(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
20. Januar 2022 (20.01.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/013068 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B23F 19/10 (2006.01) *B23F 23/00* (2006.01)
B23F 21/20 (2006.01) *B23C 5/10* (2006.01)
B23F 21/12 (2006.01) *B23C 5/20* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/069050

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juli 2021 (08.07.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 118 384.4
13. Juli 2020 (13.07.2020) DE

(71) Anmelder: **PROFILATOR GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Zum Alten Rangierbahnhof 18, 42329 Wuppertal (DE).

(72) Erfinder: **ZIMMERMANN, Karsten**; Heidestraße 55, 42349 Wuppertal (DE).

(74) Anwalt: **GRUNDMANN, Dirk** et al.; Rieder & Partner mbB, Yale-Allee 26, 42329 Wuppertal (DE).

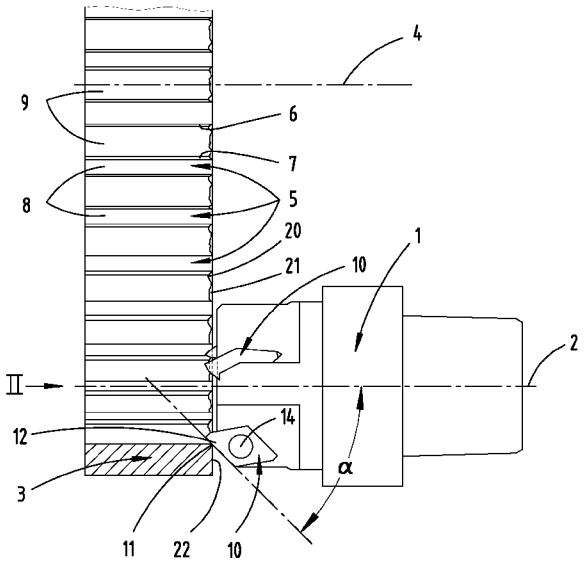
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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).

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING CHAMFERS ON TOOTH FLANKS OF GEARS, AND CUTTING TOOL, CUTTING PLATE, AND CONTROL PROGRAM FOR SAME

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON FASEN AN ZAHNFLANKEN VON ZAHNRÄDERN, SOWIE SCHNEIDWERKZEUG, SCHNEIDPLATTE UND STEUERPROGRAMM DAFÜR

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a chamfer (21) on an edge (20) defined by the end face (22) of a gear (3) and the adjacent flanks (6, 7) of the teeth of the gear (3), comprising a cutting tool (1) which has at least one cutting edge (11). The invention additionally relates to a cutting tool for carrying out the method, to a cutting plate, to a device for carrying out the method, and to a control program. The invention is characterized in that the cutting edge (11) only machines a machining section of the edge (20) with each circulation of the cutting tool (1).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Fase (21) an den von einer Stirnfläche (22) eines Zahnrades (3) und den daran angrenzenden Flanken (6, 7) der Zähne des Zahnrades (3) definierten Kante (20), mit einem Schneidwerkzeug (1), das zumindest eine Schneidkante (11) aufweist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Schneidwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens sowie eine Schneidplatte, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und ein Steuerprogramm. Wesentlich ist, dass die Schneidkante (11) bei jedem Umlauf des Schneidwerkzeuges (1) nur einen Bearbeitungsabschnitt der Kante (20) bearbeitet.

WO 2022/013068 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON FASEN AN ZAHNFLANKEN VON ZAHNRÄDERN, SOWIE SCHNEIDWERKZEUG, SCHNEIDPLATTE UND STEUERPROGRAMM DAFÜR

Gebiet der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen einer Fase an den von einer Stirnfläche eines Zahnrades und den daran angrenzenden Flanken der Zähne des Zahnrades definierten Kante, mit einem Schneidwerkzeug, das zumindest eine Schneidkante aufweist, wobei das Zahnrad und das Schneidwerkzeug in einem vorgegebenen Drehzahlverhältnis derart jeweils um eine Drehachse drehangetriebenen werden, dass sich die mindestens eine Schneidkante materialabtragend evolventenartig entlang eines Abschnitts der Kante bewegt und eine Schneidplatte zur Verwendung bei dem Verfahren, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sowie ein Steuerprogramm.

Stand der Technik

[0002] Die WO 2015/185 186 beschreibt ein Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstücks im Wälzschälverfahren unter Verwendung eines Kombiwerkzeuges. Das Kombiwerkzeug besitzt Schneidzähne mit Schneidkanten, mit denen eine Entgratung von Zahnkanten vorgenommen werden kann, bei der die Achsen von Werkzeug und Werkstück parallel ausgerichtet sind.

[0003] Die DE 2 157 619 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren, mit dem zum Entgraten oder zum Brechen der Kanten an den Zahnenden der Zähne von Zahnrädern ein zahnradförmiges Schneidwerkzeug verwendet wird. Das Werkzeug wird in einem festen Drehzahlverhältnis zum zahnradförmigen Werkstück derart drehangetriebenen, dass Schneidkanten des Schneidwerkzeuges an den Kanten, an denen Zahnflanken der Zähne eine Stirnfläche des Zahnrades angrenzen materialabtragend bearbeitet werden. Dabei werden an

den Kanten Fasen erzeugt. Die Achsen von Werkstück und Werkzeug verlaufen windschief zueinander, sodass die Schneidkanten schälend am Werkstück angreifen.

[0004] Ein Verfahren zu materialabtragenden Bearbeiten von Zahnrädern, bei dem die Achsen von Werkstück und Werkzeug windschief zueinander verlaufen ist darüber hinaus aus der DE 10 2013 012 797 A1 vorbekannt.

[0005] Ein Verfahren zum Entgraten von Zahnrädern mit einer Entgradscheibe, die um eine Drehachse drehantreibbar ist, die parallel zur Werkzeugdrehachse verläuft, beschreibt die DE 102 58 594 A1.

[0006] Die DE 100 02 188 A1 und DE 101 16 259 A1 beschreiben Verfahren zum Erzeugen von Hinterlegungen an Zahnflanken von Zahnrädern. Ein Schneidwerkzeug besitzt eine Vielzahl von Schneidkanten, die in einer gleichmäßigen Umfangsverteilung um die Drehachse des Werkzeuges angeordnet sind. Die Schneidkanten verlaufen parallel zur Drehachse des Werkzeugs. Letztere verläuft parallel zur Drehachse des Werkstücks. Durch eine Änderung der Phasenlage werden nacheinander mehrere Bearbeitungsabschnitte der Zahnflanke bearbeitet, wobei die Bearbeitung der sich gegenüberliegenden Zahnflanken in aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten erfolgt, bei denen die Bearbeitungsrichtung jeweils vom Zahnkopf zum Zahnfuß verläuft.

[0007] Die DE 10 2017 105 032 A1 beschreibt einen Werkzeughalter zur Halterung von rautenförmigen Schneidplatten.

[0008] Die DE 10 2019 110 481 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Herstellung von verzahnten Werkstücken, insbesondere Schiebemuffen, bei der ein Werkzeugkopf verwendet wird, der Schneidplatten trägt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren gebrauchsvorteilhaft weiterzubilden, ein hierzu verwendbares Werkzeug und eine hierzu verwendbare Vorrichtung anzugeben.

[0010] Gelöst wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung, wobei die Unteransprüche nicht nur vorteilhafte Weiterbildungen der in den nebengeordneten Ansprüchen angegebenen Erfindung, sondern auch eigenständige Lösungen der Aufgabe darstellen.

[0011] Zunächst und im Wesentlichen wird vorgeschlagen, dass die Schneidkante bei jedem Umlauf des Schneidwerkzeuges nur einen Bearbeitungsabschnitt der Kante bearbeitet. Die zu entgratende Kante eines Zahnes eines Werkrades wird somit abschnittsweise bearbeitet. Die Kante der Zähne wird zeitlich nacheinander an verschiedenen Stellen bearbeitet. Dies kann gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung dadurch erfolgen, dass die Schneidkanten nicht in gleichmäßiger Winkelverteilung um die Werkzeugdrehachse angeordnet sind. Die Schneidkanten bzw. die die Schneidkanten tragenden Schneidplatten sind derart winkelversetzt zueinander angeordnet, dass sie bei einer gleichmäßigen synchronen Drehung von Werkrad und Werkzeug an verschiedenen Stellen des Zahnes des Werkrades und insbesondere der zu entgratenden Zahnkante des Werkrades angreifen. Die Schneidkanten greifen bei einem Umlauf des Werkrades bzw. des Werkzeuges nicht nur an verschiedenen Stellen der untereinander gleichgestalteten Zähne an. Die Schneidkanten greifen auch an voneinander verschiedenen Zähnen des Werkrades an. Bei der Bearbeitung der Zahnkanten werden somit voneinander verschiedene Zähne an voneinander verschiedenen Stellen erstmalig bearbeitet, bevor nach mehreren Umläufen des Werkrades und des Werkzeuges alle Zähne an allen Stellen bearbeitet worden sind. Bei diesem Aspekt der Erfindung wird die Phasenlage der Drehbewegung

des Werkrades und der Drehbewegung des Werkzeugs bevorzugt nicht geändert. Die Schneidkanten haben jeweils unterschiedliche Winkelabstände von den benachbarten Schneidkanten. Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird die Phasenlage der Drehbewegung von Werkrad und Werkzeug hingegen geändert. Es ist ferner vorgeschlagen, dass die Drehachsen des Zahnrades und des Schneidwerkzeuges parallel zueinander verlaufen. Einer erfindungsgemäßen Vorrichtung kann einer Antriebsvorrichtung aufweisen, die zwei Spindeln aufweist. Eine Werkzeugspindel kann das Schneidwerkzeug tragen. Eine Werkstückspindel kann das vom Zahnrad gebildete Werkstück tragen. Eine derartige ausgebildete Vorrichtung wird im Stand der Technik für die Erzeugung von Hinterlegungen verwendet. Anders als beim Verfahren zur Erzeugung von Hinterlegungen besitzt die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. benutzt das erfindungsgemäße Verfahren aber keine sich parallel zur Werkzeugachse erstreckenden Schneidkanten. Die Schneidkanten können sich wie aus anderweitigem Stand der Technik vorbekannt zumindest bereichsweise in Radialebenen erstrecken, die dadurch gekennzeichnet sind, dass in einer Radialebene die Werkzeugdrehachse liegt. Die Erstreckungsrichtung der Schneidkante hat nicht nur eine Richtungskomponente parallel zur Werkzeugdrehachse. Erfindungsgemäß hat die Erstreckungsrichtung der Schneidkante zumindest eines Abschnittes der Schneidkante vielmehr zusätzlich eine Richtungskomponente quer zur Werkzeugdrehachse, also eine in Radialrichtung verlaufende Komponente insbesondere in der Radialebene. Die Schneidkante kann somit zumindest bereichsweise schräg zur Drehachse des Werkzeugs verlaufen. Der Winkel zwischen Drehachse des Werkzeuges und Schneidkante oder Bereich der Schneidkante ist bevorzugt kleiner als 80°, 70° oder 60°. Er kann auch kleiner als 50° sein. Der Winkel ist bevorzugt größer als 20°, 30° oder 40°. Er liegt bevorzugt zwischen 60° und 30° oder 50° und 40°. Er kann 45° betragen. Erfindungsgemäß wird mit der Schneidkante nur die Kante bearbeitet, an der eine Zahnflanke des Zahnrades an eine Stirnfläche des Zahnrades angrenzt. Die Bearbeitung dieser Kante kann in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten erfolgen.

Bei jedem Bearbeitungsschritt wird nur ein Bearbeitungsabschnitt der Kante bearbeitet. Um die Lage des Bearbeitungsabschnittes zu ändern kann die Phasenlage zwischen Drehbewegung des Werkzeuges und Drehbewegung des Werkstücks geändert werden. Es kann aber auch die Achslage der Werkzeugdrehachse und der Werkstückdrehachse unter Beibehaltung ihrer Parallelität geändert werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung können sowohl innen verzahnte als auch außen verzahnte Werkstücke entgratet werden. Der Radialabstand der Schneidkanten zur Drehachse des Werkzeugs ist bevorzugt geringer, als der Radialabstand der Zähne zur Drehachse des Werkstücks. Die Schneidkante hat während der Bearbeitung eine evolventenförmige Flugbahn gegenüber dem Werkstück. Gemäß einer Variante der Erfindung können ohne Änderung der Drehrichtung von Werkstück- bzw. Werkzeugdrehachse nacheinander die Kanten zweier sich gegenüberliegender Zahnflanken entgratet werden. Bei der Bearbeitung einer ersten Kante der beiden Zahnflanken erfolgt die Bearbeitung vom Zahnkopf hin zum Zahnfuß. Bei der Bearbeitung der zweiten Kante der beiden Zahnflanken erfolgt die Bearbeitung vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin. Gemäß der ersten Variante der Erfindung werden die beiden sich gegenüberliegenden Zahnflanken der Zähne von voneinander verschiedenen Schneidkanten, die jeweils von einer Schneidplatte ausgebildet sind, bearbeitet. Ein die Schneidplatten tragender Träger trägt somit erste Schneidplatten, die beim selben Umlauf des Werkzeugs erste Zahnflanken der Zähne bearbeitet und zweite Schneidplatten, die beim selben Umlauf des Werkzeugs zweite Zahnflanken der Zähne bearbeitet, wobei sich die ersten Zahnflanken und die zweiten Flanken gegenüberliegen. Bevorzugt trägt der Träger dritte Schneidplatten, die beim selben Umlauf des Werkzeugs dritte Zahnflankenabschnitte der Zähne, bevorzugt trägt der Träger weitere vierte Schneidplatten, die beim selben Umlauf des Werkzeugs vierte Zahnflankenabschnitte und trägt der Träger weiter bevorzugt fünfte Schneidplatten, die beim selben Umlauf des Werkzeugs fünfte Zahnflankenabschnitte der Zähne bearbeiten. Wobei die Zahnflankenabschnitte Abschnitte der sich

gegenüberliegenden Zahnflanken und/oder vom Zahnfuß ausgebildet werden. Gemäß der zweiten Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass in einer ersten einzigen Bearbeitungsphase die gesamte einer ersten Zahnflanke zugeordneten Kante und in einer zweiten einzigen Bearbeitungsphase die gesamte einer zweiten Zahnflanke zugeordneten Kante bearbeitet wird. In einer Zwischenphase kann die einem Zahnfuß zugeordneten Kante bearbeitet werden. Die Schneidkante wird bevorzugt von einer Schneidplatte und besonders bevorzugt von einer Wendeschneidplatten ausgebildet. Die Schneidkante wird von einer an eine Freifläche angrenzenden Spanfläche definiert. Die Freifläche und die Spanfläche können jeweils in einer Ebene verlaufen. Der Spanwinkel zwischen Freifläche und Spanfläche kann kleiner als 90°, 80°, 60° oder 50° sein. Der Spanwinkel ist bevorzugt größer als 0°, 10°, 30° oder 40°. Der Spanwinkel kann zwischen 30° und 60° betragen, er kann 50° betragen. Die Schneidkante kann von einem Kantenabschnitt eines Grundkörpers ausgebildet sein. Die Schneidkante kann die Verlängerung einer Randkante des Grundkörpers sein. In einer Variante der Erfindung wird die Schneidkante von einem freigeschnittenen Eckbereich eines Grundkörpers ausgebildet. Der Grundkörper kann zwei parallel zueinander verlaufende Breitseitenflächen aufweisen. Bei der Bearbeitung kann die mit einer Fase zu versehende Kante durch den freigeschnittenen Eckbereich hindurchtauchen. Die Breitseitenflächen können einen rautenförmigen Grundriss aufweisen. Die Schneidkanten liegen bevorzugt im Eckbereich des Grundkörpers. Die Seitenflächen des Grundkörpers besitzen einen Winkel zu den Breitseitenflächen, der größer ist als der Spanwinkel. Der Übergangswinkel zwischen Breitseitenfläche und Seitenfläche kann mindestens 70° oder 80° betragen. In einer bevorzugten Variante wird die Freifläche vom freigeschliffenen Eckbereich ausgebildet. Der freigeschliffene Eckbereich kann eine Schrägfläche ausbilden. Er kann aber auch von einer winkelförmigen Einkerbung gebildet sein. Das Material der Schneidplatte kann Hartmetall oder keramisch sein. Die erfindungsgemäße Vorrichtung besitzt eine elektronische Steuerung, die mit einem erfindungsgemäßen Steuerprogramm programmiert ist.

Das in der elektronischen Steuerung enthaltene Steuerprogramm ist so ausgelegt, dass mit ihm das zuvor beschriebene Verfahren durchgeführt wird. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei der der azimutale Abstand zweier benachbarter Schneidkanten des Schneidwerkzeuges und insbesondere der azimutale Abstand zweier unmittelbar in Umfangsrichtung aufeinanderfolgender Schneidplatten größer ist, als der azimutale Abstand zweier benachbarter Zähne des Werkrades.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand beigefügter Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 In der Art eines Radialschnittes ein zahnradförmiges Werkstück, dass mit einem Schneidkanten aufweisenden Werkzeug entgratet wird,

Fig. 2 Die Ansicht gemäß II in Figur 1,

Fig. 3 Eine erste Variante eines Bearbeitungsverfahrens, bei der in mehreren aufeinanderfolgenden Bearbeitungsschritten jeweils Abschnitte einer Kante von Zahnflanken bearbeitet werden,

Fig. 4 Eine zweite Variante eines Bearbeitungsverfahrens, bei dem die beiden Flanken jeweils mit genau einem Bearbeitungsschritt entgratet werden, wobei in einem Zwischenschritt der Zahnfuß bearbeitet wird,

Fig. 5 Ein erstes Ausführungsbeispiel einer Wendeschneidplatten zur Durchführung des Verfahrens in verschiedenen Ansichten,

Fig. 5a Eine Seitenansicht der in der Figur 5 dargestellten Wendeschneidplatten, wobei die Blickrichtung der Erstreckungsrichtung der Schneidkante entspricht,

Fig. 6 Ein Schneidwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens, welches mit drei Wendeschneidplatten gemäß Figur 5 bestückt ist,

Fig. 7 Vergrößert in einer perspektivischen Darstellung den spanabhebenden Anschliff einer Wendeschneidplatte einer zu bearbeitenden Kante,

Fig. 8 Eine Darstellung gemäß Figur 5 eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Wendeschneidplatte,

Fig. 8a Eine Seitenansicht gemäß Figur 5a der in der Figur 8 dargestellten Wendeschneidplatte, wobei die Blickrichtung der Erstreckungsrichtung der Schneidkante entspricht,

Fig. 9 Ein Schneidwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens, welches mit drei Wendeschneidplatten gemäß Figur 8 bestückt ist,

Fig. 10 Eine Darstellung gemäß Figur 7, jedoch bei der Verwendung einer Wendeschneidplatte gemäß Figur 8,

Fig. 11 Eine perspektivischen Darstellung der Vorrichtung beim Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 12 Vergrößert den Ausschnitt XII in Figur 11,

Fig. 13 Den axialen Blick auf einen Träger von insgesamt fünf Schneidplatten eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung und

Fig. 14 Die Flankenabschnitte, die bei einer kontinuierlichen Drehbewegung des Schneidwerkzeuges um seine Drehachse die bei der Bearbeitung im Wesentlichen ortsfest gegenüber der Drehachse des Werkrades verbleibt nacheinander von den Schneidplatten bearbeitet werden.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0013] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können beispielsweise durch Wälzschälen, Wälzfräsen oder durch anderweitige geeignete Verfahren verzahnte Werkräder entgratet werden. Mit dem Verfahren werden die Kanten, an denen sich die Flanken 6, 7 der Zähne 5 des Zahnrades 3 mit der Stirnfläche 22 des Zahnrades 3 treffen, entgratet. In diese Kante 20 wird eine Fase eingearbeitet. Es können sowohl innen verzahnte als auch außen verzahnte Werkräder entgratet werden. Beim Ausführungsbeispiel wird das entgraten eines innen verzahnten Zahnrades 3 beschrieben.

[0014] Mit einer nicht dargestellten Werkzeugspindel, die von einem nicht dargestellten Elektromotor drehangetrieben wird und die ein Spannfutter aufweist, welches ein Werkzeug 1 hält, wird das Werkzeug 1 um eine Werkzeugdrehachse 2 drehangetrieben. Mit einer nicht dargestellten Werkstückspindel, die von einem nicht dargestellten Elektromotor drehangetrieben wird und die ein Spannfutter aufweist, welches ein verzahntes Werkrad 3 trägt, wird das Werkrad 3 um eine Werkstückdrehachse 4 drehangetrieben. Mit einer nicht dargestellten Steuereinrichtung, die programmierbar ist, werden von einem dort implementierten Steuerprogramm die Werkzeugspindel um die Werk-

zeugdrehachse 2 und die Werkstückspindel um die Werkstückdrehachse 4 derart drehangetrieben, dass sich die Schneidkanten 11 des Werkzeugs 1 auf zykloidischen Flugbahnen bewegen, wobei Abschnitte der evolventenartigen Flugbahnen durch Abschnitte der zu entgratenden Kante 20 verlaufen. Durch Änderung der Phasenlage der Drehbewegung der Werkzeugspindel und der Werkzeugspindel und/oder durch Änderung der Achslage der beiden Spindeln kann der Bearbeitungsabschnitt, in dem die Schneidkanten 11 in die zu entgratende Kante 20 eingreifen, in Richtung des Verlaufs der Kante 20 wandern.

[0015] Die Figuren 3 und 4 zeigen den Verlauf der evolventenartigen Flugbahnen zum Entgraten der Kante 20. Bei dem in der Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Kante 20 einer ersten Zahnflanke 6 mit einer Vielzahl von nacheinander durchgeführten Bearbeitungsschritten entgratet, wobei zunächst die Kante einer ersten Zahnflanke 6, danach die Kante des Zahnfußes 9 und danach die Kante der zweiten Zahnflanke 7 unmittelbar aufeinanderfolgend bearbeitet werden. Bei der Bearbeitung der Kante 20 der Zahnflanke 6 erfolgt die Spanrichtung vom Zahnkopf hin zum Zahnfuß. Bei der Bearbeitung der der Zahnflanke 6 gegenüberliegenden Zahnflanke 7 erfolgt die Bearbeitung mit einer Spanrichtung vom Zahnflugfuß zum Zahnkopf hin. Bei dem in der Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel werden die Kanten der Zahnflanken 6, 7 jeweils mit einem einzigen Schnitt bearbeitet.

[0016] Wie aus den Figuren 1 und 2 ersichtlich ist, liegen die Werkzeugdrehachse 2 und die Werkstückdrehachse 4 in einer gemeinsamen Ebene. Sie verlaufen parallel zueinander. Die Schneidkanten 11, die beim Ausführungsbeispiel jeweils von einer Schneidplatte 10 ausgebildet werden, verlaufen auf einer Kegelmantelfläche um die Werkzeugdrehachse 2. Die Schneidkanten 11 erstrecken sich gradlinig und verlaufen unter einem spitzen Winkel α zur Werkzeugdrehachse 2, der zwischen 30° und 60° liegt. Die Schneidkanten 11 können in etwa in

einer Radialebene bezogen auf die Werkzeugdrehachse 2 liegen. Sie können aber auch leicht richtungsversetzt zu einer derartigen Radialebene verlaufen.

[0017] Gemäß einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass mit derselben Schneidkante 11 lediglich durch Variation der Phasenlage und/oder der Achslage von Werkzeugdrehachse 2 und Werkstückdrehachse 4 in einem Bearbeitungsschritt nacheinander die Zahnflanke 6, der Zahnfuß 9 und die gegenüberliegende Zahnflanke 7 ohne Drehrichtungsänderung entgratet werden. Der Schnitt durch die erste Zahnflanke 6 erfolgt dabei vom Zahnkopf zum Zahnfuß und durch die zweite Zahnflanke 7 vom Zahnfuß zum Zahnkopf. Eine für ein derartiges Verfahren verwendbare Schneidplatte 10 zeigen die Figuren 5, 5a sowie 8 und 8a. Die Figuren 6 und 7 bzw. 9 und 10 zeigen einen mit den Schneidplatten 10 bestückten Messerkopf bzw. perspektivisch den spanabhebenden Anschliff der Schneidkante 11 der Schneidplatte 10 am Werkstück. Die Schneidkante 11 bildet einen Abschnitt einer Randkante eines Grundkörpers der Schneidplatte 10.

[0018] Die Figuren 5, 5a zeigen eine Wendeschneidplatte 10 mit einem rautenförmigen Grundriss. Ein spitzwinkliger Eckabschnitt der Wendeschneidplatte 10 bildet jeweils eine Schneidkante 11 aus. Eine Breitfläche 23 der Schneidplatte bildet eine Spanfläche 12. Der Grundkörper der Schneidplatte 10 ist im Eckbereich angeschliffen, sodass eine Anschliffsfläche 15 entsteht. Durch den Anschliff wird eine Freifläche 13 erzeugt, die an die Spanfläche 12 angrenzend die Schneidkante 11 erzeugt. Die Freifläche 13 und die Spanfläche 12 haben einen Winkel α von etwa 50° zueinander, sodass ein Spanwinkel β von etwa 50° entsteht. Mit einem derart kleinen Spanwinkel lässt sich das oben beschriebene Verfahren durchführen. Die Eckabschnitte sind durch Anschliffe 17 abgestumpft.

[0019] Die Figuren 8, 8a zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel einer Wendeschneidplatte 10, die ebenfalls eine Anschlifffläche 15 aufweist, mit der eine in einem Spanwinkel β von etwa 50° zur Spanfläche 12 verlaufende Freifläche 13 erzeugt ist. Die Spanfläche 12 wird hier von einer Seitenfläche 19 des Grundkörpers der Schneidplatte 10 gebildet. Auch hier sind die Eckabschnitte durch Anschliffe 17 abgestumpft.

[0020] Die Figuren 11 und 12 zeigen den sich bei der Bearbeitung der Zahnflanken 6, 7 ändernden Anstellwinkel der Spanfläche 12 zur Richtung der zu bearbeitenden Kante 20. Während der Bearbeitung taucht die Kante 20 durch den freigeschliffenen Eckbereich der Schneidplatte 20.

[0021] Die Figur 13 und 14 beschreiben eine Variante des zuvor beschriebenen Verfahrens und eine Variante einer zuvor beschriebenen Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0022] Das Schneidwerkzeug 1 wird von einem Träger 24 ausgebildet, der eine Vielzahl von Schneidplatten 10 trägt. Der Träger 24 ist um eine Werkzeugdrehachse 2 drehantreibbar. Die Schneidplatten 10 haben voneinander verschiedene Funktionen. Die Schneidplatten A1, A2, A3, B, C sind derart winkelversetzt um die Werkzeugdrehachse 2 angeordnet, dass sie bei einer kontinuierlichen synchronen Drehung des Schneidwerkzeuges 1 um die Werkzeugdrehachse 2 zur Drehung des Werkrades 3 um die Werkstückdrehachse 4 ohne Änderung der Phasenlage an voneinander verschiedenen Stellen der Zähne 5 des Werkrades 3 angreifen. Das was bei dem zuvor beschriebenen Verfahren durch die Änderung der Phasenlage bewirkt wird, bewirkt bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung der Winkelversatz der Schneidplatten A1, A2, A3, B, C zu in gleichmäßiger Winkelverteilung um die Drehachse 2 angeordnete Umfangspositionen.

[0023] Die Schneidplatte A1 ist derart am Träger 24 befestigt, dass sie an einem ersten Zahn an einem ersten Zahnflankenabschnitt A1s eine erste spanabhebende Bearbeitung durchführt.

[0024] Die Schneidplatte A2 ist derart am Träger 24 befestigt, dass sie an einem zweiten Zahn an einem zweiten Zahnflankenabschnitt A2s eine zweite spanabhebende Bearbeitung durchführt.

[0025] Die Schneidplatte A3 ist derart am Träger 24 befestigt, dass sie an einem dritten Zahn an einem dritten Zahnflankenabschnitt A3S eine dritte spanabhebende Bearbeitung durchführt.

[0026] Die Schneidplatte B ist derart am Träger 24 befestigt, dass sie an einem vierten Zahn an einem vierten Zahnflankenabschnitt Bs eine vierte spanabhebende Bearbeitung durchführt.

[0027] Die Schneidplatte C ist derart am Träger 24 befestigt, dass sie an einem fünften Zahn an einem fünften Zahnflankenabschnitt Cs eine fünfte spanabhebende Bearbeitung durchführt. Die Schneidplatten A1, A2, A3, B und C haben jeweils andere Winkelabstände von ihren nächsten Nachbarn.

[0028] Es ist vorgesehen, dass die zuvor beschriebenen ersten bis fünften Zähne bei einem Umlauf hintereinander bearbeitet werden und voneinander verschieden sind. Es ist ferner vorgesehen, dass die ersten bis fünften Zahnflankenabschnitte bei einem Umlauf hintereinander bearbeitet werden und voneinander verschieden sind. Es ist ferner vorgesehen, dass die ersten bis fünften spanabhebenden Bearbeitungen unmittelbar aufeinanderfolgend an voneinander verschiedenen Zähnen durchgeführt werden, ohne dass sich die Phasenlage

der Drehbewegungen von Werkstückspindel und Werkzeugspindel, die das Werkstück bzw. das Werkzeug drehantreiben, ändert.

[0029] Es kann vorgesehen sein, dass einige der Schneidplatten A1, A2 und A3 untereinander gleichgestaltet sind. Es kann ferner vorgesehen sein, dass sich die Schneidplatten A1, A2, A3 von anderen Schneidplatten B, C durch ihre Gestalt unterscheiden. Es kann ferner vorgesehen sein, dass sich die ersten bis fünften Zahnflankenabschnitte A1s, A2s, A3s, Bs, Cs überlappen. Es kann ferner vorgesehen sein, dass die Zahnflankenabschnitte A1s, A2s, A3s, Bs, Cs verschiedenen Zahnflanken 6, 7 und/oder dem Zahnfuß 9 zugeordnet sind. Beim Ausführungsbeispiel erstreckt sich der von der Schneidplatte C bearbeitete Zahnflankenabschnitt Cs über die Zahnflanke 7 und bereichsweise über den Zahnfuß 9. Der von der Schneidplatte B bearbeitete Zahnflankenabschnitt Bs erstreckt sich über die der Zahnflanke 7 gegenüberliegende Zahnflanke 6 und bereichsweise über den Zahnfuß 9. Die Schneidplatten B, C sind somit Flankenbearbeitungsschneidplatten. Sie können untereinander verschieden gestaltet sein. Die Schneidplatten A1, A2 und A3 können untereinander gleichgestaltet sein. Sie bearbeiten die Flankenabschnitte A1s, A2s und A3s, die sich im Wesentlichen entlang des Zahnfußes 9 erstrecken. Mit den Schneidplatten nacheinander Fasen an Kanten 20 von Zähnen 5, die sich vom Zahnkopf 8 eines Zahnes 5 bis zum Zahnkopf 8 eines benachbarten Zahnes 5 erstrecken, schrittweise und abschnittsweise bis zum Entstehen einer sich unterbrechungsfrei von einem Zahnkopf zum benachbarten Zahnkopf 8 erstreckenden Fase gefertigt.

[0030] In der Figur 14 sind die Zahnlücken bzw. Zähne, die mit den verschiedenen Schneidplatten A1 bis C gefertigt werden, unmittelbar hintereinanderliegend dargestellt. Bei einem entsprechenden Winkel zwischen zwei benachbarten Schneidplatten A1 bis C ist dies auch vorgesehen. Bei einer Variante der Erfindung, bei der der azimutale Abstand zwischen zwei benachbarten

Schneidplatten A1 bis C1 größer ist als der azimutale Abstand zweier benachbarter Zähne des Werkrades, liegt zwischen den mit den in azimutaler Richtung unmittelbar aufeinanderfolgenden Schneidplatten A1 bis C bearbeiteten Zähne 5 zumindest eine Zahnlücke bzw. Zahn 5, der erst bei einer weiteren Umdrehung des Werkrades 3 bearbeitet wird.

[0031] Die Erfindung betrifft somit insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei der der azimutale Abstand zweier benachbarter Schneidkanten 11 mehrfach so groß ist, insbesondere zweifach oder dreifach so groß ist, wie der azimutale Abstand zweier benachbarter Zähne 5 des Werkrades 3.

[0032] Die vorstehenden Ausführungen dienen der Erläuterung der von der Anmeldung insgesamt erfassten Erfindungen, die den Stand der Technik zumindest durch die folgenden Merkmalskombinationen jeweils auch eigenständig weiterbilden, wobei zwei, mehrere oder alle dieser Merkmalskombinationen auch kombiniert sein können, nämlich:

[0033] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Schneidkante 11 bei jedem Umlauf des Schneidwerkzeuges 1 nur einen Bearbeitungsabschnitt der Kante 20 bearbeitet.

[0034] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Bearbeitungsabschnitte der Kante 20 von verschiedenen Schneidkanten 11 des Schneidwerkzeuges 1 gefertigt werden, die bei einer Drehung des Schneidwerkzeuges 1 um seine Drehachse 2 nacheinander an voneinander verschiedenen Zähnen 5 des Werkrades 3 angreifen.

[0035] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Schneidkanten 11 von voneinander verschiedenen Schneidplatten A1, A2, A3, B, C ausgebildet

sind, die demselben Schneidwerkzeug 1 zugeordnet sind und/oder dass die Schneidplatten A1, A2, A3, B, C, deren Schneidkanten 11 an unterschiedlichen Stellen der Kante 20 angreifen in einer unregelmäßigen Winkelstellung um die Werkzeugdrehachse 2 angeordnet sind, und/oder dass die Schneidkanten 11 der Schneidplatten A1, A2, A3, B, C phasenverschoben an der Kante (20) angreifen.

[0036] Ein Schneidwerkzeug, das dadurch gekennzeichnet ist, dass zumindest einige der Schneidkanten 11 der Schneidplatten A1, A2, A3, B, C derart winkelversetzt zueinander angeordnet sind, dass sie bei der gleichmäßigen synchronen Drehung an voneinander verschiedenen Stellen an den Zähnen 5 des Werkrades 3 angreifen.

[0037] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der Bearbeitungsabschnitt der Kante 20 als Folge einer Änderung der Phasenlage von Drehung des Schneidwerkzeuges 1 und Drehung des Zahnrades 3 schrittweise entlang der Kante 20 wandert und/oder dass die Kante 20 einer ersten Zahnflanke 7 in einer Bearbeitungsrichtung vom Zahnkopf 8 zum Zahnfuß 9 und unmittelbar darauf folgend die Kante einer der ersten Zahnflanke 7 gegenüberliegenden zweiten Zahnflanke 8 in einer Bearbeitungsrichtung vom Zahnfuß 9 zum Zahnkopf 8 bearbeitet wird und/oder dass die Schneidkante 11 von einer Schneidplatte 10 ausgebildet ist und/oder dass das Schneidwerkzeug 1 eine Mehrzahl von in gleichmäßiger Umfangsverteilung um die Drehachse 2 angeordnete Schneidkanten 11 besitzt, die insbesondere jeweils von einer Schneidplatte 10 ausgebildet ist.

[0038] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die sich insbesondere gradlinig erstreckende Schneidkante 11 in einem Winkel α kleiner als 90°,

80°, 60° oder 50° und größer als 0°, 10°, 30° oder 40° zur Werkzeugdrehachse 2 verläuft.

[0039] Ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Schneidkante 11 von einer angeschliffenen Freifläche 13 und einer von einer Seitenfläche 19 der Schneidplatte 10 gebildet ist.

[0040] Eine Schneidplatte 10, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der Schneidwinkel β kleiner als 70° oder 60° und größer als 20°, 30° oder 40° ist.

[0041] Eine Schneidplatte, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Schneidkante 11 von einem freigeschliffenen Eckbereich des Grundkörpers ausgebildet ist, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass die Freifläche 13 von dem freigeschnittenen Eckbereich ausgebildet ist.

[0042] Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Drehachsen 2, 4 parallel zueinander verlaufen und dass die Erstreckungsrichtung der Schneidkante 11 eine in Radialrichtung bezogen auf die Werkzeugdrehachse 2 verlaufende Komponente aufweist.

[0043] Ein Steuerprogramm, das, wenn auf einer Steuereinrichtung einer Vorrichtung ausgeführt, diese zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 steuert.

[0044] Alle offenbarten Merkmale sind (für sich, aber auch in Kombination untereinander) erfindungswesentlich. In die Offenbarung der Anmeldung wird hiermit auch der Offenbarungsinhalt der zugehörigen/beigefügten Prioritätsunterlagen (Abschrift der Voranmeldung) vollinhaltlich mit einbezogen, auch zu dem Zweck, Merkmale dieser Unterlagen in Ansprüche vorliegender An-

meldung mit aufzunehmen. Die Unteransprüche charakterisieren, auch ohne die Merkmale eines in Bezug genommenen Anspruchs, mit ihren Merkmalen eigenständige erfinderische Weiterbildungen des Standes der Technik, insbesondere um auf Basis dieser Ansprüche Teilanmeldungen vorzunehmen. Die in jedem Anspruch angegebene Erfindung kann zusätzlich ein oder mehrere der in der vorstehenden Beschreibung, insbesondere mit Bezugsziffern versehene und/oder in der Bezugsziffernliste angegebene Merkmale aufweisen. Die Erfindung betrifft auch Gestaltungsformen, bei denen einzelne der in der vorstehenden Beschreibung genannten Merkmale nicht verwirklicht sind, insbesondere soweit sie erkennbar für den jeweiligen Verwendungszweck entbehrlich sind oder durch andere technisch gleichwirkende Mittel ersetzt werden können.

Liste der Bezugszeichen

1	Schneidwerkzeug	A1	Schneidplatte
2	Werkzeugdrehachse	A2	Schneidplatte
3	Werkrad, Zahnrad	A3	Schneidplatte
4	Werkstückdrehachse	B	Schneidplatte
5	Zahn	C	Schneidplatte
6	Zahnflanke		
7	Zahnflanke	A1s	Flankenabschnitt
8	Zahnkopf	A2s	Flankenabschnitt
9	Zahnfuß	A3s	Flankenabschnitt
10	Schneidplatte		
11	Schneidkante	α	Winkel
12	Spanfläche	β	Schneidwinkel
13	Freifläche		
14	Bohrungen		
15	Anschliff		
16	Seitenfläche		
17	Anschliff		
18	Kante		
19	Seitenfläche		
20	Kante		
21	Fase		
22	Stirnfläche		
23	Breitseitenfläche		
23'	Breitseitenfläche		
24	Träger		

Ansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Fase (21) an den von einer Stirnfläche (22) eines Zahnrades (3) und den daran angrenzenden Flanken (6, 7) der Zähne (5) des Zahnrades (3) definierten Kanten (20), mit einem Schneidwerkzeug (1), das zumindest eine Schneidkante (11) aufweist,
wobei das Zahnrad (3) und das Schneidwerkzeug (1) in einem vorgegebenen Drehzahlverhältnis derart jeweils um eine Drehachse (2, 4) drehangetriebenen werden, dass sich die mindestens eine Schneidkante (11) materialabtragend evolventenartig entlang eines Abschnitts der Kante (20) bewegt, wobei die Drehachsen (2, 4) des Zahnrades (3) und des Schneidwerkzeuges (1) parallel zueinander verlaufen und die Erstreckungsrichtung der Schneidkante (11) eine in Radialrichtung bezogen auf die Drehachse (2) des Schneidwerkzeuges (1) verlaufende Richtungs-Komponente aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkante (11) bei jedem Umlauf des Schneidwerkzeuges (1) nur einen Bearbeitungsabschnitt der Kante (20) bearbeitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsabschnitte der Kante (20) von verschiedenen Schneidkanten (11) des Schneidwerkzeuges (1) gefertigt werden, die bei einer Drehung des Schneidwerkzeuges (1) um seine Drehachse (2) nacheinander an voneinander verschiedenen Zähnen (5) des Werkrades (3) angreifen.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkanten (11) von voneinander verschiedenen Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C) ausgebildet sind, die demselben Schneidwerkzeug (1) zugeordnet sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C), deren Schneidkanten (11) an unterschiedlichen Stellen der Kante (20) angreifen, in einer unregelmäßigen Winkelstellung um die Werkzeugdrehachse (2) angeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkanten (11) der Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C) phasenverschoben an der Kante (20) angreifen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bearbeitungsabschnitt der Kante (20) als Folge einer Änderung der Phasenlage von Drehung des Schneidwerkzeuges (1) und Drehung des Zahnrades (3) schrittweise entlang der Kante (20) wandert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kante (20) einer ersten Zahnflanke (7) in einer Bearbeitungsrichtung vom Zahnkopf (8) zum Zahnfuß (9) und unmittelbar darauf folgend die Kante (20) einer der ersten Zahnflanke (7) gegenüberliegenden zweiten Zahnflanke (8) in einer Bearbeitungsrichtung vom Zahnfuß (9) zum Zahnkopf (8) bearbeitet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkante (11) von einer Schneidplatte (10) ausgebildet ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneidwerkzeug (1) eine Mehrzahl von in

gleichmäßiger Umfangsverteilung um die Drehachse (2) angeordnete Schneidkanten (11) besitzt, die insbesondere jeweils von einer Schneidplatte (10) ausgebildet ist.

10. Schneidwerkzeug zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Träger (24), der eine Mehrzahl von um eine Drehachse (2) angeordnete Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C) trägt, wobei jede der Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C) eine Schneidkante (11) aufweist, wobei die Schneidkanten (11) in einer derartigen Winkelverteilung um die Drehachse (2) angeordnet sind, dass die Schneidkanten (11) bei einer gleichmäßigen, synchronen Drehung des Trägers (24) mit einem Werkrad (3) nacheinander an voneinander verschiedenen Zähnen (5) des Werkrades (3) angreifen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Schneidkanten (11) der Schneidplatten (A1, A2, A3, B, C) derart winkelversetzt zueinander angeordnet sind, dass sie bei der gleichmäßigen synchronen Drehung an voneinander verschiedenen Stellen an den Zähnen (5) des Werkrades (3) angreifen.

11. Schneidwerkzeug nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die sich insbesondere gradlinig erstreckende Schneidkante (11) in einem Winkel (α) kleiner als 90°, 80°, 60° oder 50° und größer als 0°, 10°, 30° oder 40° zur Werkzeugdrehachse (2) verläuft.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkante (11) von einer angeschliffenen Freifläche (13) und einer von einer Seitenfläche (19) der Schneidplatte (10) gebildet ist.

13. Schneidplatte (10) zur Verwendung bei einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit einer Spanfläche (12), die unter Ausbildung einer Schneidkante (11) in einem Schneidwinkel (β) an eine Freifläche (13) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass der Schneidwinkel (β) kleiner als 70° oder 60° und größer als 20°, 30° oder 40° ist.

14. Schneidplatte nach Anspruch 13, welche einen Grundkörper ausbildet mit parallel zueinander verlaufenden Breitseitenflächen (23, 23') und mit Seitenflächen (19), die einen Winkel von mindestens 70° oder 80° zur Breitseitenfläche (23, 23') aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidkante (11) von einem freigeschliffenen Eckbereich des Grundkörpers ausgebildet ist, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass die Freifläche (13) von dem freigeschnittenen Eckbereich ausgebildet ist.

15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 mit insbesondere einer Schneidplatte (10) gemäß einem der Ansprüche 10 oder 13, mit einer Antriebsvorrichtung zur Halterung eines Schneidwerkzeuges (1) und zum Drehen des Schneidwerkzeuges (1) um eine Werkzeugdrehachse (2) und zur Halterung eines zu bearbeitenden Zahnrades (3) und Drehen des Zahnrades (3) um eine Werkstückdrehachse (4), und mit einer Steuereinrichtung, die eingerichtet ist, die Antriebsvorrichtung derart einzustellen und zu bewegen, dass sich die Schneidkanten (11) materialabtragend evolventenartig entlang eines Abschnittes einer Kante (20) bewegen, an der Flanken (6, 7) der Zähne (5) des Zahnrades (3) an eine Stirnfläche (22) des Zahnrades (3) angrenzen, wobei die Drehachsen (2, 4) parallel zueinander verlaufen und die Erstreckungsrichtung der Schneidkante (11) eine in Radialrichtung bezogen auf die Werkzeugdrehachse (2) verlaufende Komponente aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einige der Schneidkan-

ten (11) der Schneidplatten A1, A2, A3, B, C) derart winkelversetzt zueinander angeordnet sind, dass sie bei einer gleichmäßigen synchronen Drehung an voneinander verschiedenen Stellen an den Zähnen (5) des Werkrades (3) angreifen.

16. Steuerprogramm, das, wenn auf einer Steuereinrichtung einer Vorrichtung gemäß Anspruch 10 ausgeführt, diese zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 steuert.

17. Verfahren, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der kennzeichnenden Merkmale eines der vorhergehenden Ansprüche.

Fig. 1

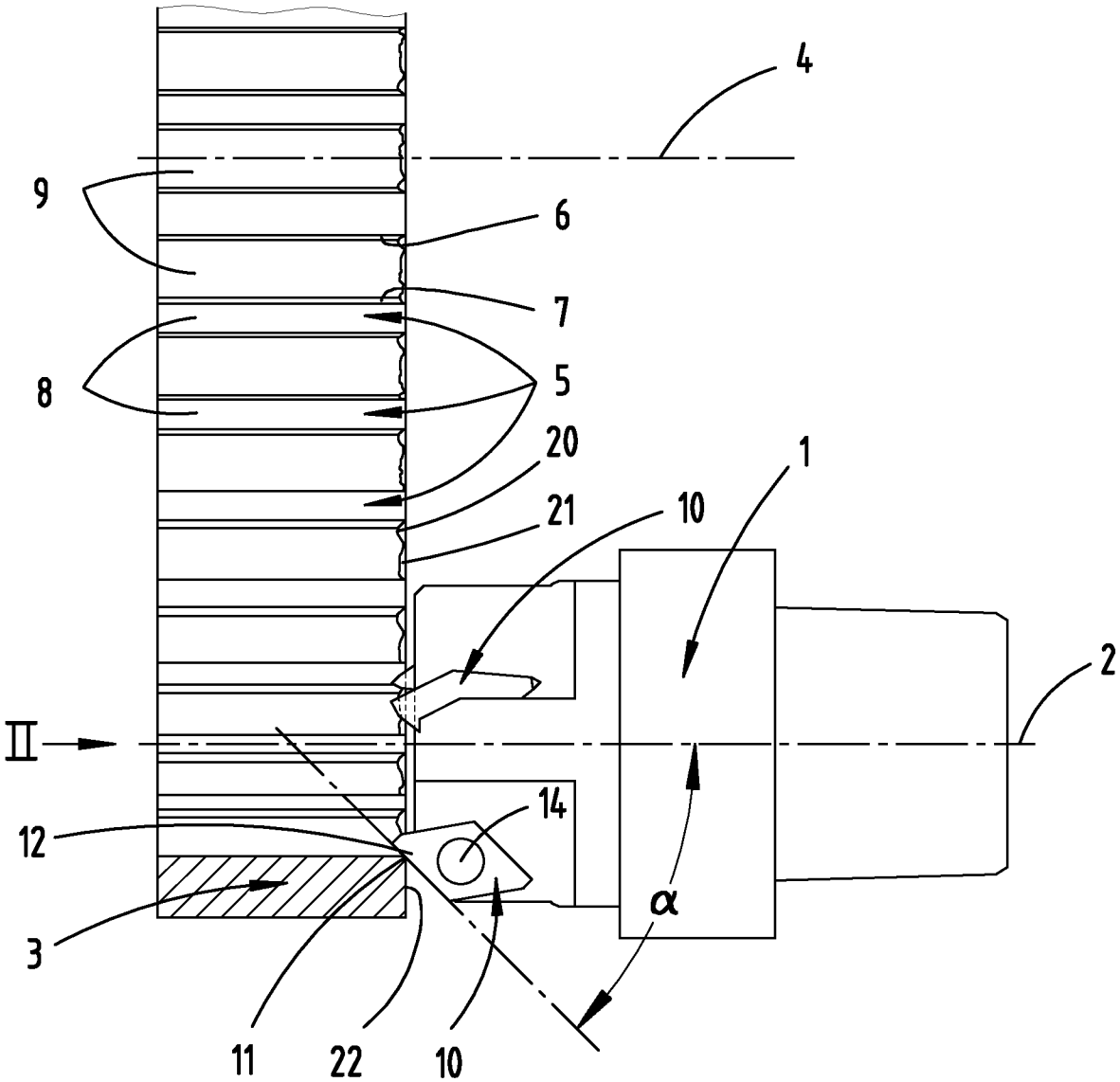


Fig: 2

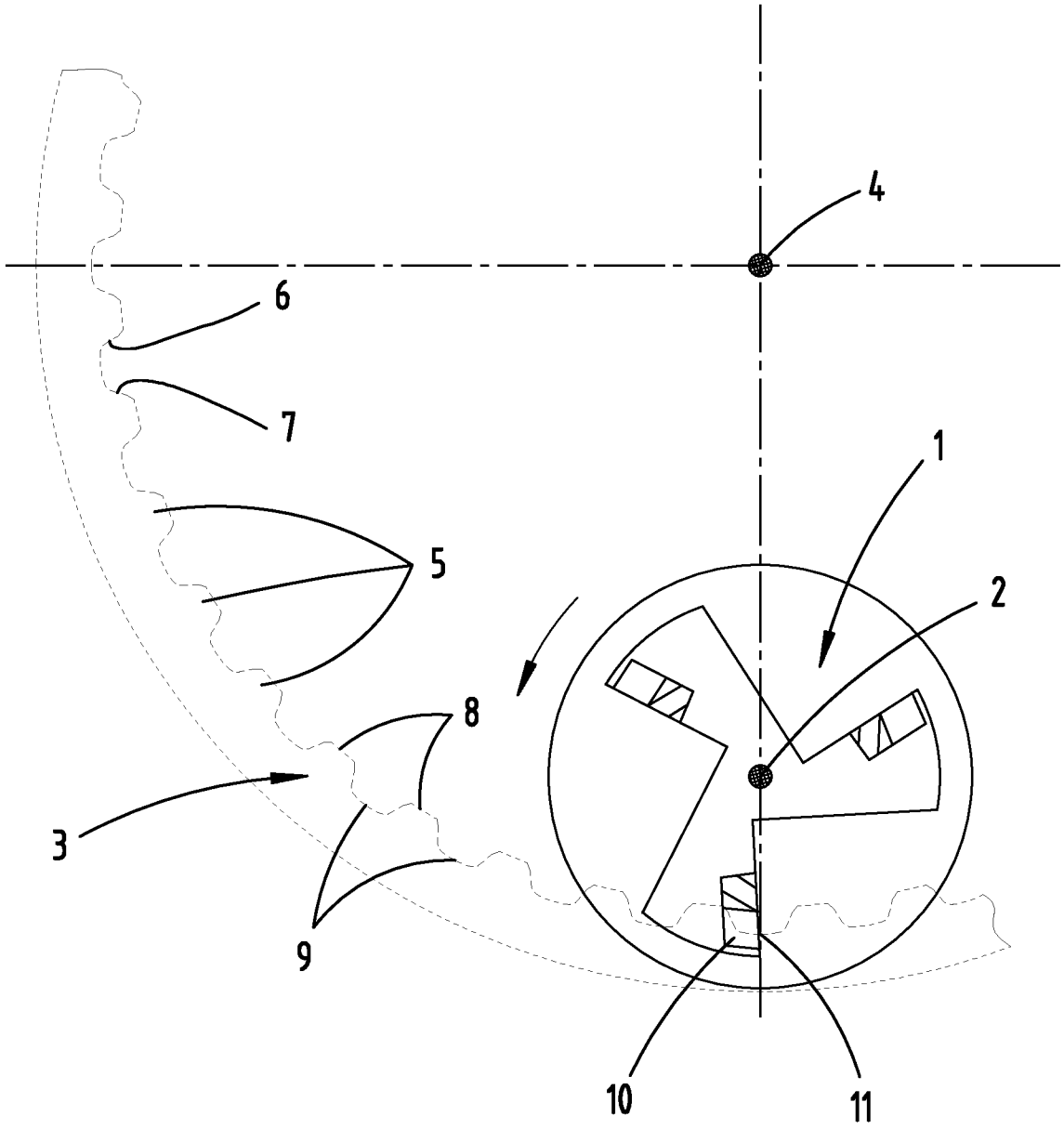


Fig: 3

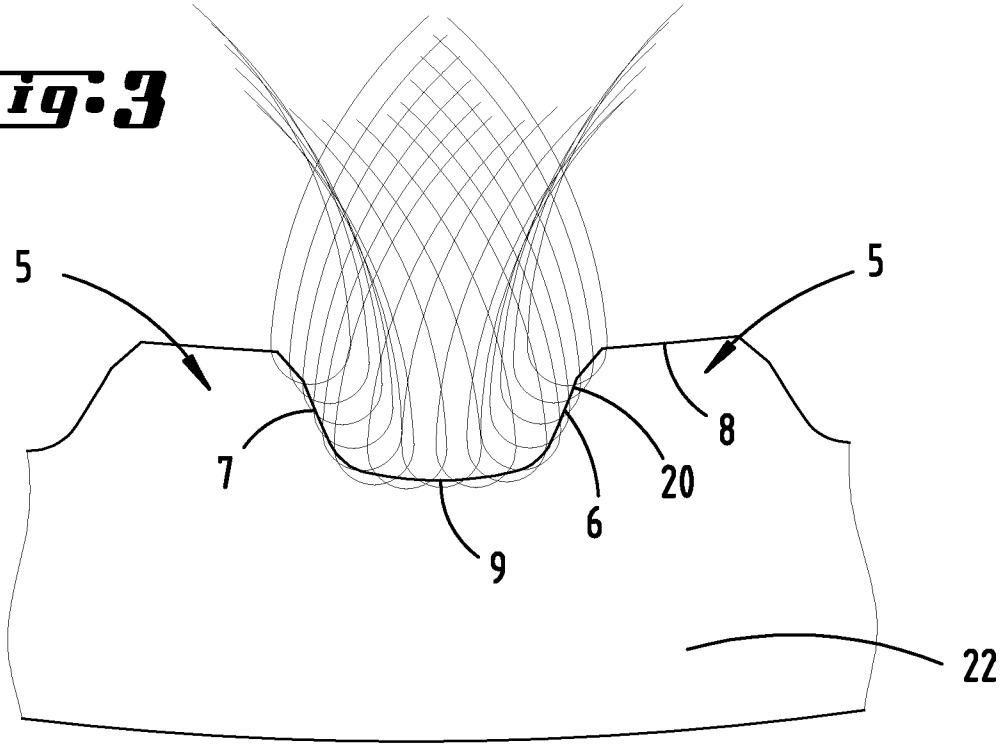


Fig: 4

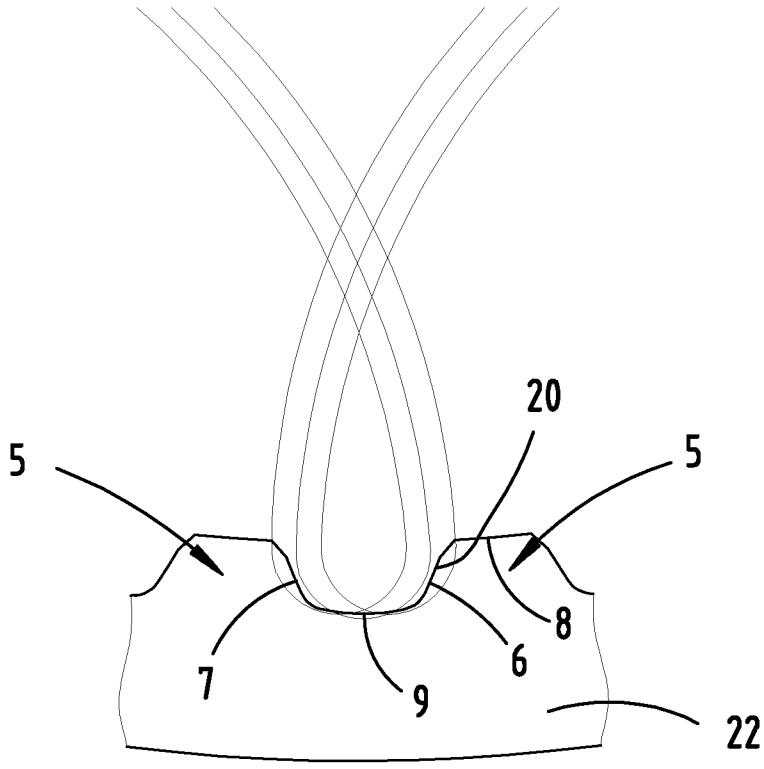


Fig: 5

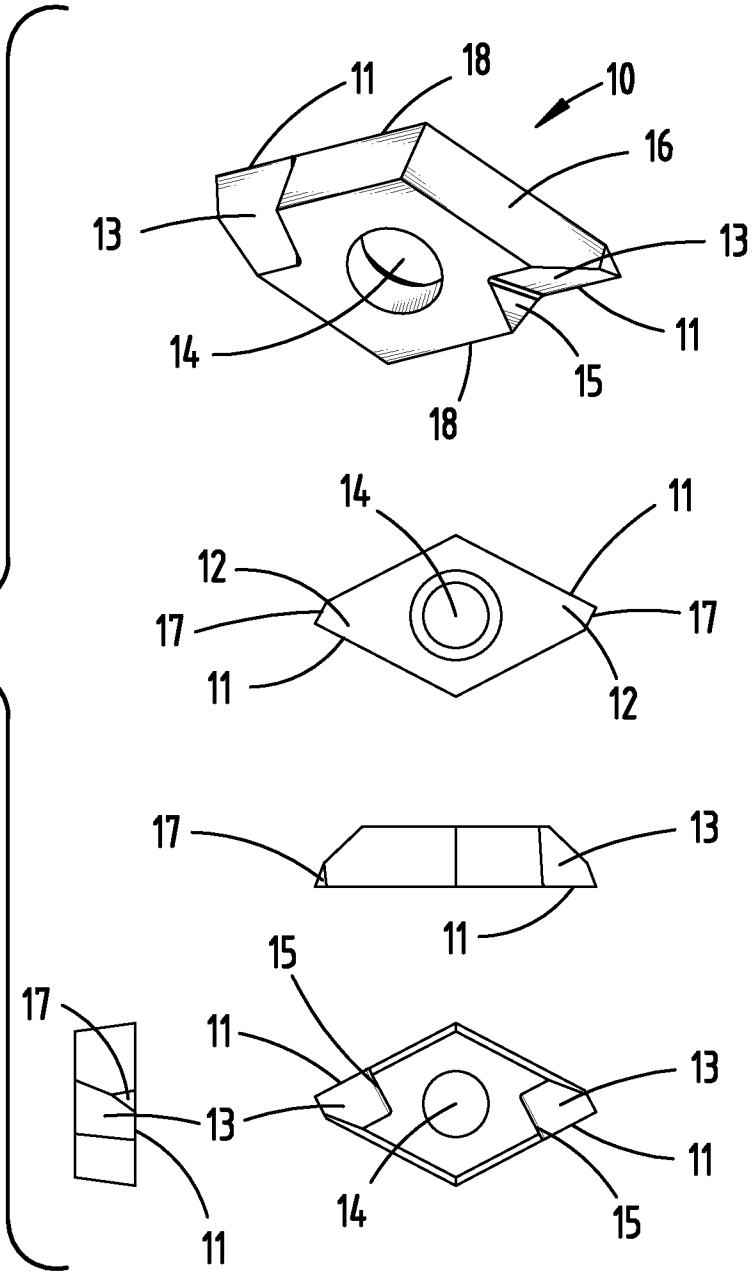

11
18
10
16
13
13
14
11
15
18
14
11
12
17
17
11
12
17
13
11
15
17
11
13
13
11
14
15

Fig: 5a

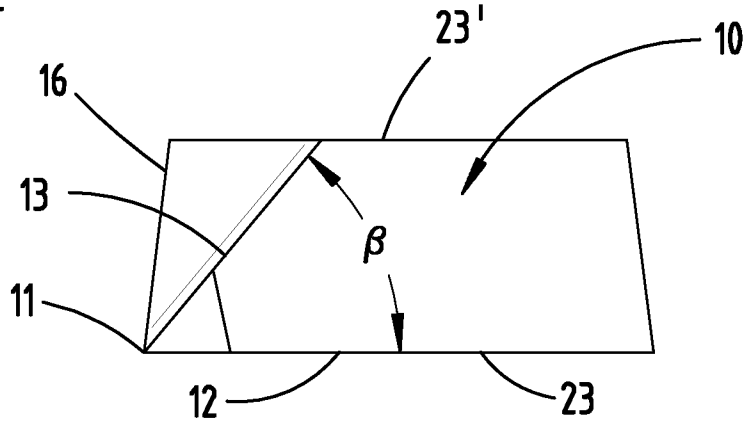

23'
10
16
13
β
11
12
23

Fig: 6

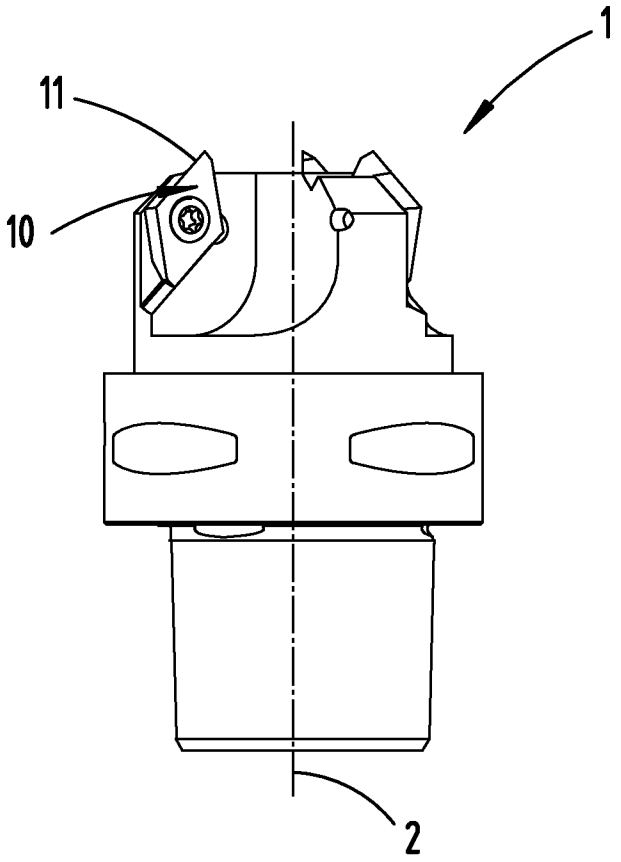


Fig: 7

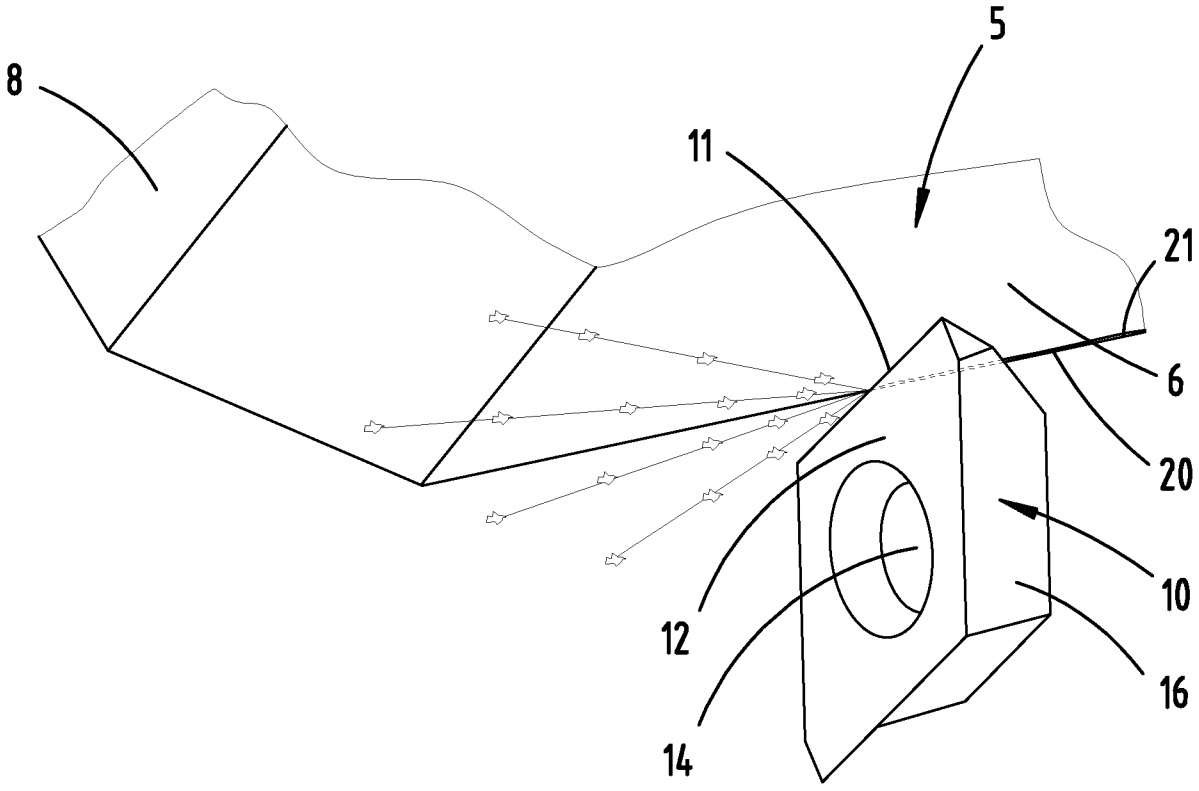


Fig: 8

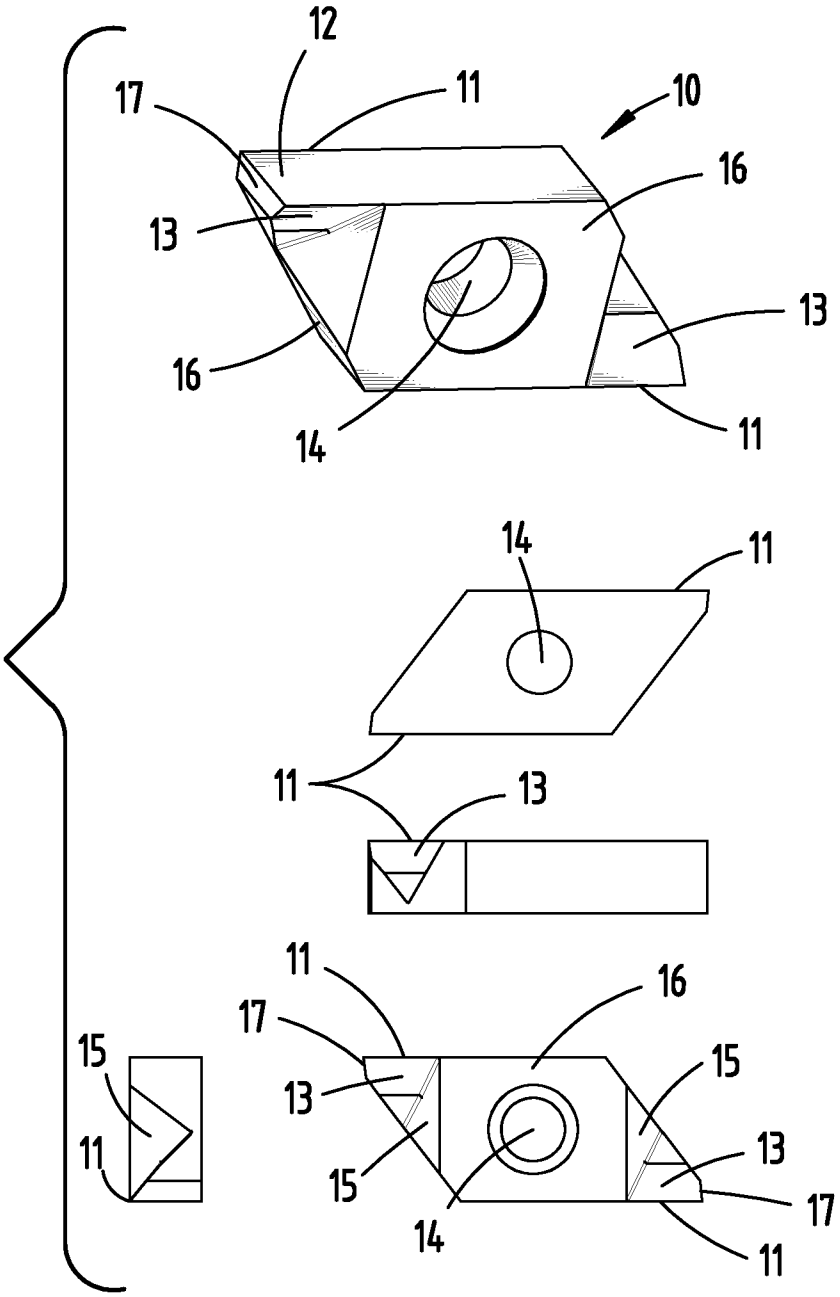

12
17
11
10
16
13
13
16
14
11
14
11
11
13
15
11
11
16
17
13
15
13
15
17
14
11

Fig: 8a

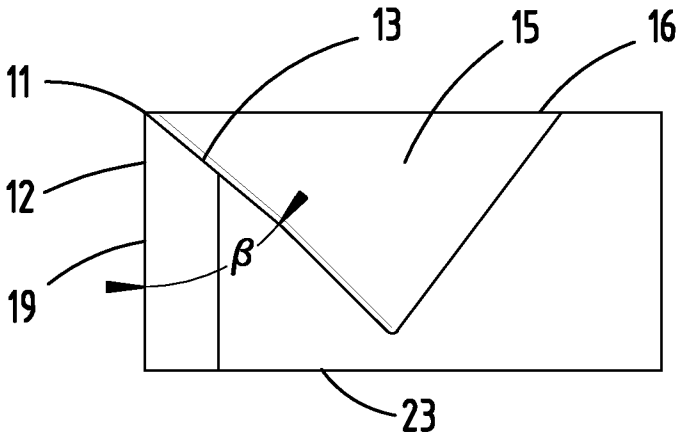

13
15
16
11
12
β
19
23

Fig: 9

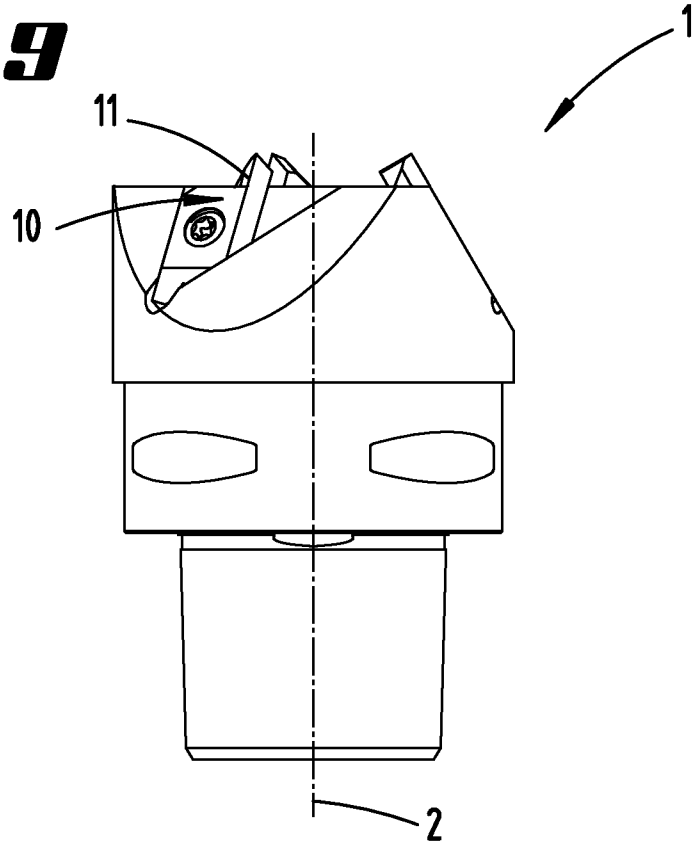


Fig: 10

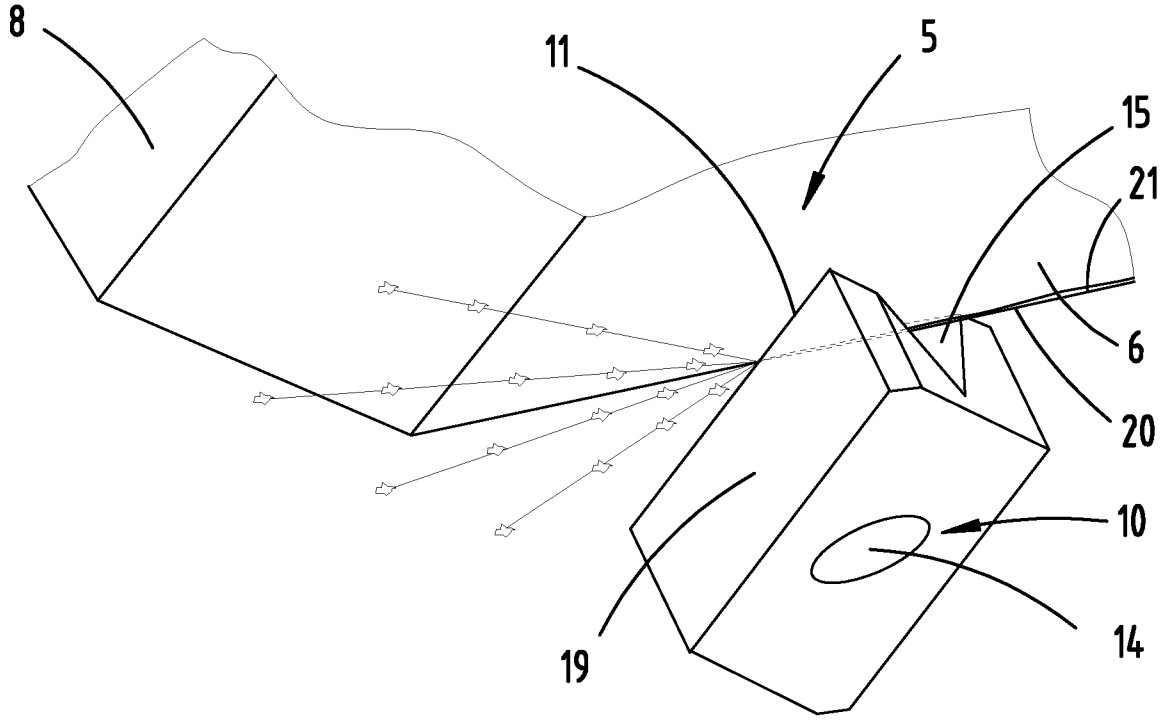


Fig: 11

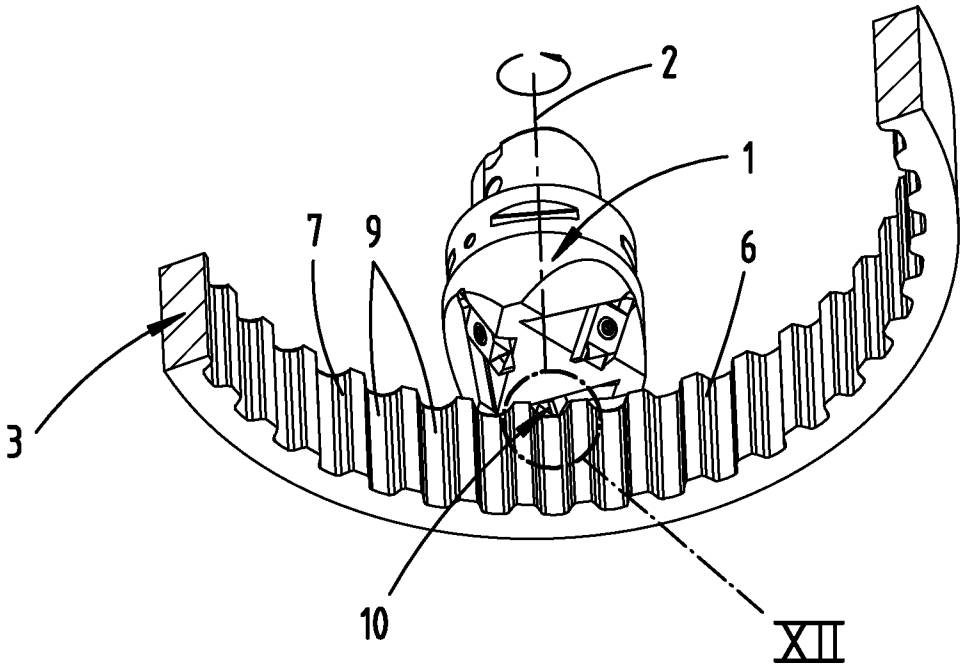


Fig: 12

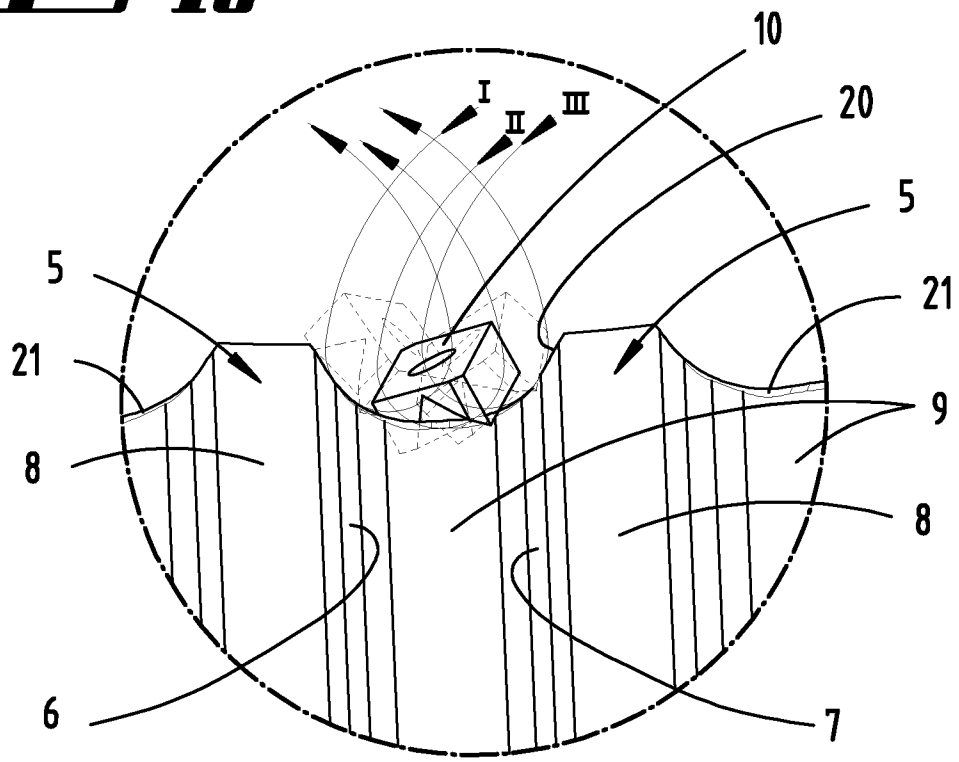


Fig: 13

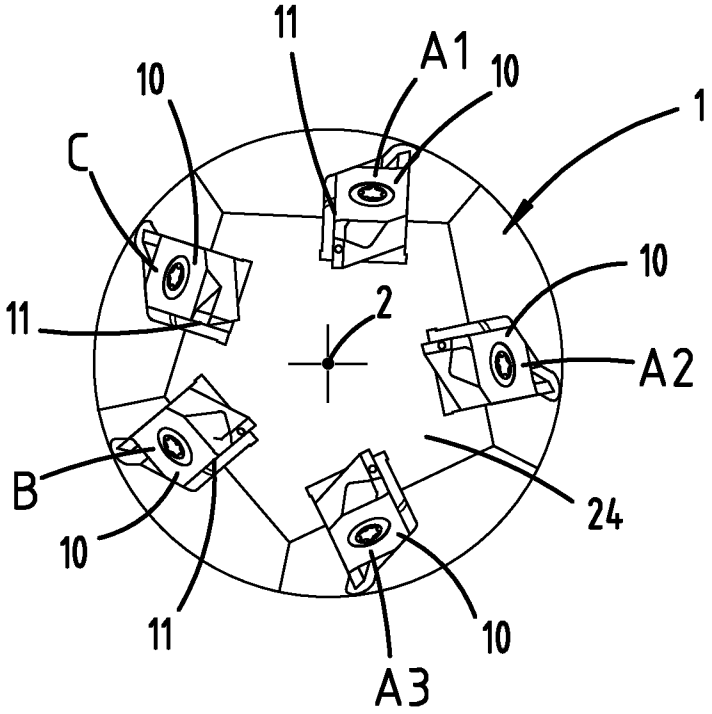
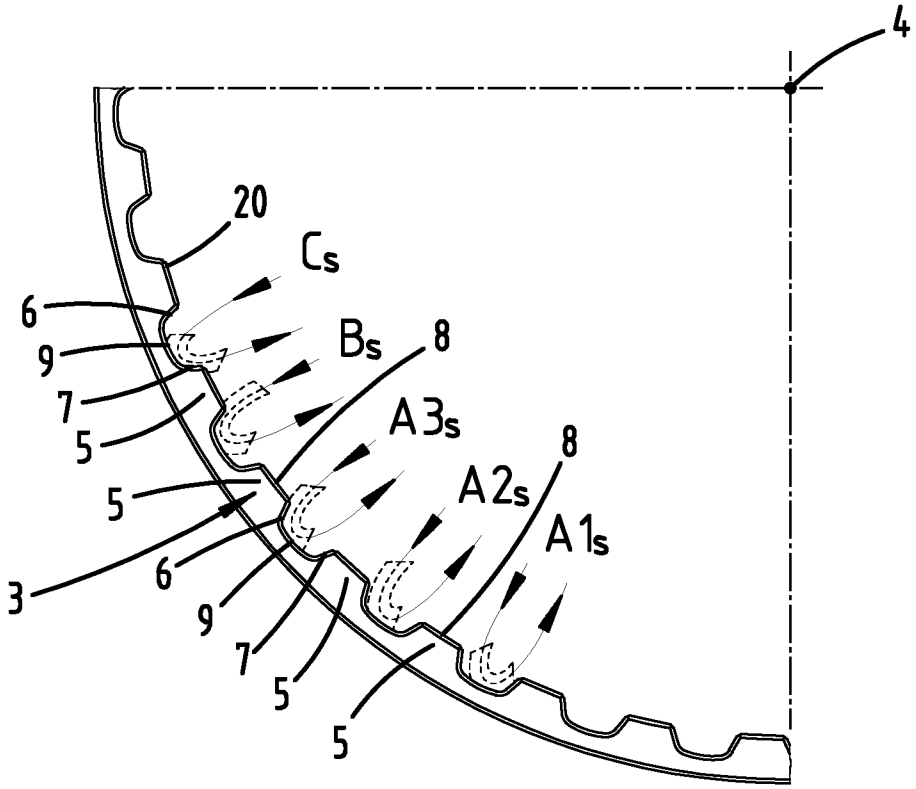

11
A1
10
10
1
C
10
11
2
A2
B
24
10
11
10
A3

Fig: 14


4
20
Cs
6
Bs
8
9
7
A3s
5
8
A2s
5
A1s
3
6
9
7
5
5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2021/069050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23F 19/10(2006.01)i; ***B23F 21/20***(2006.01)i; ***B23F 21/12***(2006.01)i; ***B23F 23/00***(2006.01)i; ***B23C 5/10***(2006.01)i; ***B23C 5/20***(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; B23G; B23C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007065945 A1 (PROFILATOR GMBH & CO KG [DE]; BUCHHOLZ KLAUS [DE]) 14 June 2007 (2007-06-14)	10-12
A	claim 4; figure 3	1,15,16
Y	WO 2008018062 A2 (HANITA METAL WORKS LTD [IL]; VOLOKH VLADIMIR [IL]) 14 February 2008 (2008-02-14)	10-12
A	page 4, line 18 - line 25; figure 3	1,15
X	WO 2004078395 A1 (RIETH STEPHAN [DE]) 16 September 2004 (2004-09-16)	13,14,17
	page 2, line 33 - line 35	
X	EP 1035935 A1 (KENNAMETAL INC [US]) 20 September 2000 (2000-09-20)	13,14,17
	paragraph [0060]; figure 9	
X	US 2015328704 A1 (OTANI HISASHI [JP] ET AL) 19 November 2015 (2015-11-19)	17
A	paragraphs [0006], [0010], [0031]; figure 3	1,10,15,16

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
21 September 2021	**01 October 2021**

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. **(+31-70)340-2040**
Facsimile No. **(+31-70)340-3016**

Authorized officer

Carmichael, Guy

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017125553 A1 (HARTMETALL-WERKZEUGFABRIK PAUL HORN GMBH [DE]) 27 July 2017 (2017-07-27)	17
Y	figures 7a-7c	10-12
A		13
A	WO 2015185186 A1 (GLEASON PFAUTER MASCHF GMBH [DE]) 10 December 2015 (2015-12-10) cited in the application figures 3b, 4	1-17
A	US 2017173713 A1 (THIJSSEN JOHAN [BE] ET AL) 22 June 2017 (2017-06-22) paragraph [0070]	1,15,16
A	US 2018071840 A1 (SUZUKI NORIKAZU [JP] ET AL) 15 March 2018 (2018-03-15) paragraphs [0152], [0164]; figure 2	10-12
A	EP 2846954 A1 (WALTER AG [DE]) 18 March 2015 (2015-03-18) figure 3	14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2021/069050

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2007065945 A1	14 June 2007	DE 102005058731 A1	14 June 2007
		EP 1960145 A1	27 August 2008
		WO 2007065945 A1	14 June 2007
WO 2008018062 A2	14 February 2008	AT 547197 T	15 March 2012
		BR PI0713704 A2	30 October 2012
		CA 2659073 A1	14 February 2008
		CN 101534985 A	16 September 2009
		EP 2049296 A2	22 April 2009
		IL 177336 A	30 May 2013
		JP 2010500183 A	07 January 2010
		JP 2014058041 A	03 April 2014
		JP 2016034696 A	17 March 2016
		JP 2018012192 A	25 January 2018
		KR 20090045220 A	07 May 2009
		KR 20140004266 A	10 January 2014
		RU 2009107779 A	20 September 2010
		US 2010178119 A1	15 July 2010
		US 2013008004 A1	10 January 2013
		WO 2008018062 A2	14 February 2008
WO 2004078395 A1	16 September 2004	EP 1599307 A1	30 November 2005
		PL 1599307 T3	30 April 2014
		US 2006269366 A1	30 November 2006
		WO 2004078395 A1	16 September 2004
EP 1035935 A1	20 September 2000	AU 1530799 A	16 June 1999
		BR 9815138 A	10 October 2000
		CA 2311627 A1	10 June 1999
		DE 69808129 T2	11 September 2003
		EP 1035935 A1	20 September 2000
		JP 2001524394 A	04 December 2001
		KR 20010024686 A	26 March 2001
		US 5944456 A	31 August 1999
		WO 9928074 A1	10 June 1999
US 2015328704 A1	19 November 2015	CN 105081475 A	25 November 2015
		DE 102015107431 A1	19 November 2015
		JP 6620393 B2	18 December 2019
		JP 2015217484 A	07 December 2015
		US 2015328704 A1	19 November 2015
WO 2017125553 A1	27 July 2017	CA 3012158 A1	27 July 2017
		CN 108602140 A	28 September 2018
		DE 102016101145 A1	27 July 2017
		DK 3237134 T3	27 January 2020
		EP 3237134 A1	01 November 2017
		JP 6717952 B2	08 July 2020
		JP 2019508265 A	28 March 2019
		US 2018318940 A1	08 November 2018
		WO 2017125553 A1	27 July 2017
WO 2015185186 A1	10 December 2015	CN 106457431 A	22 February 2017
		DE 102014008475 A1	17 December 2015
		EP 3151993 A1	12 April 2017

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2021/069050

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
				JP	6527890	B2	05 June 2019
				JP	2017520416	A	27 July 2017
				KR	20170012299	A	02 February 2017
				US	2017072485	A1	16 March 2017
				WO	2015185186	A1	10 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
US	2018071840	A1	15 March 2018	JP	6587090	B2	09 October 2019
				JP	2016190274	A	10 November 2016
				US	2018071840	A1	15 March 2018
				WO	2016158980	A1	06 October 2016
EP	2846954	A1	18 March 2015	CN	104507608	A	08 April 2015
				DE	102012104082	A1	14 November 2013
				EP	2846954	A1	18 March 2015
				ES	2719456	T3	10 July 2019
				JP	6334515	B2	30 May 2018
				JP	2015519212	A	09 July 2015
				KR	20150008430	A	22 January 2015
				US	2015117970	A1	30 April 2015
				WO	2013167400	A1	14 November 2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/069050

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B23F19/10 B23F21/20 B23F21/12 B23F23/00 B23C5/10
B23C5/20
ADD.
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B23F B23G B23C

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.
Y	WO 2007/065945 A1 (PROFILATOR GMBH & CO KG [DE]; BUCHHOLZ KLAUS [DE]) 14. Juni 2007 (2007-06-14)	10-12
A	Anspruch 4; Abbildung 3	1,15,16
Y	WO 2008/018062 A2 (HANITA METAL WORKS LTD [IL]; VOLOKH VLADIMIR [IL]) 14. Februar 2008 (2008-02-14)	10-12
A	Seite 4, Zeile 18 - Zeile 25; Abbildung 3	1,15
X	WO 2004/078395 A1 (RIETH STEPHAN [DE]) 16. September 2004 (2004-09-16) Seite 2, Zeile 33 - Zeile 35	13,14,17
X	EP 1 035 935 A1 (KENNAMETAL INC [US]) 20. September 2000 (2000-09-20) Absatz [0060]; Abbildung 9	13,14,17

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
21. September 2021	01/10/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Carmichael, Guy

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2015/328704 A1 (OTANI HISASHI [JP] ET AL) 19. November 2015 (2015-11-19) Absätze [0006], [0010], [0031]; Abbildung 3	17 1,10,15, 16

X Y A	WO 2017/125553 A1 (HARTMETALL-WERKZEUGFABRIK PAUL HORN GMBH [DE]) 27. Juli 2017 (2017-07-27) Abbildungen 7a-7c	17 10-12 13

A	WO 2015/185186 A1 (GLEASON PFAUTER MASCHF GMBH [DE]) 10. Dezember 2015 (2015-12-10) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 3b, 4	1-17

A	US 2017/173713 A1 (THIJSSEN JOHAN [BE] ET AL) 22. Juni 2017 (2017-06-22) Absatz [0070]	1,15,16

A	US 2018/071840 A1 (SUZUKI NORIKAZU [JP] ET AL) 15. März 2018 (2018-03-15) Absätze [0152], [0164]; Abbildung 2	10-12

A	EP 2 846 954 A1 (WALTER AG [DE]) 18. März 2015 (2015-03-18) Abbildung 3	14

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/069050

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007065945 A1	14-06-2007	DE 102005058731 A1	14-06-2007
		EP 1960145 A1	27-08-2008
		WO 2007065945 A1	14-06-2007
WO 2008018062 A2	14-02-2008	AT 547197 T	15-03-2012
		BR PI0713704 A2	30-10-2012
		CA 2659073 A1	14-02-2008
		CN 101534985 A	16-09-2009
		EP 2049296 A2	22-04-2009
		IL 177336 A	30-05-2013
		JP 2010500183 A	07-01-2010
		JP 2014058041 A	03-04-2014
		JP 2016034696 A	17-03-2016
		JP 2018012192 A	25-01-2018
		KR 20090045220 A	07-05-2009
		KR 20140004266 A	10-01-2014
		RU 2009107779 A	20-09-2010
		US 2010178119 A1	15-07-2010
		US 2013008004 A1	10-01-2013
		WO 2008018062 A2	14-02-2008
WO 2004078395 A1	16-09-2004	EP 1599307 A1	30-11-2005
		PL 1599307 T3	30-04-2014
		US 2006269366 A1	30-11-2006
		WO 2004078395 A1	16-09-2004
EP 1035935 A1	20-09-2000	AU 1530799 A	16-06-1999
		BR 9815138 A	10-10-2000
		CA 2311627 A1	10-06-1999
		DE 69808129 T2	11-09-2003
		EP 1035935 A1	20-09-2000
		JP 2001524394 A	04-12-2001
		KR 20010024686 A	26-03-2001
		US 5944456 A	31-08-1999
		WO 9928074 A1	10-06-1999
US 2015328704 A1	19-11-2015	CN 105081475 A	25-11-2015
		DE 102015107431 A1	19-11-2015
		JP 6620393 B2	18-12-2019
		JP 2015217484 A	07-12-2015
		US 2015328704 A1	19-11-2015
WO 2017125553 A1	27-07-2017	CA 3012158 A1	27-07-2017
		CN 108602140 A	28-09-2018
		DE 102016101145 A1	27-07-2017
		DK 3237134 T3	27-01-2020
		EP 3237134 A1	01-11-2017
		JP 6717952 B2	08-07-2020
		JP 2019508265 A	28-03-2019
		US 2018318940 A1	08-11-2018
		WO 2017125553 A1	27-07-2017
WO 2015185186 A1	10-12-2015	CN 106457431 A	22-02-2017
		DE 102014008475 A1	17-12-2015
		EP 3151993 A1	12-04-2017
		JP 6527890 B2	05-06-2019
		JP 2017520416 A	27-07-2017
		KR 20170012299 A	02-02-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		US 2017072485 A1	16-03-2017
		WO 2015185186 A1	10-12-2015
US 2017173713 A1	22-06-2017	CN 106687241 A	17-05-2017
		DE 102014218082 A1	10-03-2016
		EP 3191248 A1	19-07-2017
		ES 2835600 T3	22-06-2021
		US 2017173713 A1	22-06-2017
		WO 2016037903 A1	17-03-2016
US 2018071840 A1	15-03-2018	JP 6587090 B2	09-10-2019
		JP 2016190274 A	10-11-2016
		US 2018071840 A1	15-03-2018
		WO 2016158980 A1	06-10-2016
EP 2846954 A1	18-03-2015	CN 104507608 A	08-04-2015
		DE 102012104082 A1	14-11-2013
		EP 2846954 A1	18-03-2015
		ES 2719456 T3	10-07-2019
		JP 6334515 B2	30-05-2018
		JP 2015519212 A	09-07-2015
		KR 20150008430 A	22-01-2015
		US 2015117970 A1	30-04-2015
		WO 2013167400 A1	14-11-2013