

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



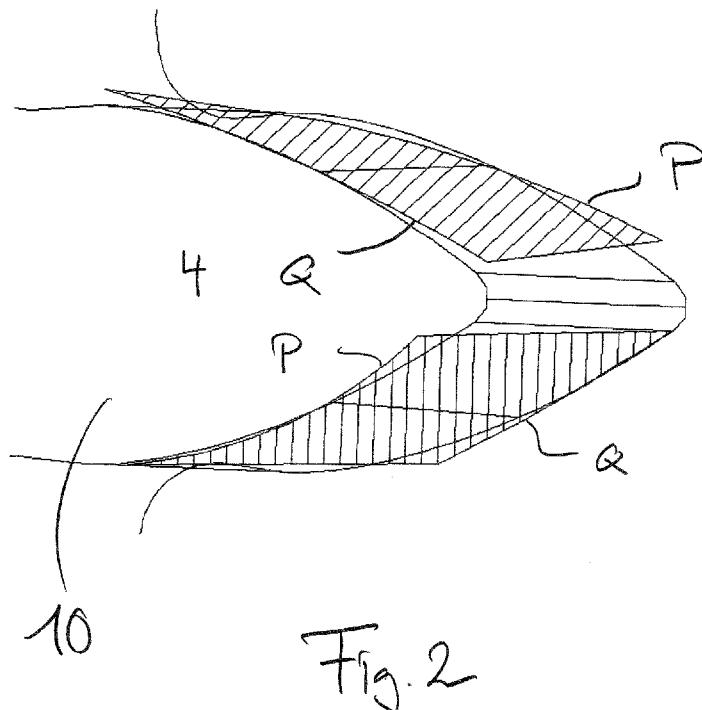
(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. September 2024 (19.09.2024)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/188773 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*B23F 5/20* (2006.01)      *B23F 5/16* (2006.01)  
*B23F 21/12* (2006.01)      *B23F 21/10* (2006.01)
- (71) Anmelder: **GLEASON-PFAUTER MASCHINENFA-BRIK GMBH** [DE/DE]; Daimlerstraße 14, 71636 Ludwigsburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/055908
- (72) Erfinder: **KRESCHEL, Jürgen**; Flauchhalde 7, 71282 Hemmingen (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
06. März 2024 (06.03.2024)
- (74) Anwalt: **LEINWEBER & ZIMMERMANN PATENT-ANWALTS-PARTG MBB**; Viktualienmarkt 8, 80331 München (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (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, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2023 000 941.5  
13. März 2023 (13.03.2023) DE

(54) Title: GEAR PROCESSING BY HOB PEELING, HARD PEELING OR GEAR SHAPING, AND CORRESPONDING GEAR CUTTING MACHINE

(54) Bezeichnung: VERZAHNUNGSBEARBEITUNG DURCH WÄLZSCHÄLEN, HARTSCHÄLEN ODER WÄLZSTOSSEN, UND ENTSPRECHENDES VERZAHNUNGSWERKZEUG



(57) Abstract: The invention relates to a method for generating or processing at least one gear tooth on at least two workpieces by hob peeling, hard peeling or gear shaping, with a toothed tool in the form of a peeling wheel or shaping wheel which on a first end face has a cutting edge along a first tooth flank and along a second tooth flank of a tool tooth, wherein the profile of the cutting edge on the first tooth flank on the first end face is formed asymmetrically with respect to the profile of the cutting edge on the second tooth flank on the first end face, and the gear processing of one of the at least two workpieces is carried out with the cutting edges of the first end face, and cutting edges are likewise formed on the second end face of the tool opposite the first end face and carry out the gear processing of another of the at least two workpieces, wherein on the second end face the profile of the cutting edge on the first tooth

WO 2024/188773 A1

NG, NI, NO, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*  
— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

flank is identical to the profile of the cutting edge on the second tooth flank on the first end face and the profile of the cutting edge on the second tooth flank is identical to the profile of the cutting edge on the first tooth flank on the first end face.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfahrung betrifft ein Verfahren des Erzeugens oder Bearbeitens wenigstens einer Verzahnung an wenigstens zwei Werkstücken durch Wälzschälen, Hartschälen oder Wälzstoßen, mit einem verzahnten Werkzeug in Form eines Schälradls bzw. Stoßrads, welches an einer ersten Stirnseite eine Schneidkante entlang einer ersten und entlang einer zweiten Zahnlippe eines Werkzeugzahns aufweist, wobei das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnlippe an der ersten Stirnseite asymmetrisch zum Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnlippe an der ersten Stirnseite gebildet ist und die Verzahnungsbearbeitung eines der wenigstens zwei Werkstücke mit den Schneidkanten der ersten Stirnseite erfolgt, und dass an der der ersten Stirnseite entgegengesetzten zweiten Stirnseite des Werkzeugs ebenfalls Schneidkanten gebildet sind, mit denen die Verzahnungsbearbeitung eines anderen der wenigstens zwei Werkstücke erfolgt, wobei an der zweiten Stirnseite das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnlippe gleich dem Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnlippe an der ersten Stirnseite und das Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnlippe gleich dem Profil der Schneidkante an der ersten Zahnlippe an der ersten Stirnseite ist.

---

## **VERZAHNUNGSBEARBEITUNG DURCH WÄLZSCHÄLEN, HARTSCHÄLEN ODER WÄLZSTOSSEN, UND ENTSPRECHENDES VERZAHNUNGSWERKZEUG**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren des Erzeugens oder Bearbeitens wenigstens einer Verzahnung an wenigstens zwei Werkstücken durch Wälzschälen, Hartschälen oder Wälzstoßen, mit einem verzahnten Werkzeug in Form eines Schälrad s bzw. Stoßrads, welches an einer ersten Stirnseite eine Schneidkante entlang einer ersten und entlang einer zweiten Zahnflanke eines Werkzeugzahns aufweist,

Alle diese drei Verfahren sind in der Verzahnungstechnik gut bekannt, beim Wälzschälen und Wälzstoßen handelt es sich um Weichbearbeitungsverfahren, beim Hartschälen um eine in der Kinematik des Wälzschälens ausgeführte Hartfeinbearbeitung einer bereits vorverzahnten gehärteten Verzahnung. Zudem sind alle drei Verfahren von Werkzeugen (Stoßrad bzw. Schälrad) mit geometrisch bestimmten Schneiden ausgeführt. Bei der Bearbeitung mehrerer Werkstücke und insbesondere größeren Werkstück-Chargen

von mehr als 40, insbesondere mehr als 100, sogar mehreren hundert Stück nutzen sich die Schneidkanten durch fortlaufende Bearbeitung ab. Um diesem Umstand zu begegnen, werden die Werkzeuge von Zeit zu Zeit nachgeschärft. Beispielsweise ist allgemein bekannt, diese außerhalb der Maschine nachzuschärfen und anschließend erneut zu beschichten. In DE 10 2017 011 978 A1 ist beschrieben, dass und wie ein Nachschärfen auch auf der Verzahnungsmaschine selbst erfolgen kann. In DE 10 2021 108 379 A1 sind Einweg-Wälzschälwerkzeuge angesprochen, die nach Erreichen ihrer Verschleißgrenze nicht mehr weiter eingesetzt werden. Diese sind als Geradverzahnung mit einem symmetrischen Profil ausgebildet, und die Grundform des Werkzeugs ist die einer zylindrischen Scheibe. Auch DE 10 2017 114 088 A1 offenbart symmetrische Werkzeuge. Aus DE 10 2014 008 475 A1 ist bekannt, eine Rückseite eines Schälrads als Werkzeug zum Entfernen von Graten einzusetzen. Aus DE 10 2012 012 617 A1 ist eine Zustellstrategie bekannt, bei der durch Vermeidung überwiegend U-förmiger Späne ein geringerer Werkzeugverschleiß erreicht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren der eingangs genannten Art hinsichtlich einer günstigen Kombination aus Flexibilität hinsichtlich Zustellstrategie und Werkzeuggestaltung, zufriedenstellender Werkzeug-Standzeit sowie hoher Bearbeitungsgenauigkeit zu verbessern.

Diese Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Hinsicht gelöst durch eine Weiterbildung des Verfahrens der eingangs genannten Art, die im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dass das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke an der ersten Stirnseite asymmetrisch zum Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke an der ersten Stirnseite gebildet ist und die Verzahnungsbearbeitung eines der wenigstens zwei Werkstücke mit den Schneidkanten der ersten Stirnseite erfolgt, und dass an der der ersten Stirnseite entgegengesetzten zweiten Stirnseite des Werkzeugs ebenfalls Schneidkanten gebildet sind, mit denen die Verzahnungsbearbeitung eines anderen der wenigstens zwei Werkstücke erfolgt, wobei an der zweiten Stirnseite das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke gleich dem Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke an der ersten Stirnseite und das Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke gleich dem Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke an der ersten Stirnseite ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gelingt zum einen eine vergleichsweise hohe Bearbeitungsgenauigkeit und eine zufriedenstellend einfache Bearbeitung, da minimale sich ansonsten aus der Bearbeitungsposition nachlaufender und einlaufender Flanke ergebende Abweichungen im Bearbeitungsergebnis durch eine Asymmetrie der Schneidkantenprofile

an einer Stirnseite ausgeglichen werden, wohingegen die Werkzeug-Rückseite auch für die Bearbeitung von Werkstücken der Werkstück-Charge genutzt werden kann, ohne aufgrund der Profilasymmetrie neue Bearbeitungs- und Eingriffspositionen berechnen und einstellen zu müssen, und dies unabhängig z.B. vom Schräglungswinkel ( $\beta \geq 0$ ) der Werkzeugverzahnung.

In einer bevorzugten Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass das Vorzeichen des Skalarprodukts der äußeren Normalen auf die erste Stirnseite mit der Werkstückdrehachse bei Verzahnungsbearbeitung des ersten Werkstücks gleich dem Vorzeichen des Skalarprodukts der äußeren Normalen auf die zweite Stirnseite mit der Werkstückdrehachse bei Bearbeitung des zweiten Werkstücks ist. Dies könnte in einer möglichen Variante durch Umspannung des Werkzeugs hinsichtlich seiner Orientierung auf der Werkzeugspindel bewerkstelligt werden. In einer anderen Variante ließe sich dies über Nutzung der Bewegungssachsen einer Verzahnungsmaschine bewerkstelligen. In diesem Zusammenhang wird bevorzugt an Verzahnungsmaschinen gedacht, welche über drei lineare Bewegungssachsen und wenigstens eine Schwenkachse verfügen, wobei die Schwenkbarkeit einer das Werkzeug tragenden Werkzeugspindel über  $180^\circ$  hinausgeht, bevorzugt über  $210^\circ$ , insbesondere über  $240^\circ$ .

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass sich der Grundkreis der Werkzeugverzahnung an dessen linker Flanke von dem an dessen rechter Flanke unterscheidet.

In diesem Zusammenhang ist besonders bevorzugt vorgesehen, dass der Betrag der Grundkreisdurchmesser-Differenz größer ist als 0,03 mm, bevorzugt als 0,04 mm, insbesondere als 0,05 mm, und weiter bevorzugt geringer ist als 0,8 mm, weiter bevorzugt als 0,7 mm, insbesondere als 0,6 mm. Dies liefert besonders genaue Bearbeitungsergebnisse.

Weiter wird es bevorzugt, dass der Grundkreisdurchmesser für die rechte Flanke der Werkzeugverzahnung größer ist als der für die linke Flanke der Werkzeugverzahnung, wenn eine linksschräge Verzahnung erzeugt oder bearbeitet wird, und umgekehrt für die Erzeugung/Bearbeitung einer rechtsschrägen Verzahnung. Bevorzugt wird mit einem Achskreuzwinkel von größer als  $5^\circ$ , insbesondere größer als  $10^\circ$  gearbeitet, und weiter bevorzugt von nicht größer als  $40^\circ$ , insbesondere nicht größer als  $35^\circ$ .

Des Weiteren ist bevorzugt, dass das Normalmodul des Werkzeugs größer ist als 0,4 mm, weiter bevorzugt als 0,6 mm, und insbesondere nicht größer als 4 mm, weiter bevorzugt nicht größer als 3,5 mm. Dies liefert besonders genaue Bearbeitungsergebnisse.

In einer möglichen Gestaltung ist das Werkzeug geradverzahnt. Allerdings lassen sich mit einem derartigen Werkzeug keine geradverzahnten Werkstücke im Wälzschälen erzeugen. In einer ebenfalls bevorzugten Variante ist das Werkzeug daher schrägverzahnt, wobei insbesondere an beiden Stirnseiten ein Treppenschliff vorliegt, und der Spanflächenverlauf in Umfangsrichtung an beiden Stirnseiten im Wesentlichen parallel ist.

Als Material für das Werkzeug kommt beispielsweise ein Hartmetallwerkstoff (HM) zum Einsatz. Daneben wird auch an Varianten mit insbesondere pulvermetallurgisch hergestellten Werkzeugen (Schnellarbeitsstahl HSS, PM-HSS) gedacht.

Zur Materialeinsparung oder zur Vermeidung von Kollisionen mit Störkonturen kann vorgesehen sein, dass die Breite der Werkzeugverzahnung (Werkzeugabmessung axial zur Werkzeugdrehachse) gering ausfällt, etwa geringer als 1,8 cm, insbesondere als 1,5 cm, sogar geringer als 1 cm. Für eine ausreichende Steifigkeit wird es jedoch bevorzugt, dass die Verzahnungsbreite der Werkzeugverzahnung wenigstens 4 mm beträgt. Das Werkzeug kann eine gegenüber seinem Grundwerkstoff verschließfestere Beschichtung aufweisen, diesbezüglich ist DE 10 2017 011 978 A1 durch Bezugnahme eingeschlossen. Das Werkzeug kann als Einwegwerkzeug vorgesehen sein.

Neben einer zylindrischen Grundform für das geradförmige Verzahnungswerkzeug kommt auch eine Doppel-Konusform in Betracht, bei welcher der Außendurchmesser an beiden Stirnseiten gleich ist, sich jedoch in Richtung auf die axiale Werkzeugmitte hin verjüngt (wobei die axiale Werkzeugmitte die Mitte zwischen den beiden Stirnseiten ist).

In der Variante des Wälzstoßens versteht es sich, dass für den Einsatz der zweiten Werkzeugstirnseite eine Aufspannungsänderung erfolgt. Im Falle des Hartschälens wird neben einer zweiflankigen Bearbeitung bevorzugt auch ein Verfahren in Betracht gezogen, bei dem nur eine Flankenseite der Werkstückverzahnung gleichzeitig bearbeitet wird, also im Einflankenverfahren gearbeitet wird. Die Zähne eines hierfür hergerichteten Werkzeuges sind in Umfangsrichtung dünner, um die Kontaktfreiheit an der Gegenflanke sicherzustellen, bei beibehaltener Profilasymmetrie.

In werkzeugtechnischer Hinsicht stellt die Erfindung bereit ein Werkzeug zum Erzeugen oder Bearbeiten wenigstens einer Verzahnung an wenigstens zwei Werkstücken durch Wälzschälen, Hartschälen oder Wälzstoßen, das im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, dass das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke an der ersten Stirnseite asymmetrisch zum Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke an der ersten Stirnseite gebildet ist und dass an der ersten Stirnseite entgegengesetzten zweiten Stirnseite des Werkzeugs ebenfalls Schneidkanten gebildet sind, wobei an der zweiten Stirnseite das Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke gleich dem Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke an der ersten Stirnseite und das Profil der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke gleich dem Profil der Schneidkante an der ersten Zahnflanke an der ersten Stirnseite ist.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Werkzeugs ergeben sich aus der obigen Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches bevorzugt in der Variante des Wälzschälens (Weichbearbeitung) durchgeführt wird.

Ebenfalls stellt die Erfindung bereit ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Werkzeugs. Hierzu ist bevorzugt vorgesehen, dass in einem Verfahrensschritt eine Grundverzahnung an dem Werkzeug erzeugt wird, welches noch ein Aufmaß gegenüber der Werkzeugendgeometrie aufweist, und in einem nachfolgendem Bearbeitungsschritt das asymmetrische Schneidkantenprofil an der einen Stirnseite und das umgekehrte asymmetrische Bearbeitungsprofil an der anderen Stirnseite geformt wird.

Des Weiteren stellt die Erfindung auch eine zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete und gesteuerte Verzahnungsmaschine bereit, wie auch ein entsprechendes Steuerprogramm.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Figuren, von denen

Fig. 1 ein Schälrad in einer perspektivischen Ansicht zeigt,

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung eines Schälradzahns mit schematisch dargestelltem (übertrieben dargestelltem) asymmetrischen Profil zeigt,

Fig. 3 eine Variante einer doppelkonusförmigen Gestaltung zeigt,

Fig. 4 eine Variante mit doppeltem Treppenschliff zeigt, und

Figuren 5A, 5B Bearbeitungseingriffe darstellen.

Das in Fig. 1 dargestellte Schälrad 100 weist radial mittig eine Durchgangsöffnung 3 auf, die in für den Fachmann bekannter Weise für die Aufspannung des Schälrad 100 auf einer nicht dargestellten Werkzeugspindel einer Verzahnungsmaschine genutzt werden kann, und radial außen eine Vielzahl von Zähnen 4. Bei dieser Ausführungsform ist das Schälrad 100 vollverzahnt, d.h. an jeder Teilung sitzt auch ein Zahn 4. In anderen Ausführungsformen könnten Zähne ausgelassen werden, also nicht mehr jede Teilung mit einem Zahn 4 besetzt sein.

Das Schälrad 100 weist an seiner ersten Stirnseite 10 Schneidkanten 11, 12 auf, wobei eine erste Schneidkante 11 an der Kante zwischen der ersten Stirnseite 10 und einer ersten Zahnflanke 5 gebildet ist und eine zweite Zahnkante 12 an der Kante zwischen der ersten Stirnseite 10 und der zweiten Zahnflanke 6 eines Werkzeugzahns 4. An seiner entgegengesetzten zweiten Stirnseite 20 weist das Schälrad 100 ebenfalls Schneidkanten auf, nämlich Schneidkanten 21 und 22. Die Schneidkante 21 ist gebildet an der Kante zwischen der zweiten Stirnseite 20 und der ersten Zahnflanke 5, die andere Zahnkante 22 an der Kante zwischen der zweiten Stirnseite 20 und der zweiten Zahnflanke 6 eines Schälradzahns 4.

Eine erfindungsgemäß vorgesehene Asymmetrie zwischen den Schneidkanten 11, 12 an der ersten Stirnseite 10 bzw. 22, 21 an der zweiten Stirnseite 20 ist aus Fig. 1 noch nicht erkennbar. Die Asymmetrie ist im Übrigen auch so gering, dass sie mit bloßem Auge ohnehin auch bei einer vergrößerten Darstellung wie in Fig. 2 real nicht erkennbar wäre und daher ist in den Profilen P, Q der Schneidkanten in Fig. 2 eine schematische Asymmetrie deutlich übertrieben groß dargestellt. Erkennbar ist aus Fig. 2 an der ersten Stirnseite 10, wie sich das Profil P an der Schneidkante an der ersten Zahnflanke 5 von dem Profil Q an der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke 6 unterscheidet. An der entgegengesetzten Stirnseite 20 ist diese gleiche Asymmetrie umgekehrt vorgesehen, so dass dort an der Schnittkante mit der zweiten Zahnflanke 6 das Profil P und an der Schnittkante mit der ersten Zahnflanke 5 das Profil Q vorliegt. Betrachtet man nur eine Zahnflanke, so ergibt sich, in Analogie zum Sprachgebrauch an verzahnten Werkstücken eine Verschränkung der Zahnflanke in Betrachtung ihrer stirnseitigen Endbereiche.

In Fig. 5A ist die Bearbeitung einer ersten Werkstückverzahnung 201 durch das Schälrad 100 dargestellt. Man erkennt den typischen Achskreuzwinkel  $\Sigma$  zwischen den Drehachsen  $\omega_2$  einer Werkstückverzahnung 201 und  $\omega_1$  des Werkzeugs. Die Bearbeitung der Verzahnung 201 erfolgt mit den Schneidkanten an der ersten Stirnseite 10 des Schälrad 100, das Skalarprodukt von dessen äußerem Normalenvektor  $n_{10}$  und der Werkstückdrehachse  $\omega_2$  ist in der gezeigten Darstellung negativ. Die Darstellung in Fig. 5B zeigt den Bearbeitungseingriff zur Erzeugung einer identischen Verzahnung 202, allerdings eines anderen Werkstücks. Hier schneiden die Schneidkanten an der zweiten Stirnseite 20, dessen äußerer Normalenvektor mit der Drehachse  $\omega_2$  der Verzahnung 202 ebenfalls ein negatives Skalarprodukt bildet. Zur Herstellung der in den Figuren Fig. 5A und 5B gezeigten Bearbeitungspositionen könnte das Schälrad 100 in seiner Aufspannungsorientierung geändert werden. Allerdings könnte auch, ohne Aufspannungsänderung, eine beispielsweise auch zur Einstellung des Achskreuzwinkels  $\Sigma$  vorgesehene Schwenkachse einer die Bearbeitung ausführenden Verzahnungsmaschine um 180° verschwenkt werden, und die Bearbeitungsposition durch Linearachsverstellungen, etwa einer Überlagerung einer entlang der Werkstückdrehachse verlaufenden Linearachsbewegung und einer orthogonal zu dieser und einer Radialachse verlaufenden Tangentialachsbewegung (Positionierachsen) eingesetzt werden.

In einem Ausführungsbeispiel wird eine größere Werkstück-Charge identischer Verzahnungen 201, 202 bearbeitet. Hierzu wird eine erste Anzahl von Werkstücken bearbeitet, wie in Fig. 5A gezeigt, und anschließend eine zweite Anzahl von Werkstücken bearbeitet wie in Fig. 5B gezeigt. Erst dann wird das Schälrad 100 ausgewechselt und ggf. an seinen beiden Stirnseiten nachgeschärft.

Wird ein zylindrisches Schälrad herangezogen, wie in Fig. 1 gezeigt, erfolgt die Bearbeitung bevorzugt außermittig, also mit einem Offset wie in Fig. 5 gezeigt, Achskreuzpunkt X und Bearbeitungspunkt BP fallen auseinander, um über einen kinematischen Freiwinkel zu verfügen. Wird anstelle einer zylindrischen Konfiguration eine doppelkonusförmige Konfiguration benutzt, wie in Fig. 3 dargestellt, könnte auch im Achskreuzpunkt gearbeitet werden, da konstruktive Freiwinkel vorliegen. Dargestellt in Fig. 3 ist der Verlauf des Außendurchmessers D, wie er sich doppelkonusförmig über die Breite B des Schälrad 100 verändert.

Sollen geradverzahnte Werkstückverzahnungen erzeugt oder bearbeitet werden, wird nicht mehr ein geradverzahntes Werkzeug wie in Fig. 1 dargestellt herangezogen, sondern ein schrägverzahntes Schälrad. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass das Schälrad

an beiden Stirnseiten im Treppenschliff geschliffen ist, wobei die Treppenschliffrichtung in Umfangsrichtung an oberer und unterer Stirnseite (Fig. 4) parallel verläuft.

In einem ersten Ausführungsbeispiel wird eine Werkstückverzahnung 201/202 mit folgenden Parametern erzeugt: Zähnezahl: 85, Schrägungswinkel = 0. Eingesetzt wird hierzu unter einem Achskreuzwinkel von  $\Sigma=20^\circ$  ein Schälrad mit einer Asymmetrie der Profile P, Q mit einem als Grundkreisdurchmesser-Differenz ausgedrückten Unterschied  $\Delta_{P-Q}$  von ca. 0,59 mm, wobei Q das Profil der bei Bearbeitung einlaufenden Flanke und P das Profil der bei Bearbeitung auslaufenden Flanke ist. Die übrigen Parameter des Werkzeugs sind Normalmodul  $m_n=2,97$ , Schrägungswinkel  $20^\circ$ , Eingriffswinkel  $25^\circ$  und Zähnezahl 51.

In einem weiteren zweiten Ausführungsbeispiel wird ein rechtsschrägverzahntes Werkstück mit einem Schrägungswinkel von  $14^\circ$  und einer Zähnezahl von 84 mit einem schrägverzahnten Werkzeug mit Schrägungswinkel von  $6^\circ$  unter einem Achskreuzwinkel von  $20^\circ$  hergestellt. Das Schälrad hat ein Modul von 2,0, einen Eingriffswinkel von  $20^\circ$  und 50 Zähne. Die Asymmetrie, als Grundkreisdurchmesser-Differenz ausgedrückt, beträgt hier 0,055 mm.

In einem nochmals weiteren dritten Ausführungsbeispiel wird wieder eine Geradverzahnung, hier mit einer Zähnezahl von 52 erzeugt, diesmal unter einem Achskreuzwinkel von  $15^\circ$ . Eingesetzt wird ein Schälrad mit Modul 0,75 und Schrägungswinkel  $15^\circ$ , mit einem Eingriffswinkel von  $30^\circ$  und 39 Zähnen. Die als Grundkreisdurchmesser-Differenz ausgedrückte Asymmetrie zwischen rechter und linker Flanke der Werkstückverzahnung beträgt 0,11 mm.

In einem nochmals weiteren vierten Ausführungsbeispiel wird eine linksschräge Verzahnung mit 59 Zähnen hergestellt. In diesem Fall ist der Grundkreisdurchmesser an der linken Werkzeugflanke größer als an der rechten Werkzeugflanke mit einem Unterschiedsbetrag von 0,15 mm, die übrigen Werkzeugdaten sind Modul 1,3, Eingriffswinkel  $20^\circ$ , wobei es sich um geradverzahntes Schälrad mit 80 Zähnen handelt.

An der jeweils entgegengesetzten Stirnseite der beispielhaften Cutter ist die Asymmetrie bezüglich linker und rechter Flanke vertauscht.

Die Erfindung ist nicht auf die oben konkret erwähnten Ausführungsformen und -beispiele eingeschränkt. Vielmehr können die Merkmale der vorstehenden Beschreibung wie

auch den nachstehenden Ansprüchen einzeln und in Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

### Ansprüche

1. Verfahren des Erzeugens oder Bearbeitens wenigstens einer Verzahnung (201; 202) an wenigstens zwei Werkstücken durch Wälzschälen, Hartschälen oder Wälzstoßen, mit einem verzahnten Werkzeug (100) in Form eines Schälrads bzw. Stoßrads, welches an einer ersten Stirnseite (10) eine Schneidkante (11, 12) entlang einer ersten und entlang einer zweiten Zahnflanke eines Werkzeugzahns (4) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass das Profil (P) der Schneidkante (11) an der ersten Zahnflanke (5) an der ersten Stirnseite asymmetrisch zum Profil (Q) der Schneidkante (12) an der zweiten Zahnflanke (6) an der ersten Stirnseite gebildet ist und die Verzahnungsbearbeitung eines der wenigstens zwei Werkstücke mit den Schneidkanten der ersten Stirnseite erfolgt, und dass an der der ersten Stirnseite entgegengesetzten zweiten Stirnseite (20) des Werkzeugs ebenfalls Schneidkanten (21, 22) gebildet sind, mit denen die Verzahnungsbearbeitung eines anderen der wenigstens zwei Werkstücke erfolgt, wobei an der zweiten Stirnseite das Profil (Q) der Schneidkante (21) an der ersten Zahnflanke gleich dem Profil (Q) der Schneidkante an der zweiten Zahnflanke (12) an der ersten Stirnseite und das Profil (P) der Schneidkante (22) an der zweiten Zahnflanke gleich dem Profil (P) der Schneidkante an der ersten Zahnflanke (11) an der ersten Stirnseite ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Vorzeichen des Skalarprodukts der äußeren Normalen ( $n_{10}$ ) auf die erste Stirnseite mit der Werkstückdrehachse ( $W_2$ ) bei Verzahnungsbearbeitung des ersten Werkstücks gleich dem Vorzeichen des Skalarprodukts der äußeren Normalen ( $n_{20}$ ) auf die zweite Stirnseite mit der Werkstückdrehachse ( $W_2$ ) bei Bearbeitung des zweiten Werkstücks ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Asymmetrie ( $P \leftrightarrow Q$ ) der Schneidkantenprofile bezüglich eines symmetrischen Referenzprofils vom Zahnkopf zum Zahnfuß ansteigt.

4. Verfahren nach einem der bisherigen Ansprüche, bei dem sich der Grundkreis der Werkzeugverzahnung an dessen linker Flanke von dem an dessen rechter Flanke unterscheidet.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkzeug geradverzahnt ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Werkzeug schrägverzahnt ist, wobei insbesondere an beiden Stirnseiten ein Treppenschliff vorliegt, und der Spanflächenverlauf in Umfangsrichtung an beiden Stirnseiten im Wesentlichen parallel ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Verfahren das Hartschälen ist, welches als einflankiges Verfahren ausgeführt wird.

8. Werkzeug zum Erzeugen oder Bearbeiten wenigstens einer Verzahnung an wenigstens zwei Werkstücken durch Wälzsäulen, Hartschälen oder Wälzstoßen, wobei das Werkzeug verzahnt ist und als Schälrad bzw. Stoßrad ausgebildet ist, welches an einer ersten Stirnseite (10) eine Schneidkante (11, 12) entlang einer ersten und entlang einer zweiten Zahnflanke eines Werkzeugzahns (4) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass das Profil (P) der Schneidkante (11) an der ersten Zahnfläche (5) an der ersten Stirnseite asymmetrisch zum Profil (Q) der Schneidkante (12) an der zweiten Zahnfläche (6) an der ersten Stirnseite gebildet ist und dass an der ersten Stirnseite entgegengesetzten zweiten Stirnseite (20) des Werkzeugs ebenfalls Schneidkanten (21, 22) gebildet sind, wobei an der zweiten Stirnseite das Profil (Q) der Schneidkante (21) an der ersten Zahnfläche gleich dem Profil (Q) der Schneidkante an der zweiten Zahnfläche (12) an der ersten Stirnseite und das Profil (P) der Schneidkante (22) an der zweiten Zahnfläche gleich dem Profil (P) der Schneidkante an der ersten Zahnfläche (11) an der ersten Stirnseite ist.

9. Werkzeug gemäß Anspruch 8, das geradverzahnt ist.

10. Werkzeug nach Anspruch 8, das schrägverzahnt ist, wobei insbesondere an beiden Stirnseiten ein Treppenschliff vorliegt, und der Spanflächenverlauf in Umfangsrichtung an beiden Stirnseiten im Wesentlichen parallel ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10 ausgebildeten Werkzeugs, bei dem in einem Verfahrensschritt eine Grundverzahnung an dem Werkzeug erzeugt wird, welches noch ein Aufmaß gegenüber der Werkzeugendgeometrie aufweist, und in einem nachfolgendem Bearbeitungsschritt das asymmetrische Schneidkantenprofil an der einen Stirnseite und das umgekehrt asymmetrische Bearbeitungsprofil an der anderen Stirnseite geformt wird.

12. Verzahnungsmaschine mit wenigstens einer Werkstückspindel und wenigstens einer Werkzeugspindel zur Aufnahme eines Verzahnungswerkzeugs nach einem der Ansprüche 8 bis 10 und einer Steuereinrichtung, die dazu ausgelegt ist, eine Verzahnungsbearbeitung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen.
13. Steuerprogramm, das wenn auf einer Steuervorrichtung einer Verzahnungsmaschine ausgeführt, die Verzahnungsmaschine zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 steuert.

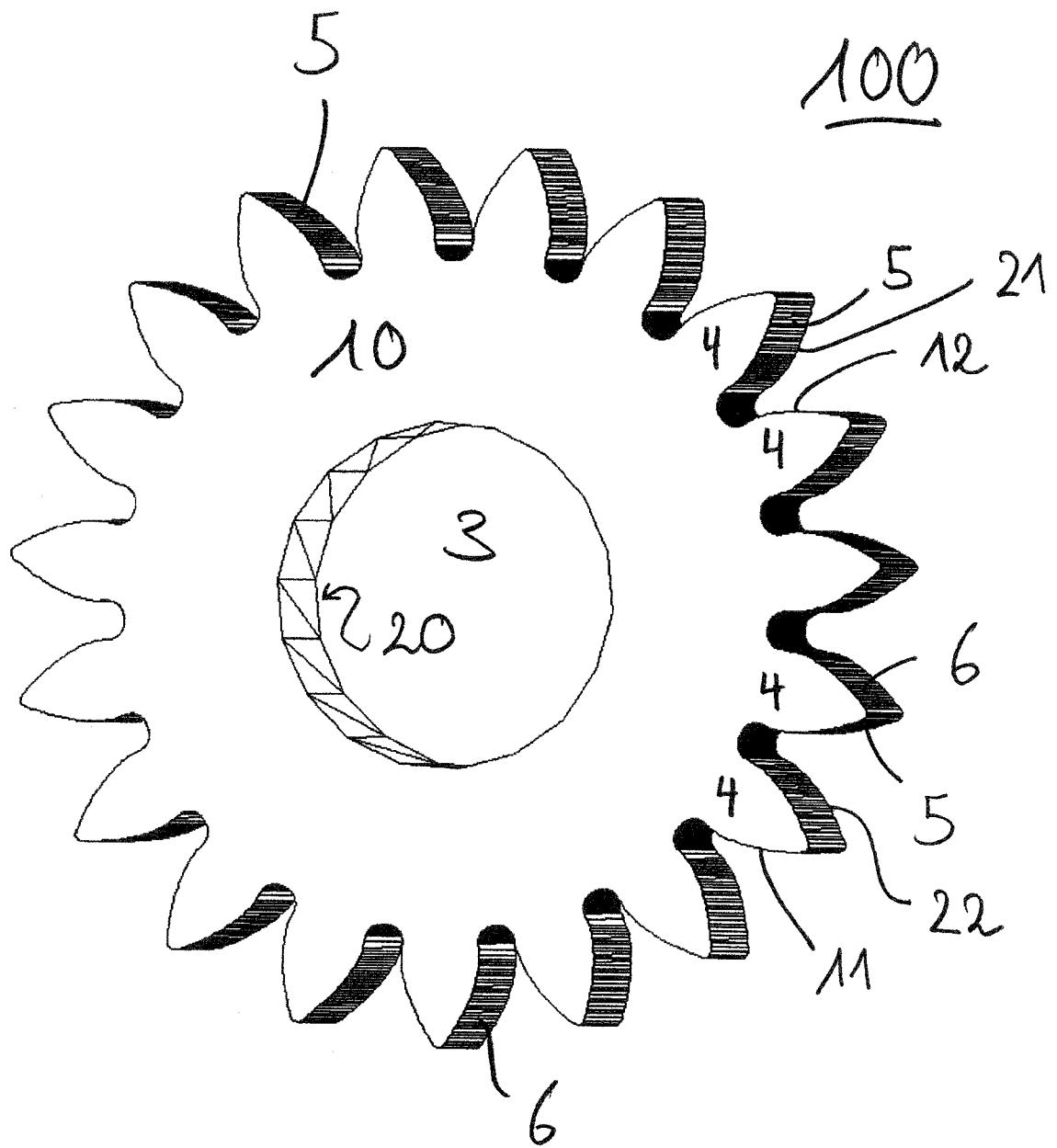
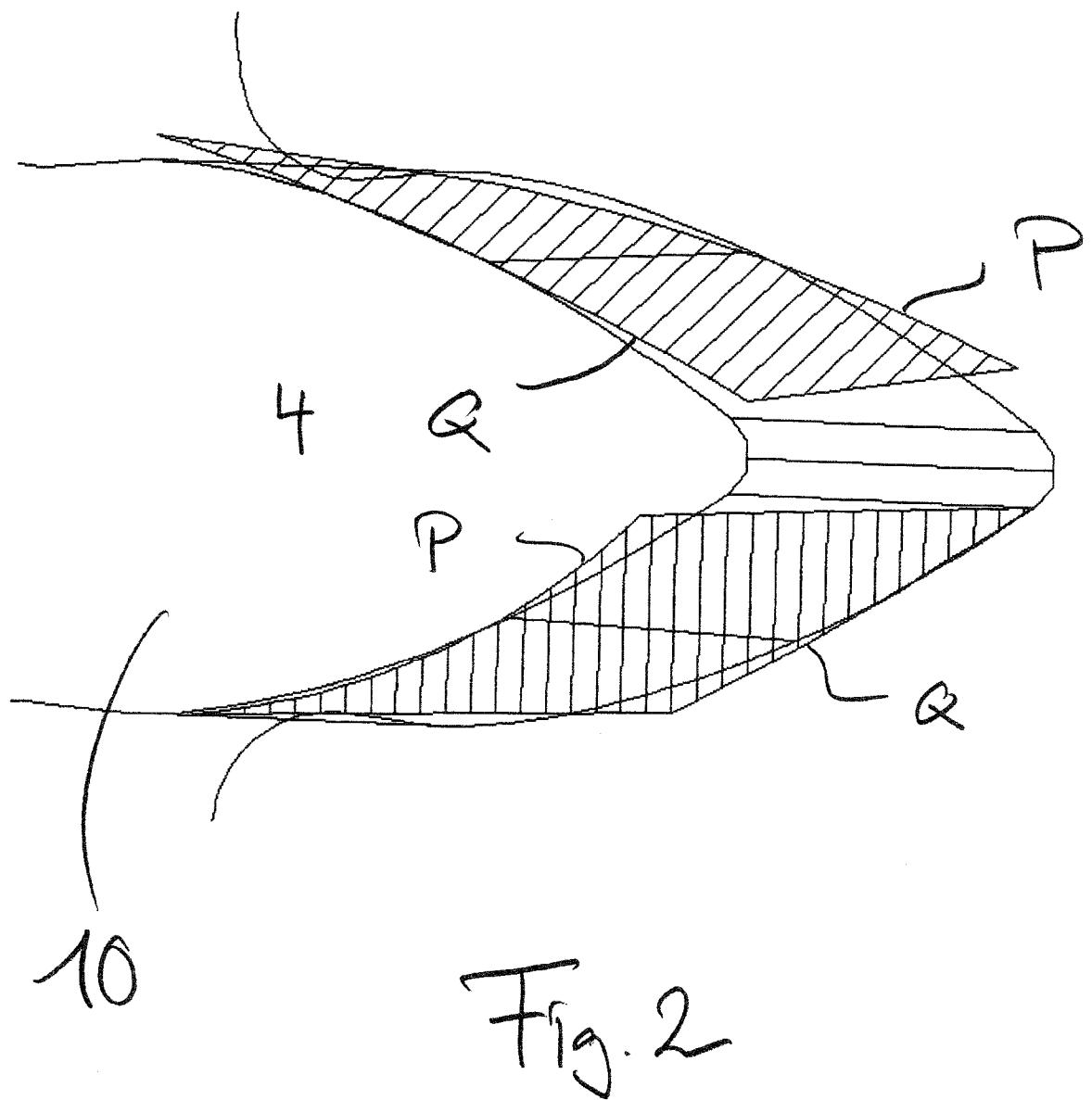


Fig. 1



3 / 4

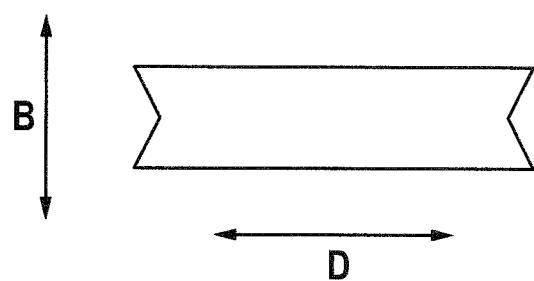


Fig. 3

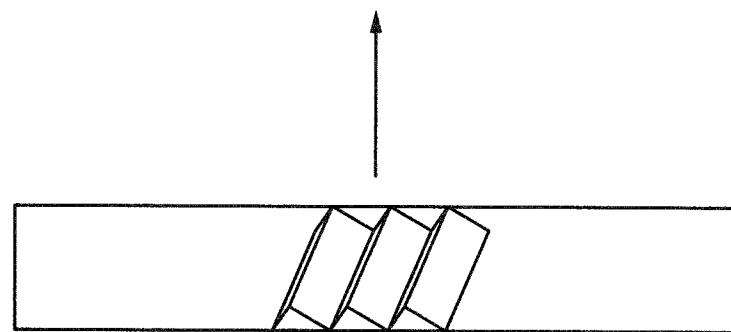


Fig. 4

4 / 4

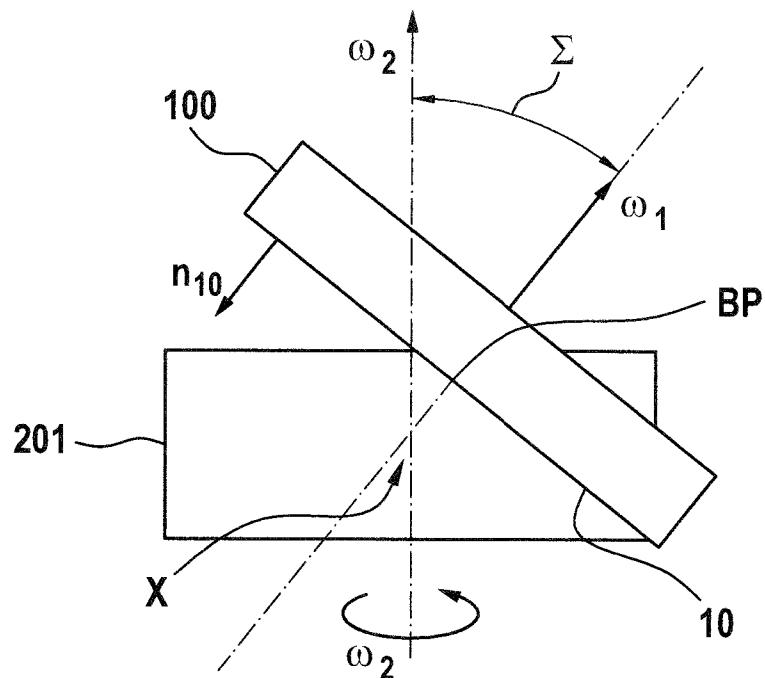


Fig. 5A

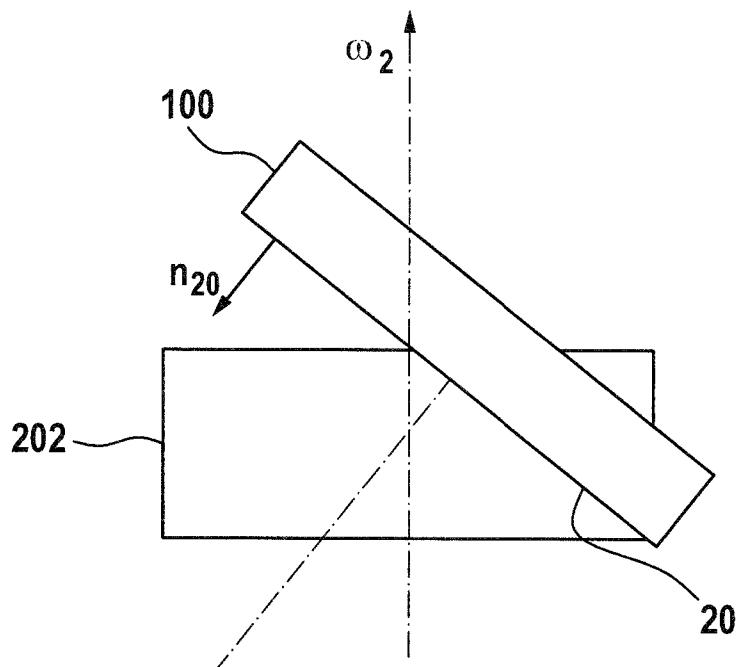


Fig. 5B

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/055908

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B23F 5/20**(2006.01)i; **B23F 21/12**(2006.01)i; **B23F 5/16**(2006.01)i; **B23F 21/10**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102021108379 A1 (PRAEWEMA ANTRIEBSTECHNIK GMBH [DE]) 06 October 2022 (2022-10-06) paragraphs [0001], [0029] - [0035]; figures 1-3	1-13
Y	US 2015360307 A1 (VOGEL OLAF [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) paragraphs [0047] - [0055]	1-13
A	US 2017173713 A1 (THIJSSEN JOHAN [BE] ET AL) 22 June 2017 (2017-06-22) paragraphs [0059] - [0061]; figure 3	1-13

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**31 May 2024**

Date of mailing of the international search report

**18 June 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office**  
**p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk**  
**Netherlands (Kingdom of the)**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Beltzung, J**

Telephone No.

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

International application No.

**PCT/EP2024/055908**

Patent document cited in search report		Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)	
DE	102021108379	A1	06 October 2022	CN	115194261	A	18 October 2022
				DE	102021108379	A1	06 October 2022
				EP	4066975	A1	05 October 2022
				US	2022314349	A1	06 October 2022
US	2015360307	A1	17 December 2015	CN	105171141	A	23 December 2015
				EP	2954967	A1	16 December 2015
				JP	6522433	B2	29 May 2019
				JP	2016000453	A	07 January 2016
				US	2015360307	A1	17 December 2015
US	2017173713	A1	22 June 2017	CN	106687241	A	17 May 2017
				DE	102014218082	A1	10 March 2016
				EP	3191248	A1	19 July 2017
				ES	2835600	T3	22 June 2021
				US	2017173713	A1	22 June 2017
				WO	2016037903	A1	17 March 2016

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2024/055908

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>			
INV.	B23F5/20	B23F21/12	B23F5/16
ADD.			
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC			
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>			
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) <b>B23F</b>			
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) <b>EPO - Internal</b>			
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	
Y	DE 10 2021 108379 A1 (PRAEWEMA ANTRIEBSTECHNIK GMBH [DE]) 6. Oktober 2022 (2022-10-06) Absätze [0001], [0029] - [0035]; Abbildungen 1-3 -----	1-13	
Y	US 2015/360307 A1 (VOGEL OLAF [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17) Absätze [0047] - [0055] -----	1-13	
A	US 2017/173713 A1 (THIJSSEN JOHAN [BE] ET AL) 22. Juni 2017 (2017-06-22) Absätze [0059] - [0061]; Abbildung 3 -----	1-13	
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie			
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
31. Mai 2024		18/06/2024	
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 <b>Beltzung, J</b>	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/055908

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 102021108379 A1	06-10-2022	CN 115194261 A DE 102021108379 A1 EP 4066975 A1 US 2022314349 A1		18-10-2022 06-10-2022 05-10-2022 06-10-2022
US 2015360307 A1	17-12-2015	CN 105171141 A EP 2954967 A1 JP 6522433 B2 JP 2016000453 A US 2015360307 A1		23-12-2015 16-12-2015 29-05-2019 07-01-2016 17-12-2015
US 2017173713 A1	22-06-2017	CN 106687241 A DE 102014218082 A1 EP 3191248 A1 ES 2835600 T3 US 2017173713 A1 WO 2016037903 A1		17-05-2017 10-03-2016 19-07-2017 22-06-2021 22-06-2017 17-03-2016