

(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
15. Februar 2018 (15.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/029147 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/069952

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. August 2017 (07.08.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 114 938.1
11. August 2016 (11.08.2016) DE

(71) Anmelder: **KENNAME TAL INC.** [US/US]; 1600
Technology Way, Latrobe, Pennsylvania 15650 (US).
ELB-SCHLIFF WERKZEUGMASCHINEN GMBH

[DE/DE]; Edmund-Land-Straße 27, 64832 Babenhausen (DE).

(72) Erfinder: **HOBOHM, Uwe**; Azaleenstraße 6, 90530 Wendelstein (DE). **PENKERT, Werner**; Am Wiesengrund 6, 90596 Schwanstetten (DE). **STANIK, Markus**; Am Funkhaus 18, 63743 Aschaffenburg (DE). **GROENING, Holger**; Muenchener Str. 29, 60329 Frankfurt (DE).

(74) Anwalt: **PRINZ & PARTNER MBB PATENT- UND RECHTSANWÄLTE**; Rundfunkplatz 2, 80335 München (DE).

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

(54) Title: METHOD FOR MACHINING WORKPIECES BY MEANS OF A SANDING MACHINE AND SANDING MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SPANENDEN BEARBEITEN VON WERKSTUECKEN MITTELS EINER SCHLEIFMASCHINE SOWIE SCHLEIFMASCHINE

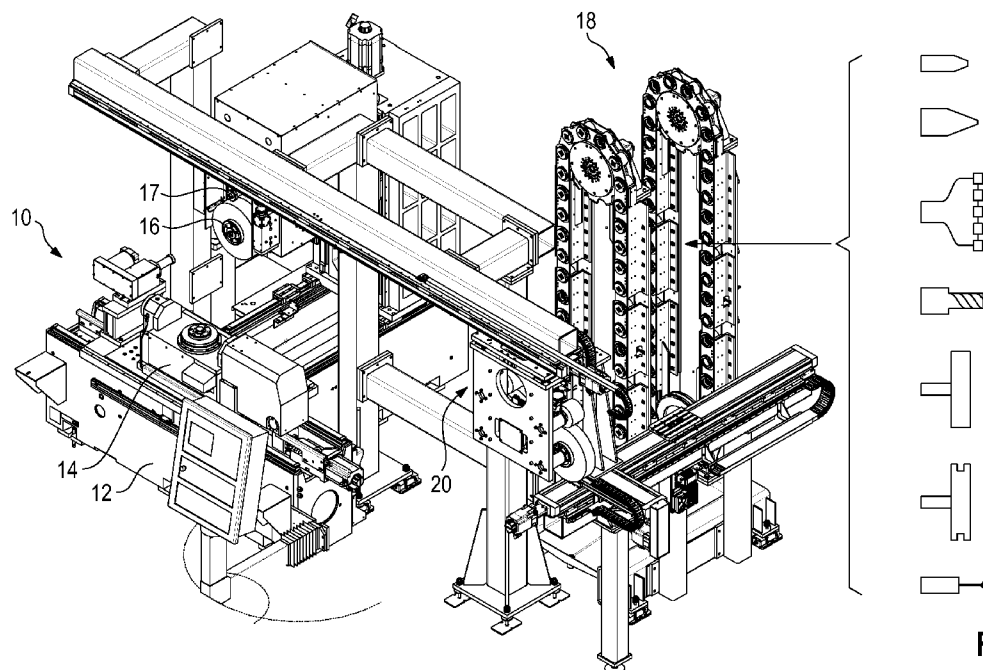


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for machining workpieces using a sanding machine (10), comprising a clamping device (32) for clamping a workpiece to be machined and at least one workpiece spindle (16) in which a machining tool can be clamped. Said method comprises the following steps: a blank (30) which is to be machined is clamped in the clamping device (32), at least one roughing operation is carried out by a milling cutter applied to the workpiece spindle (16) in which the blank material is removed up to a machining allowance. In the same blank set-up, high precision machining is carried out by an abrasive disk applied to the workpiece spindle (16). The invention also relates to a sanding machine for carrying out the method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanenden Bearbeiten von Werkstücken mittels einer Schleifma-

WO 2018/029147 A2

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:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

schine (10), die eine Spannvorrichtung (32) zum Einspannen eines zu bearbeitenden Werkstücks aufweist sowie mindestens eine Werkzeugspindel (16), in der ein Bearbeitungswerkzeug eingespannt werden kann, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind: - ein zu bearbeitender Rohling (30) wird in der Spannvorrichtung (32) eingespannt, - mittels eines an der Werkzeugspindel (16) angebrachten Fräasers wird mindestens eine Schruppbearbeitung durchgeführt, bei der das Material des Rohlings bis auf ein Aufmaß abgetragen wird, - mittels einer an der Werkzeugspindel (16) angebrachten Schleifscheibe wird in derselben Aufspannung des Rohlings eine Hochpräzisionsbearbeitung durchgeführt. Es ist auch eine Schleifmaschine zur Durchführung des Verfahrens vorgesehen.

Verfahren zum spanenden Bearbeiten von Werkstücken mittels einer Schleifmaschine sowie Schleifmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanenden Bearbeiten von Werkstücken mittels einer Schleifmaschine sowie eine Schleifmaschine zur
5 Durchführung des Verfahrens.

Es ist im Stand der Technik bekannt, dass Werkstücke, deren Oberflächengeometrie hochpräzise sein soll, also sehr enge Toleranzvorgaben erfüllt, mittels einer Schleifscheibe bearbeitet werden. Mit der Schleifscheibe wird ein Aufmaß abgetragen, das nach einer vorhergehenden Bearbeitung verblieben
10 ist.

Am Beispiel der Herstellung von Turbinenschaufeln wird dies nachfolgend ausführlicher erläutert. Turbinenschaufeln werden häufig aus dem Vollen gefräst, also aus einem Rohling, der meist eine blockartige Form hat. In einem ersten Schritt wird der Rohling in einer Fräsmaschine eingespannt und dort so weit
15 zerspannt, bis das Material des Rohlings bis auf ein Aufmaß abgetragen ist. Anschließend wird der Rohling aus der Fräsmaschine entnommen, zu einer Schleifmaschine transportiert und dort eingespannt, sodass eine Hochpräzisionsbearbeitung mittels einer Schleifscheibe (oder auch mittels mehrerer Schleifscheiben) durchgeführt werden kann.

Nachteilig hierbei ist, dass mit der Fräsmaschine und der Schleifmaschine zwei Maschinen zur spanenden Bearbeitung vorgehalten werden müssen. Nachteilig ist auch der Aufwand für den Transport des Rohlings von der Fräsmaschine zur Schleifmaschine. Hinzu kommt der logistische Aufwand, den Rohling unter Umständen zwischenlagern zu müssen, wenn die Schleifmaschine
20 gerade nicht verfügbar ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur effizienteren spanenden Bearbeitung von Werkstücken zu schaffen.

Erfindungsgemäß ist hierzu ein Verfahren zum spanenden Bearbeiten von Werkstücken mittels einer Schleifmaschine vorgesehen, die eine Spannvorrichtung zum Einspannen eines zu bearbeitenden Werkstücks aufweist sowie mindestens eine Werkzeugspindel, in der ein Bearbeitungswerkzeug eingespannt werden kann, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind: Ein zu bearbeitender Rohling wird in der Spannvorrichtung eingespannt. Mittels eines an der Werkzeugspindel angebrachten Fräasers wird mindestens eine Schruppbearbeitung durchgeführt, bei der das Material des Rohlings bis auf ein Aufmaß abgetragen wird. Dann wird mittels einer an der Werkzeugspindel angebrachten Schleifscheibe in derselben Aufspannung des Rohlings eine Hochpräzisionsbearbeitung durchgeführt. Erfindungsgemäß ist auch eine Schleifmaschine zur Durchführung dieses Verfahrens vorgesehen, mit einem Werkzeugwechsler, in dem mindestens ein Fräser für eine Schruppbearbeitung und eine Schleifscheibe für eine Hochpräzisionsbearbeitung vorgehalten sind.

Mit der Erfindung wird das in der Fachwelt fest verankerte Vorurteil überwunden, dass für die Schruppbearbeitung und die Hochpräzisionsbearbeitung unterschiedliche Maschinen erforderlich sind. Maßgebend für die Überwindung dieses Vorurteils ist die Erkenntnis, dass eine Schleifmaschine zwar nur bedingt zum Fräsen geeignet ist und dass tatsächlich bessere Ergebnisse auf einer Fräsmaschine erzielt werden könnten, diese Defizite aber hingenommen werden können, da auf der Schleifmaschine mit dem Fräs Werkzeug lediglich eine Schruppbearbeitung erfolgt. Die Schleifmaschine ist meist aufgrund ihrer Ausrichtung für die Hochpräzisionsbearbeitung nicht optimal dafür geeignet, sehr große Schruppbearbeitungen durchzuführen. Deshalb kann die Zerspanungsleistung der Schleifmaschine etwas hinter der der Fräsmaschine zurückbleiben. Fall notwendig, kann auch das Schruppaufmaß gegenüber demjenigen reduziert werden, das bei einer Fräsmaschine verwendet würde. Dennoch ergibt sich eine erhebliche Effizienzsteigerung, da zwischen der Schruppbearbeitung und der Hochpräzisionsbearbeitung der Rohling nicht umgespannt werden muss. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, dass keine Fräsmaschine vorgehalten werden muss.

In an sich bekannter Weise kann im Bereich des Kontakts zwischen Werkzeug und Rohling ein Medium zugeführt werden, um das Zerspanungswerkzeug zu kühlen und/oder die Spanabfuhr zu unterstützen.

Hierbei ist es vorteilhaft, wenn bei der Schruppbearbeitung eine Kühlemulsion oder ein gasförmiges Medium zugeführt wird, wobei das gasförmige Medium vorzugsweise vorgekühlt ist. Hierdurch kann das Werkzeug besser gekühlt werden.

- 5 Als gasförmiges Medium kann Luft oder auch Kohlendioxid verwendet werden.

Wenn die Hochpräzisionsbearbeitung durchgeführt wird, kann als Kühlmedium eine Kühlemulsion oder Öl zugeführt werden.

- 10 Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders effizient, wenn es sich bei dem herzustellenden Werkstück um eine Turbinenschaufel handelt. Diese werden üblicherweise aus Materialien hergestellt, die sehr schlecht zerspannt werden können, insbesondere wenn ein Fräser verwendet wird.

- 15 Das erfindungsgemäße Verfahren bietet eine besondere Steigerung der Wirtschaftlichkeit, wenn der Rohling aus einer Nickel-Basis-Legierung besteht oder aus einer γ -TiAl-Legierung. Diese Materialien mussten bisher immer in verschiedenen, räumlich voneinander getrennten Arbeitsschritten bearbeitet werden oder, falls dies vermieden werden sollte, vollständig mittels einer Schleifscheibe zerspannt werden, was jedoch zu extrem langen Prozesszeiten führte. Weiterhin existieren gerade an Turbinenschaufeln Bereiche wie Taschen
20 oder sehr kleine Nuten, die nicht optimal durch Schleifen hergestellt werden können.

- Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Werkzeugspindel mit einer Geschwindigkeit von bis zu 24.000 Umdrehungen je Minute angetrieben wird. Dies führt zu einer hohen Zerspanungsleistung, insbesondere bei der
25 Schruppbearbeitung. Weiterhin verfügen die verwendeten Werkzeugspindeln über ein hohes Drehmoment.

- Vorzugsweise ist der Fräser mit Keramik-Schneidplatten bestückt. Auf diese Weise lässt sich mit einem Vorschub arbeiten, der auch bei Materialien wie einer Nickel-Basis-Legierung oder bei γ -Titanaluminiden zu einer sehr hohen
30 Zerspanungsleistung führt.

Der Werkzeugwechsler wird vorzugsweise auch dafür verwendet, über ein Fräswerkzeug (oder mehrere Fräswerkzeuge) und eine Schleifscheibe (oder mehrere Schleifscheiben) hinaus auch andere Werkzeuge bereitzustellen, beispielsweise mindestens eine Abrichtrolle für die Schleifscheibe(n),
5 unterschiedliche Kühlmitteldüsen für die unterschiedlichen Kühlmedien, mindestens ein Drehwerkzeug oder mindestens einen Messtaster. Dies ermöglicht es, automatisch je nach Bedarf unterschiedliche Werkzeuge einzuwechseln und dadurch kurze Prozesszeiten zu erzielen und weitere Operationen durchzuführen. Gerade der Einsatz eines Messtasters ermöglicht
10 es, das erfindungsgemäße Konzept einer Komplettbearbeitung in einer Maschine optimal umzusetzen, da dann nach jedem Bearbeitungsschritt das Ergebnis kontrolliert und ggf. korrigiert werden kann.

Vorzugsweise weist die Schleifmaschine ein Maschinenbett mit Abfuhrflächen für Späne auf. Dieser Aspekt ist für einen effizienten Arbeitsablauf wichtig, da bei
15 der Schrubbearbeitung Späne mit Abmessungen entstehen können, wie sie ansonsten bei Schleifmaschinen nicht auftreten.

Die Abfuhrflächen können durch Strukturwände des Maschinenbetts gebildet sein, die mit einer Neigung von mindestens 45° zu einer horizontalen Ebene angeordnet sind. Dadurch rutschen die Späne von allein in beispielsweise eine
20 Auffangwanne. Die Abfuhrflächen können auch durch Abdeckbleche gebildet sein, die mit einer Neigung von mindestens 45° zu einer horizontalen Ebene angeordnet sind. Solche Abdeckbleche können mit geringem Aufwand an bereits bestehenden Schleifmaschinen nachgerüstet werden.

Um die Spanabfuhr zu unterstützen, können auch Spüldüsen vorhanden sein, mit denen ein Spülstrom auf die Abfuhrflächen aufgebracht werden kann. Für den
25 Spülstrom kann dasselbe Medium verwendet werden, das auch zum Kühlen des Werkzeugs bei der spanenden Bearbeitung verwendet wird.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Maschinenbett mit einer Kühlvorrichtung versehen. Dies ermöglicht es, die Wärmemengen abzuführen,
30 die bei der Schrubbearbeitung entstehen. Mit der Kühlvorrichtung kann gewährleistet sein, dass es nicht zu unerwünschten Wärmedehnungen im Maschinenbett kommt.

Die Werkzeugspindel kann, damit die Werkzeuge schnell gewechselt werden können, mit einer HSK-Schnittstelle versehen sein. Mit dieser können die gewünschten Spannkraften aufgebracht werden, während gleichzeitig die Anforderungen an den Planlauf erfüllt werden.

- 5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung sind an der Schleifmaschine zwei Werkzeugspindeln vorgesehen. Diese können unterschiedlichen Bearbeitungsvorgängen und/oder unterschiedlichen Werkzeugen zugeordnet sein.

- 10 Im Hinblick auf kurze Prozesszeiten ist es vorteilhaft, wenn die Vorschubkraft für das verwendete Werkzeug mindestens 4.000 N beträgt, die Achsbeschleunigung mindestens 0,3 g beträgt, die Achsgeschwindigkeit mindestens 40m/min in allen Linearachsen beträgt und/oder die Antriebsleistung der Werkzeugspindel mindestens 25 kW beträgt. Mit diesen Werten lassen sich die Anforderungen sowohl für eine Fräs-Schruppbearbeitung als auch für eine
15 Schleif-Hochpräzisionsbearbeitung in optimaler Weise erfüllen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Ausführungsform beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist. In diesen zeigen:

- Figur 1 schematisch eine erfindungsgemäße Schleifmaschine, auf der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann; und
- 20 - Figur 2 schematisch Details der Schleifmaschine von Figur 1.

In Figur 1 ist eine Schleifmaschine 10 gezeigt, die ein Maschinenbett 12, einen mehrachsig verstellbaren Bearbeitungstisch 14 und eine ebenfalls mehrachsig verstellbare Werkzeugspindel 16 aufweist.

- 25 Weiterhin ist eine Abrichtrolle 17 zu sehen. Diese ist direkt über der Werkzeugspindel 16 angebracht. Um die Genauigkeit der Bearbeitung zu steigern, kann auch eine Abrichtrolle 17 auf dem Bearbeitungstische 14 angebracht sein.

- 30 Die Werkzeugspindel 16 ist mit einer Schnittstelle versehen, beispielsweise einer HSK-Schnittstelle, sodass an ihr verschiedene Werkzeuge angebracht werden können.

Diese Werkzeuge sind in einem hier schematisch dargestellten Werkzeugwechsler 18 vorgehalten und können dort mittels einer schematisch angedeuteten Greifvorrichtung 20 entnommen und an der Werkzeugspindel 16 angebracht werden.

- 5 In Figur 1 sind schematisch verschiedene Beispiele für solche Werkzeuge dargestellt. Von oben nach unten sind hier angedeutet: Eine Düse für ein erstes Kühlmedium, eine Düse für ein zweites Kühlmedium, ein mit Keramik-Wendeschnidplatten bestückter Fräskopf, ein Fingerfräser, eine erste Schleifscheibe, eine zweite Schleifscheibe sowie ein Messtaster.
- 10 Der Bearbeitungstisch 14 und die Werkzeugspindel 16 sind relativ zueinander mehrachsrig so verfahrbar, dass beliebige Konturen an einem herzustellenden Werkstück bearbeitet werden können. Ein Beispiel eines solchen Werkstücks ist eine Turbinenschaufel, wie sie in Verdichtern und Turbinen von Flugzeugtriebwerken, Industriegasturbinen oder Ähnlichem eingesetzt werden.
- 15 Die zum Verstellen des Bearbeitungstisches 14 und der Werkzeugspindel 16 nötigen Antriebe sind hier nicht dargestellt, da sie grundsätzlich allgemein bekannt sind und für das Verständnis der Erfindung nicht erforderlich sind. Relevant im Rahmen der Erfindung ist jedoch, dass die Antriebe insgesamt vergleichsweise leistungsfähig sind. So wird für die Antriebsspindel eine
- 20 Antriebsleistung von mindestens 25 kW vorgesehen, und die Drehzahl der Werkzeugspindel kann 24.000 Umdrehungen sowie unter Umständen auch mehr betragen.

- Wesentliches Kennzeichen der Schleifmaschine 10 ist, dass mit ihr bei der Bearbeitung des Werkstücks nicht nur Schleifbearbeitungen durchgeführt
- 25 werden, sondern auch Schrapp-Arbeitsschritte mit einem Fräser. Wesentlich ist weiterhin, dass die Schrappbearbeitung und eine nachfolgend mit einer oder mehreren Schleifscheiben vorgenommene Hochpräzisionsbearbeitung in derselben Aufspannung des Werkstücks erfolgt. Neben der Schrappbearbeitung werden die Fräser auch dazu genutzt, Geometrien wie Taschen, Bohrungen und
- 30 sehr schmale Nuten zu erzeugen, die durch Schleifen nicht herstellbar sind. Hier wird nicht nur die Schrapp-, sondern auch die Schlichtbearbeitung durch das Fräsen durchgeführt.

Im Hinblick auf die Späne, die bei der Schrubbearbeitung entstehen, sind die relevanten Flächen der Schleifmaschine 10 als Abfuhrflächen ausgebildet, also mit einer Neigung von mindestens 45° relativ zu einer horizontalen Ebene ausgerichtet. Beispielfhaft sind in Figur 2 an den Seiten des Bearbeitungstischs
5 14 zwei Abfuhrflächen 24 zu sehen, und auch am Maschinenbett 12 sind Abfuhrflächen (hier mit dem Bezugszeichen 26 versehen) vorgesehen.

Den Abfuhrflächen 24, 26 können Sprühdüsen zugeordnet sein, mit denen dort trotz der Neigung anhaftende Späne entfernt werden können. Hierfür kann beispielsweise Druckluft verwendet werden. Wenn dagegen Schleifstaub
10 abgeführt werden soll, kann auch eine Kühlemulsion verwendet werden.

In Figur 2 sind auch verschiedene Kühlleitungen 28 angedeutet, die sich durch das Maschinenbett 12 und den Bearbeitungstisch 14 erstrecken. Diese sind Teil einer Kühlvorrichtung, mit der die bei einer Schrubbearbeitung anfallende Wärmemenge abgeführt werden kann.

15 Mit der Schleifmaschine 10 wird ein in Figur 2 schematisch gezeigter Rohling wie folgt bearbeitet:

Der Rohling 30 wird am Bearbeitungstisch 14 fest gespannt. Hierfür ist eine Spannvorrichtung 32 vorgesehen.

Im Hinblick auf ein Ausführungsbeispiel, bei dem eine Turbinenschaufel
20 hergestellt wird, kann davon ausgegangen werden, dass der Rohling 30 aus einer Nickel-Basis-Legierung oder aus γ -TiAl-Legierung besteht.

Als Erstes wird eine Schrubbearbeitung durchgeführt. Hierbei wird der Rohling 30 mittels eines Fräswerkzeugs, das an der Werkzeugspindel 16 angebracht ist, bis auf eine Kontur S zerspant. Diese Kontur S entspricht der
25 späteren Kontur des herzustellenden Werkstücks zuzüglich eines Aufmaßes.

Für die Schrubbearbeitung wird vorzugsweise ein Fräser verwendet, der mit Keramik-Schneidplatten bestückt ist, insbesondere Wendschneidplatten.

Bei der Schrubbearbeitung wird ein geeignetes Kühlmedium zugeführt, beispielsweise Kühlemulsion oder auch ein gasförmiges Medium. Im Falle eines
30 Gasförmigen Mediums (beispielsweise Luft) ist dieses vorzugsweise gekühlt. Bei

der Verwendung von Kohlendioxid entsteht durch die Expansion des Gases an der Werkzeugschneide ein Kühleffekt.

In einem zweiten Arbeitsschritt erfolgt eine Hochpräzisionsbearbeitung durch Schleifen. Hierfür werden an der Werkzeugspindel 16 geeignete Schleifscheiben
5 angebracht, mit denen dann der Rohling 30 bis auf die endgültige Kontur H hochpräzisionsbearbeitet wird.

Bei der Hochpräzisionsbearbeitung kann ein anderes, an die Bearbeitung angepasstes Kühlmedium zugeführt werden, beispielsweise eine Kühlemulsion oder Öl. Es können aber auch Multifunktionsschmierstoffe eingesetzt werden, die
10 sowohl beim Fräsen als auch beim Schleifen verwendet werden können.

Zwischen der Schruppbearbeitung und der Hochpräzisionsbearbeitung wird der Rohling 30 nicht umgespannt. Dies ist vorteilhaft sowohl hinsichtlich der sich ergebenden Präzision bei der Bearbeitung als auch hinsichtlich der Prozesszeiten.

15

Patentansprüche

1. Verfahren zum spanenden Bearbeiten von Werkstücken mittels einer Schleifmaschine (10), die eine Spannvorrichtung (32) zum Einspannen eines zu bearbeitenden Werkstücks aufweist sowie mindestens eine Werkzeugspindel (16), in der ein Bearbeitungswerkzeug eingespannt werden kann, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:
- ein zu bearbeitender Rohling (30) wird in der Spannvorrichtung (32) eingespannt,
 - mittels eines an der Werkzeugspindel (16) angebrachten Fräasers wird mindestens eine Schruppbearbeitung durchgeführt, bei der das Material des Rohlings bis auf ein Aufmaß abgetragen wird,
 - mittels einer an der Werkzeugspindel (16) angebrachten Schleifscheibe wird in derselben Aufspannung des Rohlings eine Hochpräzisionsbearbeitung durchgeführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Bereich des Kontakts zwischen Werkzeug und Rohling ein Medium zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium eine Kühlemulsion oder ein gasförmiges Medium ist, wenn die Schruppbearbeitung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das gasförmige Medium Luft oder Kohlendioxid ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das gasförmige Medium vorgekühlt ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium eine Kühlemulsion oder Öl ist, wenn die Hochpräzisionsbearbeitung durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück eine Turbinenschaufel ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohling aus einer Nickel-Basis-Legierung besteht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohling aus einer γ -TiAl-Legierung besteht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeugspindel (16) mit einer Geschwindigkeit von
5 bis zu 24.000 U/min angetrieben wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines an der Werkzeugspindel (16) angebrachten Fräasers auch eine Schlichtbearbeitung durchgeführt wird.

12. Schleifmaschine (10) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
10 vorhergehenden Ansprüche, mit einem Werkzeugwechsler (18), in dem mindestens ein Fräser für eine Schruppbearbeitung und eine Schleifscheibe für eine Hochpräzisionsbearbeitung vorgehalten sind.

13. Schleifmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Fräser mit Keramik-Schneidplatten bestückt ist.

15 14. Schleifmaschine nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Werkzeugwechsler (18) mindestens eine Abrichtrolle vorgehalten ist.

15. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass im Werkzeugwechsler (18) mindestens eine
20 Kühlmitteldüse vorgehalten ist.

16. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass im Werkzeugwechsler (18) mindestens ein Drehwerkzeug vorgehalten ist.

17. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Werkzeugwechsler (18) mindestens ein Messtaster
25 vorgehalten ist.

18. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Maschinenbett (12) mit Abfuhrflächen (24, 26) für Späne versehen ist.

30 19. Schleifmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Abfuhrflächen (24, 26) durch Strukturwände des Maschinenbetts gebildet ist, die

mit einer Neigung von mindestens 45° zu einer horizontalen Ebene angeordnet sind.

20. Schleifmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Abfuhrflächen (24, 26) durch Abdeckbleche gebildet sind, die mit einer Neigung
5 von mindestens 45° zu einer horizontalen Ebene angeordnet sind.

21. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass Spüldüsen vorhanden sind, mit denen ein Spülstrom auf die Abfuhrflächen aufgebracht werden kann.

22. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch
10 gekennzeichnet, dass das Maschinenbett (12) mit einer Kühlvorrichtung versehen ist.

23. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeugspindel (16) mit einer HSK-Schnittstelle versehen ist.

15 24. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Werkzeugspindeln (16) vorgesehen sind.

25. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorschubkraft mindestens 4000 N beträgt.

26. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 24, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die Achsbeschleunigung mindestens 0,3 g beträgt.

27. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Achsgeschwindigkeit mindestens 40m/min in allen Linearachsen beträgt.

28. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 26, dadurch
25 gekennzeichnet, dass die Antriebsleistung der Werkzeugspindel (16) mindestens 25 kW beträgt.

29. Schleifmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Schleifbreite mindestens 275 mm, die Schleiflänge mindestens 500 mm und der Abstand von der Mitte der Werkzeugspindel (16)
30 zum Tisch (14) mindestens 400 mm beträgt.

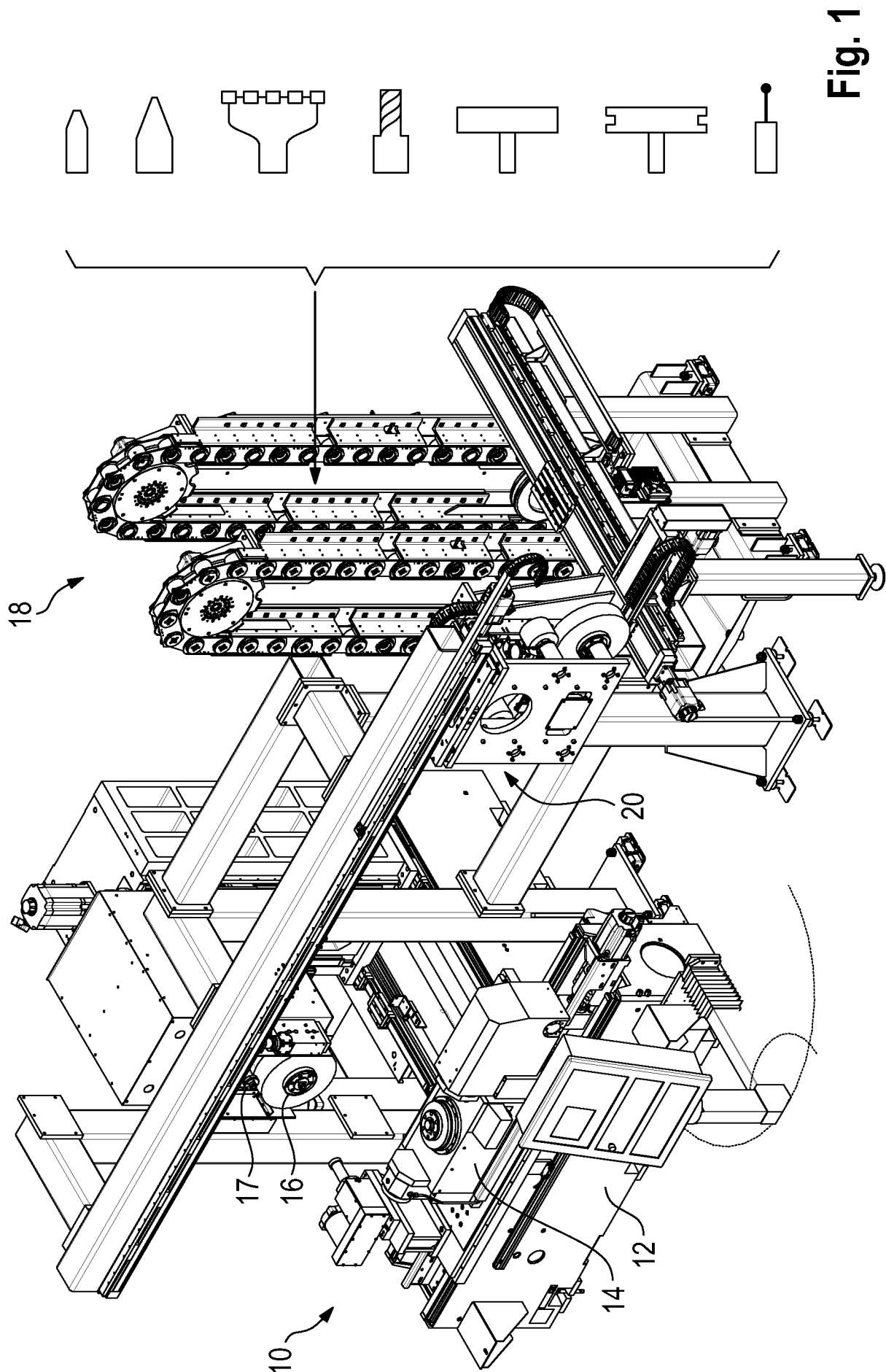


Fig. 1

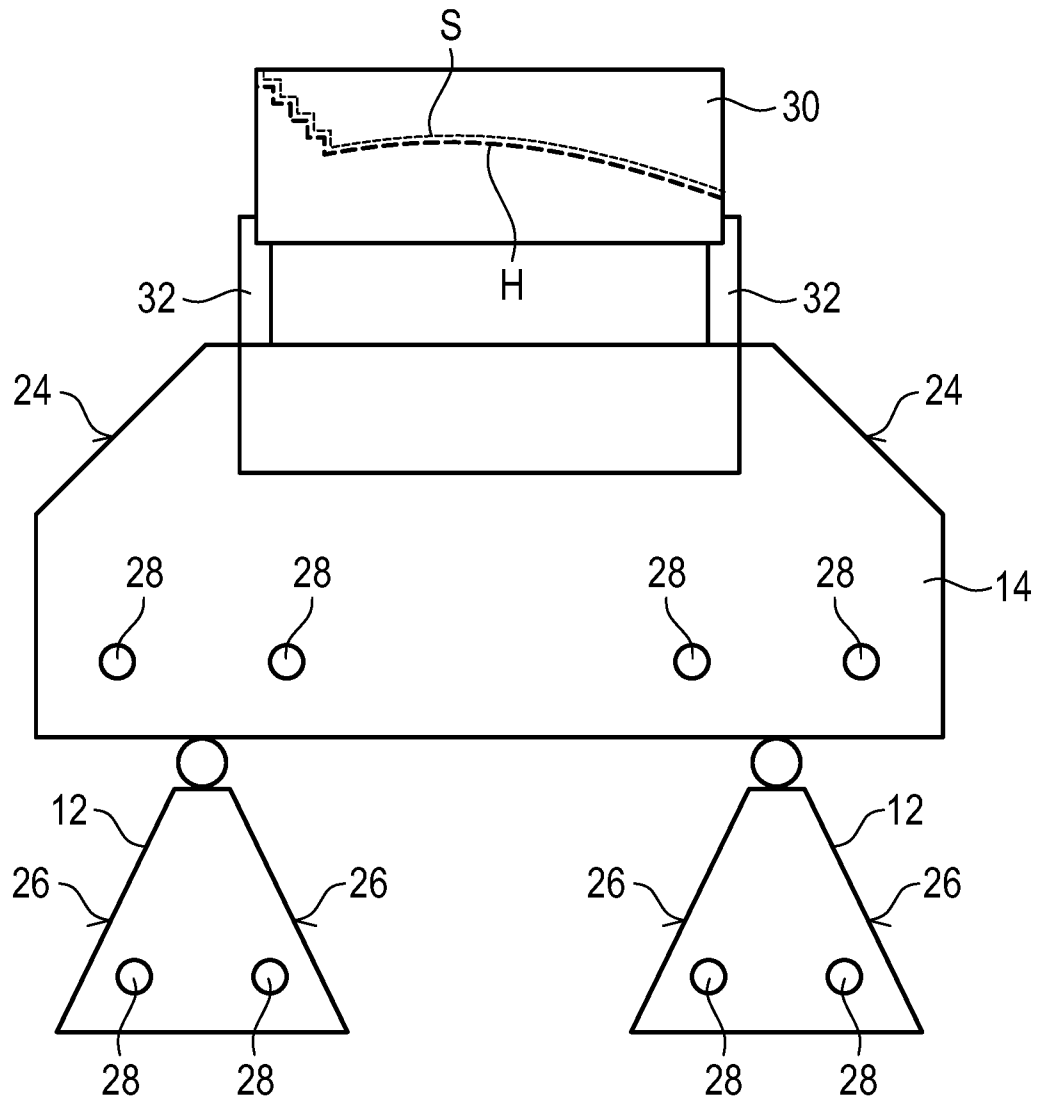


Fig. 2