(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 508 493 B1 2012-09-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 949/2009
(22) Anmeldetag: 19.06.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2012

(51) Int. Cl. : ***B23F 21/12*** (2006.01)
B23F 5/20 (2006.01)

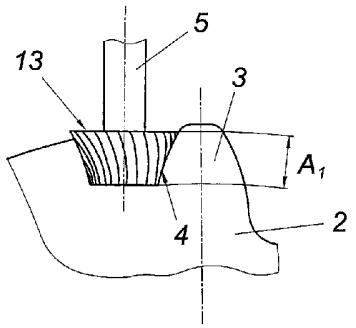
(56) Entgegenhaltungen:
CN 201253717 Y US 6204466 B1

(73) Patentinhaber:
WFL MILLTURN TECHNOLOGIES GMBH & CO. KG
4030 LINZ (AT)

(54) **VERFAHREN UND WERKZEUGVORRICHTUNG ZUM PROFILFRÄSEN**

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zum Profilfräsen wenigstens einer Zahnflanke (4) eines Zahns (3) aus einem Werkstück (2) mit einem Werkstück (2), mit einem Fräswerkzeug (5), das ein konkaves und ein gegenüber der zu fräsenden Zahnflanke (4) zumindest teilweise abweichendes Fräsprofil (8) aufweist, mit einem, das Fräswerkzeug (5) haltenden und dieses wenigstens in drei Freiheitsgraden (x, y, z) bewegbaren Werkzeughalter (6), und mit einer mit dem Werkzeughalter (6) verbundenen Steuereinrichtung (7) gezeigt, die zwischen wenigstens zwei Fräsabschritten (A1, A2) an der Zahnflanke (4) mit dem Werkzeughalter (6) zum unterschiedlichen Anstellen des Fräswerkzeugs (5) an das Werkstück (2) verbindet. Um vorteilhafte Bedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass das Fräswerkzeug (5) ein Fräsprofil (8) mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf (10) aufweist.

FIG.2



AT 508 493 B1 2012-09-15

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Profilfräsen wenigstens einer Zahnflanke eines Zahns aus einem Werkstück bei dem die Zahnflanke mit mindestens einem Fräswerkzeug abschnittsweise gefräst wird, welches Fräswerkzeug ein konkaves und ein gegenüber der zu fräsenden Zahnflanke zumindest teilweise abweichendes Fräsprofil aufweist, wobei insbesondere das Fräswerkzeug zwischen wenigstens zwei Fräsabschnitten unterschiedlich an das Werkstück angestellt wird.

[0002] Um eine Zahnflanke eines Zahns eines Zahnrads herstellen zu können, sind aus dem Stand der Technik verschiedenste Verfahren bekannt. Neben einem Profilfräsen in einem Schritt (, auch unter Formfräsen bekannt,) ist auch aus der WO2008/133517A1 ein Profilfräsen bekannt, bei dem mit einem konkaven Fräswerkzeug abschnittsweise bzw. schrittweise die Zahnflanke gefräst wird. Dafür wird ein Fräswerkzeug vorgeschlagen, dass ein gegenüber der zu fräsenden Zahnflanke teilweise abweichendes konkaves Fräsprofil aufweist bzw. annähernd gleich der zu fräsenden Zahnflanke verlaufend ist. Zwar kann mit einer derartigen Bedingung eine Zahnflanke in vergleichsweise geringen Schritten bzw. wenigen Abschnitten schnell gefertigt werden, weil ja mit geringen Profilabweichungen zu rechnen ist, jedoch stellt ein derartiges, am Zahnflankenprofil stark orientiertes Fräsprofil wiederum nachteilig einen vergleichsweise eng eingegrenzten Anwendungsbereich für das Fräswerkzeug dar, was bereits vom Formfräsen bekannt ist. Diese Vorrichtung bzw. dieses Verfahren kann daher eine universelle Verwendbarkeit nicht gewährleisten bzw. fordert nachteilig eine Vielzahl an verschiedenen konkaven Fräswerkzeugen, was kostenintensiv ist.

[0003] Die Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs geschilderten Art derart zu verbessern, dass trotz der breiten Verwendbarkeit des Fräswerkzeugs eine Zahnflanke schnell und formgenau gefertigt werden kann. Außerdem soll die Vorrichtung kostengünstig sein und trotzdem eine universelle Anwendbarkeit gewährleisten können.

[0004] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens dadurch, dass die Zahnflanke mit einem Fräswerkzeug abschnittsweise gefräst wird, das ein Fräsprofil mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf aufweist.

[0005] Wird die Zahnflanke mit einem Fräswerkzeug abschnittsweise gefräst, das ein Fräsprofil mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf aufweist, so hat sich herausgestellt, dass damit eine Verfahrensbedingung geschaffen werden kann, die eine schnelle Fertigung für eine Vielzahl an unterschiedlichen Zahnflanken eröffnen kann. Denn es konnte gezeigt werden, dass durch die der Evolvente gemeine hohe Anzahl an unterschiedlichen Krümmungsradien auf einfache Weise jegliche konvexe Zahnflankenform angenähert werden kann, so dass lediglich mit geringen Profilabweichungen zu rechnen ist, was vorteilhaft ermöglicht, selbst mit einer geringen Anzahl an Fräsabschnitten ein profilgenaues Herstellen sicherstellen zu können. Es können daher gegenläufige Bedingungen, nämlich ein universell einsetzbares Fräswerkzeug auf der einen Seite und geringe Profilabweichungen auf der anderen Seite durch das erfindungsgemäße Fräsprofil zu einem verbesserten Verfahren zusammengeführt werden. Daher kann auch im Gegensatz zum Stand der Technik darauf verzichtet werden, das Fräsprofil an den Verlauf der zu erzeugenden Zahnflanke stark annähern zu müssen, so dass damit ein vergleichsweise begrenzt einsetzbares Fräswerkzeug ausgeschlossen werden kann. Dabei spielt es keine Rolle ob Hinterschneidungen durch das erfindungsgemäße Fräswerkzeug entstehen, dies können beispielsweise durch ein Aufmaß an der Zahnflanke kompensiert werden. Insbesondere kann dafür das Fräswerkzeug zwischen den Fräsabschnitten unterschiedlich an das Werkstück angestellt werden, um den Evolventenverlauf besser an die zu erzeugende Zahnflanke annähern zu können. Vorstellbar ist jedoch auch, dass statt dem Fräswerkzeug das Werkstück dementsprechend bewegt wird. Es ergeben sich daher gegenüber dem Stand der Technik vereinfachte Verfahrensbedingungen zum Profilfräsen mit einem konkaven Fräswerkzeug, welche Bedingungen sich insbesondere in einer beschleunigten Berechnung des Anstell-

winkels bzw. der Anstellwinkel des Fräswerkzeugs am Werkstück äußern können. Solche beschleunigte Berechnungsverfahren der jeweiligen Anstellwinkel für die Fräsabschnitte des Fräswerkzeugs können daher nicht nur für ein profilgenaues Fräsen sorgen, sondern auch im allgemeinen zur Erhöhung der Dynamik des Verfahrens beitragen.

[0006] Ist der dem Evolventenverlauf zugrundeliegende Evolventengrundkreis größer als der größte Grundkreis des zu profilfräsenden Zahns, dann können die Verfahrensbedingungen zur Berechnung der Fräsabschnitte noch weiter vereinfacht werden, weil damit Hinterschneidungen aufgrund der Krümmungseigenschaften des Fräswerkzeugs ausschließbar sind.

[0007] Insbesondere bei einem Profilfräser für eine Evolventenverzahnung kann sich als vorteilhaft herausstellen, wenn dem Evolventenverlauf zugrundeliegende Evolventengrundkreis größer als der größte Grundkreis der Evolventen der Zahnflanke ist. Damit kann auf einfache Weise auch eine Verfahrensbedingung für ein Kegelrad ermöglicht werden, bei dem eine Zahnflanke mit einer Vielzahl an Evolventen gefräst werden soll. Bei Kegelrädern ist sohin von den Evolventen der größte Grundkreis zu betrachten, wo hingegen beim Stirnrad lediglich ein Grundkreis berücksichtigt werden muss. Sohin kann ein einfaches und schnelles Verfahren zum Profilfräsen geschaffen werden, was insbesondere auch die Vorteile von geringen Profilabweichungen ermöglichen kann, das sonst nur von äußerst an die Zahnflanke angenäherten konkaven Fräsprofilen sowie von Formfräsern bekannt ist.

[0008] Um eng verzahnte Verzahnungen herstellen zu können, schlägt die Erfindung weiter vor, bei einem Verfahren zum Profilfräsen einen fingerförmigen Schaftfräser als Fräswerkzeug zu verwenden.

[0009] Die Erfindung löst die erfindungsgemäße Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung dadurch, dass das Fräswerkzeug ein Fräsprofil mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf aufweist.

[0010] Weist das Fräswerkzeug ein Fräsprofil mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf auf, dann kann es, wie bereits zum Verfahren vorstehend beschrieben, möglich werden, anhand einer geringen Anzahl an Fräswerkzeugen eine Vielzahl an verschiedensten Flankenformen herstellen zu können, wenn das Fräswerkzeug abschnittsweise die Zahnflanke bearbeitet. Ein derartiger Abschnitt muss nicht unbedingt an den letzten Abschnitt direkt anschließen, Überlappungen sind bevorzugt vorzusehen, um damit die Profilabweichungen in der Zahnflankenform zu verringern. Somit kann anhand eines der Zahnflankenform nicht entsprechenden Fräswerkzeugs ein besonderer Kompromiss zwischen einem Formfräser und einem konkaven Fräser bzw. Schaftfräser oder Kugelfräser mit deren Vielzahl an Bahnen bzw. Abschnitten gefunden werden, was nicht nur die Konstruktion der Vorrichtung vereinfacht, sondern eine kostengünstige Vorrichtung schaffen kann, weil auf Grundlage einer verminderten Anzahl an Fräswerkzeugen eine universell einsetzbare Vorrichtung geschaffen werden kann.

[0011] Das Fräswerkzeug kann sich noch weiter dadurch auszeichnen, dass der dem Evolventenverlauf zugrunde liegende Evolventengrund kreis größer als der größte Grundkreis des zu profilfräsenden Zahns ist. Damit wird das Fräswerkzeug noch universeller einsetzbar, weil durch das fräsbedingte Aufmaß Hinterschneidungen gering gehalten werden können.

[0012] Insbesondere hat sich ein Fräswerkzeug ausgezeichnet, wenn der dem Evolventenverlauf zugrundeliegende Evolventengrund kreis größer als der größte Grundkreis der Evolvente der Zahnflanke ist. Damit kann auf einfache und kostengünstige Weise mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Stirnradverzahnung oder eine Kegelradverzahnung hergestellt werden.

[0013] Ist das Fräswerkzeug ein Schaftfräser, so können durch die Vorrichtung kleinste Verzahnungsgeometrien geschaffen werden, was das Anwendungsgebiet der Vorrichtung weiter vorteilhaft verbessern kann.

[0014] Insbesondere hat sich für ein Profilfräsen als vorteilhaft herausgestellt, wenn dafür ein konkaves, insbesondere schaftförmiges Fräswerkzeug, dessen Fräsprofil zumindest teilweise einen Evolventenverlauf ausbildet, zum abschnittsweisen Profilfräsen einer Zahnflanke eines Zahns aus einem Werkstück verwendet wird. Damit kann nämlich unter anderem die Profilab-

weichung gleichzeitig mit der Anzahl an Fräsabschnitten vermindert werden, so dass gegenläufige Bedingungen überwunden werden können.

[0015] Die Verwendung kann für Evolventenverzahnungen verbessert werden, wenn der dem Evolventenverlauf zugrundeliegende Evolventengrundkreis größer als der größte Grundkreis der Evolventen der Zahnflanke ist.

[0016] In den Figuren ist beispielsweise ein Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen

[0017] Fig. 1 eine nur teilweise dargestellte Seitenansicht einer Vorrichtung zum Profilfräsen,

[0018] Fig. 2 eine teilweise Darstellung eines ersten Verfahrensschritts beim abschnittsweisen Profilfräsen einer Zahnflanke,

[0019] Fig. 3 einen weiteren Verfahrensschritt des abschnittsweisen Profilfräsens nach Fig. 2 und

[0020] Fig. 4 eine Schnittansicht auf die Bahnen, die aufgrund des abschnittsweisen Profilfräsens am Werkstück entstehen.

[0021] In der beispielsweise nach Fig. 1 dargestellten als Werkzeugmaschine ausgebildeten Vorrichtung 1 wird ein Werkstück 2 gezeigt, indem bereits Zähne 3 mit Zahnflanken 4 eingefräst worden sind. Zum Zwecke des Fräsens weist die Vorrichtung 1 ein konkaves Fräswerkzeug 5 auf, dass vom einem Werkzeughalter 6 gehalten und in Drehung versetzt wird. Über den Werkzeughalter 6 kann dass Werkzeug 5 in wenigstens 3 Freiheitsgraden x, y und z bewegt werden. Zu diesem Zweck ist eine Steuereinrichtung 7 vorgesehen, die das Werkzeug 5 je nach berechneter Winkellage an das Werkstück 2 anstellen kann. Um besondere Verfahrenbedingungen zu schaffen, insbesondere eine hohe Flankengenauigkeit sowie ein schnellen Bearbeitung zu ermöglichen, weist das Fräswerkzeug 5 ein besonders konkaves Fräsprofil 8 auf, wobei sich das Fräsprofil 8 durch die Drehung des Fräswerkzeugs 5 in Verbindung mit seinen Schneiden 9 bildet. Das Fräsprofil 8 weist nämlich einen in Fig. 1 gezeigten Evolventenverlauf 10 mit einem zugrundeliegenden Evolventengrundkreis G2 auf, wobei die sich dadurch ergebenden Vorteile näher in den Figuren 2 bis 4 dargestellt werden. So ist in den Figuren 2 und 3 zu erkennen, dass mit dem Fräswerkzeug 5 zunächst der obere Abschnitt A1 der Zahnflanke 4 gefräst wird und anschließend in einem zweiten Arbeitsschritt der untere Teil A2 der Zahnflanke 4 weiter ausgefräst wird. Durch dieses abschnittsweise Fräsen der Zahnflanke 4 ist auch gemäß Fig. 4 zu erkennen, dass zum Fräsen des Zahns 3 bzw. seiner Zahnflanke 4 lediglich zwei Bahnen 11 und 12 für die jeweiligen, hier überlappenden Abschnitte A1 und A2 notwendig sind. Aufgrund der besonderen Wahl des konkaven Fräsprofils 8 kann, wie sich in Fig. 2 und 3 zeigt, eine Zahnflanke 4 bereits mit zwei Frässchritten abschnittsweise hergestellt werden. Dafür muss lediglich das Fräswerkzeug 5 über den Werkzeughalter 6 dementsprechend bewegt werden, beispielsweise in dem das Fräswerkzeug 5 zwischen den zwei Fräsabschnitten A1 und A2 unterschiedlich an das Werkstück 2 angestellt wird. Zwar ist in den Figuren 2 bis 4 ein Fräswerkzeug 5 mit einem Fräskopf 13 dargestellt, der eine vergleichsweise große Lücke schafft, dies dient jedoch nur zur Veranschaulichung, schlanke insbesondere fingerförmige Schaftwerkzeuge, die nicht weiter dargestellt sind, können hierfür ohne weiteres verwendet werden.

[0022] Das vom Verlauf der Zahnflanke 4 abweichende Fräsprofil 8 kann unter anderem an den unterschiedlichen Grundkreisen G1 und G2 der Evolvente des Zahns 3 und der Evolvente bzw. des Evolventenerlaufs 10 des Fräsprofils 8 erkannt werden. Es kann daher erfindungsgemäß die Zahnflanke 4 schnell geschaffen werden, wobei sich insbesondere durch den Evolventenverlauf 10 des Fräsprofils 8 gegenüber dem Stand der Technik besonders einfache Verfahrensbedingungen sowie eine universell verwendbare Vorrichtung 1 ergeben.

[0023] Wie bereits in Fig. 1 angedeutet kann es zur Verminderung von Hinterschneidungen beim Fräsen nach den Figuren 2 bis 4 von Vorteil sein, wenn der Grundkreis G2, der dem Evolventenverlauf 10 zugrunde liegt, größer als der Grundkreis G1 des zu profilfräsenden Zahns 3 ist. Ein so mögliches Aufmaß beim Fräsen kann beispielsweise mit einer erhöhten Anzahl an Bahnen ohne weiteres bereinigt werden, so dass stets eine profilgenaue Zahnflanke 4 durch unterschiedliche Anstellwinkel, möglich durch die Freiheitsgrade x, y, z, fräsbar ist.

[0024] Bei einem Stirnrad mit Evolventenverzahnung ergibt sich als Bedingung, dass der dem Evolventenverlauf 10 zugrundeliegende Grundkreis G2 größer dem einzigen Grundkreis G1 des Stirnrads sein muss. Wo hingegen bei einem Kegelrad mit Evolventenverzahnung es einen Bereich an Grundkreisen G1 für die an der Zahnflanke vorkommenden Evolventen besteht, was nicht näher dargestellt worden ist. Auch hier kann eine einfache Bedingung gefunden werden, nämlich dass der Evolventengrundkreis G2 des Fräsprofils 8 größer als die Grundkreise der, an der Zahnflanke vorkommenden Evolventen sein muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Profilfräsen wenigstens einer Zahnflanke (4) eines Zahns (3) aus einem Werkstück (2) bei dem die Zahnflanke (4) mit mindestens einem Fräswerkzeug (5) abschnittsweise gefräst wird, welches Fräswerkzeug (5) ein konkaves und ein gegenüber der zu fräsenden Zahnflanke (4) zumindest teilweise abweichendes Fräsprofil (8) aufweist, wobei insbesondere das Fräswerkzeug (5) zwischen wenigstens zwei Fräsabschnitten (A1, A2) unterschiedlich an das Werkstück (2) angestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnflanke (4) mit einem Fräswerkzeug (5) abschnittsweise gefräst wird, das ein Fräsprofil (8) mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf (10) aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dem Evolventenverlauf (10) zugrundeliegende Evolventengrundkreis (G2) größer als der größte Grundkreis (G1) des zu profilfräsenden Zahns (1) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dem Evolventenverlauf (10) zugrundeliegende Evolventengrundkreis (G2) größer als der größte Grundkreis (G1) der Evolventen der Zahnflanke (4) ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Fräswerkzeug (5) ein insbesondere fingerförmiger Schaftfräser verwendet wird.

5. Vorrichtung zum Profilfräsen wenigstens einer Zahnflanke (4) eines Zahns (3) aus einem Werkstück (2) mit einem Fräswerkzeug (5), das ein konkaves und ein gegenüber der zu fräsenden Zahnflanke (4) zumindest teilweise abweichendes Fräsprofil (8) aufweist, mit einem, das Fräswerkzeug (5) haltenden und dieses wenigstens in drei Freiheitsgraden (x, y, z) bewegbaren Werkzeughalter (6), und mit einer mit dem Werkzeughalter (6) verbundenen Steuereinrichtung (7), die zwischen wenigstens zwei Fräsabschritten (A1, A2) an der Zahnflanke (4) mit dem Werkzeughalter (6) zum unterschiedlichen Anstellen des Fräswerkzeugs (5) an das Werkstück (2) verbindet, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fräswerkzeug (5) ein Fräsprofil (8) mit zumindest teilweise einem Evolventenverlauf (10) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dem Evolventenverlauf (10) zugrundeliegende Evolventengrundkreis (G2) größer als der größte Grundkreis (G1) des zu profilfräsenden Zahns (3) ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Evolventenverlauf (10) zugrundeliegende Evolventengrundkreis (G2) größer als der größte Grundkreis (G1) der Evolventen der Zahnflanke (4).

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fräswerkzeug (5) ein Schaftfräser ist.

9. Verwendung eines konkaven, insbesondere schaftförmigen Fräswerkzeugs (5), dessen Fräsprofil (8) zumindest teilweise einen Evolventenverlauf (10) ausbildet, zum abschnittsweisen Profilfräsen einer Zahnflanke (4) eines Zahns (3) aus einem Werkstück (2).

10. Verwendung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dem Evolventenverlauf (10) zugrundeliegende Evolventengrundkreis (G2) größer als der größte Grundkreis (G1) der Evolventen der Zahnflanke (4) ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

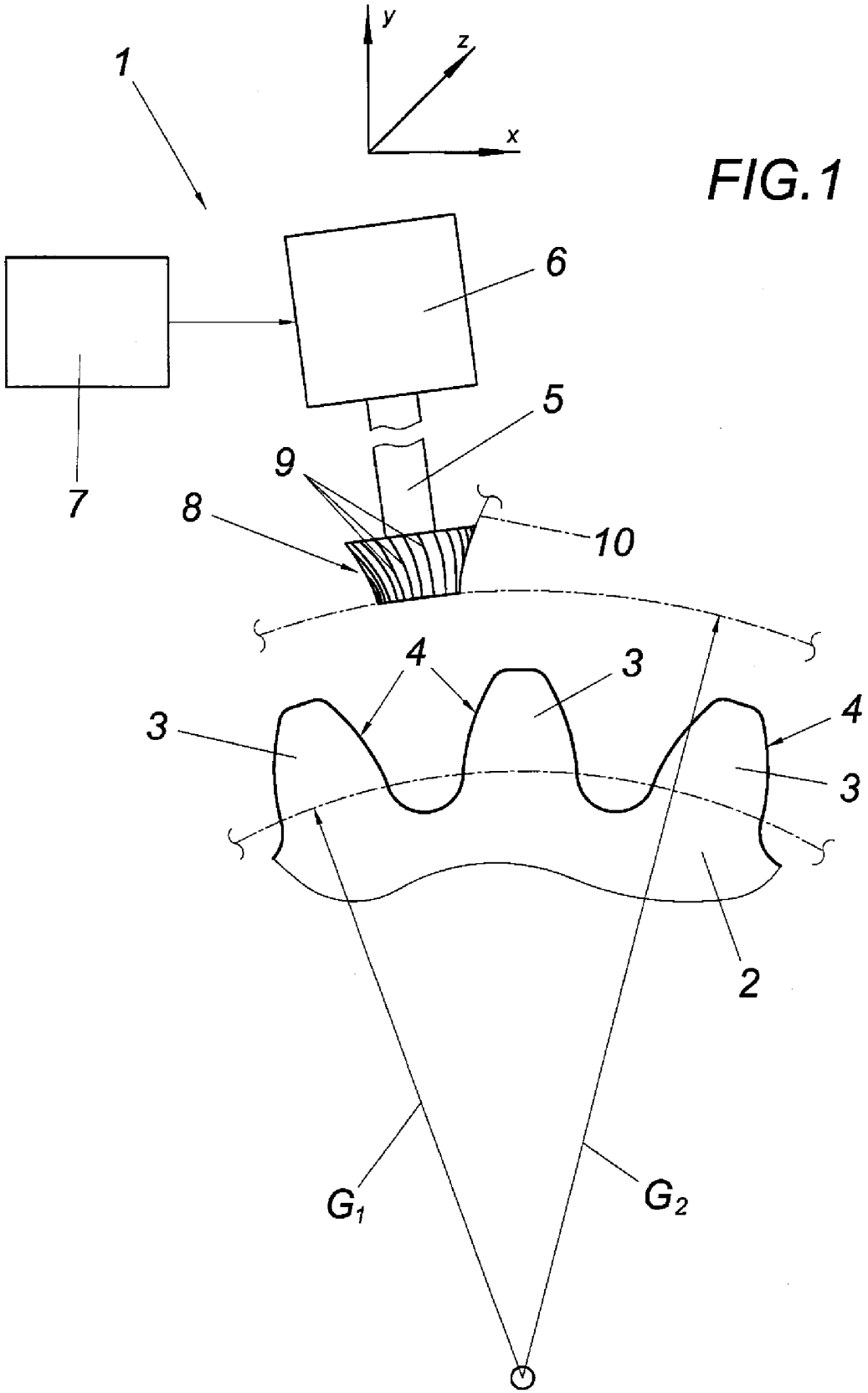


FIG.1

FIG.2

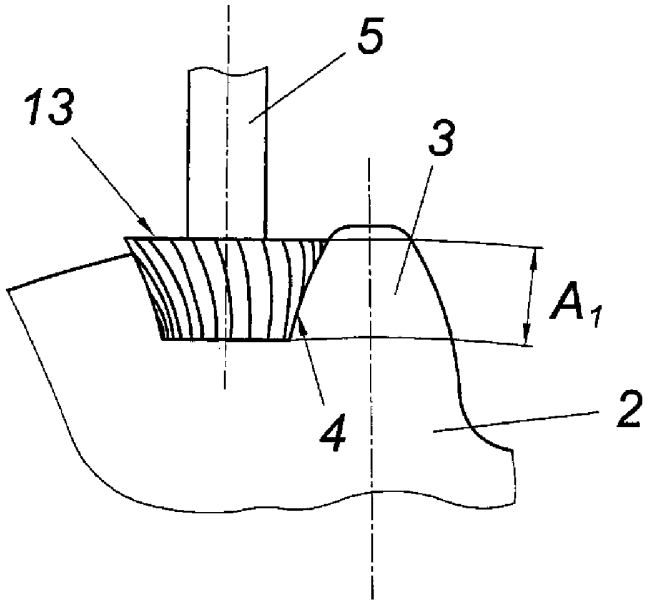


FIG.3

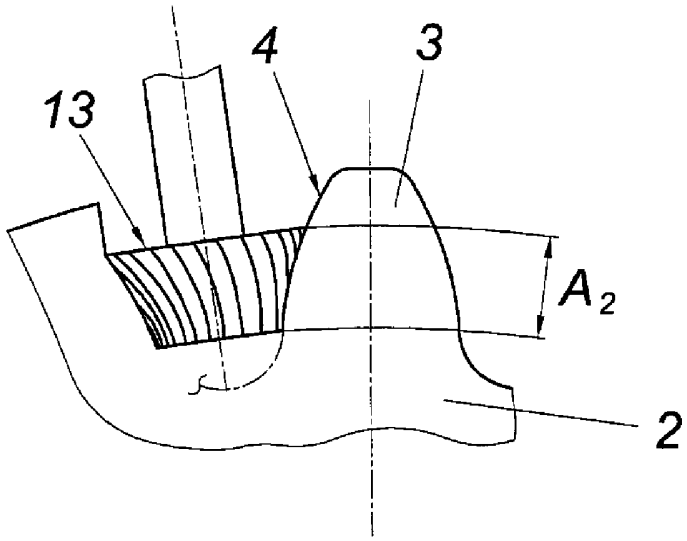


FIG.4

