

(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. April 2021 (15.04.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2021/069390 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*B24B 49/04* (2006.01)      *B24B 53/085* (2006.01)  
*B23F 5/04* (2006.01)      *G01B 11/24* (2006.01)  
*B23F 23/12* (2006.01)      *G01B 5/20* (2006.01)  
*B24B 49/18* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/077886

(22) Internationales Anmeldedatum:  
05. Oktober 2020 (05.10.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 127 521.0  
12. Oktober 2019 (12.10.2019) DE

(71) Anmelder: **KAPP NILES GMBH & CO. KG** [DE/DE];  
Callenberger Straße 52, 96450 Coburg (DE).

(72) Erfinder: **GRINKO, Sergiy**; Wirtsgrund 1a, 96450 Coburg (DE).

(74) Anwalt: **GOSDIN, CARSTENSEN & PARTNER PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT MBB**; Adam-Stegerwald-Strasse 6, 97422 Schweinfurt (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, 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,

(54) Title: METHOD FOR GRINDING A WORKPIECE WITH TOOTHING OR A PROFILE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SCHLEIFEN EINES WERKSTÜCKS MIT EINER VERZÄHNUNG ODER EINEM PROFIL

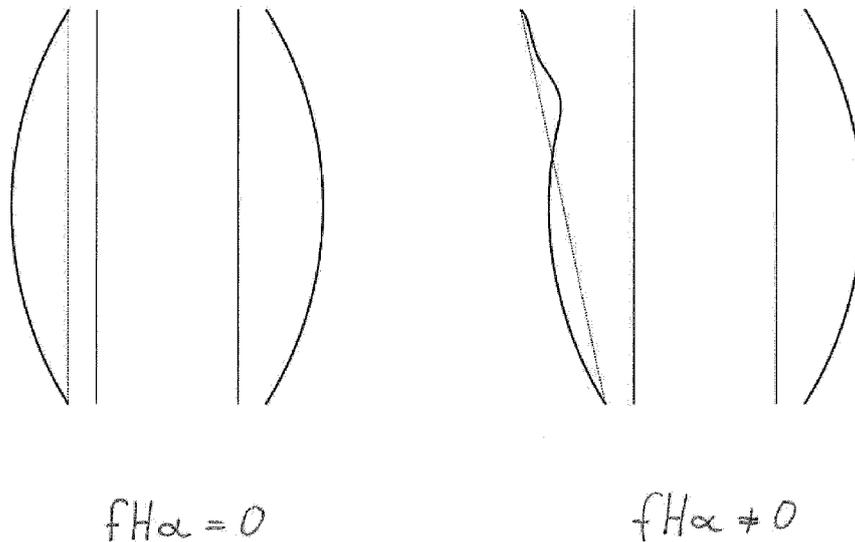


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for grinding a workpiece with tothing or a profile, in which, in a single workpiece clamping operation in the grinding machine, the tothing or the profile is pre-machined using a rough-grinding tool in a first step and then the tothing or the profile is finished using a smooth-grinding tool in a second step. According to the invention, to make the machining more efficient and in particular to define the optimal point in time for a new dressing process, the rough-ground tothing or profile is measured between the first and second steps, wherein a geometric variable defining the tothing or the profile is measured, and the deviation of the measured geometric variable from a setpoint value is determined in the machine controller.



WO 2021/069390 A1

NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,  
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen eines Werkstücks mit einer Verzahnung oder einem Profil, wobei in der Schleifmaschine in einer einzigen Werkstückaufspannung in einem ersten Arbeitsschritt die Verzahnung oder das Profil mit einem Schrupp-Schleifwerkzeug vorbearbeitet wird und anschließend in einem zweiten Arbeitsschritt die Verzahnung oder das Profil mit einem Schlicht-Schleifwerkzeug fertigbearbeitet wird. Um die Bearbeitung effizienter zu machen und insbesondere den optimalen Zeitpunkt für einen neuen Abrichtvorgang zu definieren, sieht die Erfindung vor, dass zwischen dem ersten und dem zweiten Arbeitsschritt die geschruppte Verzahnung oder das geschruppte Profil vermessen wird, wobei eine die Verzahnung oder das Profil bestimmende geometrische Größe gemessen wird, wobei in der Maschinensteuerung die Abweichung der gemessenen geometrischen Größe von einem Sollwert ermittelt wird.

5 **Verfahren zum Schleifen eines Werkstücks mit**  
**einer Verzahnung oder einem Profil**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen eines Werkstücks mit  
einer Verzahnung oder einem Profil, wobei in der Schleifmaschine in einer  
einzigsten Werkstückaufspannung in einem ersten Arbeitsschritt die Ver-  
zahnung oder das Profil mit einem Schrapp-Schleifwerkzeug vorbearbeitet  
wird und anschließend in einem zweiten Arbeitsschritt die Verzahnung oder  
15 das Profil mit einem Schlicht-Schleifwerkzeug fertigbearbeitet wird.

Bei der Herstellung eines Werkstücks, insbesondere mit einer Verzahnung,  
wird festgelegt, wie mit einer bestimmten Anzahl an Bearbeitungshüben,  
Vorschubgeschwindigkeiten und sonstigen Parameter die Verzahnung oder  
20 ein Profil zunächst in einem Schrapp-Prozess vorbearbeitet und anschließend  
in einem Schlicht-Prozess fertigbearbeitet wird. Dieser Prozess wird dann  
beim gesamten Los der zu bearbeitenden Werkstücke beibehalten.

Der Schrapp-Prozess zeichnet sich generell durch eine höhere Zustellung aus,  
25 d. h. durch eine höhere Materialabtragsrate, die auch mit einem höheren  
Werkzeugverschleiß einhergeht. Beim Schlicht-Prozess wird die  
Endoberfläche der Verzahnung bzw. des Profils erzeugt, d. h. die Finish-  
Qualität. Hier wird in der Regel nur noch eine geringe Zustellung gewählt,

woraus eine geringere Materialabtragsrate und auch ein geringerer Werkzeugverschleiß resultieren.

5 Dabei ist zunächst unbekannt und auch nicht weiter beachtlich, wie hoch das jeweilige effektive Aufmaß auf dem Werkstück und insbesondere auf den Zahnflanken der Verzahnung sowie der Rohteilfehler sind. Der kombinierte Schrupp- und anschließende Schlicht-Prozess soll das gesamte Aufmaß zuverlässig abtragen und eine Verzahnung bzw. ein Profil hoher Qualität erzeugen. Der Prozess kann daher nicht berücksichtigen, wie hoch das  
10 jeweilige aktuelle Aufmaß bzw. der Rohteilfehler ist. Abhängig von den Gegebenheiten ergibt sich ein tatsächlicher Verschleiß sowohl am Schrupp-Schleifwerkzeug als auch am Schlicht-Schleifwerkzeug.

15 Abhängig vom tatsächlichen Verschleiß des Schrupp-Schleifwerkzeug ergibt sich eine mehr oder minder hohe Belastung des Schlicht-Schleifwerkzeugs, da dieses das nach dem Schruppen verbliebene Aufmaß entfernen muss. Bekannt ist es dabei, dass beim Schruppen das Werkzeug axial geschiftet werden kann, um Verschleiß des Werkzeugs in gewissem Umfang auszugleichen.

20 Der Erfindung liegt die **A u f g a b e** zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren so weiterzubilden, dass es möglich wird, die Bearbeitung effizienter zu machen und insbesondere den optimalen Zeitpunkt für einen neuen Abrichtvorgang oder für einen Werkzeugwechsel zu definieren. Weiterhin soll es möglich werden, in einfacher Weise eine Aussage über den  
25 Verschleißzustand insbesondere des Schrupp-Schleifwerkzeugs zu gewinnen.

Die **L ö s u n g** dieser Aufgabe durch die Erfindung sieht vor, dass zwischen dem ersten und dem zweiten Arbeitsschritt, also zwischen dem Schruppen und Schlichten, die geschruppte Verzahnung oder das geschruppte Profil

vermessen wird, wobei eine die Verzahnung oder das Profil bestimmende geometrische Größe gemessen wird, wobei in der Maschinensteuerung die Abweichung der gemessenen geometrischen Größe von einem Sollwert ermittelt wird.

5

Die Maschinensteuerung kann dann ein Signal ausgeben, wenn die Abweichung zwischen der gemessenen geometrischen Größe und deren Sollwert über einer vorgegebenen Grenze liegt.

- 10   Zumindest als Schrupp-Schleifwerkzeug, vorzugsweise jedoch als Schrupp- und Schlichtwerkzeug, kann eine abrichtbare Schleifscheibe oder eine abrichtbare Schleifschnecke verwendet werden.

- 15   Dabei kann als Schrupp-Schleifwerkzeug und als Schlicht-Schleifwerkzeug auch ein und dasselbe Werkzeug verwendet werden, wobei unterschiedliche Abschnitte des Werkzeugs für das Schruppen und für das Schlichten vorgesehen sind.

- 20   Die Maschinensteuerung kann automatisch einen Abrichtvorgang für das Schrupp-Schleifwerkzeug veranlassen, wenn die Abweichung zwischen der gemessenen geometrischen Größe und deren Sollwert über einer vorgegebenen Grenze liegt.

- 25   Als relevante gemessene geometrische Größe kommt insbesondere die Zahnweite oder das Kugelmaß der Verzahnung infrage, wobei als Soll-Wert dasjenige Maß zu Grunde gelegt wird, welches idealerweise nach dem Schruppen vorliegen soll.

Die gemessene geometrische Größe kann auch der Profil-Winkelfehler ( $fH\alpha$ ) der Verzahnung sein.

Die Vermessung der geschruppten Verzahnung oder des geschruppten Profils erfolgt dabei bevorzugt mit mindestens einem Sensor. Als Sensor kann ein  
5 optisch wirkender Sensor (insbesondere unter Einsatz eines Lasers), ein taktiler Sensor oder ein induktiv oder kapazitiv wirkender Sensor verwendet werden. Auch Sensoren, die Wirbelströme nutzen, sind generell geeignet.

10 Möglich ist es auch, dass die Vermessung der geschruppten Verzahnung oder des geschruppten Profils mit mindestens zwei Sensoren erfolgt, die in Richtung der Drehachse des Werkstücks versetzt, aber an derselben Umfangsposition des Werkstücks angeordnet sind. Alternativ kann auch  
15 vorgesehen werden, dass die Vermessung mit mindestens zwei Sensoren erfolgt, die in Richtung der Drehachse versetzt und an unterschiedlichen Umfangspositionen des Zahnrades angeordnet sind. Dies kann sich aus Gründen des zur Verfügung stehenden Bauraums als sehr vorteilhaft erweisen. Eine weitere alternative Möglichkeit sieht vor, dass die Vermessung mit einem einzigen Sensor erfolgt, der in Richtung der Drehachse des  
20 Werkstücks beweglich angeordnet ist.

Hiermit kann eine verbesserte Datenbasis gewonnen werden, um noch zuverlässiger auf den Verschleißzustand des Schrupp-Schleifwerkzeugs schließen zu können.

25

Somit wird vorgeschlagen, die zu schleifenden Werkstücke, bevorzugt über die Breite des Zahnrad bzw. der Profilierung, während der Bearbeitung zu vermessen, und zwar nach dem Schruppen und vor dem Schlichten, und

ausgehend von der erfolgten Messung eine Aussage über den Zustand des Schrupp-Schleifwerkzeugs zu treffen.

Für die Charakterisierung des Verschleißes an der Schleifschnecke existieren  
5 bislang keine klaren Definitionen. Nur ausgehend von der schlussendlich  
erreichten Teilequalität kann der Verschleiß indirekt beurteilt bzw. festgestellt  
werden.

Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass die Beanspruchung des  
10 Schleifwerkzeugs, insbesondere der Schleifschnecke, meist beim Schruppen  
stattfindet; hier tritt Verschleiß am stärksten auf. Als Beurteilungskriterium  
wird bevorzugt, wie erwähnt, der Profilformfehler der Verzahnung oder das  
diametrale Kugelmaß bzw. die Zahnweite herangezogen, wofür die  
entsprechenden Soll-Werte nach dem Schruppen zu Grunde gelegt werden.

15

Bei der Zahnweite handelt es sich um den Abstand, den zwei ebene und  
tangential an die Zahnflanken angelegte Messflächen haben, wobei bei der  
Messung eine definierte Anzahl an Zähnen zwischen den Messflächen liegt.  
Mit der Zahnweite kann die Zahndicke der Zähne bestimmt werden. Sie  
20 eignet sich als einfaches Qualitätsprüfungsverfahren für das geschliffene  
Zahnrad.

Das Kugelmaß (bzw. Rollenmaß) ist gleichermaßen eine Bestimmungsgröße  
für die Zahndicke der Verzahnung, wobei Kugeln (oder Rollen) in diametral  
25 gegenüberliegende Zahnlücken der Verzahnung eingefahren werden und der  
Abstand der Kugeln (oder Rollen) bestimmt wird. Demgemäß ist auch dieses  
Maß eine Bestimmungsgröße für die Zahndicke und eignet sich als  
Qualitätsprüfungsverfahren für das geschliffene Zahnrad.

Die Profilwinkel-Abweichung ( $fH\alpha$ ) wird im Allgemeinen durch die Abweichung der Ist-Winkellage der Evolvente einer Zahnflanke zur Soll-Winkellage beschrieben (in der Praxis ist es eigentlich die Abweichung der Winkellage des Flankenprofils, da auf dem hier üblichen Messprotokoll nicht  
5 die Evolvente, sondern nur die Abweichung der Profilmodifikation bezüglich der Soll-Modifikation dargestellt wird). Dabei bleibt die Formabweichung unberücksichtigt.

Nach dem Schlichten sind diese Parameter zur Beurteilung des Schrupp-  
10 Schleifwerkzeugs nicht mehr brauchbar, da durch das Schlichten eine einwandfreie Oberfläche der Verzahnung bzw. des Profils hergestellt ist. Das gilt zumindest solange, wie der Schlicht-Hub in der Lage ist, alle Fehler zu eliminieren, die nach dem Schruppen noch vorliegen.

15 Das vorgeschlagene Konzept stellt also auf eine In-Prozess-Überwachung geometrischer Parameter des zu bearbeitenden Werkstücks ab und ermöglicht eine effektive Verschleißkontrolle des Schrupp-Schleifwerkzeugs. Somit werden eine effiziente Möglichkeit der Überwachung des Schleifprozesses und eine adaptive Kontrolle der Bearbeitung ermöglicht.

20

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch die Darstellung der Profilwinkel-Abweichung ( $fH\alpha$ )  
25 einer Verzahnung, die ordnungsgemäß geschruppt wurde (links), sowie eine Verzahnung, die mit einem bereits verschlissenen Schrupp-Schleifwerkzeug geschliffen wurde (rechts),

- Fig. 2 schematisch die Vermessung eines geometrischen Parameters der Verzahnung eines Zahnrad gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,
- 5 Fig. 3 schematisch die Vermessung eines geometrischen Parameters der Verzahnung eines Zahnrad gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 4 schematisch die Vermessung eines geometrischen Parameters der  
10 Verzahnung eines Zahnrad gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung, und
- Fig. 5 schematisch die Vermessung eines geometrischen Parameters der  
15 Verzahnung eines Zahnrad gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung.

Die Produktivität des Schleifprozesses, insbesondere beim Wälzschleifen einer Verzahnung 2 eines Zahnrad 1 (s. Figur 2), wird im hier bevorzugten Falle des Einsatzes eines abrichtbaren Schleifwerkzeugs in erster Linie durch  
20 das Abrichtintervall bzw. die erreichbare Zahl der Werkstücke zwischen zwei Abricht-Vorgängen bestimmt. Zwischen den Abricht-Vorgängen verschleißt das Schleifwerkzeug vor allem beim Schrappen der Verzahnung.

Eine Schleifschnecke zu vermessen, um deren Verschleiß festzustellen, ist  
25 aufwendig und schwierig. Das vorliegende Konzept stellt darauf ab, dass eine Messung nach dem Schrappen und vor dem Schlichten der Verzahnung in der Schleifmaschine erfolgt, um hierdurch auf den Verschleiß des Schrapp-Schleifwerkzeugs schließen zu können.

Neben der Zahnweite und dem Kugelmaß, welche zu diesem Zweck herangezogen werden können, kommt insbesondere auch der Profil-Winkelfehler  $fH\alpha$  in Betracht. Besagte geometrische Parameter werden also nach dem Schrappen, allerdings vor dem Schlichten gemessen. Das  
5 Werkstück verbleibt hierbei in der Schleifmaschine. Zur Vermessung der genannten geometrischen Parameter ist ein Messsystem in der Maschine vorhanden.

In Figur 2 ist das Messsystem durch den Sensor 3 angedeutet, welches die  
10 Verzahnung 2 des Zahnrad 1 vermisst, wobei das Zahnrad um seine Drehachse a gedreht wird. Hierdurch können die geschruppte Oberfläche der Verzahnung 2 vermessen und insbesondere die genannten geometrischen Parameter ermittelt werden.

15 In Figur 1 ist schematisch angedeutet, wie sich der Profil-Winkel der Verzahnung 2 bei der durchgeführten Messung ergibt. Im linken Teilbild ist in Figur 1 zu sehen, dass der auftretende Profil-Winkelfehler  $fH\alpha$  Null ist, d. h. der Schrapp-Schleifvorgang wurde ordnungsgemäß durchgeführt. Indes ist im rechten Teilbild in Figur 1 zu sehen, dass bei nunmehr bereits  
20 verschlissenem Schrapp-Schleifwerkzeug ein Profil-Winkelfehler  $fH\alpha$  ungleich Null auftritt. Man kann erkennen, dass nach dem Schrappen zu viel Material an der Zahnflanke der Verzahnung im Zahnkopfbereich (oben) verblieben ist; demgemäß ist das Schrapp-Schleifwerkzeug, insbesondere die Schrapp-Schleifschnecke, in entsprechendem Fußbereich verschlissen.

25

Für den Profil-Winkelfehler  $fH\alpha$  kann ein maximaler noch akzeptabler Wert vorgegeben werden, bis zu dem mit dem Schrapp-Schleifwerkzeug weitergearbeitet werden kann. Wird dieser Grenzwert überschritten,

veranlasst die Schleifmaschine automatisch das Abrichten des Schrupp-Schleifwerkzeugs.

Demgemäß wird also für die Serienproduktion der Zahnräder eine in den  
5 Prozess integrierte Fehlergrenze für einen geometrischen Parameter  
festgelegt. Da die Standzeit des Schrupp-Schleifwerkzeugs zumeist  
hinreichend groß ist, kann der Fertigungsprozess so programmiert werden,  
dass nach einer gewissen Anzahl geschliffener Teile besagte Messung  
vorgenommen und dann beurteilt wird, ob die Fehlergrenze schon erreicht ist  
10 oder nicht. Hierdurch kann, abhängig von der gegebenen Situation der  
Vorbearbeitung der zu schleifenden Zahnräder, die Standzeit des Schrupp-  
Werkzeugs optimal ausgenutzt werden. Abgerichtet wird erst, wenn dies  
tatsächlich erforderlich ist. Gleichzeitig wird das Schlicht-Schleifwerkzeug  
bestmöglich vor vorzeitigem Verschleiß geschützt.

15

Ein Abrichten des Schrupp-Schleifwerkzeugs erfolgt also so rechtzeitig, dass  
das Schlicht-Schleifwerkzeug nicht in Gefahr gerät, die verbliebenen Fehler  
aus dem Schrupp-Arbeitsgang nicht mehr beheben zu können.

20 Insofern wäre der ideale anzustrebende Fall, dass das Abrichten des Schrupp-  
Schleifwerkzeugs möglichst genau dann erfolgt, wenn die vorgegebene  
Fehlergrenze genau erreicht wird. Das Potenzial des Schrupp-  
Schleifwerkzeugs würde so bestmöglich ausgenutzt.

25 Durch das vorgeschlagene Vorgehen kann auch ein vorzeitiges Abrichten des  
Schrupp-Schleifwerkzeugs vermieden werden, da festgestellt werden kann,  
dass es noch hinreichend tauglich ist.

Theoretisch möglich wäre es auch, erst nach dem Schlichten die beschriebene Messung vorzunehmen und dann indirekt auf den Verschleiß des Schrapp-Werkzeugs zu schließen. Da allerdings der Schlicht-Prozess insoweit bereits Fehler aus dem Schrapp-Prozess eliminiert hat, wäre ein solches Vorgehen  
5 sehr viel weniger effektiv als der vorgeschlagene Weg.

Während beim Einsatz abrichtfreier Schleifwerkzeuge (z. B. mit CBN belegte Stahlgrundkörper-Werkzeuge) separate Schleifscheiben bzw. Schleif-  
schnecken für das Schrappen und das Schlichten eingesetzt werden, wird im  
10 Falle des Einsatzes von abrichtbaren Schleifwerkzeugen und insbesondere einer Schleifschnecke oft nur eine einzige Schnecke für das Schrappen und das Schlichten verwendet.

Für die Durchführung der erläuterten Messung des geometrischen Parameters  
15 nach dem Schrappen und vor dem Schlichten sind verschiedene Möglichkeiten in den Figuren 2 bis 5 dargestellt.

Im Falle der Figur 2 wird ein Sensor 3 eingesetzt, der die Zahnflanken der geschrappten Verzahnung 2 vermisst. Hier wie für alle anderen erläuterten  
20 Messungen können beliebige Arten von Sensoren eingesetzt werden, insbesondere optischen Sensoren, die unter Einsatz eines Lasers vermessen, und auch taktile Sensoren, die beispielsweise direkt die Zahnweite aufnehmen.

25 Bei der in Figur 3 dargestellten Lösung kommen zwei Sensoren 3 und 4 zum Einsatz, die an zwei axial versetzten Positionen P1 und P2 ihre jeweilige Messung vornehmen. Die beiden Sensoren 3 und 4 befinden sich hier etwa in den beiden axialen Endbereichen der Verzahnung 2 und vermessen hier die geschrappte Oberfläche der Zahnflanken.

Die Signale des Sensors oder der Sensoren werden von der (nicht dargestellten) Maschinensteuerung aufgenommen, die bei Rotation des Werkstücks 1 unter Berücksichtigung der zugehörigen Signale der Sensoren  
5 ermitteln kann, wie die Form der Zahnflanke ist.

Natürlich können auch mehr als zwei Messstellen vorgesehen werden, um eine verbesserte Datenbasis zu gewinnen.

10 In Figur 4 ist zu sehen, das mit mehreren Sensoren, hier mit den drei Sensoren 3, 4 und 5, in Richtung der Drehachse a versetzt und gleichzeitig auch in Umfangsrichtung versetzt die Messung durchgeführt wird. Die drei Sensoren 3, 4, 5 sind nämlich an unterschiedlichen Umfangspositionen U1, U2 und U3 angeordnet. Hierdurch kann insbesondere bei engem Bauraum erreicht  
15 werden, dass dennoch alle benötigten Sensoren platzsparend untergebracht werden können. Dies gilt insbesondere im Falle einer geringen Zahnbreite.

In Figur 5 ist eine Variante zu sehen, bei der in mehreren Ebenen mit nur einem einzigen Sensor 3 eine Messung erfolgen kann. Hierzu wird der Sensor  
20 3 in Richtung des Doppelpfeils axial bewegt und gleichzeitig die gemessenen Signale aufgenommen. Somit wird hier dann ein spiralförmiges Signal aufgenommen, aus welchem die Maschinensteuerung die Oberfläche der Zahnflanke am jeweiligen Ort des Sensors 3 ermitteln kann. Natürlich ist es auch möglich, die Messung bei ortsfestem Sensor durchzuführen und diesen  
25 dann sukzessive zur Vermessung in mehreren Ebenen jeweils axial zu verschieben.

Die Sensoren 3, 4, 5 können entweder separat oder in einem Gehäuse untergebracht werden.

Für alle Messungen gilt, dass die Maschinensteuerung aus der (aktuellen) Position des Sensors bzw. der Sensoren und der Drehlage der Verzahnung 1 ermitteln kann, wo die Oberfläche der vermessenen Zahnflanke liegt, so dass die benötigte Information über die geschruppte Oberfläche gewonnen werden  
5 kann.

Das heißt, ist die relative Positionierung der Sensoren zueinander bekannt, ist es möglich, die Lage der Oberfläche der Zahnflanken durch entsprechende  
10 Umrechnung der Signale der Sensoren unter Berücksichtigung der Geometrie des Zahnrad (insbesondere des Schrägungswinkels bei Schrägverzahnung) zu ermitteln.

**Bezugszeichenliste:**

	1	Werkstück (Zahnrad)
5	2	Verzahnung
	3	Sensor
	4	Sensor
	5	Sensor
10	a	Drehachse des Zahnrads
	P1	erste axiale Position
	P2	erste axiale Position
	U1	erste Umfangsposition
15	U2	zweite Umfangsposition
	U3	dritte Umfangsposition
	fH $\alpha$	Profil-Winkelfehler

5

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zum Schleifen eines Werkstücks (1) mit einer Verzahnung (2) oder einem Profil, wobei in der Schleifmaschine in einer einzigen  
10 Werkstückaufspannung in einem ersten Arbeitsschritt die Verzahnung (2) oder das Profil mit einem Schrupp-Schleifwerkzeug vorbearbeitet wird und anschließend in einem zweiten Arbeitsschritt die Verzahnung (2) oder das Profil mit einem Schlicht-Schleifwerkzeug fertigbearbeitet wird,

15

**dadurch gekennzeichnet, dass**

zwischen dem ersten und dem zweiten Arbeitsschritt die geschruppte  
Verzahnung (2) oder das geschruppte Profil vermessen wird, wobei eine  
20 die Verzahnung (2) oder das Profil bestimmende geometrische Größe gemessen wird, wobei in der Maschinensteuerung die Abweichung der gemessenen geometrischen Größe von einem Sollwert ermittelt wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Maschinensteuerung ein Signal ausgibt, wenn die Abweichung zwischen  
der gemessenen geometrischen Größe und deren Sollwert über einer  
vorgegebenen Grenze liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
5 zumindest als Schrupp-Schleifwerkzeug eine abrichtbare Schleifscheibe  
oder eine abrichtbare Schleifschnecke verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass als Schrupp-Schleifwerkzeug und als Schlicht-Schleifwerkzeug ein  
und dasselbe Werkzeug verwendet wird, wobei unterschiedliche  
Abschnitte des Werkzeugs für das Schruppen und für das Schlichten  
vorgesehen sind.
- 15
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Maschinensteuerung einen Abrichtvorgang für das Schrupp-  
Schleifwerkzeug veranlasst, wenn die Abweichung zwischen der  
20 gemessenen geometrischen Größe und deren Sollwert über einer  
vorgegebenen Grenze liegt.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass die gemessene geometrische Größe die Zahnweite oder das  
Kugelmaß der Verzahnung ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessene geometrische Größe der Profil-Winkelfehler ( $fH\alpha$ ) der Verzahnung (2) ist.

5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung der geschruppten Verzahnung (2) oder des geschruppten Profils mit mindestens einem Sensor (3, 4, 5) erfolgt.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass als Sensor (3, 4, 5) ein optisch wirkender Sensor, ein taktiler Sensor oder ein induktiv oder kapazitiv wirkender Sensor verwendet wird.

15

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vermessung der geschruppten Verzahnung (2) oder des geschruppten Profils mit mindestens zwei Sensoren (3, 4, 5) erfolgt, die in Richtung der Drehachse (a) des Werkstücks (1) versetzt angeordnet sind.

25

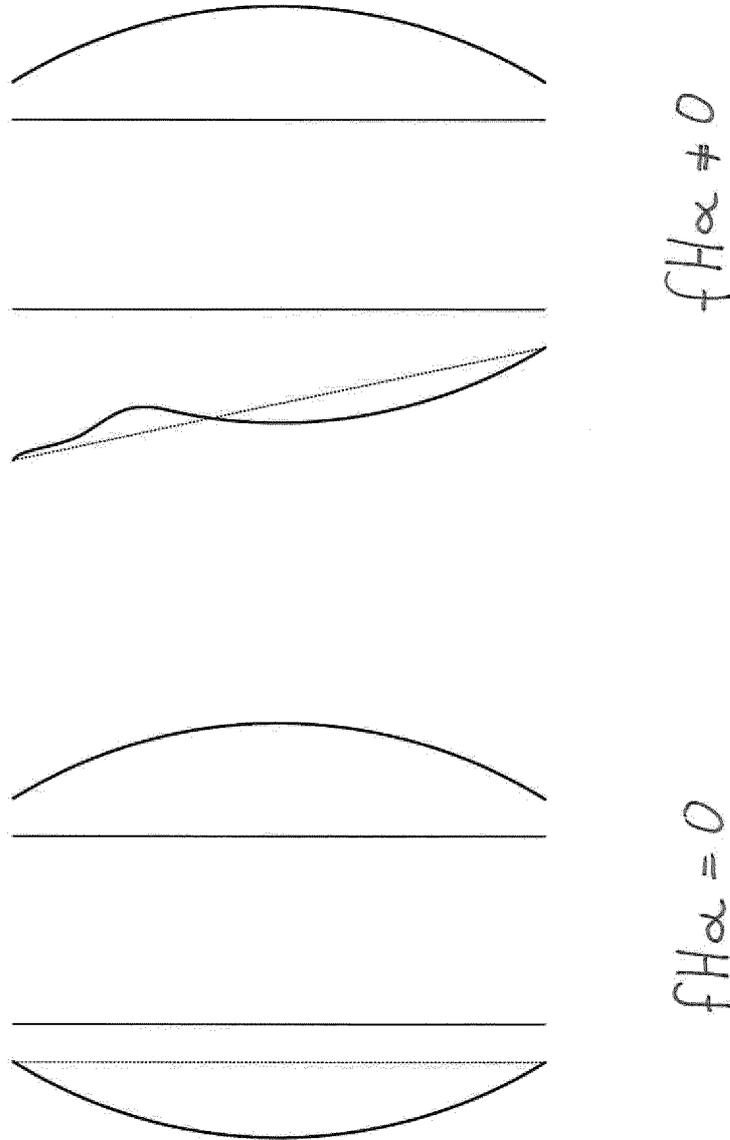
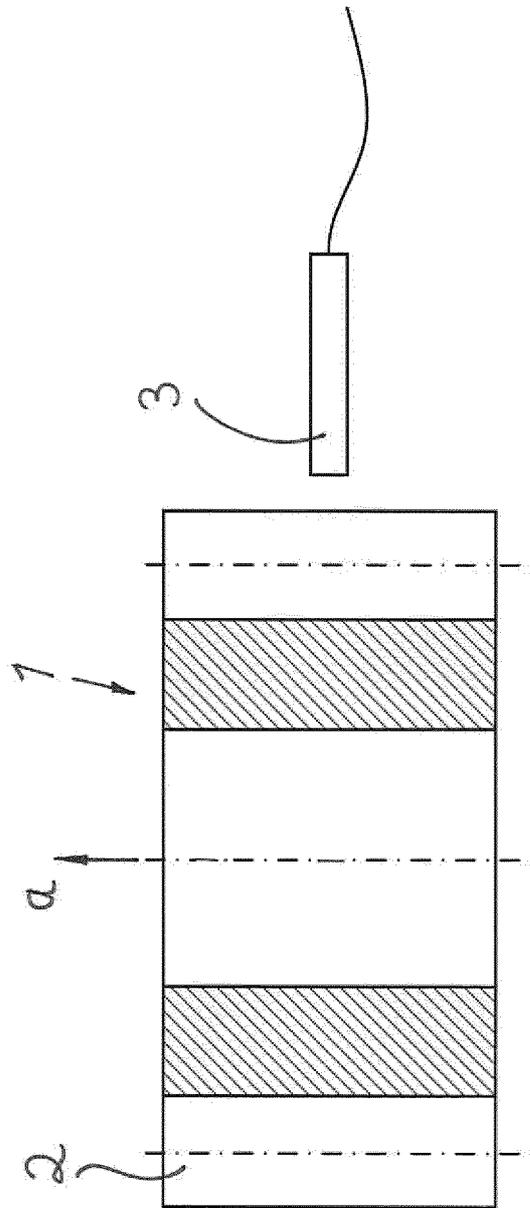


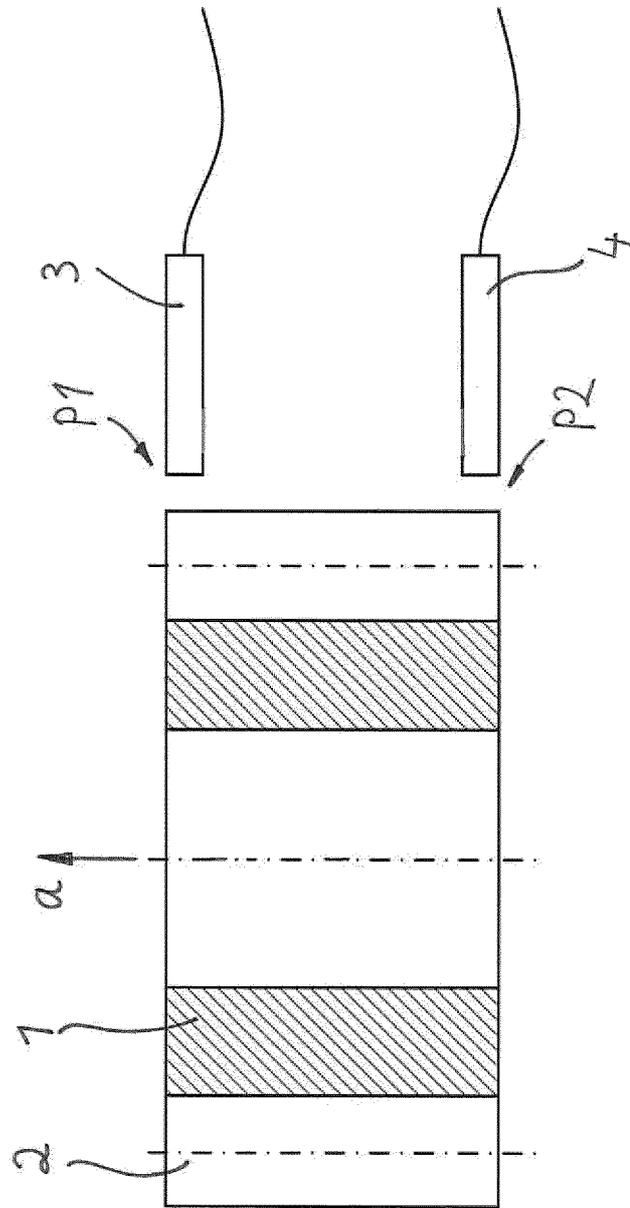
Fig. 1

2/5



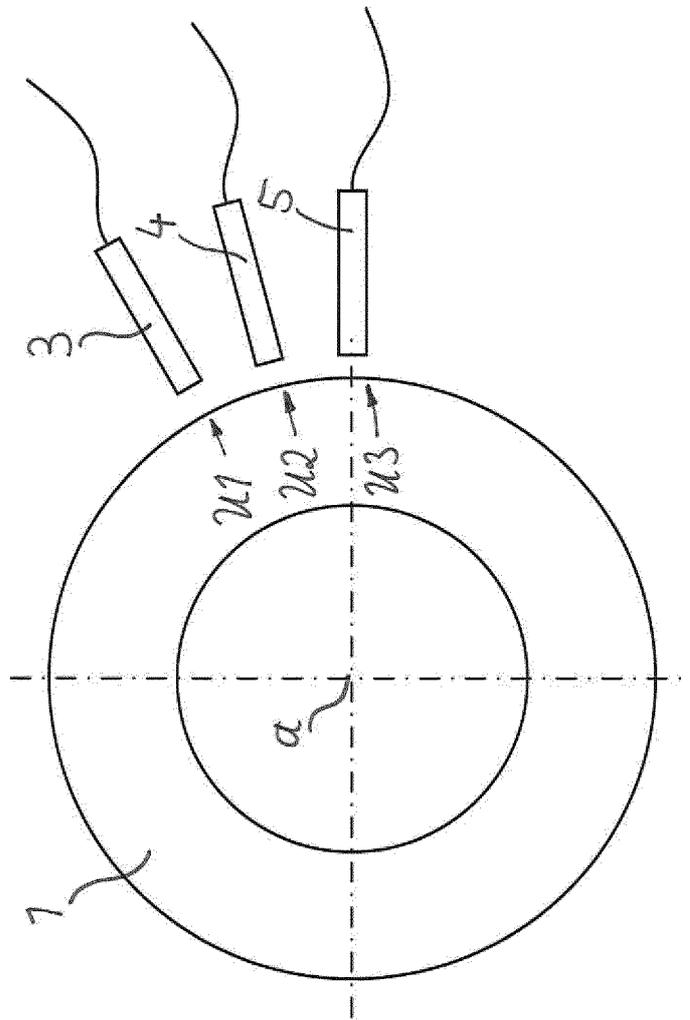
**Fig. 2**

3/5

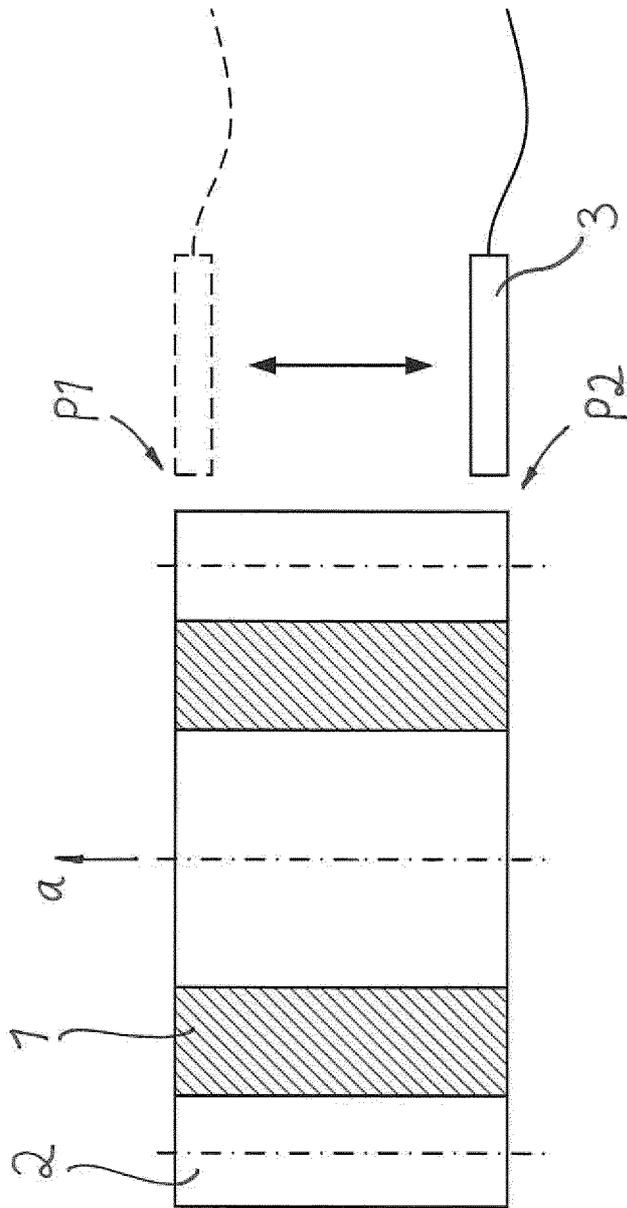


**Fig. 3**

4/5



**Fig. 4**



**Fig. 5**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/077886

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B24B 49/04</i> (2006.01)i; <i>B23F 5/04</i> (2006.01)i; <i>B23F 23/12</i> (2006.01)i; <i>B24B 49/18</i> (2006.01)i; <i>B24B 53/085</i> (2006.01)i; <i>G01B 11/24</i> (2006.01)i; <i>G01B 5/20</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B24B; B24C; B23F; G01B		
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, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	DE 4119871 C (KAPP & CO WERKZ MASCHFAB) 14 May 1992 (1992-05-14) column 3 - column 5 claims 1-4	1-4,6-10 5
X Y	EP 0468385 A2 (FORTUNA WERKE MASCHF AG [DE]) 29 January 1992 (1992-01-29) abstract; claims 1-3; figures 1-4 column 11, lines 25-52	1-4,8-10 5
X	EP 0229596 A2 (MARPOSS SPA [IT]) 22 July 1987 (1987-07-22) column 1, lines 20-30; figure 1 column 2, lines 42-53	1,2,8
A	EP 2149425 A1 (KAPP GMBH [DE]) 03 February 2010 (2010-02-03) paragraph [0016]	4
Y	US 2016175955 A1 (FERRY WILLIAM [CA] ET AL) 23 June 2016 (2016-06-23) paragraph [0071]; claims 1-3	5
Y	US 2009233526 A1 (DEMMLER WILLI [DE] ET AL) 17 September 2009 (2009-09-17) paragraphs [0042] - [0044]	5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>18 December 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>13 January 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Arhire, Irina</b> Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/077886

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 4302353 A1 (KAPP WERKZEUGMASCH [DE]) 19 August 1993 (1993-08-19) claim 1; figure 4	1-10
A	EP 0985493 A2 (WALTER AG [DE]) 15 March 2000 (2000-03-15) the whole document	8-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/077886**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	4119871	C	14 May 1992	-----	
EP	0468385	A2	29 January 1992	DE	4023587 A1 06 February 1992
				EP	0468385 A2 29 January 1992
				JP	H04250965 A 07 September 1992
				US	5251405 A 12 October 1993
EP	0229596	A2	22 July 1987	EP	0229596 A2 22 July 1987
				IT	1187401 B 23 December 1987
				JP	S62188646 A 18 August 1987
				US	4756126 A 12 July 1988
				US	4829717 A 16 May 1989
EP	2149425	A1	03 February 2010	CN	101637878 A 03 February 2010
				DE	102008035525 B3 17 December 2009
				EP	2149425 A1 03 February 2010
				JP	2010030038 A 12 February 2010
				US	2010029183 A1 04 February 2010
US	2016175955	A1	23 June 2016	CA	2902552 A1 17 June 2016
				US	2016175955 A1 23 June 2016
				US	2020223002 A1 16 July 2020
US	2009233526	A1	17 September 2009	BR	PI0900525 A2 17 November 2009
				CN	101513682 A 26 August 2009
				DE	102008010302 A1 27 August 2009
				EP	2093020 A1 26 August 2009
				JP	2009214290 A 24 September 2009
				US	2009233526 A1 17 September 2009
DE	4302353	A1	19 August 1993	NONE	
EP	0985493	A2	15 March 2000	DE	19840801 A1 16 March 2000
				EP	0985493 A2 15 March 2000
				ES	2212430 T3 16 July 2004
				US	6449526 B1 10 September 2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B24B49/04 G01B11/24	B23F5/04 G01B5/20
	B23F23/12	B24B49/18
		B24B53/085
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
B24B B24C B23F G01B		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 41 19 871 C (KAPP & CO WERKZ MASCHFAB) 14. Mai 1992 (1992-05-14)	1-4,6-10
Y	Spalte 3 - Spalte 5 Ansprüche 1-4	5
	-----	
X	EP 0 468 385 A2 (FORTUNA WERKE MASCHF AG [DE]) 29. Januar 1992 (1992-01-29)	1-4,8-10
Y	Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildungen 1-4 Spalte 11, Zeilen 25-52	5
	-----	
X	EP 0 229 596 A2 (MARPOSS SPA [IT]) 22. Juli 1987 (1987-07-22)	1,2,8
	Spalte 1, Zeilen 20-30; Abbildung 1 Spalte 2, Zeilen 42-53	
	-----	
	-/--	
<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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
18. Dezember 2020		13/01/2021
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  Arhire, Irina

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 149 425 A1 (KAPP GMBH [DE]) 3. Februar 2010 (2010-02-03) Absatz [0016] -----	4
Y	US 2016/175955 A1 (FERRY WILLIAM [CA] ET AL) 23. Juni 2016 (2016-06-23) Absatz [0071]; Ansprüche 1-3 -----	5
Y	US 2009/233526 A1 (DEMMLER WILLI [DE] ET AL) 17. September 2009 (2009-09-17) Absätze [0042] - [0044] -----	5
A	DE 43 02 353 A1 (KAPP WERKZEUGMASCH [DE]) 19. August 1993 (1993-08-19) Anspruch 1; Abbildung 4 -----	1-10
A	EP 0 985 493 A2 (WALTER AG [DE]) 15. März 2000 (2000-03-15) das ganze Dokument -----	8-10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/077886

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4119871	C	14-05-1992	-----
EP 0468385	A2	29-01-1992	DE 4023587 A1 06-02-1992
			EP 0468385 A2 29-01-1992
			JP H04250965 A 07-09-1992
			US 5251405 A 12-10-1993
			-----
EP 0229596	A2	22-07-1987	EP 0229596 A2 22-07-1987
			IT 1187401 B 23-12-1987
			JP S62188646 A 18-08-1987
			US 4756126 A 12-07-1988
			US 4829717 A 16-05-1989
			-----
EP 2149425	A1	03-02-2010	CN 101637878 A 03-02-2010
			DE 102008035525 B3 17-12-2009
			EP 2149425 A1 03-02-2010
			JP 2010030038 A 12-02-2010
			US 2010029183 A1 04-02-2010
			-----
US 2016175955	A1	23-06-2016	CA 2902552 A1 17-06-2016
			US 2016175955 A1 23-06-2016
			US 2020223002 A1 16-07-2020
			-----
US 2009233526	A1	17-09-2009	BR PI0900525 A2 17-11-2009
			CN 101513682 A 26-08-2009
			DE 102008010302 A1 27-08-2009
			EP 2093020 A1 26-08-2009
			JP 2009214290 A 24-09-2009
			US 2009233526 A1 17-09-2009
			-----
DE 4302353	A1	19-08-1993	KEINE
			-----
EP 0985493	A2	15-03-2000	DE 19840801 A1 16-03-2000
			EP 0985493 A2 15-03-2000
			ES 2212430 T3 16-07-2004
			US 6449526 B1 10-09-2002
			-----