



(10) **DE 10 2013 111 596 A1** 2015.06.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 111 596.9**

(22) Anmeldetag: **21.10.2013**

(43) Offenlegungstag: **03.06.2015**

(51) Int Cl.: **B23C 5/22 (2006.01)**

**B23C 5/10 (2006.01)**

**B23C 5/28 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Walter AG, 72072 Tübingen, DE**

(74) Vertreter:  
**WSL Patentanwälte Partnerschaft mbB, 65185  
Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:  
**Leirer, Philipp, 77652 Offenburg, DE; Hippler,  
Hans-Peter, Dipl.-Ing. (FH), 77793 Gutach, DE;  
Schaarschmidt, Thomas, 71159 Mötzingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 05 635	A1
DE	10 2011 121 767	A1
DE	10 2012 202 976	A1
DE	20 2013 003 224	U1
EP	1 847 345	B1
EP	2 650 069	A2
WO	2008/ 150 219	A1
WO	2013/ 146 882	A1

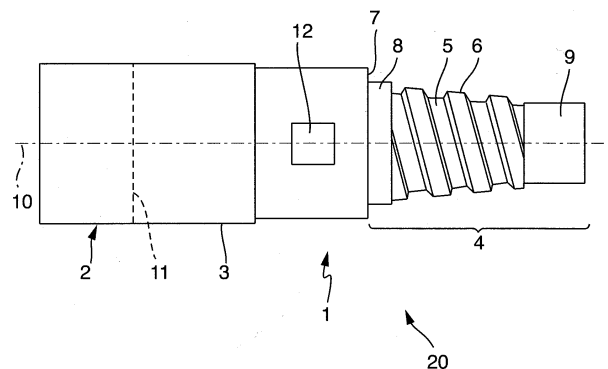
**Anwenderhandbuch der Firma Sandvik  
Coromant: Hochwarmfeste Superlegierungen,  
2010**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Schaftfräser für warmfeste Superlegierungen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schaftfräser für warmfeste Superlegierungen (HRSA) mit einem Schaft (1) und einem Schneidkopf (2), die eine gemeinsame Rotationsachse (10) aufweisen, wobei der Schaft einen Verbindungsabschnitt (3) für die Verbindung mit dem Schneidkopf (2) und einen Kupplungsabschnitt (4) für die Verbindung mit einem Werkzeughalter aufweist, wobei der Schneidkopf (2) aus einem massiven Keramikteil mit einer rotationssymmetrischen Einhüllenden besteht, das mit einer Stirnfläche des Verbindungsabschnittes (3) stumpf verbunden ist. Um übermäßige Vibrationen und damit Belastungen der Schnittstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt des Fräasers gering zu halten und Fräser zu schaffen, die auch den Durchmesserbereich oberhalb von 12 mm und insbesondere oberhalb von 20 mm und bis 32 mm abdecken können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass der Kupplungsabschnitt (4) einen konischen Zapfen (5) mit Außengewinde (6) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Schafffräser für warmfeste Superlegierungen (HRSA) mit einem Schaft und einem Schneidkopf, die eine gemeinsame Rotationsachse aufweisen, wobei der Schaft einen Verbindungsabschnitt für die Verbindung mit dem Schneidkopf und einen Kupplungsabschnitt für die Verbindung mit einem Werkzeughalter aufweist, wobei der Schneidkopf aus einem massiven Keramikeil mit einer rotationssymmetrischen Einhüllenden besteht, welches stumpf mit der Stirnfläche des Verbindungsabschnittes verbunden ist.

**[0002]** Die stumpfe Verbindung erfolgt im Stand der Technik mittels Hartlot.

**[0003]** Für sogenannte warmfeste Superlegierungen (HRSA – Heat Resistant Super Alloys) werden vorwiegend Schafffräser mit Schneidelementen aus Keramik eingesetzt, beispielsweise für Nickel-basierte Legierungen, die für Turbinenschaufeln und sonstige Bauteile in Gasturbinen bei Temperaturen bis beispielsweise 1450 °C eingesetzt werden. Derartige Legierungen haben einerseits eine sehr hohe Warmfestigkeit, gleichzeitig aber auch eine geringe Wärmeleitfähigkeit, sodass bei der Bearbeitung entsprechend hohe Temperaturen auf der Spanfläche des Werkzeuges entstehen.

**[0004]** Herkömmliche beschichtete Hartmetallwerkzeuge erweichen und verschleifen bei den während der Bearbeitung entstehenden hohen Temperaturen sehr schnell.

**[0005]** Keramische Schneidstoffe besitzen aber ihrerseits eine extrem hohe Warmfestigkeit und sind deshalb unter hohen Bearbeitungstemperaturen einsetzbar. Weil auch die Wärmeleitfähigkeit der Keramik relativ gering ist, was nochmals zu höheren Bearbeitungstemperaturen beiträgt, kommt es eher zu einer Erweichung des Werkstoffes bevor das keramische Schneidmaterial erweicht und der Werkstoff ist dadurch leichter zerspanbar.

**[0006]** Im Stand der Technik sind im Wesentlichen zwei Typen von Schafffräsern bekannt, die keramische Schneidelemente verwenden. Zum einen gibt es Schafffräser, die Aufnahmen bzw. Taschen für Schneideinsätze aufweisen, in denen Schneideinsätze aus Keramik fixiert sind. Da jedoch entsprechende Schneideinsätze für eine ausreichende Stabilität auch eine gewisse Mindestgröße aufweisen müssen, sind derartige Schafffräser nur für Durchmesser jenseits von 32 mm verfügbar.

**[0007]** Darüber hinaus gibt es auch Schafffräser der eingangs beschriebenen Art, die aus einem zylindrischen Schaft mit einem Schneidkopf bestehen, der den gesamten vorderen, mit Schneiden versehenen

Abschnitt des Schafffräasers umfasst und vollständig aus Keramik besteht. Ein solcher Schneidkopf ist üblicherweise mit dem Schaft verlötet. Auch vollständig aus Keramik bestehende Schafffräser sind bereits bekannt.

**[0008]** Derartige Schafffräser aus Vollkeramik oder mit einem vollkeramischen Schneidkopf sind aber bestenfalls für ein Durchmesser bis maximal 20 mm verfügbar, wobei Durchmesserangaben für Schafffräser sich in dieser Beschreibung und den Ansprüchen jeweils auf den mit Schneiden versehenen Teil bzw. den Schneidkopf beziehen und wobei im Falle nicht diametral angeordneter Schneiden der Durchmesser als der doppelte Radius von der Rotationsachse des Fräasers zu der Schneide mit maximalem Radius definiert sein soll.

**[0009]** Bei den Schafffräsern mit vollkeramischem Schneidkopf ist die Verbindung zwischen Schneidkopf und Schaft relativ kritisch, da diese Teile in der Regel nur stumpf aufeinander gelötet sind und keine formschlüssige Verbindung aufweisen. Neben den Herstellungskosten für Schneidköpfe aus massiver Keramik ist die begrenzte Festigkeit einer solchen Lötverbindung einer der Gründe dafür, dass entsprechende Schafffräser bisher nicht mit größerem Durchmesser bereitgestellt werden konnten. Dies hängt auch zusammen mit den hohen Schnittkräften, welche bei der Anwendung solcher Fräser auftreten, da diese im Allgemeinen für grobe Schruppbearbeitungen verwendet werden, bei denen relativ viel Volumen des Werkstückes zerspannt werden muss.

**[0010]** Insbesondere Nuten und Radien an Turbinenschaufeln erfordern häufig Fräser mit einem effektiven Werkzeugdurchmesser unter 32 mm.

**[0011]** Allerdings treten bei der Schruppbearbeitung warmerfester Superlegierungen erhebliche Kräfte auf, sodass insbesondere bei der typischen Vorschubbewegung von Fräsern senkrecht zur Rotationsachse die Lötverbindung zwischen einem Schneidkopf und dem Verbindungsteil eines Schaftes starken Belastungen ausgesetzt ist, wobei hohe Belastungen in Verbindung mit einer einfachen Spannaufnahme eines zylindrischen Werkzeugschaftes in einer Werkzeugmaschinen spindle außerdem sehr schnell zu starken Vibrationen des Schafffräasers führen können.

**[0012]** Manche Fräser sind daher mit einem im Vergleich zum Schneidkopf größer dimensionierten Schaft ausgestattet, was aber den effektiven Arbeitsdurchmesser des entsprechenden Fräasers häufig auf unter 12 mm begrenzt.

**[0013]** Um übermäßige Vibration und damit Belastungen der Schnittstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt des Fräasers gering zu halten, sollte daher der Schaft bzw. der Kupplungsab-

schnitt des Schaftes eines entsprechenden Fräasers möglichst präzise sowie spiel- und vibrationsfrei in der Werkzeugaufnahme einer entsprechenden Werkzeugmaschine gehalten werden. Weiterhin besteht ein Bedarf an entsprechenden Fräsern, die auch den Durchmesserbereich oberhalb von 12 mm und insbesondere oberhalb von 20 mm und bis 32 mm abdecken können.

**[0014]** Die vorstehend erwähnten Probleme werden durch einen Schafffräser gemäß der vorliegenden Erfindung zumindest teilweise dadurch gelöst, dass der Kupplungsabschnitt des Schaftes einen konischen Zapfen mit Außengewinde aufweist.

**[0015]** Entsprechende konische Kupplungen haben sich als ausreichend robust und präzise erwiesen, um beispielsweise Vibrationsbelastungen so stark zu reduzieren, dass die Lötstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt des Schaftes den bei Schruppbearbeitungen von warmfesten Superlegierungen auftretenden Kräften standhält, selbst wenn der Schneidkopf einen effektiven Durchmesser von bis zu 32 mm hat. Ein weiteres Vorteil eines solchen Kupplungsabschnitt besteht darin, dass hierfür zahlreiche Varianten von Aufnahmeschäften zur Verfügung stehen, mit denen unter anderem unterschiedliche Auskraglängen realisierbar sind

**[0016]** Die Stabilität und Laufruhe des Fräasers zur Verminderung der Belastung der Schnittstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt kann noch dadurch verbessert werden, dass der Übergang vom Kupplungsabschnitt zum Schaft durch eine zur Rotationsachse senkrechte Anlagefläche gebildet wird, die für die Anlage an einer entsprechenden Anschlagfläche einer Werkzeugaufnahme ausgebildet ist.

**[0017]** Darüber hinaus wirkt auch die Kombination der Materialien Keramik für den Schneidkopf und Hartmetall oder Stahl für den Schaft an sich bereits schwingungsreduzierend, was neben der Erhöhung der Bearbeitungsqualität auch noch zu einer Verlängerung der Standzeit beiträgt.

**[0018]** Weiterhin kann für denselben Zweck und zur weiteren Steigerung der Laufruhe und Vibrationsfreiheit der Kupplungsabschnitt zwischen der erwähnten Anlagefläche und dem Gewinde auf dem konischen Zapfen einen rotationssymmetrisch, d.h. zum Beispiel entweder einen zylindrischen oder auch einen leicht konischen Führungsabschnitt aufweisen, dessen minimaler Radius größer ist als der maximale Radius des konischen Gewindes.

**[0019]** Es versteht sich, dass dann an der entsprechenden Werkzeugaufnahme eine entsprechende rotationssymmetrische zylindrische oder konische Aufnahmefläche vorgesehen sein sollte, an welcher

der Führungsabschnitt in enger Passung, gegebenenfalls auch in Presspassung anliegt, wenn die Anlagefläche eine entsprechende Anschlagfläche an der Werkzeugaufnahme erreicht.

**[0020]** Das konische Gewinde hat vorzugsweise entweder einen teilzylindrischen oder aber einen trapezförmigen Querschnitt, wobei die Trapezform auch eine asymmetrische Trapezform sein kann.

**[0021]** Weiterhin hat es sich für die Verringerung der Belastung der Schnittstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt des Schaftes als vorteilhaft erwiesen, wenn das Verhältnis der axialen Länge des Schneidkopfes zu seinem Durchmesser kleiner als 1, insbesondere kleiner als 0,6 oder gar kleiner als 0,5 ist. Auf dieser Weise wird auch das Verhältnis der Länge der Schneidkantenkomponenten, die parallel zur Rotationsachse und senkrecht zur Vorschubrichtung verlaufen, zu der Größe der Verbindungsfläche reduziert, sodass auch die entsprechenden Kräfte besser aufgenommen werden können. Insbesondere ist der effektive Hebel für Schneidkräfte die an einer Schneidecke angreifen bis zu der Lötstelle zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt entsprechend kleiner als bei Schneidköpfen, die ein größeres Verhältnis von axialer Länge zum Durchmesser haben.

**[0022]** Die in den Schneidkopf eingeschliffenen Spannuten sind zweckmäßigerweise in den Schaft bzw. den Verbindungsabschnitt hinein verlängert. Dadurch vermeidet man eine Behinderung bzw. Beeinträchtigung des Spantransports in axialer Richtung.

**[0023]** Der Schaft kann außerdem Bohrungen und/oder Aussparungen für das Hindurchtreten eines Kühlmittels aufweisen. Eine entsprechende Innenkühlung über eine zentrale oder mehrere ganz oder teilweise dezentrale Bohrungen ist besonders zweckmäßig in Verbindung mit der vorstehend beschriebenen Variante, bei welcher die Spannuten sich bis in den Verbindungsabschnitt des Schaftes hinein erstrecken. Entsprechende Kühlmittelbohrungen können sich dann von den innen liegenden Bohrungen in dem Abschnitt der Spannuten münden, der bis in den Verbindungsabschnitt reicht und somit eine effektive Kühlmittelzufuhr in Richtung der Schneiden und vor allem auch eine verbesserte Spanabfuhr bewirken.

**[0024]** Der Schneidkopf kann beispielsweise aus der Keramik SiAlON bestehen, die in verschiedenen Varianten in der WO 2006/1214777 A2 beschrieben ist. Für Anwendungen wie zum Beispiel die Gußbearbeitung kann alternativ auch SiN verwendet werden oder das verwendete Keramikmaterial durch eingebettete Whisker verstärkt sein.

**[0025]** In einer Variante hat der Schneidkopf in der Seitenansicht ein im Wesentlichen rechtwinkliges Profil mit abgerundeten Schneidecken. Der Radius der Schneidecken kann dabei im Bereich von 0,5 bis 5 mm variieren.

**[0026]** Für die stumpfe Verbindung miteinander weisen sowohl der Schneidkopf als auch der Verbindungsabschnitt des Schaftes zweckmäßigerweise jeweils eine ebene Stirnfläche auf. Alternativ könnten diese Flächen auch konisch sein, d. h. durch einen konischen Vorsprung bzw. eine konische Vertiefung gebildet sein.

**[0027]** In einer Ausführungsform erfolgt die Verbindung mittels Hartlot, welches für die Verbindung von Schneidkopf und Verbindungsabschnitt bevorzugt eine Zusammensetzung mit mindestens 55 % Silber, mindestens 25 % Kupfer sowie mindestens 1 % Titan, wobei auch eine Höchstmenge von 60 oder 62 % Silber, 30 % Kupfer sowie 2 % Titan verwendet werden kann.

**[0028]** Ein solches Hartlot mit einer Zusammensetzung in dem angegebenen Bereich hat sich als äußerst zweckmäßig und haltbar erwiesen. Dabei kann das Hartlot bereits ein integriertes Flussmittel aufweisen. Typischerweise wird der Schneidkopf auf Keramik in einem Ofen unter Vakuum verlötet, indem eine dünne Schicht bzw. ein dünnes Band aus dem Lotmaterial zwischen den einander zugewandten Flächen von Schneidkopf und Verbindungsabschnitt angeordnet und der gesamte Fräser in dem Ofen auf 700 bis 800 °C erhitzt wird.

**[0029]** Die stumpfe Verbindung zwischen Schneidkopf und dem Verbindungsabschnitt erfolgt zwar gemäß der vorstehenden Ausführungsform mittels Hartlot, kann aber in einer alternativen Ausführungsform auch durch ein Klebemittel erfolgen, sofern im Betrieb eine ausreichende Kühlung bzw. keine übermäßig hohen Temperaturen im Bereich der Fügestelle gewährleistet werden können, welche die Klebeverbindung nicht wesentlich beeinträchtigen. Auch eine solche Klebestelle wirkt zusätzlich schwingungsdämpfend.

**[0030]** Gemäß einer Ausführungsform weist der Schneidkopf mindestens eine bis zur Rotationsachse reichende Stirnschneide auf. Diese ermöglicht insbesondere auch geringe axiale Vorschub- bzw. Eintauchbewegungen des Werkzeugs.

**[0031]** Der Drallwinkel der Spannuten des Schneidkopfes und genauer gesagt der Hauptschneidkanten des Schneidkopfes kann zwischen 0° (achsparell) und 50° variieren. Eine Variante weist einen Drallwinkel von mindestens 35° und höchstens 45° auf, um einen günstigen Spantransport zu gewährleisten.

**[0032]** Die Spannuten haben dabei einen näherungsweise dreieckigen Querschnitt mit einem teilweise konvexen Nutgrund. Die Tiefe der Spannuten nimmt gemäß einer Ausführungsform, ausgehend von der Spitze des Fräsers in Richtung des Kupplungsabschnittes kontinuierlich ab. Dabei erstrecken sich die Spannuten, wie bereits erwähnt, kontinuierlich bis in den Verbindungsabschnitt des Schaftes hinein.

**[0033]** Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform und der dazu gehörigen Figuren. Es zeigen:

**[0034]** Fig. 1 Einen Fräser gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem noch unbearbeiteten aber bereits auf den Verbindungsabschnitt aufgelöteten Keramikrohling und

**[0035]** Fig. 2 Eine Seitenansicht der fertig bearbeiteten Werkzeugspitze mit dem Schneidkopf und einem Teil des Verbindungsabschnitts.

**[0036]** Die Zeichnungen sind Prinzipdarstellungen, die zwar den tatsächlichen Gegenständen nahekommen, wobei aber nicht alle Details korrekt und maßstabsgetreu wiedergegeben sein müssen.

**[0037]** In Fig. 1 erkennt man einen insgesamt mit **20** bezeichneten Schaftfräser, der aus einem Schaft **1** und einem Schneidkopf **2** besteht, wobei der Schaft **1** wiederum aufgeteilt ist in einen Verbindungsabschnitt **3** und einen Kupplungsabschnitt **4**. Der Kupplungsabschnitt **4** seinerseits besteht aus einem konischen Zapfen **5** mit einem entsprechenden, sich im Gesamtdurchmesser konisch verjüngenden Gewinde **6** (im Folgenden als „konisches Gewinde“ bezeichnet), einer radialen Anschlagfläche **7** im Übergang vom Kupplungsabschnitt **4** zu dem Verbindungsabschnitt **3** und einer zylindrischen oder leicht konischen Führungsfläche **8** zwischen dem konischen Gewinde **6** und der Anschlagfläche **7**. Auch das freie Ende des konischen Zapfens **5** kann jenseits des Gewindes **6** noch mit einem weiteren hinteren Führungszapfen **9** versehen sein, der ebenfalls entweder zylindrisch oder leicht konisch sein kann. Insbesondere der Führungszapfen **8** kann eine präzise bearbeitete Oberfläche aufweisen, um eine enge Passung mit einer entsprechenden Werkzeugaufnahme zu gewährleisten, sodass in einem mit Hilfe des Gewindes **6** festgespannten Zustand des Schaftfräsers in einer Werkzeugaufnahme sowohl die Umfangsfläche **8** in enger Passung und vorzugsweise in Presspassung an einer entsprechenden konischen oder zylindrischen Aufnahme­fläche der Werkzeugaufnahme anliegt und gleichzeitig die Anlagefläche **7** an einem entsprechenden radialen Anschlag der Werkzeugaufnahme anliegt.

**[0038]** Der Schneidkopf **2** besteht aus einem massiven Keramikteil, vorzugsweise aus der Keramik SiAlON, wie sie beispielsweise in dem Dokument WO 2006/121477 A2 offenbart ist. Der Verbindungsabschnitt **3** weist an seinem dem Schneidkopf **2** zugewandten Ende eine ebene, kreisscheibenförmige Stirnseite auf, ebenso wie auch der aus Keramik bestehende Schneidkopf **2** auf der dem Verbindungsabschnitt zugewandten Seite **3** eine ebene, kreisscheibenförmige Verbindungsfläche hat, die in ihren Maßen exakt mit der Stirnseite des Verbindungsabschnittes **3** übereinstimmt. Demzufolge können beide Teile bündig miteinander verlötet werden, wobei die Lötfläche bzw. Lötverbindung durch eine gestrichelte Linie **11** angedeutet ist, die mit den Ebenen der aneinander liegenden Stirnflächen von Schneidkopf **2** und Verbindungsabschnitt **3** zusammenfällt.

**[0039]** In einem konkreten Ausführungsbeispiel wurde für die Verbindung ein Hartlot bzw. ein Silberlot verwendet, welches 59 % Silber, 27 % Kupfer und 1,7 % Titan aufweist, wobei die übrigen 12,3 % aus weiteren Elementen bestehen, und insbesondere auch ein Flussmittel umfassen können.

**[0040]** Insgesamt haben sich Hartlote mit mindestens 55 % bis 60 % (maximal 62 %) Silber, 25 % bis 30 % Kupfer und 1 % bis 2 % Titan als zweckmäßig für die Verbindung von Keramik mit Hartmetall erwiesen.

**[0041]** In einer bevorzugten Variante bestehen der Schaft **1** und insbesondere der Verbindungsabschnitt **3** in der dargestellten Ausführungsform aus Vollhartmetall. Am hinteren Teil des Verbindungsabschnittes **3** sind auf dessen ansonsten zylindrischen Außenmantel noch ebene Flächen als Werkzeugaufsatzpunkte **12**, d.h. für das Ansetzen eines Schraubenschlüssels und dergleichen vorgesehen, um den Fräser in einer entsprechenden Werkzeugaufnahme durch festes Anziehen des Gewindes **6** in einem passenden Gegengewinde der Werkzeugaufnahme festzuspannen.

**[0042]** Der hintere Führungzapfen **9** erleichtert dabei das Einführen des konischen Gewindes, wobei ein konisches Gewinde den Vorteil hat, dass die ersten Gewindegänge des Außengewindes **6** und des entsprechenden Innengewindes der Werkzeugaufnahme axial aneinander vorbeigeschoben werden können, bis die Gewindegänge in Kontakt kommen, sodass zum Festspannen nur noch eine Restdrehung von beispielsweise 1 bis 1,5 Umdrehungen erforderlich ist.

**[0043]** Zwischen dem konischen Gewinde **6** und der Anlagefläche **7** weist der Kupplungsabschnitt **4** noch einen zylindrischen oder leicht konischen Führungsabschnitt **8** auf, dessen Konuswinkel, sofern vorhanden, auf jeden Fall deutlich geringer als der des ko-

nischen Zapfens **5** bzw. des konischen Gewindes **6** ist. Der minimale Durchmesser dieser Führungsabschnittes **8** ist mindestens so groß wie der maximale Durchmesser des konischen Zapfens **5** und des konischen Gewindes **6**. Die Anlagefläche **7**, die den Übergang zu dem Verbindungsabschnitt **3** bildet, erstreckt sich senkrecht zur Achse **10** des Fräasers. Der Führungsabschnitt **8** und die Anlagefläche **7** sind präzise bearbeitet, sodass sie eine sehr genaue Passung mit einem entsprechenden Sitz einer Werkzeugaufnahme haben, die eine entsprechende zylindrische oder konische Fläche und eine der Fläche **7** gegenüberliegende, ringförmige, ebene Anschlagfläche aufweist. In dem festgespannten Zustand sitzt der konische Führungsabschnitt vorzugsweise in Presspassung in der entsprechenden Aufnahmeöffnung der Werkzeugaufnahme, während die Anlagefläche **7** fest an der Anschlagfläche der Werkzeugaufnahme anliegt.

**[0044]** Während **Fig. 1** eine Seitenansicht des Fräasers **20** im Rohzustand, d.h. vor der Herstellung entsprechender Schneidgeometrien zeigt, ist in **Fig. 2** der Spitzenbereich des Fräasers nach der Fertigstellung wiedergegeben, wobei der Schneidkopf **2** und nur noch ein weggebrochen dargestellter Teil des Verbindungsabschnittes **3** in **Fig. 2** wiedergegeben sind. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Fräser vier Spannuten **13** und vier Hauptschneidkanten **15** auf, die im Wesentlichen identisch sind, abgesehen von einer möglichen Variation der Umfangswinkelabstände benachbarter Schneidkanten sowohl zwischen verschiedenen benachbarten Haupt- und Nebenschneidkanten **15** bzw. **16** als auch entlang eines benachbarten Hauptschneidkantenpaares, was auch eine entsprechende Variation der Breite der Spannuten **13** nach sich ziehen kann.

**[0045]** Wie man sieht, sind in dem fertigen Schneidkopf **2** nunmehr Spannuten **13** ausgebildet, die sich bis in den Verbindungsabschnitt **3** hinein erstrecken. Am Übergang von der Innenfläche der Spannuten **13** zu entsprechenden Rundfasen **14**, die der ursprünglichen Zylindermantelfläche des Schneidkopfes **2** in **Fig. 1** entsprechen, sind Hauptschneidkanten **15** ausgebildet. Zusätzlich weist der Fräser stirnseitige Nebenschneidkanten **16** auf, die durch Ausspitzungen **7** in Richtung der Rotationsachse **10** verlängert sind, wobei die Ausspitzungen **17** den ansonsten durch den Grund der Spannuten **13** definierten Kern des Schneidkopfes nur in diesem äußersten Spitzenbereich weiter verjüngen. Mindestens eine von mehreren entlang des Umfangs vorgesehenen Ausspitzungen **17** kann sich dabei bis zum Zentrum, d.h. bis zur Achse **10** des Fräasers erstrecken, sodass mindestens eine stirnseitige Schneide **16** gebildet wird, die bis zur Achse **10** des Fräasers reicht. Es versteht sich, dass ein entsprechender Schneidkopf eine weitgehend beliebige gerade oder ungerade Anzahl von Spannuten **13** und Schneidkanten **15**

aufweisen kann, wobei je nach Größe des Fräasers typischerweise zwischen drei und zwölf Spannuten **13** und Schneidkanten **15** vorgesehen sein können.

**[0046]** Der Schneidkopf **4** in der Seitenansicht ein im Wesentlichen rechtwinkliges Profil mit abgerundeten Schneidecken. Der Radius der Schneidecken beträgt hier etwa 1mm.

**[0047]** Das Verhältnis der Länge L zu dem Durchmesser D und des Schneidkopfes ist dabei so gewählt, dass es unter 0,6 liegt, was dem Fräser bzw. der Lötverbindung **11** im Hinblick auf die Länge der Schneidkanten **15** und den (geringen) maximalen Abstand der Schneidkanten **15** bzw. der Stirnschneiden **16** von der Lötverbindung **11** eine besondere Stabilität verleiht. Gleichzeitig wird durch den präzisen und sehr festen Sitz des Kupplungsabschnittes **4** in einer Werkzeugaufnahme ein sehr sauberer und vibrationsfreier Lauf des Fräasers während einer Bearbeitung sichergestellt. Diese Merkmale führen vor allem in Verbindung miteinander dazu, dass eine verschleißärmere Bearbeitung bei hoher Bearbeitungsgeschwindigkeit und geringerer Bruchgefahr vorgenommen werden kann.

**[0048]** Der Schutzzumfang der Erfindung wird im Einzelnen durch die Patentansprüche definiert.

**[0049]** Für Zwecke der ursprünglichen Offenbarung wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Merkmale, wie sie sich aus der vorliegenden Beschreibung, den Zeichnungen und den abhängigen Ansprüchen für einen Fachmann erschließen, auch wenn sie konkret nur im Zusammenhang mit bestimmten weiteren Merkmalen beschrieben wurden, sowohl einzeln als auch in beliebigen Zusammenstellungen mit anderen der hier offenbarten Merkmale oder Merkmalsgruppen kombinierbar sind, soweit dies nicht ausdrücklich ausgeschlossen wurde oder technische Gegebenheiten derartige Kombinationen unmöglich oder sinnlos machen. Auf die umfassende, explizite Darstellung sämtlicher denkbarer Merkmalskombinationen und die Betonung der Unabhängigkeit der einzelnen Merkmale voneinander wird hier nur der Kürze und der Lesbarkeit der Beschreibung wegen verzichtet.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2006/121477 A2 [0024]
- WO 2006/121477 A2 [0038]

### Patentansprüche

1. Schafffräser für warmfeste Superlegierungen (HRSA) mit einem Schaft (1) und einem Schneidkopf (2), die eine gemeinsame Rotationsachse (10) aufweisen, wobei der Schaft einen Verbindungsabschnitt (3) für die Verbindung mit dem Schneidkopf (2) und einen Kupplungsabschnitt (4) für die Verbindung mit einem Werkzeughalter aufweist, wobei der Schneidkopf (2) aus einem massiven Keramikeil mit einer rotationssymmetrischen Einhüllenden besteht, das mit einer Stirnfläche des Verbindungsabschnittes (3) stumpf verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kupplungsabschnitt (4) einen konischen Zapfen (5) mit Außengewinde (6) aufweist.

2. Schafffräser nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergang vom Kupplungsabschnitt (5) zum Schaft durch eine zur Rotationsachse (10) senkrechte Anlagefläche (7) gebildet wird.

3. Schafffräser nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kupplungsabschnitt (4) zwischen der Anlagefläche (7) und dem Gewinde (6) auf dem konischen Zapfen (5) einen rotationssymmetrischen (zylindrischen oder konischen) Führungsabschnitt (8) aufweist dessen minimaler Radius größer ist als der maximale Radius des konischen Gewindes (6).

4. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das konische Gewinde (6) einen teilzylindrischen oder trapezförmigen Querschnitt aufweist.

5. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis der axialen Länge (L) des Schneidkopfes (4) zu seinem Durchmesser (D) kleiner als 1, vorzugsweise kleiner als 0,6, insbesondere kleiner als 0,5 ist.

6. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Schneidkopf eingeschlossene Spannuten bis in den Schaftabschnitt hinein verlängert sind.

7. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidkopf aus einer SiAlON-Keramik oder aus SiN oder einer durch Whisker verstärkten Keramik besteht.

8. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidkopf in der Seitenansicht ein im Wesentlichen rechtwinkliges Profil mit abgerundeten Schneidecken hat.

9. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die stumpfe Verbindung zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt Hartlot verwendet wird, vorzugsweise ein

Hartlot, welches eine Zusammensetzung mit mindestens 55 % Silber, mindestens 25 % Kupfer sowie mindestens 1% Titan aufweist.

10. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Verbindung zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt ein Hartlot mit einer Zusammensetzung mit Höchstens 60 % Silber höchstens 30 % Kupfer sowie höchstens 2% Titan verwendet wird.

11. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hartlot ein integriertes Flussmittel aufweist.

12. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Verbindung zwischen Schneidkopf und Verbindungsabschnitt ein Klebmittel verwendet wird.

13. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schneidkopf mindestens eine bis zur Rotationsachse reichende Stirnschneide aufweist.

14. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drallwinkel der Spannuten des Schneidkopfes zwischen 0 und 50° liegt und bevorzugt mindestens 35 ° und höchstens 45 ° beträgt.

15. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spannuten des Schneidkopfes einen in etwa dreieckigen Querschnitt haben.

16. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tiefe der Spannuten von der Spitze des Fräasers zum Schaft hin kontinuierlich abnimmt.

17. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der Fräserstirnseite zusätzliche Ausspitzungen in den Grund der Spannuten bzw. den Fräserkern eingeschleift sind.

18. Schafffräser nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schaft mindestens eine Kühlmittelbohrung vorgesehen ist, die in einem sich in den Verbindungsabschnitt erstreckenden Abschnitt mindestens einer Spannut mündet.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

