische Bezeichnung für die kubisch-raumzentrierte Modifikation (Phase) des reinen Eisens und seiner Mischkristalle.

Zementit ist eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff der Zusammensetzung Fe_3C (Eisencarbid) und tritt als metastabile Phase in Stahl auf.

25

Der Perlit ist ein lamellar angeordneter, eutektoider Gefügebestandteil des Stahles. Er ist ein Phasengemisch aus Ferrit und Zementit, das durch gekoppelte Kristallisation in Eisen-Kohlenstoff-Legierungen bei Kohlenstoffgehalten zwischen 0,02 % und 6,67 % auftritt. Der eutektoide Punkt (100%ige Umwandlung zu Perlit) liegt bei 723 °C und
30 0,83 % Kohlenstoff. Bis 2,06 % Kohlenstoff liegt der Perlit als separater Gefügebestandteil vor, oberhalb von 2,06 % Kohlenstoff ist er Bestandteil des Ledeburits II (eutektisches Gefüge).

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren gezeigt und nachfolgend beschrieben.

- Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines Kolbenrohlings,
5
Fig. 2 zeigt ein Detail gemäß II in Figur 1,
Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt eines Kolbenrohlings in Fügeposition und
10 Fig. 4 zeigt ein als Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild (ZTU) bezeichnetes Diagramm.

In der nachfolgenden Figurenbeschreibung beziehen sich Begriffe wie oben, unten, oberhalb, unterhalb, links, rechts, vorne, hinten usw. ausschließlich auf die in den
15 jeweiligen Figuren gewählte beispielhafte Darstellung und Position der Vorrichtung und anderer Elemente. Diese Begriffe sind nicht einschränkend zu verstehen, das heißt durch verschiedene Positionen und/oder spiegelsymmetrische Auslegung oder dergleichen können sich diese Bezüge ändern.

20 Gleiche Elemente erhalten in allen Figuren gleiche Bezugszeichen.

In der Figur 1 ist der Ausschnitt eines Kolbenrohlings 1, aufweisend ein Unterteil 2 und ein Oberteil 3, gezeigt. Zwischen Unterteil 2 und Oberteil 3 ist eine obere Fügeebene 6 angeordnet. Diese obere Fügeebene 6 ist im äußeren Umfang eines Kühlkanals 14
25 oder außerhalb des Kühlkanals 14 angeordnet ist. Im Bereich der oberen Fügeebene 6 sind gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche 16 am Unterteil 2 und eine obere Oberteilfügefläche 17 am Oberteil 3 ausgebildet. Zumindest teilweise ist zwischen der oberen Unterteilfügefläche 16 und der oberen Oberteilfügefläche ein oberer Lötspalt 4 ausgebildet. Weiterhin ist zwischen Unterteil 2 und Oberteil 3 eine
30 untere Fügeebene 15 angeordnet. Diese Fügeebene ist im inneren Umfang des Kühlkanals 14 oder außerhalb des Kühlkanals 14 angeordnet. Im Bereich der unteren Fügeebene 15 sind gegenüberliegend eine untere

Unterteilfügefläche 18 am Unterteil 2 und eine untere Oberteilfügefläche 19 am Oberteil 3 ausgebildet. Zumindest teilweise ist zwischen der unteren Unterteilfügefläche 18 und der unteren Oberteilfügefläche 19 ein unterer Lötspalt 5 ausgebildet.

5

Unterteil 2 und Oberteil 3 werden stoffschlüssig zu dem Kolbenrohling 1 gefügt, hierzu ist der obere Lötspalt 4 und der untere Lötspalt 5 zwischen den beiden Teilen 2, 3 vorgesehen. Der untere Lötspalt 5 weist ein Spaltmaß x auf, welches in Figur 2 dargestellt ist. Das Spaltmaß x beträgt beispielsweise 0,1 mm.

10

Figur 2 zeigt das mit II in Figur 1 gekennzeichnete Detail im Bereich des Lötspalts 5. Im Bereich der unteren Fügeebene 15 zwischen Unterteil 2 und Oberteil 3 ist ein Anschlag 7 ausgebildet. Eine Zentrierung 8 der Teile 2, 3 zueinander erfolgt durch Formschluss der korrespondierenden Durchmesser von Unterteil 2 und Oberteil 3. Im Bereich des unteren Lötspalts 5 ist ein Druckausgleichselement 9 in Form einer Bohrung angeordnet. In der Fügeposition des Kolbenrohlings 1, dargestellt in Figur 3, weist dieses Druckausgleichselement 9 im Bezug auf die Kolbenhubachse nach diagonal unten, sodass die Schwerkraft auf das Lot einwirken kann. Die Krafteinwirkung F ist in der Figur 3 eingezeichnet.

20

In den Figuren 1, 2 und 3 ist eine Fertigungskontur 10 als gestrichelte Linie eingezeichnet. Diese Fertigungskontur 10 beschreibt den Verlauf der Begrenzungslinie des aus dem Kolbenrohling 1 herauszuarbeitenden, hier nur durch seine Kontur dargestellten Kolben 50 für eine Brennkraftmaschine. Insbesondere in der Figur 2 ist ersichtlich, dass der Bereich mit dem Anschlag 7, der Zentrierung 8 und dem Druckausgleichselement lediglich zum Fügen von Unterteil 2 und Oberteil 3 vorgesehen ist und in einem späteren Schritt zur Bildung einer Brennraummulde entfernt wird. In der Figur 1 ist ein späterer Muldenhals 11 und ein späterer Muldenrand 12 dieser Brennraummulde eingezeichnet. Auch ist das noch nicht aus dem Kolbenrohling 1 herausgearbeitete Ringfeld 13 eingezeichnet. Benachbart zu diesem zukünftigen Ringfeld 13 in Richtung der zentralen Kolbenhubachse befindet sich ein ringförmig umlaufender Kühlkanal 14.

30

Zustandsschaubilder beschreiben Gleichgewichtsverhältnisse in Legierungen, beispielsweise das Fe-Fe₃C-Diagramm im System Eisen-Kohlenstoff, die sich nur bei sehr langsamen Temperaturänderungen einstellen. Bei der technischen Wärmebehandlung treten allerdings rasche Temperaturänderungen bei der Prozessführung auf. Da die Diffusion der Elemente eine zeitabhängige Größe ist, hat die Aufheiz- bzw. Abkühlgeschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf den kristallinen Zustand des metallischen Werkstoffes. Dies bedeutet, dass Zustandsdiagramme nur teilweise auf die jeweiligen Wärmebehandlungsverfahren anwendbar sind, da sie Art und Zusammensetzung der Phasen während der Temperaturführung nicht immer widerspiegeln.

Es wird daher auf eine andere Darstellungsweise zurückgegriffen, welche die Zeitabhängigkeit der Umwandlungen berücksichtigt. Zur Darstellung der Zeitabhängigkeit der Phasenumwandlungen wird daher als Diagramm ein Zeit-Temperatur-Umwandlungs- (ZTU-) Schaubild gewählt (Figur 4). Im ZTU-Diagramm kann die Gefügeentwicklung bei unterschiedlichen Temperaturverläufen und Abkühlrouten während der Wärmebehandlung eines Kolbens für Brennkraftmaschinen verfolgt werden. Prinzipiell werden das isotherme und das kontinuierliche ZTU-Diagramm unterschieden. Ein kontinuierliches ZTU-Diagramm ist in der Figur 4 dargestellt. Nach der Austenitisierung wird der Kolben mit verschiedenen Abkühlgeschwindigkeiten bis auf Raumtemperatur abgekühlt. Dabei werden die Umwandlungspunkte festgehalten. Zusätzlich wird am Ende der Abkühlkurve meist noch die erreichbare Härte notiert. Die bei der Abschreckbehandlung eines austenitisierten Stahles anzustrebende Abkühlgeschwindigkeit lässt sich an Hand kontinuierlicher Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubilder beurteilen. In solch einem Diagramm, Figur 4 zeigt eines, sind die längs bestimmter Abkühlungskurven auftretenden Gefügezustände innerhalb des Kolbens als Funktion der Temperatur und der Zeit vermerkt. In Figur 4 tritt ein Austenitbereich 110, ein Ferritbereich 111, ein Perlitbereich 112, ein Bainit- oder Zwischenstufenbereich 113 und Martensitbereich 114 auf. Weiterhin sind in der Figur 4 eine hohe Abkühlgeschwindigkeit 121, eine erhöhte Abkühlgeschwindigkeit 122, sowie eine langsame Abkühlgeschwindigkeit 123 eingezeichnet. Auch ist ein erster

Haltepunkt beim Erwärmen 131 (Ac 1, c = chauffe) des Kolbenwerkstoffes und ein dritter Haltepunkt beim Erwärmen 133 (Ac 3, c = chauffe) des Kolbenwerkstoffes dargestellt. Weiterhin ist eine Grenze 140 eingezeichnet, bei deren Unterschreitung die Gefügeumwandlung abgeschlossen ist.

5

In der Figur 4 sind Abkühlrouten 101, 102 dargestellt. Die Abkühlroute 101 stellt ein kontinuierliches Abkühlen dar. Hierbei wird das Zielgebiet im Zeit-Temperatur-Umwandlung (ZTU) Schaubild kontrolliert durchschritten, um das beabsichtigte Gefüge einzustellen. Der Abkühlvorgang findet im Vakuumofen statt. Das Zielgebiet Bainit für bainitsche Stähle wird mit einer Abkühlrate von 0,25 bis 5 K/s (Kelvin pro Sekunde) anvisiert. Das so entstehende Mischgefüge weist Anteile von unteren und oberen Bainit auf. Das Zielgebiet Ferrit-Perlit für ausscheidungshärtende ferritisch-perlitische Stähle (AFP-Stähle) wird mit Abkühlraten von 5 bis 45 K/min angesteuert.

Die Abkühlroute 102 stellt ein Abkühlen auf die isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C und anschließendes Halten dar. Gegenüber der Abkühlroute 101 ergibt sich vorteilhafterweise ein homogenes Gefüge, da bei der Phasenumwandlung nur ein Temperaturbereich durchlaufen wird. Das Abkühlen auf isotherme Umwandlungstemperatur erfolgt mit Abkühlraten von 250 – 10 K/s bei einer isothermen Haltezeit von mindestens 15 Minuten. Bei der Abkühlroute 102 lässt sich das Mischgefüge aus unteren und oberen Bainit gezielt einstellen. Der Abkühlvorgang findet im Vakuumofen statt.

Alternativ ist auch eine Kombination der Abkühlrouten 101 und 102 denkbar, hierbei wird bis zum Kreuzungspunkt 150 der Abkühlrouten 101 und 102 die Abkühlroute 101 verfolgt und ab dem Kreuzungspunkt 150 die Abkühlroute 102 weiterverfolgt. Hierbei wird ab dem Kreuzungspunkt 150 die Temperatur mindestens 15 Minuten isotherm gehalten.

Wenn die Grenze 140 unterschritten wird, ist die Gefügeumwandlung abgeschlossen.

Bezugszeichenliste

	1	Kolbenrohling
	2	Unterteil
5	3	Oberteil
	4	oberer Lötspalt
	5	unterer Lötspalt
	6	obere Fügeebene
	7	Anschlag
10	8	Zentrierung
	9	Druckausgleichselement
	10	Fertigkontur
	11	Muldenhals
	12	Muldenrand
15	13	Ringfeld
	14	Kühlkanal
	15	untere Fügeebene
	16	obere Unterteilfügefläche
	17	obere Oberteilfügefläche
20	18	untere Unterteilfügefläche
	19	untere Oberteilfügefläche
	50	Kolben
	101	Abkühlroute, kontinuierliches Abkühlen
25	102	Abkühlroute, Abkühlen auf isotherme Umwandlungstemperatur
	110	Austenit
	111	Ferrit
	112	Perlit
	113	Bainit (Zwischenstufengefüge)
30	114	Martensit
	121	hohe Abkühlgeschwindigkeit
	122	erhöhte Abkühlgeschwindigkeit
	123	langsame Abkühlgeschwindigkeit
	131	Ac 1 erster Haltepunkt beim Erwärmen (c = chauffe)

133 Ac 3 dritter Haltepunkt beim Erwärmen (c = chauffe)

140 Grenze

150 Kreuzungspunkt

5 x Spaltmaß

F Krafteinwirkung

5

PATENTANSPRÜCHE

1.

10 Kolbenrohling (1) zur Herstellung eines Kolbens (50) für Brennkraftmaschinen, welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbenrohlings (1) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere
15 Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbenrohlings (1) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der
20 mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zentrierung (8) zur lagerichtigen Anordnung von Unterteil (2) und Oberteil (3) in mindestens einem Lötspalt (4, 5) vorgesehen ist.

25 2.

Kolbenrohling (1) nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spaltmaß (x) zwischen Unterteil (2) und Oberteil (3) des mindestens einen Lötspalts (4, 5) zwischen 0,05 mm und 0,5 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,4 mm beträgt.

30 3.

Kolbenrohling (1) nach Patentanspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zentrierung (8) das Spaltmaß (x) aufweist.

4.

Kolbenrohling (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Oberteil (3) des Kolbenrohlings (1) ein Druckausgleichselement (9) vorgesehen ist, welches in mindestens einem Lötspalt (4, 5) mündet.

5.

Kolbenrohling (1) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Unterteil (2) des Kolbenrohlings (1) ein Druckausgleichselement vorgesehen ist, welches dauerhaft in dem Unterteil (2) verbleibt und vorzugsweise in einen Kühlkanal (14) mündet.

6.

Kolbenrohling (1) nach Patentanspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass das** Druckausgleichselement (9) diagonal in Bezug auf die Kolbenhubachse angeordnet ist.

7.

Kolben (50) für Brennkraftmaschinen, welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen dem Unterteil (2) und dem Oberteil (3) Lot, vorzugsweise eisenhaltiges Lot, eingebracht ist.

8.

Kolben (50) nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot, vorzugsweise das eisenhaltige Lot, folgende Legierungselemente aufweist:

- Cr-Gehalt zwischen 15-35 %
- 5 - Ni-Gehalt 15-35 %
- Si-Gehalt 2-10 %
- P-Gehalt 4-8 %
- Fe: Rest

10 9.

Kolben (50) nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot, vorzugsweise das eisenhaltige Lot, folgende Legierungselemente aufweist:

- Cr-Gehalt zwischen 25-30 %
- Ni-Gehalt 25-30 %
- 15 - Si-Gehalt 5-9 %
- P-Gehalt 4-9 %
- Fe: Rest

10.

20 Kolben (50) nach Patentanspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot, vorzugsweise das eisenhaltige Lot, folgende Legierungselemente aufweist:

- Cr-Gehalt zwischen 15-25 %
- Ni-Gehalt 15-25 %
- Si-Gehalt 2-6 %
- 25 - P-Gehalt 4-9 %
- Cu-Gehalt: 5-15 %
- Fe: Rest

11.

30 Kolben (50) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Unterteil (2) und/oder das Oberteil (3) aus Vergütungsstahl und/oder mikrolegiertem Stahl und/oder AFP-Stahl und/oder bainitischem Stahl besteht.

12.

Kolben (50) nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lot vor einem Ofenlötprozess in Pastenform aufgetragen wird und sich das dafür vorgesehene Lotdepot außerhalb des eigentlichen Fügespalt es befindet.

5

13.

Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines Vergütungsstahls, welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

20

- a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),
- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,

30

- f) Abkühlen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Durchführung eines Vergütungsprozesses für den Kolbenrohling (1), durch Abschrecken und anschließend Anlassen,
- h) Der Vergütungsprozess ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine
5 Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt ein Vergütungsgefüge und eine Härte von > 310 HB aufweist.

14.

Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter
10 Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischen Stahls welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere
15 Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der
20 mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),
- 25 b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),
- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung vorliegt,
- 30 d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teilettemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,

- e) Erwärmen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings (1) mit Abkühlraten zwischen 0,25 und 5 K/s zum Durchschreiten des Bainitgebietes (113), bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets (111, 112),
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine Temperatur von weniger als 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur vorliegt.

10

15.

Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischem Stahls welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

25

- a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),
- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung vorliegt,

30

- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohrlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohrlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohrlings (1) mit Abkühlraten zwischen 0,25 und 5 K/s auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten zum Durchschreiten des Bainitgebietes (113) bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets (111, 112),
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur aufweist.

15 16.

Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines mikrolegierten und/oder bainitischem Stahls welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),

- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung vorliegt,
- 5 d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- 10 f) Abkühlen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings (1) mit Abkühlgradienten zwischen 250 und 10 K/s auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten,
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine
15 Temperatur von unter 200 °C und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur aufweist.

17.

Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter
20 Verwendung eines ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stahls (AFP-Stahls) welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere
25 Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der
30 mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),

- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),
- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung vorliegt,
- 5 d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teiletemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- 10 f) Abkühlen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings (1) mit Abkühlraten zwischen 5 und 45 K/min zum Durchschreiten des Bainitgebietes (113), bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets (111, 112),
- 15 h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine Temperatur von unter 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur eingestellt ist.

18.

- 20 Verfahren zur Herstellung eines Kolbens (50) für eine Brennkraftmaschine unter Verwendung eines ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stahls (AFP-Stahls) welcher aus einem Unterteil (2) und einem Oberteil (3) besteht, wobei zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine obere Fügeebene (6) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) durchtritt, wobei im Bereich der oberen Fügeebene
- 25 (6) gegenüberliegend eine obere Unterteilfügefläche (16) und eine obere Oberteilfügefläche (17) ausgebildet sind und/oder zwischen den Teilen (2, 3) mindestens eine untere Fügeebene (15) ausgebildet ist, welche den äußeren Umfang des Kolbens (50) nicht durchtritt, wobei im Bereich der unteren Fügeebene (15) gegenüberliegend eine untere Unterteilfügefläche (18) und eine untere
- 30 Oberteilfügefläche (19) ausgebildet sind wobei zumindest in einem Teilbereich der

mindestens einen Fügeebene (6, 15) zwischen den Fügeflächen (16, 17; 18, 19) mindestens ein Lötspalt (4, 5) angeordnet ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- 5 a) Herstellen eines Unterteils (2) und eines Oberteils (3) mit mindestens einer Fügefläche (6),
- b) Aufbringen eines Lots im Bereich mindestens einer Fügefläche (6),
- c) Zusammensetzen von Unterteil (2) und Oberteil (3) zu einem Kolbenrohling (1) durch Herstellen eines Kontakts zwischen der mindestens einen Fügefläche (6), wobei im Bereich des mindestens einen Lötspalts (4, 5) keine Berührung
10 vorliegt,
- d) Erwärmen auf eine vorübergehende Haltetemperatur zwischen 825°C bis 1000°C zur Homogenisierung der Teilettemperatur unmittelbar vor Erreichen der eigentlichen Arbeitstemperatur,
- e) Erwärmen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 1100 bis 1200 °C
15 zur Ausführung einer stoffschlüssigen Lötverbindung,
- f) Abkühlen des Kolbenrohlings (1) auf eine Temperatur von 900 bis 1000 °C,
- g) Kontinuierliches Abkühlen des Kolbenrohlings (1) mit Abkühlraten zwischen 5 und 45 K/min zum Durchschreiten des Bainitgebietes (113), bzw. Ferrit-Perlit-Gebiets (111, 112) auf eine isotherme Umwandlungstemperatur zwischen 350
20 und 650 °C mit nachfolgendem isothermen Halten,
- h) Der Abkühlvorgang ist abgeschlossen, wenn der Kolbenrohling (1) eine Temperatur von unter 200 °C aufweist und bevorzugt eine ferritisch-perlitische und/oder bainitische Gefügestruktur eingestellt ist.

25 19.

Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das isotherme Halten zwischen 5 und 30 Minuten, bevorzugt zwischen 10 und 20 Minuten erfolgt.

30 20.

Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Verfahrensschritte d, e und f in einem Vakuumofen durchgeführt werden.

21.

Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Durchführung des Verfahrens das Unterteil (2) über dem Oberteil (3) angeordnet ist.

5

22.

Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch ein Druckausgleichselement (9) das Lot unter Wirkung des Kapillareffekts und/oder Atmosphärendrucks in den mindestens einen Lötspalt (4, 5) zieht.

10

23.

Verfahren nach einem der vorherigen Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionierung von Unterteil (2) zu Oberteil (3) durch eine Zentrierung (8) erfolgt.

15

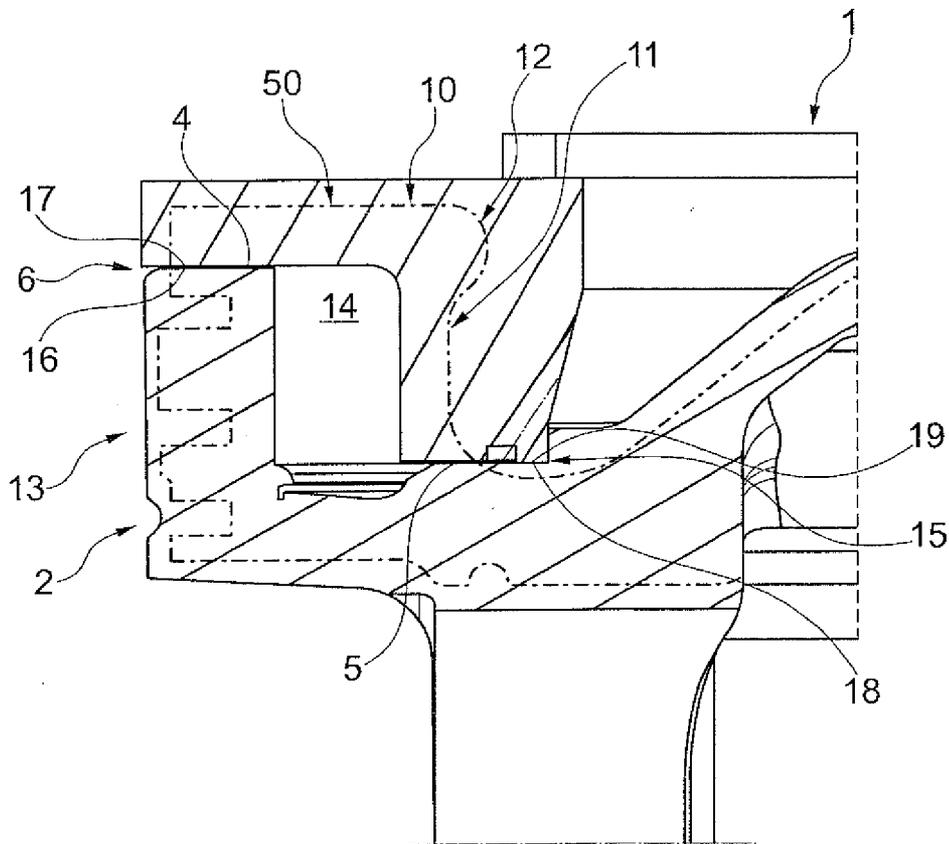


Fig. 1

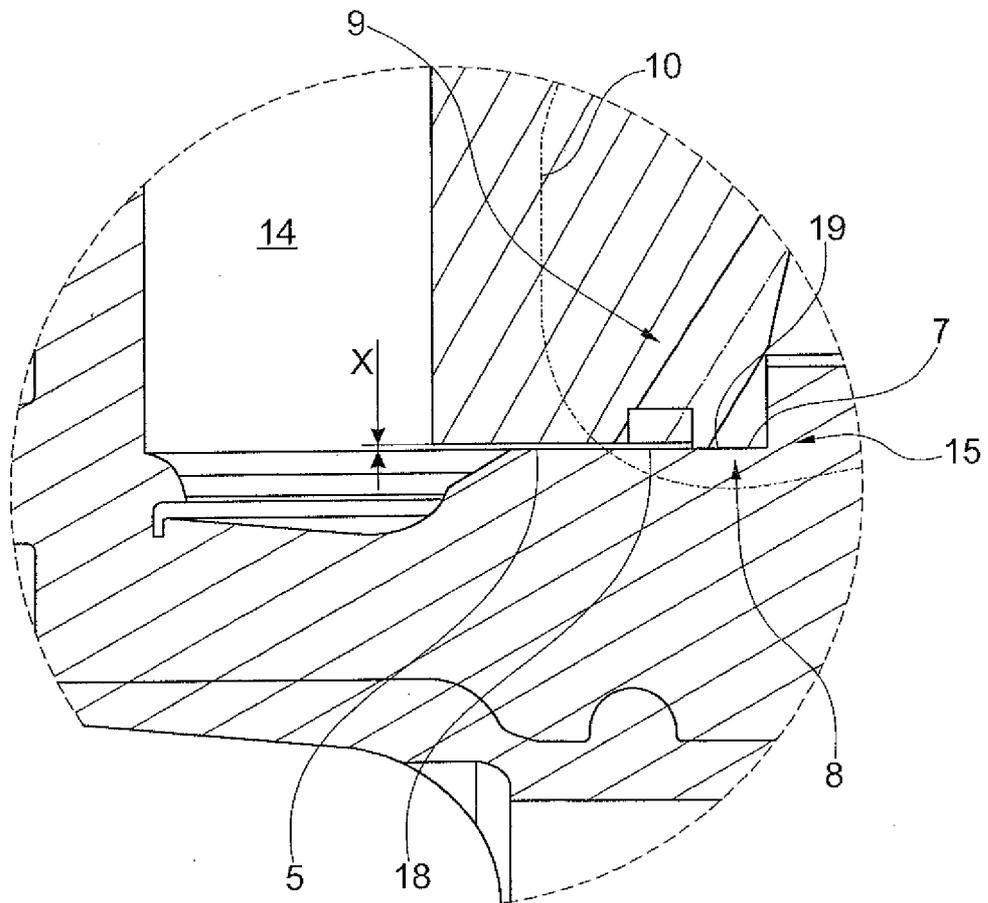


Fig. 2

3/4

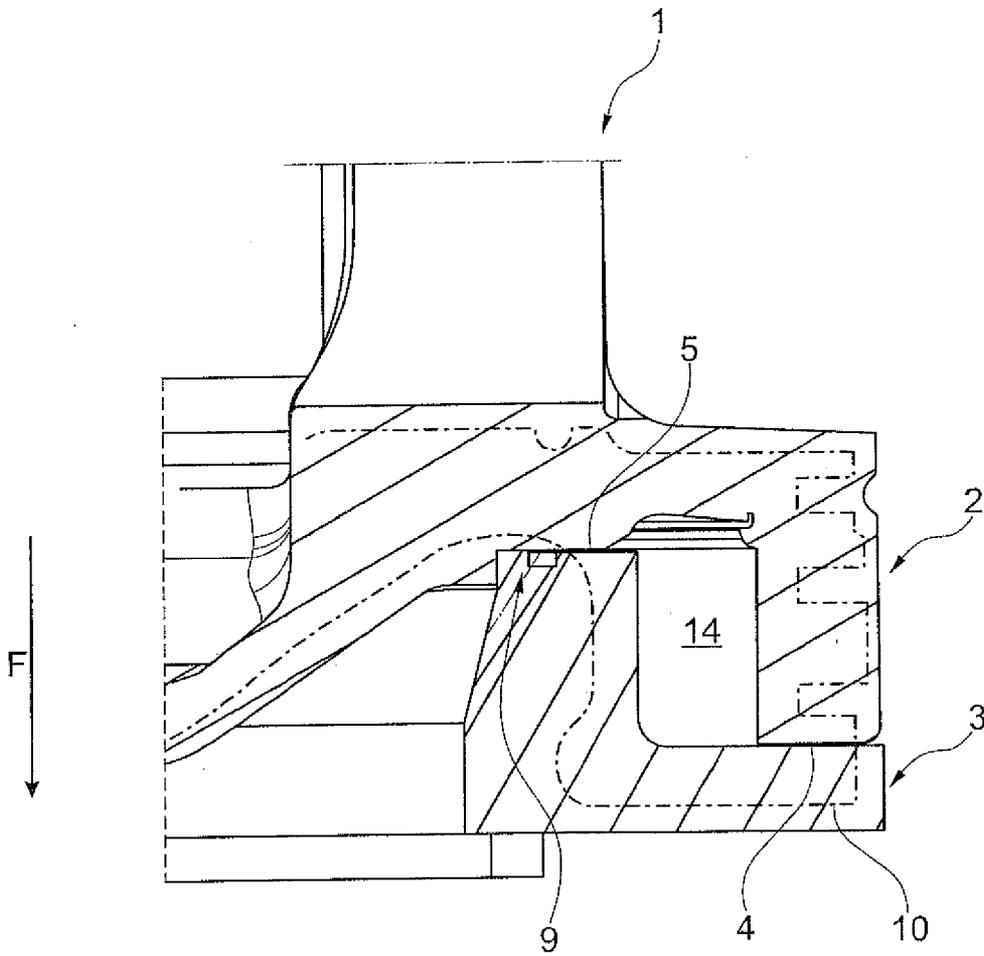


Fig. 3

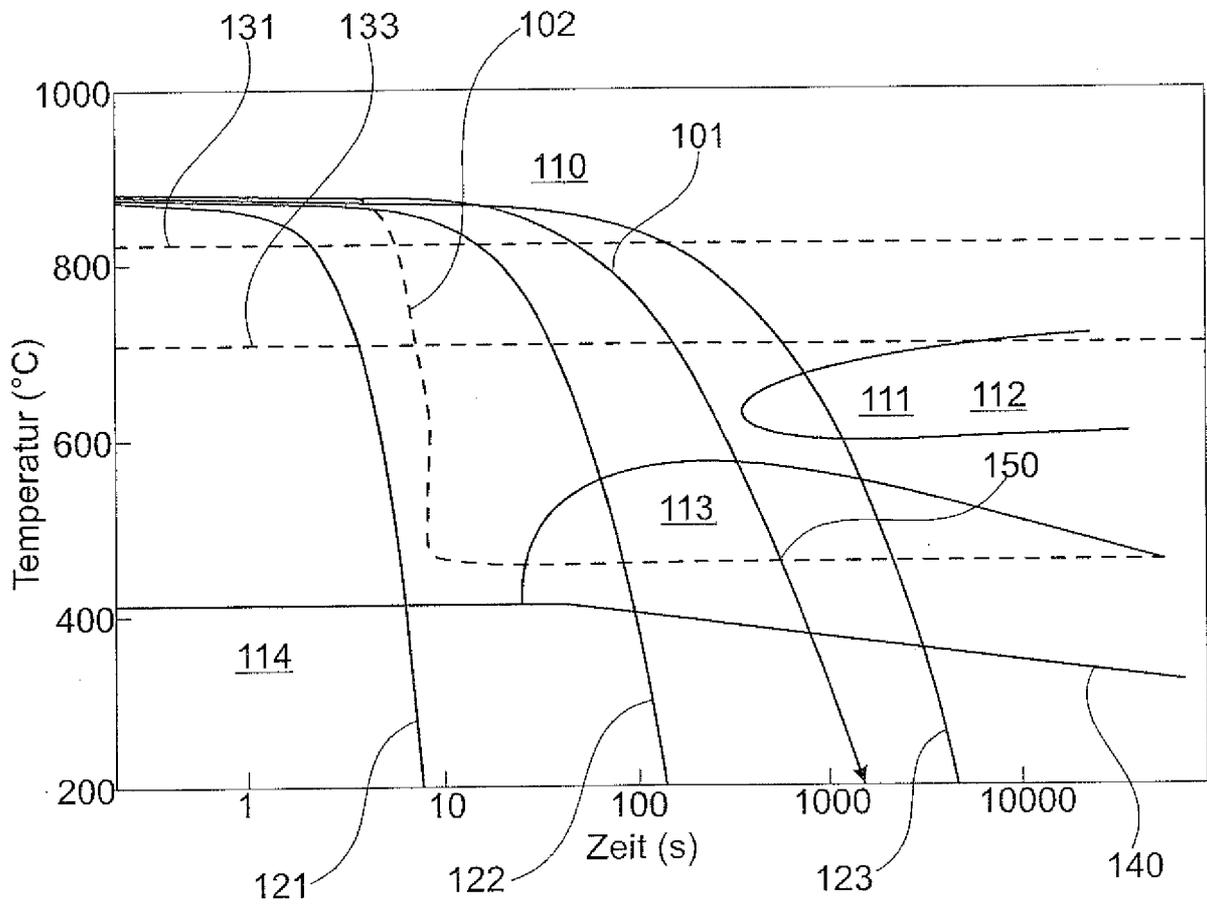


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02F3/00 B23K1/00 B23K1/008
ADD.
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)
F02F B23K

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 025 441 A1 (SCHNEIDER GESENKSCHMIEDE [DE]) 18 February 2009 (2009-02-18)	1,3
Y	abstract figures	2
Y	----- DE 10 2007 044106 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 19 March 2009 (2009-03-19) paragraph [0035]	2
A	----- US 2012/222645 A1 (EDEL HELMUT [DE] ET AL) 6 September 2012 (2012-09-06) abstract figures	1-6
A	----- WO 2014/029878 A1 (KS KOLBENSCHMIDT GMBH [DE]) 27 February 2014 (2014-02-27) abstract figures	1-6
	----- -/--	

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 14 February 2017	Date of mailing of the international search report 11/04/2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Matray, J
--	-------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/077740

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/006469 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]; SCHULZ JOACHIM [DE]; KORTAS JOCHEN [DE]) 20 January 2011 (2011-01-20) cited in the application abstract figures -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/077740

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-6

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-6

Piston blank comprising a solder gap and a centering device in the solder gap.

2. Claims 7-12

Piston comprising introduced solder

3. Claims 13-20

Method for manufacturing a piston, wherein the soldering process and the heat treatment process are performed in a single procedure.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/077740

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2025441	A1	18-02-2009	DE 102007035849 A1 EP 2025441 A1	05-02-2009 18-02-2009
DE 102007044106	A1	19-03-2009	CN 101802381 A DE 102007044106 A1 EP 2188513 A1 JP 5295245 B2 JP 2010539369 A KR 20100069646 A US 2010307445 A1 WO 2009033446 A1	11-08-2010 19-03-2009 26-05-2010 18-09-2013 16-12-2010 24-06-2010 09-12-2010 19-03-2009
US 2012222645	A1	06-09-2012	CN 103429878 A DE 102011013143 A1 EP 2681435 A2 US 2012222645 A1 US 2014190443 A1 WO 2012119590 A2	04-12-2013 06-09-2012 08-01-2014 06-09-2012 10-07-2014 13-09-2012
WO 2014029878	A1	27-02-2014	DE 102013216854 A1 EP 2888466 A1 US 2016061326 A1 WO 2014029878 A1	27-02-2014 01-07-2015 03-03-2016 27-02-2014
WO 2011006469	A1	20-01-2011	CN 102483009 A DE 102009032941 A1 EP 2454464 A1 JP 2012533020 A KR 20120049882 A US 2012192828 A1 WO 2011006469 A1	30-05-2012 20-01-2011 23-05-2012 20-12-2012 17-05-2012 02-08-2012 20-01-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02F3/00 B23K1/00 B23K1/008 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02F B23K		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 025 441 A1 (SCHNEIDER GESENKSCHMIEDE [DE]) 18. Februar 2009 (2009-02-18)	1,3
Y	Zusammenfassung Abbildungen	2
Y	DE 10 2007 044106 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 19. März 2009 (2009-03-19) Absatz [0035]	2
A	US 2012/222645 A1 (EDEL HELMUT [DE] ET AL) 6. September 2012 (2012-09-06) Zusammenfassung Abbildungen	1-6
A	WO 2014/029878 A1 (KS KOLBENSCHMIDT GMBH [DE]) 27. Februar 2014 (2014-02-27) Zusammenfassung Abbildungen	1-6
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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
14. Februar 2017		11/04/2017
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 Matray, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2011/006469 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]; SCHULZ JOACHIM [DE]; KORTAS JOCHEN [DE]) 20. Januar 2011 (2011-01-20) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Abbildungen -----	1-6

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-6

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-6

Kolbenrohling mit einem Lötspalt und einer in dem Lötspalt vorgesehenen Zentrierung.

2. Ansprüche: 7-12

Kolben mit eingebrachten Lot

3. Ansprüche: 13-20

Verfahren zur Herstellung eines Kolben mit Durchführung des Lötprozesses und des Vergütungsprozesses in einem Arbeitsschritt.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/077740

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2025441	A1	18-02-2009	DE 102007035849 A1
			EP 2025441 A1
			05-02-2009
			18-02-2009
DE 102007044106	A1	19-03-2009	CN 101802381 A
			DE 102007044106 A1
			EP 2188513 A1
			JP 5295245 B2
			JP 2010539369 A
			KR 20100069646 A
			US 2010307445 A1
			WO 2009033446 A1
			11-08-2010
			19-03-2009
			26-05-2010
			18-09-2013
			16-12-2010
			24-06-2010
			09-12-2010
			19-03-2009
US 2012222645	A1	06-09-2012	CN 103429878 A
			DE 102011013143 A1
			EP 2681435 A2
			US 2012222645 A1
			US 2014190443 A1
			WO 2012119590 A2
			04-12-2013
			06-09-2012
			08-01-2014
			06-09-2012
			10-07-2014
			13-09-2012
WO 2014029878	A1	27-02-2014	DE 102013216854 A1
			EP 2888466 A1
			US 2016061326 A1
			WO 2014029878 A1
			27-02-2014
			01-07-2015
			03-03-2016
			27-02-2014
WO 2011006469	A1	20-01-2011	CN 102483009 A
			DE 102009032941 A1
			EP 2454464 A1
			JP 2012533020 A
			KR 20120049882 A
			US 2012192828 A1
			WO 2011006469 A1
			30-05-2012
			20-01-2011
			23-05-2012
			20-12-2012
			17-05-2012
			02-08-2012
			20-01-2011