

(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. März 2015 (19.03.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/036104 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/002394

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. September 2014 (04.09.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 015 253.4
13. September 2013 (13.09.2013) DE

(71) Anmelder: **GLEASON-PFAUTER
MASCHINENFABRIK GMBH** [DE/DE]; Daimlerstraße
14, 71636 Ludwigsburg (DE).

(72) Erfinder: **KRESCHEL, Jürgen**; Seestraße 28, 71282
Hemmingen (DE). **WEPELMANN, Edgar**; Birkenweg
2, 71679 Asperg (DE).

(74) **Anwalt: WERNER, Patrick; LEINWEBER &
ZIMMERMANN**, Rosental 7 / II. Aufgang, D-80331
München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

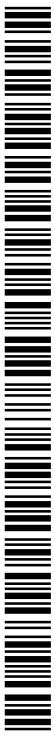
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) **Title:** MEASURING GEOMETRY, MEASURING DEVICE COMPRISING SAID TYPE OF MEASURING GEOMETRY
AND MEASURING METHOD

(54) **Bezeichnung** : MESSGEOMETRIE, MESSEINRICHTUNG MIT EINER SOLCHEN MESSGEOMETRIE UND
MESSVERFAHREN

(57) **Abstract:** The invention relates to a measuring geometry for a toothed tool, in particular for hob peeling tool teeth, said
geometry being used to determine at least one measurement variable which can be used for a process which is carried out using said
tool, in particular for a peeling process, in a phase in which the profile of the tool teeth which is to be produced is formed by the tool
teeth. The invention is characterized by a toothed region with which, when determining the measurement, the tool toothing is in a
toothed engagement which corresponds to a toothed engagement between the tool and workpiece, in the profile-forming phase. The
invention also relates to a measuring device and to a measuring method.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Meßgeometrie für ein verzahntes, insbesondere zum Wälzschälen von
Werkstückverzahnungen ausgelegtes Werkzeug zur Bestimmung wenigstens einer Meßgröße, welche für einen mit dem Werkzeug
durchzuführenden Prozeß, insbesondere Schälprozeß verwendbar ist, in einer Phase dessen das Profil der zu erzeugenden
Werkstückverzahnung in Verzahnungseingriff mit der Werkzeugverzahnung gebildet wird, gekennzeichnet durch einen
Verzahnungsbereich, mit welchem die Werkzeugverzahnung bei Bestimmung der Meßgröße in einem dem Verzahnungseingriff
zwischen Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase entsprechenden Verzahnungseingriff steht, sowie eine
Meßeinrichtung und ein Meßverfahren.



WO 2015/036104 A2

Meßgeometrie, Meßeinrichtung mit einer solchen Meßgeometrie und Meßverfahren

Die Erfindung betrifft primär eine Meßgeometrie für ein verzahntes, zum Wälzschälen von Werkstückverzahnungen ausgelegtes Werkzeug zur Bestimmung wenigstens einer Meßgröße, welche für einen mit dem Werkzeug durchzuführenden Schälprozeß verwendbar ist, in einer Phase dessen das Profil der zu erzeugenden Werkstückverzahnung in Verzahnungseingriff mit der Werkzeugverzahnung gebildet wird, eine eine solche Meßgeometrie aufweisende Meßeinrichtung sowie ein auf einer solchen Meßgeometrie beruhendes Meßverfahren. Allgemeiner betrifft die Erfindung Meßgeometrien für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden, die zur wälzenden Erzeugung und/oder Bearbeitung von Verzahnungen ausgelegt sind, und stellt solche unter Schutz.

Beim Wälzschälen von verzahnten Werkstücken mit dafür ausgelegten Schälrädern für das Wälzschälen (Power Skiving) werden von den Herstellern dieser Schälrädern die Dimensionen des Schälrads angegeben, welche direkt oder indirekt in Steuervorgaben für das Wälzschälverfahren einfließen.

Typischerweise wird von den Herstellern dabei der Außendurchmesser des Schälrads (gemessen am Kopf der Zähne) angegeben, sowie die Höhe des Werkzeugs.

Andere Meßverfahren, die etwa bei der Kontaktmessung beim Wälzstoßen verwendet werden, wie etwa eine Vermessung des Stoßrads z. B. mit einer definierten Rolle und daraus errechneter Dimensionen des Werkzeugs, stehen für Schälräder nur bedingt zur Verfügung, da die Auswertung derartiger Messungen äußerst komplex ist und viele Eingaben notwendig machen.

Denn während die Schneidkante des Stoßrads entlang seiner Achse betrachtet die Geometrie einer Verzahnung eines geradeverzahnten Zahnrads in Stirnschnitt darstellt, welches sich bei der Bearbeitung des Werkstücks mit diesem in Eingriff befindet wie ein Zahnrad mit dem anderen (geradeverzahntes Stoßrad), oder bei schrägverzahnten Stoßrädern wenigstens die Kontur der Schneidkante senkrecht zur normalen und entlang der Flankenlinie betrachtet die Geometrie einer Verzahnung eines schrägverzahnten Zahnrads in Normalschnitt darstellt, welches sich bei der Bearbeitung des Werkstücks mit diesem in Eingriff befindet wie ein schrägverzahntes Zahnrad mit einem anderen, weicht die Schneidkante eines Schälrads in ihrer Form von der Form der zu erzielenden Lücke einer bestimmten Verzahnungsgeometrie ab. Da beim Wälzschälen ein von Null verschiedener, üblicherweise im Bereich von 10 bis 30 Grad eingestellter Achskreuzwinkel zwischen den Rotationsachsen von Werkstück und Werkzeug besteht, entspricht ein Schälrad z. B. nicht mehr einer evolventischen Verzahnung, wie das bei Stoßrädern der Fall ist. Auf Einzelheiten des dem Fachmann bekannten Power Skiing-Verfahrens wird hier nicht weiter eingegangen, eine anschauliche Darstellung des Verfahrens findet sich in EP 2 537 615 A1.

Aus diesem Grund stellen die Schälradhersteller üblicherweise nur die oben genannten Informationen über den Außendurchmesser und die Höhe bereit. Allerdings hat es sich herausgestellt, daß es trotz der Kenntnis dieser Dimensionen des Schälrads insbesondere zu Beginn der Fertigung einer Serie von Werkstückverzahnungen zu einer Produktion von Ausschussteilen kommen kann, da die Werkstückverzahnungen unter diversen Aspekten, beispielsweise einer Zahnweite im Untermaß, nicht mehr innerhalb der vorgegebenen Toleranzen liegen. In der Praxis werden die Werkstücke in einen Meßraum verbracht, dort vermessen und anhand den bei der Vermessung des Werkstücks erhaltenen Meßergebnissen die Maschineneinstellungen des Wälzschälverfahrens korrigiert.

Aufgrund dieser Probleme liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Durchführung von Wälzschälverfahren diesbezüglich zu vereinfachen und dieses insbesondere hinsichtlich einer hohen Qualität der hergestellten Werkstückverzahnungen insbesondere möglichst schon beim ersten Werkstück einer Serie zu verbessern.

Dieses Problem wird von der Erfindung durch die Bereitstellung einer Meßgeometrie der eingangs genannten Art gelöst, die durch einen Verzahnungsbereich gekennzeichnet ist, mit welchem die Werkzeugverzahnung bei Bestimmung der Meßgröße in einem dem Verzahnungseingriff zwischen Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase entsprechenden Verzahnungseingriff steht.

Die Meßgeometrie ist also so ausgelegt, daß diese Übereinstimmung in den Verzahnungseingriffen besteht, sobald die Werkzeugverzahnung vor der (Ver-) Messung in Eingriff mit der Meßgeometrie gebracht wird.

Im Folgenden wird die Erfindung in der Beschreibung der Einfachheit halber mit Bezug auf das Wälzschälverfahren beschrieben, bei dem die Vorteile der Erfindung besonders zur Geltung kommen, auch wenn sie durchaus auch für die in den Ansprüchen angegebenen Wälzverfahren Anwendung finden kann, insbesondere für Stoßräder mit Schrägverzahnung.

Aufgrund des Verzahnungseingriffs zwischen Schälrad und dem Verzahnungsbereich der Meßgeometrie entsprechend dem Verzahnungseingriff zwischen Werkstück und Werkzeug in der profilbildenden Phase, wird eine den minimalen Achsabstand zwischen Werkstück und Schälrad nachbildende Situation geschaffen, da in der profilbildenden Phase eben dieser minimale Achsabstand zwischen Schälrad und Werkstück besteht. Dies läßt sich bildlich dadurch veranschaulichen, daß man sich zur Meßgeometrie die zum entsprechenden Werkstück zugehörige Achse dazu denkt.

Insbesondere gelingt dadurch über die Bestimmung des tatsächlichen minimalen Achsabstands, also dem minimalen Achsabstand zwischen Werkzeugachse und Werkstückachse im profilbildenden letzten Schritt, die Bestimmung der geeigneten Dimension der zur Eingabe der Maschineneinstellungen des Wälzschälverfahrens angeforderten Parameter. Denn allein aus dem bislang gemessenen und zur Verfügung gestellten Außendurchmesser des Schälrads läßt sich auf diesen Achsabstand in der Regel kein eindeutiger Rückschluß ziehen, eingedenk der komplexen Kontaktsituation zwischen dem Schälrad und dem Werkstück während der profilbildenden Wälzbewegung beim Wälzschälverfahren.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bildet der Verzahnungsbereich der Meßgeometrie wenigstens einen Abschnitt der Zahnflanken der Werkstückverzahnung ab. Die Herstellung einer solchen Meßgeometrie ist darüber hinaus einfach, da die Kontur des Werkstücks ohnehin üblicherweise vorgegeben ist, beispielsweise durch Vorgaben des zukünftigen Nutzers der herzustellenden Werkstückverzahnungen.

In diesem Zusammenhang ist bevorzugt vorgesehen, daß die wenigstens abschnittsweise Abbildung wenigstens eine Links- und einer Rechtsflanke der Werkstückverzahnung umfaßt. Zweckmäßig für eine einfache Messung (insbesondere des Maßes „B“ nach Fig. 4) ist, wenn die wenigstens abschnittsweise Abbildung zwei einander zugewandte, insbesondere zu einer Lücke gehörigen Zahnflanken umfaßt oder aber auch zwei voneinander abgewandte Zahnflanken separater Zähne. Bevorzugt wird zudem, wenn die wenigstens abschnittsweise Abbildung alle vier Zahnflanken zweier aufeinander folgender Zähne umfaßt, insbesondere genau diese vier Zahnflanken. Die wenigstens abschnittsweise Abbildung kann jedoch auch asymmetrisch verteilte Flanken aufweisen, solange sich diese in der profilbildenden Zone der Wälzbewegung befinden. Man könnte beispielsweise auch zwei Zähne heranziehen, die einen oder auch mehrere Zähne Abstand voneinander haben. Bereits wenn die wenigstens abschnittsweise Abbildung die Zahnflanken eines Zahns umfaßt, oder zwei, drei oder mehr Zahnflanken, von denen eine Rechts- und eine Linkszahnflanke enthalten ist, können vorteilhafte Ergebnisse erreicht werden. Diesbezüglich ist die Erfindung nicht weitergehend eingeschränkt.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung kann die Meßgeometrie eine Basis aufweisen, die an einer Seite den Verzahnungsbereich aufweist. An der anderen Seite (Rückseite) wird eine planare Ausbildung bevorzugt, im Hinblick auf eine einfache Einbettung der Meßgeometrie in eine Meßeinrichtung, aber auch zur Bildung einer meßgeometrieseitigen Referenz für durchzuführende Messungen. Basis und Verzahnungsbereich können dabei insbesondere einstückig ausgeführt werden.

So ist in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, daß eine Meßgröße eine Information über den Abstand zwischen der Rotationsachse des Werkzeugs (Schälrads) und einer ersten, meßgeometrieseitigen Referenz beinhaltet, wobei diese erste Referenz beispielsweise die Rückseite der Basis sein kann. Diese Information erlaubt ohne Weiteres die Bestimmung des Achsabstands bei zusätzlicher, leicht zu beschaffender Kenntnis des Abstands dieser Referenz von der Werkstückachse der, wie oben erläutert, gedanklich aus der Meßgeometrie abstrahierten Werkstückverzahnung, siehe auch die Erläuterungen unten zu den Verfahrensansprüchen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist bei der Meßgeometrie ein an der Seite des Verzahnungsbereichs vorragendes Positionierelement vorgesehen, das eine Erstreckungskomponente in Zahnhöhenrichtung der Zähne des Verzahnungsbereichs aufweist. Insbesondere ist das Positionierelement stiftartig ausgebildet und kann bevorzugt mit seiner Stiftachse orthogonal zur Rückseite der Basis angeordnet sein. Dieses Positionierele-

ment dient zur Anlage an der Schneidkante des Zahnkopfes des Werkzeugs, insbesondere an dessen Außendurchmesser, im Verzahnungseingriff. Durch den dadurch vorgegebenen Kontakt zwischen Positionierelement und der Schneidkante des Schälrads gelingt die Bereitstellung weiterer vorteilhafter Meßinformationen.

So ist vorgesehen, daß eine Meßgröße eine Information über den Höhenabstand zwischen der Anlage des Positionierelements und einer zweiten, werkzeugseitigen Referenz beinhaltet. Diese kann beispielsweise die Rückseite des Schälrads oder auch beispielsweise die Rückseite einer das Werkzeug aufnehmenden Halterung sein, beispielsweise einer Aufspannvorrichtung für das Schälrad. Wohin genau man die werkzeugseitige Referenz legt, ist von untergeordneter Bedeutung, es sollte lediglich in möglichst einfacher Weise eine Umrechnung auf die für die Maschineneinstellung geforderte Höheninformation bestimmbar sein. Aus diesem Grund bieten sich die genannten Beispiele durchaus an.

Denn es ist erkannt worden, daß die Höhe des Werkzeugs von einem Punkt auf der Schneidkante am Außendurchmesser des Schälrads bis zu seiner Rückseite häufig nicht direkt gemessen werden kann, da die Zahnmitte, welche die Schneidkante am Zahnkopf schneidet, sich weder auf optischen oder mechanischen Meßgeräten leicht ermitteln und definieren läßt. Damit fehlt ohne die erfindungsgemäße Messung beim Schälprozeß der genaue Bezug darauf, von welchem Punkt am Zahnkopf die Höhe des Schälrads zu seiner Rückseite zu betrachten ist, insbesondere auch deshalb, weil dem Anwender des Schälrads auf der Schälmaschine in der gegenwärtigen Situation die Hintergründe, wie die Zahnhöhe ermittelt wurde, nicht bekannt sind.

Im Rahmen der Erfindung wurde nämlich auch festgestellt, daß der bislang vermessene und zur Verfügung gestellte Wert der eingangs erläuterten Höhe des Werkzeugs nicht für einen eindeutigen Rückschluß ausreicht, welche für die Maschineneinstellungen wirklich relevante Werkzeughöhe gegeben ist, nämlich der axiale Abstand des Punkts, der auf der Schneidkante und auf dem Außendurchmesser des Schälrads liegt, etwa zur Rückseite des Schälrads. In diesem Zusammenhang ist es auch zweckmäßig, den Positionierstift bezüglich der Zahnweitenrichtung mittig zwischen beiden Zähnen des Verzahnungsbereichs der Meßgeometrie anzuordnen. Von Bedeutung ist an dieser Stelle wiederum zunächst die Herstellung eines eindeutigen Kontaktpunkts mit der Schneidkante, aus der sich die geforderte Information für die Maschineneinstellungen dann bestimmen läßt. Der Fachmann erkennt hier ohne Weiteres, daß dies auch bei einem Treppenschliff des Schälrads erreichbar ist. Im Querschnitt sollte

das Positionierelement bevorzugt eine Krümmung aufweisen, insbesondere kann ein stiftartiges Positionierelement mit kreisförmigem Querschnitt gewählt werden.

Des Weiteren sieht die Erfindung vor, daß eine Meßgröße eine Information über die Winkellage der Anlage des Positionierelements und einer dritten, werkzeugseitigen azimuthalen Referenz beinhaltet, die beispielsweise eine drehsymmetriebrechende Geometrie des Werkzeugs sein kann, beispielsweise eine Nut auf der Rückseite des Schälrads. Dies kann beim Power Skiving von Bedeutung sein, wenn die Verzahnung in einem bestimmten Lagebezug zu einer anderen Verzahnung oder Geometrie am Werkstück erzeugt/positioniert werden soll. Beispielsweise kommt es bei unter herkömmlichen Informationen durchgeführten Wälzschälverfahren vor, daß es trotz ausreichender Toleranz hinsichtlich Verzahnungsqualität und Zahnweite zu Ausschussteilen aufgrund einer fehlerhaften Lagebeziehung der im Wälzschälen erzeugten Verzahnung zu einer bereits am Werkstück vorhandenen weiteren Verzahnung kommt. Dieses Problem läßt sich aufgrund der erfindungsgemäß bestimmten Winkellage lösen. Wiederum kommt es auf die speziell gewählte azimuthale Referenz bei der Messung selbst nicht an, es muß daraus lediglich die letztlich interessante relative Winkellage ableitbar sein. So könnte beispielsweise als azimuthale Referenz auch eine Geometrie auf der Rückseite des Schälradhalters, auf dem das Schälrad montiert ist, herangezogen und diesbezüglich gemessen werden.

Es wird bevorzugt, daß sowohl die Meßgröße zur Bestimmung des minimalen Achsabstands als auch die Meßgröße zur Bestimmung der relevanten Werkzeughöhe bestimmt werden, sofern es auf die Lage der zu erzeugenden Werkstückverzahnung ankommt, bevorzugt zusätzlich auch diese Meßgröße als dritte Meßgröße.

Eine erfindungsgemäße Meßeinrichtung zeichnet sich durch eine Meßgeometrie nach einem oder mehreren der oben erläuterten Aspekte aus sowie durch eine Halterung für das zum Wälzschälen ausgelegte Werkzeug (Schälrad), wobei die räumliche Lage zwischen Meßgeometrie und Halterung veränderbar ist.

So soll die Meßeinrichtung bevorzugt eine Drehung der Halterung um eine Drehachse erlauben. Wie üblich ist es von Vorteil, wenn die Rotationsachse des Schälrads mit dieser Drehachse zusammenfällt. Zur Vereinfachung der oben erläuterten Messung der Winkellage ist bevorzugt ein Drehgeber für die Drehachse vorgesehen. Durch die Drehachse ist es nicht mehr erforderlich, das Schälrad in genau der für den Verzahnungseingriff mit der Meßgeometrie erforderlichen Drehlage aufzuspannen.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Meßeinrichtung ist ein radialer Abstand zwischen Werkzeug und Meßgeometrie änderbar, insbesondere entlang einer ersten Linearbewegungsachse. Dies erlaubt eine Herstellung des Verzahnungseingriffs in einer einfach zu bewerkstelligen Weise.

Zur einfachen Erstellung des Kontakts zwischen dem Positionierelement und dem Schälrad ist bevorzugt die Positionierung der Meßgeometrie bezüglich der Richtung der Werkzeugachse einstellbar, bevorzugt entlang einer zweiten Linearbewegungsachse. Zweckmäßig kann diese parallel zur Drehachse verlaufen.

Sind sämtliche der vorstehend genannten Achsen verwirklicht, läßt sich der Verzahnungseingriff des Schälrads mit der Meßgeometrie besonders einfach dadurch herstellen, daß zunächst das Schälrad um die Drehachse drehbar positioniert wird, bei noch ausreichendem Abstand von Positionierstift und Schälrad die Radialbewegung ausgeführt wird, wobei rechtzeitig vor Eingriff die Drehlage für ein kollisionsfreies radiales Eintauchen des Schälrads in die Meßgeometrie eingestellt wird, und im letzten Schritt durch Bewegung entlang der zweiten Linearbewegungsachse der Kontakt zwischen dem Positionierstift und der Schneidkante des Schälrads hergestellt wird. Die dazu erforderlichen Bewegungen können von Hand, von Hand geführt, aber motorisch unterstützt, oder auch motorisch erfolgen.

Zweckmäßig weist die Meßeinrichtung auch eine Steuereinrichtung auf, über die die Ermittlung und/oder Abspeicherung der Meßinformationen in der für Meßeinrichtungen üblichen Weise vonstatten geht. Als Meßachsen kommen hierbei die beiden Linearbewegungsachsen sowie die Drehachse in Frage, je nach gewünschter Bereitstellung der oben genannten Meßgrößen.

Gemäß einem weitergehenden Aspekt der Erfindung soll die das Schälrad unmittelbar haltende Halterung von der Meßeinrichtung abnehmbar und zusammen mit dem gehaltenen Werkzeug auf eine Wälzschälmaschine aufbringbar sein. Da somit die Aufspannung des Schälrads zwischen der Messung in der Meßeinrichtung und dem Wälzschälprozeß nicht mehr verändert wird, werden auch minimale aufspannungsbedingte Fehler ausgeschlossen und ein nochmals präziseres Ergebnis erreicht.

Vorrichtungstechnisch stellt die Erfindung weitergehend auch eine Wälzschälmaschine unter Schutz, deren Steuerung die Wälzschälmaschine zur Durchführung eines Wälzschälverfahrens in Abhängigkeit wenigstens einer mit einer erfindungsgemäßen Meßeinrichtung bestimmten Meßgröße steuert, sowie auch eine Anlage, die eine erfindungsgemäße Meßeinrich-

tung mit einer Wälzschälmaschine kombiniert. Bevorzugt können dabei Meßeinrichtung und Wälzschälmaschine austauschbare Werkzeughalterungen aufweisen, und/oder gekoppelte oder vereinte Steuerungen.

In verfahrenstechnischer Hinsicht wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst durch ein Meßverfahren für ein verzahntes, zum Wälzschälen von Werkstückverzahnungen ausgelegtes Werkzeug, bei dem wenigstens eine Meßgröße bestimmt wird, welche für einen mit dem Werkzeug durchzuführenden Schälprozeß verwendbar ist, das im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet ist, daß in einer Phase des Schälprozesses das Profil der zu erzeugenden Werkstückverzahnung in Verzahnungseingriff mit der Werkzeugverzahnung gebildet wird.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Meßverfahrens ergeben sich aus den oben erläuterten Vorteilen der erfindungsgemäßen Meßgeometrie und Meßeinrichtung.

So kann die wenigstens eine Meßgröße eine Information über den Abstand zwischen der Rotationsachse des Werkzeugs und einer ersten, meßgeometrieseitigen Referenz beinhalten. Aus dieser Abstandsinformation kann der (minimale) Achsabstand, also der Achsabstand zwischen den Rotationsachsen von Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase ermittelt werden. Dazu kann eine andere Meßgeometrie, beispielsweise eine Rolle oder eine Kugel, bezüglich der das z. B. Kugelmaß des Werkstücks bekannt oder jedenfalls bestimmbar ist, in Eingriff mit der Zahnücke der Meßgeometrie gebracht werden und daraus eine Abstandsinformation z. B. der Kugel zur ersten meßgeometrieseitigen Referenz bestimmt werden. Der minimale Achsabstand ergibt sich dann durch Differenzbildung aus der Summe des halben Kugelmaßes und dem Abstand zwischen Kugel und erster Referenz und dem Abstand der Werkzeug- (Schälrad-)achse von der ersten Referenz. Es ist somit deutlich, daß es zur Bestimmung des minimalen Achsabstands nicht auf die genaue Lage der ersten Referenz ankommt.

Des Weiteren kann die wenigstens eine Meßinformation eine Höhenlage einer mittels eines Positionierelements bestimmten Anlage des Positionierelements an der Schneidkante des Zahnkopfs des Werkzeugs, insbesondere an dessen Außendurchmesser, gegenüber einer werkzeugseitigen zweiten Referenz und/oder eine Winkellage dieser Anlage gegenüber einer werkzeugseitigen dritten Referenz betreffen, wie oben bereits erläutert.

Im Weiteren stellt die Erfindung unter Gesichtspunkten des Verfahrens auch ein Wälzschälverfahren unter Schutz, das unter einem von einer mit einem Meßverfahren der genann-

ten Aspekte bestimmten Meßinformation abhängigen Steuerbefehl durchgeführt wird. Bei diesem Wälzschälverfahren kann vorgesehen werden, daß eine Aufspannung des Werkzeugs (Schälrads) auf seiner (unmittelbaren) Halterung zwischen dem Meßverfahren und dem Wälzschälverfahren nicht mehr gelöst wird.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Beschreibungen mit Bezug auf die beiliegenden Figuren, von denen

Fig. 1 eine Meßgeometrie in einer perspektivischen Ansicht zeigt,

Fig. 2 diese Meßgeometrie in einer Seitenansicht zeigt,

Fig. 3 diese Meßgeometrie in einer weiteren Seitenansicht zeigt,

Fig. 4 den Abstand einer Werkstückachse von einer Referenz anhand der Meßgeometrie von Fig. 1 verdeutlicht,

Fig. 5 den Abstand einer Werkzeugachse von der Referenz mit Bezug auf Fig. 4 verdeutlicht,

die Figuren 6 bis 8 die Anordnung der Meßgeometrie bezüglich einer Bewegungsachse einer Meßeinrichtung veranschaulichen,

Fig. 9 den Verzahnungseingriff zwischen Werkzeug und Meßgeometrie veranschaulicht,

Fig. 10 eine Meßeinrichtung mit der Meßgeometrie in einer perspektivischen Ansicht zeigt,

die Figuren 11 und 12 diese Meßeinrichtung in Seitenansichten zeigen,

Fig. 13 eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts aus Fig. 12 zeigt,

Fig. 14 eine Aufsicht auf die Meßeinrichtung aus Fig. 10 von oben zeigt, und

Die Figuren 15 - 18 eine mögliche Montage illustrieren.

Die in Fig. 1 perspektivisch dargestellte Meßgeometrie 1, die im Folgenden (nach einem Sprachgebrauch im Hause der Anmelderin) auch Prisma genannt wird, weist in diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung eine quaderförmige Basis 2 auf, deren in Fig. 2 besser erkennbare Rückseite 3 eben ausgebildet ist. Zur anderen Seite hin sind an dem Prisma 1 zwei Zäh-

ne 4, 6 ausgebildet, deren Zahnflanken 4a, 4b und 6a, 6b in diesem Ausführungsbeispiel ein genaues Abbild der in einem Wälzschälverfahren mit dem zu messenden Werkzeug zu bearbeitenden Flanken einer Werkstückverzahnung sind.

Zu Darstellungszwecken läßt sich ein Koordinatensystem für das Prisma 1 definieren, das aus den Achsen X1, Y1 und Z1 besteht. Dabei spannen die Achsen Y1 und Z1 eine zur Ebene der Rückseite 3 parallele Ebene auf, und die Achse X1 steht auf dieser Rückseite senkrecht. Die Achse Z1 verläuft zudem parallel zur Zahnbreitenrichtung der Zähne 4, 6, während die Achse Y1 sowohl senkrecht auf dieser als auch der Zahnhöhenrichtung X1 steht.

Die Achse X1 verläuft zudem zentral zwischen den Zähnen 4, 6 und wird im Folgenden auch als zentrale Achse des Prismas bezeichnet. Sie definiert zudem den bezüglich der Achse Z1 untersten Punkt eines stiftartigen Positionierelements 8, der sich zentral zwischen den Zähnen 4, 6 in diesem Ausführungsbeispiel senkrecht zu der Rückseite 3 des Prismas 1 erstreckt und weiter unten erläutert wird. Des Weiteren sind Montagebohrungen erkennbar, mit denen das Prisma 1 an einer Meßmaschine befestigbar ist, siehe Figuren 15 - 18.

Es versteht sich, daß zur Beschreibung oder Verwirklichung der Erfindung nicht auf diese spezielle Wahl eines Koordinatensystems zurückzugreifen ist, sondern auch andere Koordinatensystem-Achsen verwendet werden könnten, die nicht einmal zwingend ein rechtwinkliges Dreibein bilden, sondern lediglich linear unabhängig sein müßten.

In Fig. 2 ist eine Darstellung des Prismas 1 mit Blickrichtung aus der Z1-Richtung, in Fig. 3 eine Darstellung des Prismas mit Blickrichtung aus der X1-Richtung zu sehen.

Wie eingangs bereits erläutert, sind die Zahnflanken der Zähne 4, 6 ein genaues Abbild der Zahnflanken zweier aufeinanderfolgender Zähne eines innenverzahnten Werkstücks, das durch Wälzschälen mit einem Wälzschälwerkzeug hergestellt werden soll, welches mit dem Prisma 1 vermessen wird. Die vier Zahnflanken des Prismas 1 müßten jedoch nicht zwingend, wie gezeigt, senkrecht zur oberen Stirnseite des Prismas angeordnet sein.

Unter Ausnutzung der gleichen Eingriffsbedingungen des Wälzschälwerkzeugs (Schälrads) mit dem Prisma 1 wie mit dem Werkstück in der profilbildenden Phase, entsprechend dem minimalen Achsabstand zwischen den Rotationsachsen von Werkzeug und Werkstück im Schälverfahren, kann dieser minimale Achsabstand mit Hilfe des Prismas 1 sehr einfach ermittelt werden, wie im Folgenden erläutert wird.

Zunächst kann, wie anhand von Fig. 4 erläutert, der Abstand der Werkstückachse von einer ersten Referenz, die beispielsweise die Rückseite 3 des Prismas 1 sein kann, bestimmt werden. So wird unter Einsatz, z. B. einer Rolle oder Kugel 9, bezüglich der das Werkstück ein bereits bekanntes, oder einfach zu ermittelndes (2 mal die mit A bezeichnete Länge zwischen Kugel 9 und Werkstückachse) Kugelmaß hat, ein Abstand B von der Rückwand 3 zur entfernten Kugelseite gemessen. Bei der Messung von B berührt die Kugel die beiden inneren Zahnflanken 4b, 6a im Bereich der Evolvente. Der gesuchte Abstand C kann dann durch Addition von A und B ermittelt werden. Man erhält also

$$C = A + B,$$

wobei C den Abstand der Rückwand 3 des Prismas 1 zur Werkstückachse bezeichnet, A das bekannte halbe Kugelmaß der Innenverzahnung des Werkstücks und B den gemessenen Abstand zwischen der Rückwand 3 des Prismas 1 und der Kugel 9. Die X1-Achse ist in diesem Fall die Meßachse.

Zur Bestimmung des Abstands D der Werkzeugachse C2 von dieser ersten Referenz, der Rückseite 3, werden die Zahnflanken des Schälrads mit den Zahnflanken 4, 6 des Prismas 1 in Kontakt gebracht, wie anhand der Fig. 6 bis 9 veranschaulicht ist. Die Achse Z1 des Prismas 1 ist dabei gegenüber einer später erläuterten Linearbewegungsachse Z0 der zugehörigen Meßeinrichtung um den Winkel Σ verschwenkt, der dem für das Wälzschälverfahren eingestellten Achskreuzwinkel entspricht. Für das Verständnis der Fig. 6 bis 8 sei darauf hingewiesen, daß im gezeigten Ausführungsbeispiel die Werkzeugachse C2 parallel zur Achse Z0 verläuft, so daß der Achskreuzwinkel Σ zwischen Werkstückachse und Werkzeugachse und somit die gleichen Eingriffsverhältnisse gewahrt sind.

Während die Eingriffsverhältnisse am deutlichsten in Fig. 9 dargestellt sind, veranschaulicht Fig. 5, wie sich aus dem Abstand C zwischen Werkstückachse und Rückwand 3 des Prismas 1 sowie dem gemessenen Abstand D zwischen Werkzeugachse und Rückwand 3 des Prismas 1 durch Differenzbildung der minimale Achsabstand E zwischen Werkzeugachse und Werkstückachse ergibt, wobei wiederum die Achse X1 als Meß- und Berechnungsachse dient (oder die dazu parallele Achse X0 der Meßeinrichtung, siehe Fig. 10).

Des Weiteren ist aus den Darstellungen der Fig. 4 und 5 ohne Weiteres ersichtlich, daß es auf die genaue Lage der ersten Referenz, die in diesem Ausführungsbeispiel die Rückseite 3 des Prismas 1 ist, nicht ankommt, es könnte auch eine andere Referenz herangezogen wer-

den, sofern sie für die Bestimmung der Abstände C und die Messung des Abstands D nur dieselbe ist.

Es gelingt somit, zur Einstellung der Wälzschälmaschine genau den minimalen Achsabstand E zwischen Schälrachse C2 und Werkstückachse C3 auf Grundlage des geeignet mit dem Prisma in Kontakt gebrachten Werkzeugs (Schälrad) heranzuziehen. Dabei kommt es auch nicht auf die genaue Form der Werkstücke und deren Zähne an, beispielsweise können sowohl Werkstücke mit evolventischen Profilen als auch Werkstücke mit anderen Zahnformen behandelt werden.

Die obigen Erläuterungen und Kontaktverhältnisse sind für den Fall beschrieben, daß für die Werkstückbearbeitung mit dem Schälrad auf der Wälzschälmaschine der sich auf dem Außendurchmesser des Schälrad befindliche „Tool Center Point“ des Schälrad in der Ebene liegt, die in der radialen Zustellachse der Schälmaschine und der Hubachse der Schälmaschine aufgespannt wird (dabei wird von der üblichen Konfiguration ausgegangen, daß die radiale Zustellachse der Schälmaschine die Tischachse der Schälmaschine schneidet und die Hubachse der Schälmaschine parallel zu deren Tischachse verläuft und die Zustellachse der Schälmaschine schneidet) also einer schälenden Werkstückbearbeitung ohne Seitenversatz.

In den Fig. 10 bis 14 ist in mehreren Ansichten eine Meßeinrichtung dargestellt, die auf der oben anhand des Prismas 1 erläuterten Meßgeometrie basiert. Das Ausführungsbeispiel der Meßmaschine verwendet dabei wiederum ein möglichst einfaches System von Bewegungsachsen, auf das die Erfindung jedoch nicht eingeschränkt ist, genauso wenig wie die konkrete Realisierung der Bewegungseinheiten zur Herstellung des Kontakts zwischen Schälrad und Prisma.

Die Meßmaschine 10 weist ein Maschinenbett 12 auf, an dessen nach oben gewandter Seite ein um Achse C0 drehbar gelagerter Tisch 14 angeordnet ist. Auf dem Tisch 14 kann in üblicher Art und Weise ein Wälzschälwerkzeug in Form eines Schälrad über eine Aufspannung aufgespannt werden. Dies wie üblich in einer Art und Weise, daß die Rotationsachse C2 des Schälrad mit der Tischachse C0 übereinstimmt, die hier der Einfachheit halber, aber nicht zwingend notwendig, vertikal auf dem Maschinenbett 12 angeordnet ist. Zudem ist ein Drehgeber vorgesehen, der die Drehlage bezüglich einer vorgegebenen Referenz für eine Drehung um die Achse C0 festlegt. Die Anbringung des Schälrad auf dem Tisch 14 der Meßmaschine erfolgt dabei bevorzugt so, daß die Schneiden des Schälrad nach oben zeigen.

Des Weiteren weist die Meßmaschine 10 einen Ständer 16 auf, der wie in Fig. 10 dargestellt, auf dem Bett horizontal und radial zur Tischachse C0 entlang der Achse X0 verfahrbar ist. Wiederum ist die horizontale Anordnung nicht zwingend, genauso wenig wie die Definition der Achse X0 des Maschinenkoordinatensystems als die Tischachse schneidend. Auf dem verschiebbaren Ständer 16 ist noch ein Hubschlitten 18 angeordnet, der in diesem Ausführungsbeispiel entlang einer vertikalen Achse Z0 entlang des Ständers 16 beweglich ist. Der Hubschlitten 18 trägt das Prisma 1, und zwar in der in Fig. 6 dargestellten Orientierung, in der die Achse Z1 des Prismas 1 mit der Achse Z0 den Achskreuzwinkel Σ einschließt, der im Wälzschälverfahren eingestellt wird (bei schälender Bearbeitung ohne Seitenversatz). Des Weiteren sollen der Einfachheit halber die X1-Achse des Prismas 1 parallel zur X0-Achse des Meßgeräts 10 verlaufen und die Tischachse C0 kreuzen.

Für die Messung werden, wie oben bereits erläutert, die Zahnflanken der Zähne 4, 6 des Prismas mit den Zahnflanken des Schälrads in Berührung gebracht. Dabei kann je nach Auslegung des Schälrads und abhängig von der profilbildenden Berührlinie zwischen dem Zahn des Schälrads und der Lücke der Werkstückverzahnung bei einer Messung nur die beiden äußeren Zahnflanken 4a, 6b des Prismas 1, alle vier Zahnflanken 4a, 4b, 6a, 6b des Prismas 1 oder auch nur die beiden inneren Zahnflanken 4b, 6a des Prismas 1 mit den Zahnflanken des Schälrads in Berührung kommen. Des Weiteren ist das Prisma 1 vorzugsweise so gestaltet, daß es nur zu einem Kontakt zwischen den Zahnflanken des Schälrads und des Prismas 1 kommt, aber ein Kontakt des Kopfbereichs und des Fußbereichs des Schälrads mit dem Fußbereich/Kopfbereich des Prismas 1 vermieden wird.

Im Folgenden wird die Rolle des Positionierstiftes 8 erläutert. So erlaubt dieser die Messung einer zusätzlichen Information über die Höhenlage der Schneidkante des Schälrads. Der in diesem Ausführungsbeispiel runde Positionierstift 8 ist so im Prisma 1 positioniert, daß er bei der anhand von Fig. 10 erläuterten Anordnung des Schälrads mit den Schneidkanten nach oben mit seiner Unterseite zur Berührung mit der Schneidkante des Zahnkopfs des Schälrads gelangt. In diesem Ausführungsbeispiel, aber nicht zwingend erforderlich, findet diese Berührung am Außendurchmesser des Schälrads statt. Die zentrale Achse X1 des Prismas kann zudem der Einfachheit halber so gelegt werden, daß die Berührung in der zentralen Achse X1 erfolgt. Demnach befindet sich die Achse des Positionierstiftes oberhalb der zentralen Achse X1 des Prismas 1. Während eine parallele Anordnung der Stiftachse sowie der Achse X1 des Prismas der Einfachheit halber bevorzugt wird, ist diese jedoch ebenfalls nicht zwingend erforderlich.

Unter Verwendung der Z0-Achse der Meßmaschine 10 als Meßachse kann nun die Höhe des Schälrrads von dem Berührungspunkt des Schälrrads, der auf der Schneidkante und bevorzugt auch auf dem Außendurchmesser des Schälrrads liegt, bezüglich einer schälrradseitigen Höhenreferenz gemessen werden. Diese kann beispielsweise die Rückseite des Schälrrads sein. Es kann jedoch unter Betrachtung des Verbunds Schälrrad – Schälrradhalter auch eine Referenz am Schälrradhalter, etwa dessen Unterseite sein.

Des Weiteren kann unter Verwendung der Tischachse C0 als Meßachse, insbesondere einfach über den Drehgeber des Tisches, die Winkellage des Auflagepunkts des Positionierstifts auf der Schneidkante (und dem Außendurchmesser) des Schälrrads direkt gemessen werden und daraus die azimutale Relativlage dieses Auflagepunkts gegenüber einer Geometrie beispielsweise auf der Rückseite des Schälrrads bestimmt werden. Als die dritte azimutale Referenz können, wie oben bereits erläutert, auch andere herangezogen werden, letztlich ist nur darauf zu achten, daß eine ausreichende Information über die Winkellage dahin gehend besteht, daß auf der hergestellten Werkstückverzahnung eine gewünschte Lage dieser Verzahnung gegenüber beispielsweise einer weiteren, bereits vorhandenen Verzahnung am Werkstück besteht.

In diesem Ausführungsbeispiel werden die zwei (ggf. drei) auf diese Weise ermittelten Werte (minimaler Achsabstand, Höhe und ggf. Winkellage) in die Steuerung der Schälmmaschine eingegeben. Auf diese Weise wird das Erreichen einer gewissen Zahnweite innerhalb einer vorgegebenen Toleranz erleichtert, sowie das Erreichen einer Qualität der Verzahnung innerhalb vorgegebener Toleranzen und bei Bedarf auch eines genauen Lagebezugs der zu schneidenden Verzahnung zu einer anderen Verzahnung oder Geometrie im Werkstück innerhalb einer vorgegebenen Toleranz.

Im Folgenden wird noch eine Möglichkeit der Montage des Prismas 1 an der Meßeinrichtung 10 beschrieben. Bei den in den Fig. 1, 2, 3, 6, 8 und 9 erkennbaren Montagebohrungen sind die größeren Bohrungen 13 für Schrauben, die kleineren Bohrungen 14 für genaue Paßstifte 34 vorgesehen, mit denen das Prisma 1 genau auf der Halterung des Z0-Schlittens der Meßeinrichtung 10 positioniert wird.

Der Einfachheit halber können die Paßstifte 34 im Prisma eine Achse bilden, die die zentrale Achse X1 des Prismas 1 vertikal schneidet. Bildlich gesprochen liegt der Positionierstift auf dieser Achse auf.

Fig. 15 stellt nun eine Platte dar, die auf dem Z0-Schlitten der Meßeinrichtung 10 angeordnet ist. Sie weist ringförmig angeordnete Paßstiftbohrungen 24 auf, die paarweise auf einer gleichen Achse angeordnet den gleichen Abstand wie die Paßstiftbohrungen 14 im Prisma haben. Die Achsen der jeweiligen Paßstiftbohrungen 24 kreuzen sich in diesem Ausführungsbeispiel im „Null“-Punkt und in der Z0-Achse der Meßeinrichtung. Die Achsen der Paßstiftbohrungen 24 sind dabei untereinander um jeweils einen Winkel Ω von beispielsweise 10 Grad verdreht. Die Platte ist der Einfachheit halber parallel zur Z0-Achse und senkrecht zur X0-Achse der Meßeinrichtung angeordnet.

Fig. 16 zeigt ein Prisma, welches auf dieser Platte unter einem Achskreuzwinkel von z. B. 10 Grad befestigt ist. In diesem Fall folgt das Prisma mit dem eingestellten Achskreuzwinkel den vorgegebenen Winkelschritten der Positionen der Paßstiftbohrungen 24 der Platte auf dem Z0-Schlitten. Man erkennt, daß bei dieser Wahl des Koordinatensystems die zentrale Achse des Prismas/der Positionierstift im „Null“-Punkt der Platte zu liegen kommt und daß der Positionierstift die Y1-Achse (die der Schneide des Werkzeugs entspricht) tangential berührt.

In Fig. 17 ist dagegen ein Prisma dargestellt, bei welchem die Achse durch die Paßstifte 34 gegenüber der Y1-Achse um z. B. 2 Grad geneigt ist. Dies kann sich beispielsweise für den Fall ergeben, daß ein Achskreuzwinkel einzustellen ist, der von 10 bzw. 20 Grad (entsprechend ein- oder zweimal Ω) verschieden ist. Wie in der Montage eines solchen Prismas anhand von Fig. 18 gezeigt, liegt die Achse der Paßstifte des Prismas, d. h. die Achse der Paßstiftbohrungen der Platte der Z0-Achse, nicht mehr auf der Y1-Achse, wodurch sich für dieses Beispiel der größere Achskreuzwinkel von beispielsweise 12 Grad einstellt.

An dieser Stelle ist anzumerken, daß die anhand der in Fig. 15 bis 18 beschriebenen Weise, das Prisma auf einem entlang einer Bewegungsachse beweglichen Schlitten zu montieren, nur eine von mehreren denkbaren Möglichkeiten ist, und insbesondere eine konstruktiv einfache Gestaltung der Meßeinrichtung erlaubt. Allerdings sind jegliche Anordnungen von Bohrungen möglich, auch solche, die gänzlich auf Schrauben verzichten. Beispielsweise könnte das Prisma auch über verschiedene seiner Flächen aufgeklemt werden. Insbesondere ist eine stufenlose Einstellung eines gewünschten Achskreuzwinkels ebenfalls möglich.

Die Meßeinrichtung kann auch eine stufenlos einstellbare A-Achse (Drehachse) aufweisen; idealerweise wird das Prisma 1 dann mit der zentralen X1-Achse parallel zur A-Achse positioniert, die parallel zur X0-Achse verläuft und die Achse C0 bzw. C2 scheidet.

In einigen Fällen kann aus diversen Gründen das Wälzschälverfahren mit einem Seitenversatz durchgeführt werden. In diesem Fall liegt der sogenannte „Tool Center Point“ des Schälrads, der sich auf dem Außendurchmesser des Schälrads befindet, nicht in der Ebene, die von der radialen Zustellachse der Schälmaschine (welche die Tischachse der Schälmaschine schneidet), und der Hubachse der Schälmaschine (welche parallel zur Tischachse C4 der Schälmaschine verläuft und die Zustellachse der Schälmaschine schneidet) aufgespannt wird.

Ein Grund für die Verwendung des Seitenversatzes oder „Offsets“ kann in einer Vergrößerung der effektiven Freiwinkel liegen. Damit lassen sich anstelle von konischen Werkzeugen auch zylindrische Werkzeuge einsetzen, die eine längere Lebensdauer bzw. Nachschärfänge aufweisen können und die auch etwas einfacher herzustellen sind. Auch kann ein Seitenversatz dazu dienen, Kollisionen zwischen Schälradhalter/Schälrad und Werkstück oder dessen Aufspannung zu vermeiden.

Auch in diesem Fall besteht die Möglichkeit, daß die Zahnflanken des Prismas weiterhin ein genaues Abbild der zu bearbeitenden Flanken der Verzahnung darstellen. Die Lage der Verzahnungsflanken auf der Meßmaschine ändert sich dann im Einklang mit dem „beizubehaltenden“ Verzahnungseingriff. Der zwischen der Z1-Achse des Prismas 1 und der Z0-Achse der Meßeinrichtung entspricht dann nicht mehr dem Achskreuzwinkel Σ , den das Schälrad in der Bearbeitung des Werkstücks auf der Schälradmaschine einnimmt. Vielmehr erfolgt eine Neuberechnung des Winkels zwischen der Z1-Achse des Prismas 1 und der Z0-Achse der Meßmaschine 10 und eine entsprechende Lageeinstellung des Prismas 1 auf der Meßmaschine 10. Zudem sind die Flankenlinien der Flanken des Prismas gegenüber der Rückwand um einen von der Größe des Seitenversatzes abhängigen Winkel zu neigen (alternativ das gesamte Prisma um die Y1-Achse zu kippen, unter Aufgabe der Parallelität von Z0-Richtung und der Erstreckung der Rückseite 3; dazu kann an der Meßmaschine eine zu Y1 parallele Neigungsachse Y0 als Drehachse realisiert werden). Ähnliches gilt für den Fall eines zusätzlichen Neigungswinkels der Schälradenebene gegenüber der orthogonal zur Werkstückachse verlaufenden Ebene im Wälzschälverfahren, wie beispielsweise auch in EP 2 537 615 beschrieben. Die dazu erforderlichen Rechnungen sind dem Fachmann aufgrund der Berechnungen, die er zur Auslegung eines Schälrads in Abhängigkeit eines gewünschten Seitenversatzes beim Wälzschälverfahren heranzieht, bekannt. Für Stoßräder vereinfachen sich diese Betrachtungen aufgrund eines Achskreuzwinkels Null.

Im Übrigen kann das oben beschriebene Verfahren auch dann zur Bestimmung der exakten Höhe des Schälrad oder dessen Verbunds mit dem Schälradhalter oder auch der Winkellage der Zähne zu der dritten Referenz eingesetzt werden, wenn es hinsichtlich der Zahnweite ausreicht, den Außendurchmesser des Schälrad in bekannter Weise als Ausgangswert zur Verfügung zu stellen. Dies ist insbesondere dann ausreichend, wenn es in der Anwendung hauptsächlich auf die Einhaltung eines genauen Fußkreisdurchmessers ankommt, wie bei manchen Steckverzahnungen, und weniger auf die Einhaltung einer genauen Zahnweite, in welchem Fall der herkömmlich zur Verfügung gestellte Außendurchmesser des Schälrad ohnehin über den in der Schämaschine einzustellenden Achsabstand dominiert.

ANSPRÜCHE

1. Meßgeometrie (1) für ein verzahntes, zur wälzenden Bearbeitung, insbesondere zum Wälzschälen von Werkstückverzahnungen ausgelegtes Werkzeug mit geometrisch bestimmten Schneiden zur Bestimmung wenigstens einer Meßgröße, welche für einen mit dem Werkzeug durchzuführenden Bearbeitungsprozeß, insbesondere Schälprozeß verwendbar ist, in einer Phase dessen das Profil der zu erzeugenden Werkstückverzahnung in Verzahnungseingriff mit der Werkzeugverzahnung gebildet wird,

gekennzeichnet durch einen Verzahnungsbereich (4, 6), mit welchem die Werkzeugverzahnung bei Bestimmung der Meßgröße in einem dem Verzahnungseingriff zwischen Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase entsprechenden Verzahnungseingriff steht.

2. Meßgeometrie nach Anspruch 1, bei dem der Verzahnungsbereich der Meßgeometrie wenigstens einen Abschnitt der Zahnflanken der Werkstückverzahnung abbildet.

3. Meßgeometrie nach Anspruch 2, bei dem die wenigstens abschnittsweise Abbildung wenigstens eine Links- und eine Rechtsflanke der Werkstückverzahnung umfaßt.

4. Meßgeometrie nach Anspruch 2 oder 3, bei der die wenigstens abschnittsweise Abbildung zwei einander zugewandter, zu einer Lücke gehörigen Zahnflanken (4b, 6a) und/oder zwei voneinander abgewandte Zahnflanken (4a, 6b) insbesondere benachbarter Zähne umfaßt, insbesondere die vier Zahnflanken zweier aufeinanderfolgender Zähne (4, 6), vorzugsweise jedoch nicht alle, insbesondere nicht mehr als vier Zahnflanken umfaßt.

5. Meßgeometrie nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Basis (2), die an einer Seite den Verzahnungsbereich (4, 6), vorzugsweise einstückig verbunden, aufweist, und an der Rückseite (3) vorzugsweise planar ausgebildet ist.

6. Meßgeometrie nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine Meßgröße eine Information über den Abstand (D) zwischen der Rotationsachse (C2) des Werkzeugs und einer ersten, meßgeometrieseitigen Referenz beinhaltet, wobei die erste Referenz beispielsweise die Rückseite (3) der Basis ist.

7. Meßgeometrie nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem an der Seite des Verzahnungsbereichs mit Erstreckungskomponente in Zahnhöhenrichtung (X1) vorragenden, insbesondere stiftartigen Positionierelement (8), das zur Anlage an der Schneidkante des Zahnkopfes des Werkzeugs, insbesondere an dessen Außendurchmesser, vorgesehen ist.

8. Meßgeometrie nach Anspruch 7, bei der eine Meßgröße eine Information über den Höhenabstand zwischen der Anlage des Positionierelements und einer zweiten, werkzeugseitigen Referenz beinhaltet, beispielsweise der Rückseite des Werkzeugs oder der einer das Werkzeug aufnehmenden Halterung.
9. Meßgeometrie nach einem der Ansprüche 7 oder 8, bei der eine Meßgröße eine Information über die Winkellage der Anlage des Positionierelements und einer dritten, werkzeug- oder werkzeughalterseitigen azimutalen Referenz beinhaltet, beispielsweise einer drehsymmetriebrechenden Geometrie des Werkzeugs oder des Halters wie etwa eine Nut oder ein Paßstift.
10. Meßeinrichtung (10) mit einer Halterung für ein wälzend arbeitendes Werkzeug mit geometrisch bestimmten Schneiden, insbesondere Schälrad, und einer Meßgeometrie (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, deren relative räumliche Lage gegenüber der Halterung veränderbar ist.
11. Meßeinrichtung nach Anspruch 10, bei der die Halterung um eine Drehachse (C0) drehbar gelagert ist und insbesondere das Werkzeug so hält, daß dessen Rotationsachse (C2) mit der Drehachse zusammenfällt, wobei insbesondere ein Drehgeber zur Feststellung der Drehlage des Werkzeugs bei dessen Verzahnungseingriff mit der Meßgeometrie vorgesehen ist.
12. Meßeinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, bei der der radiale Abstand zwischen Werkzeug und Meßgeometrie änderbar ist, wodurch der Verzahnungseingriff zwischen ihnen hergestellt werden kann, insbesondere entlang einer ersten Linearbewegungsachse (X0).
13. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei der die Höhenlage der Meßgeometrie bezüglich der Werkzeugachse änderbar ist, wodurch insbesondere das Positionierelement (8) zur Anlage gebracht werden kann, bevorzugt entlang einer zweiten Linearbewegungsachse (Z0), die insbesondere parallel zur Drehachse (C0) verläuft.
14. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13 mit einer Steuereinrichtung, die eine Information über die Relativlage zwischen Werkzeug und Meßgeometrie, insbesondere eine oder mehrere der Meßgrößen nach den Ansprüchen 7 bis 9, ermittelt und/oder abspeichert, insbesondere anhand der ersten Linearbewegungsachse (X0), der zweiten Linearbewegungsachse (Z0) und/oder der Drehachse (C0).

15. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei der die Halterung abnehmbar und zusammen mit dem gehaltenen Werkzeug auf eine Verzahnungsmaschine, insbesondere Wälzschälmaschine aufbringbar ist.

16. Verzahnungsmaschine, insbesondere Wälzschälmaschine mit einer Steuerung, die die Maschine zur Durchführung eines wälzenden Bearbeitungsverfahrens, insbesondere Wälzschälverfahrens in Abhängigkeit wenigstens einer mit einer Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15 bestimmten Meßgröße steuert.

17. Anlage mit einer Meßeinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 10 bis 15 und einer Verzahnungsmaschine nach Anspruch 16, bei der die Werkzeughalterung zwischen Meßeinrichtung und Verzahnungsmaschine austauschbar ist und die insbesondere die Steuerungen der Meßeinrichtung der Maschine koppelt oder vereint.

18. Meßverfahren für ein verzahntes, zum wälzenden Bearbeiten, insbesondere Wälzschälen von Werkstückverzahnungen ausgelegtes Werkzeug mit geometrisch bestimmten Schneiden, bei dem wenigstens eine Meßgröße bestimmt wird, welche für einen mit dem Werkzeug durchzuführenden Arbeitsprozeß, insbesondere Schälprozeß verwendbar ist, wobei in einer Phase des Prozesses das Profil der zu erzeugenden Werkstückverzahnung in Verzahnungseingriff mit der Werkzeugverzahnung gebildet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Meßgröße unter einem dem Verzahnungseingriff zwischen Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase entsprechenden Verzahnungseingriff des Werkzeugs mit einer einen Verzahnungsbereich aufweisenden Meßgeometrie erfolgt.

19. Meßverfahren nach Anspruch 18, bei dem die wenigstens eine Meßgröße eine Information über den Abstand zwischen der Rotationsachse des Werkzeugs und einer ersten, meßgeometrieseitigen Referenz beinhaltet.

20. Meßverfahren nach Anspruch 19, wobei aus der Abstandsinformation der Achsabstand zwischen den Rotationsachsen von Werkzeug und Werkstück in der profilbildenden Phase ermittelt wird.

21. Meßverfahren nach Anspruch 20, bei der in diese Ermittlung, unter Verwendung beispielsweise einer Rolle oder Kugel, welche beide Zahnflanken einer Zahnücke der Meßgeometrie berührt, der Abstand der Kugel/Rolle zur ersten Referenz und zudem das entsprechende Kugelmaß des Werkstücks eingehen.

22. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, bei dem die wenigstens eine Meßinformation eine Höhenlage einer mittels eines Positionierelements bestimmten Anlage des Positionierelements an der Schneidkante des Zahnkopfs des Werkzeugs, insbesondere an dessen Außendurchmesser, gegenüber einer werkzeugseitigen oder werkzeughalterseitigen zweiten Referenz und/oder eine Winkellage dieser Anlage gegenüber einer werkzeugseitigen oder werkzeughalterseitigen dritten Referenz betrifft.

23. Verfahren zur wälzenden Bearbeitung von Verzahnungen, insbesondere Wälzschälverfahren, durchgeführt unter einem von einer mit einem Meßverfahren der Ansprüche 18 bis 22 bestimmten Meßinformation abhängigen Steuerbefehl.

24. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem eine Aufspannung des Werkzeugs auf einer Werkzeughalterung zwischen dem Meßverfahren und dem Verfahren nicht mehr gelöst wird.

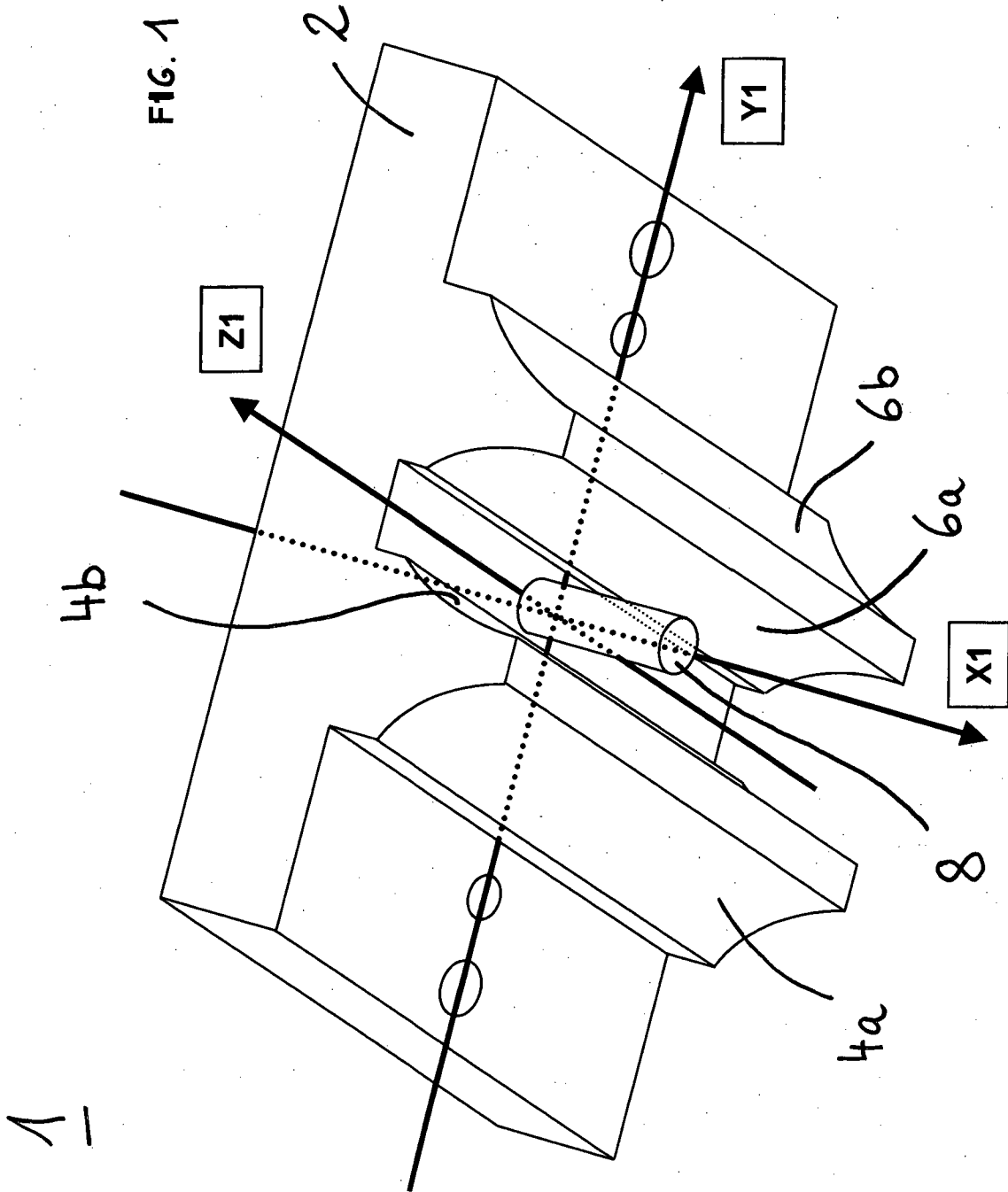


FIG. 2

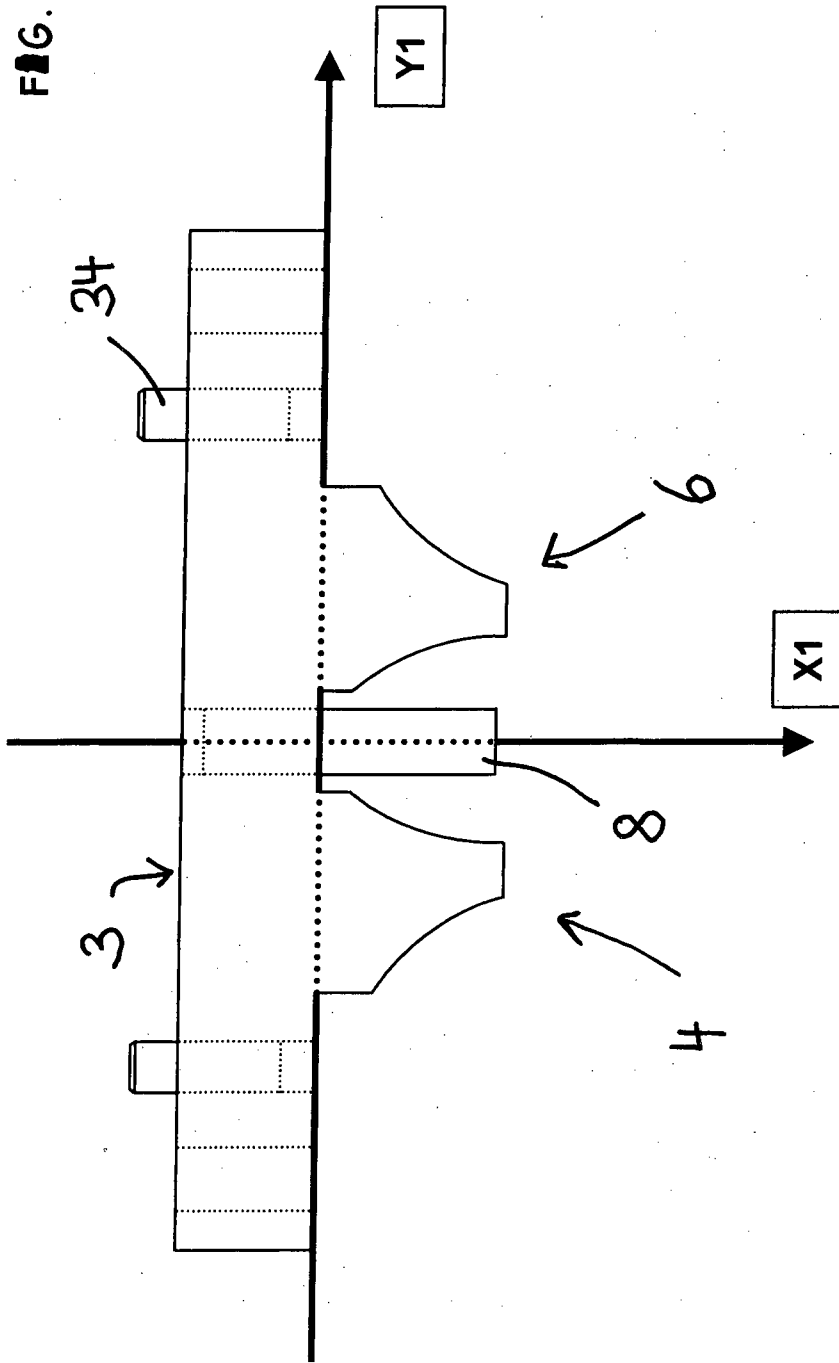


FIG. 3

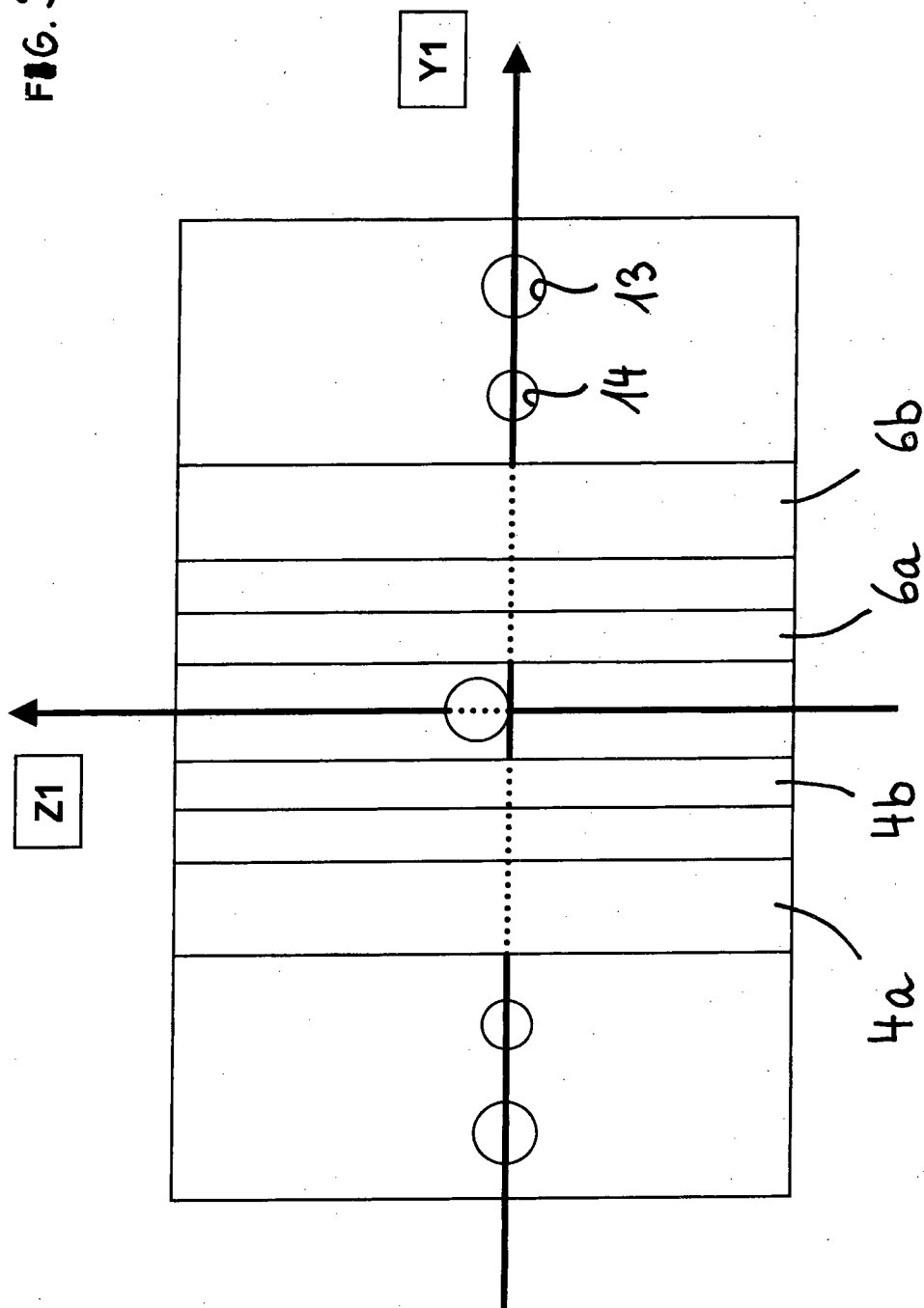
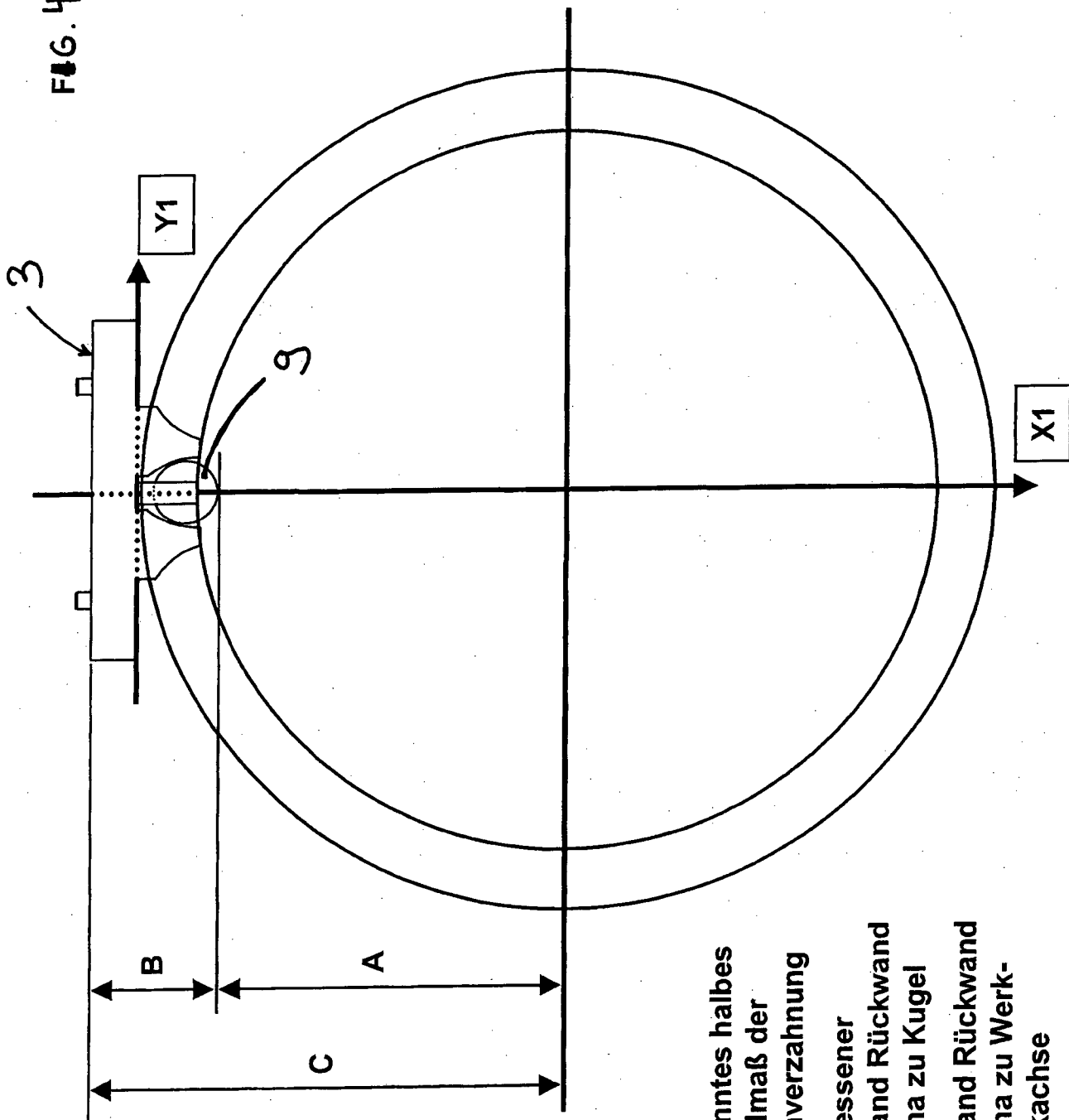
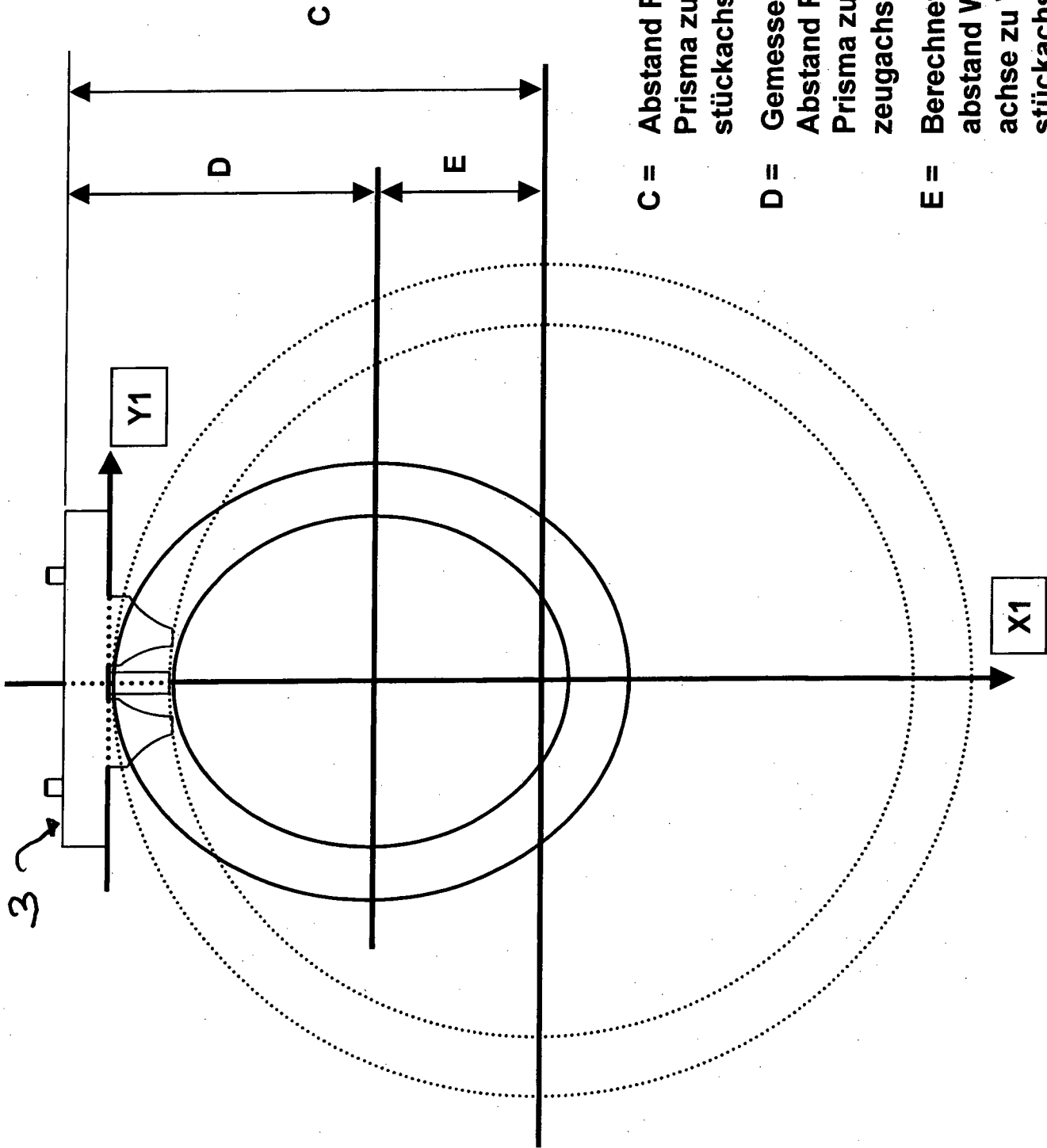


FIG. 4



- A = Bekanntes halbes Kugelmaß der Innenverzahnung
- B = Gemessener Abstand Rückwand Prisma zu Kugel
- C = Abstand Rückwand Prisma zu Werkstückachse

FIG. 5



C = Abstand Rückwand
Prisma zu Werk-
stückachse

D = Gemessener
Abstand Rückwand
Prisma zu Werk-
zeugachse

E = Berechneter Achs-
abstand Werkzeug-
achse zu Werk-
stückachse

FIG. 6

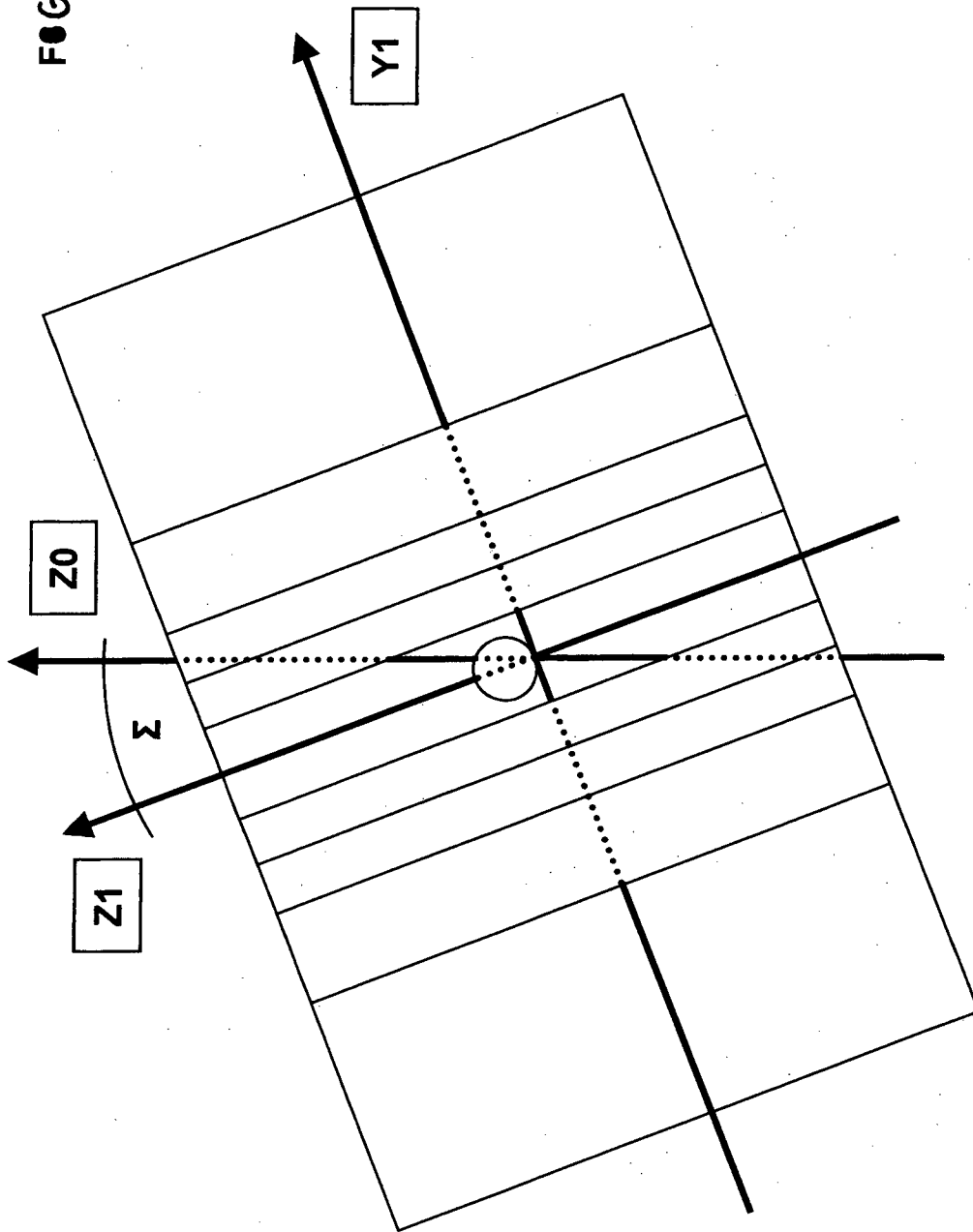


FIG. 7

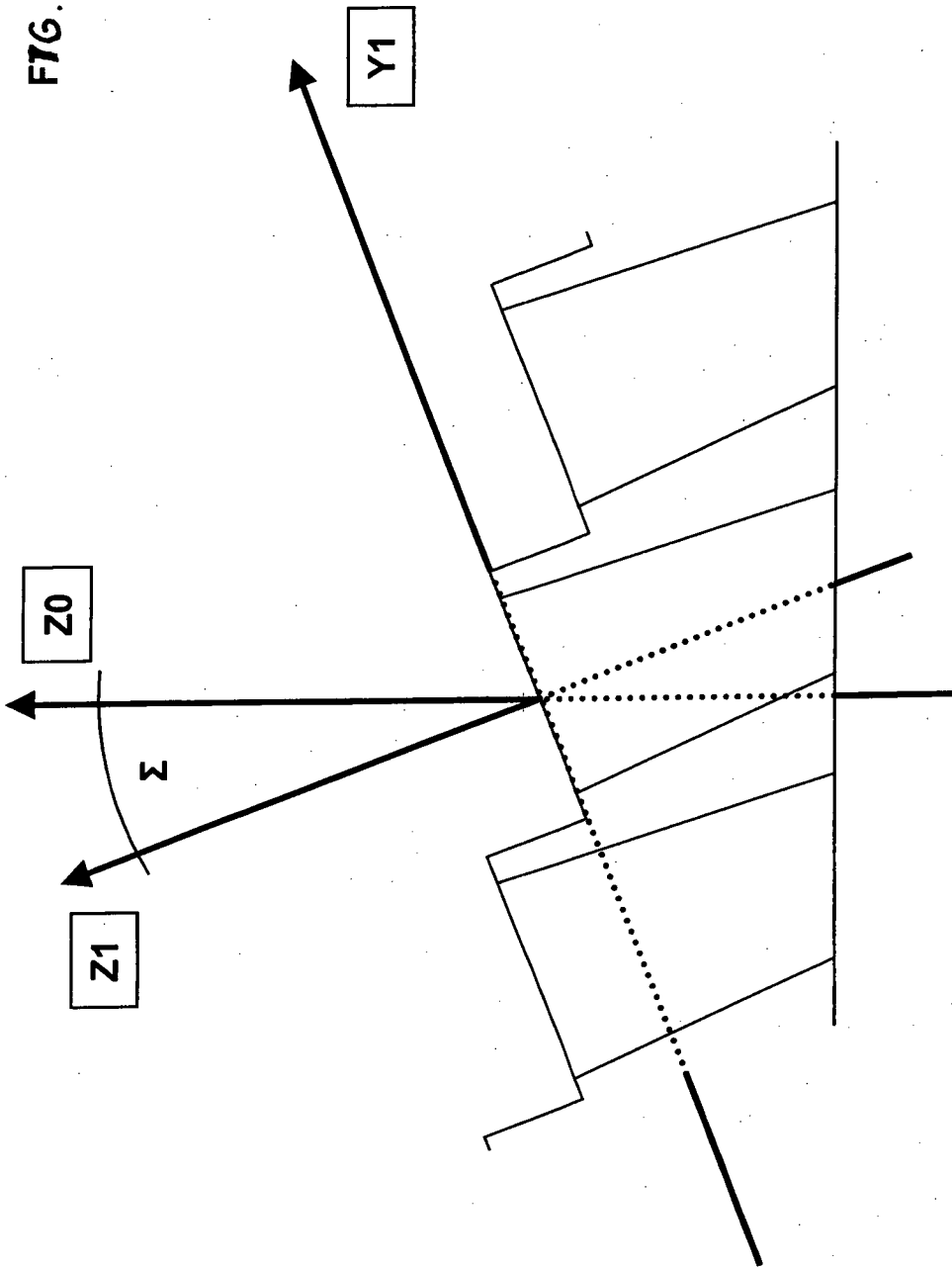


FIG. 8

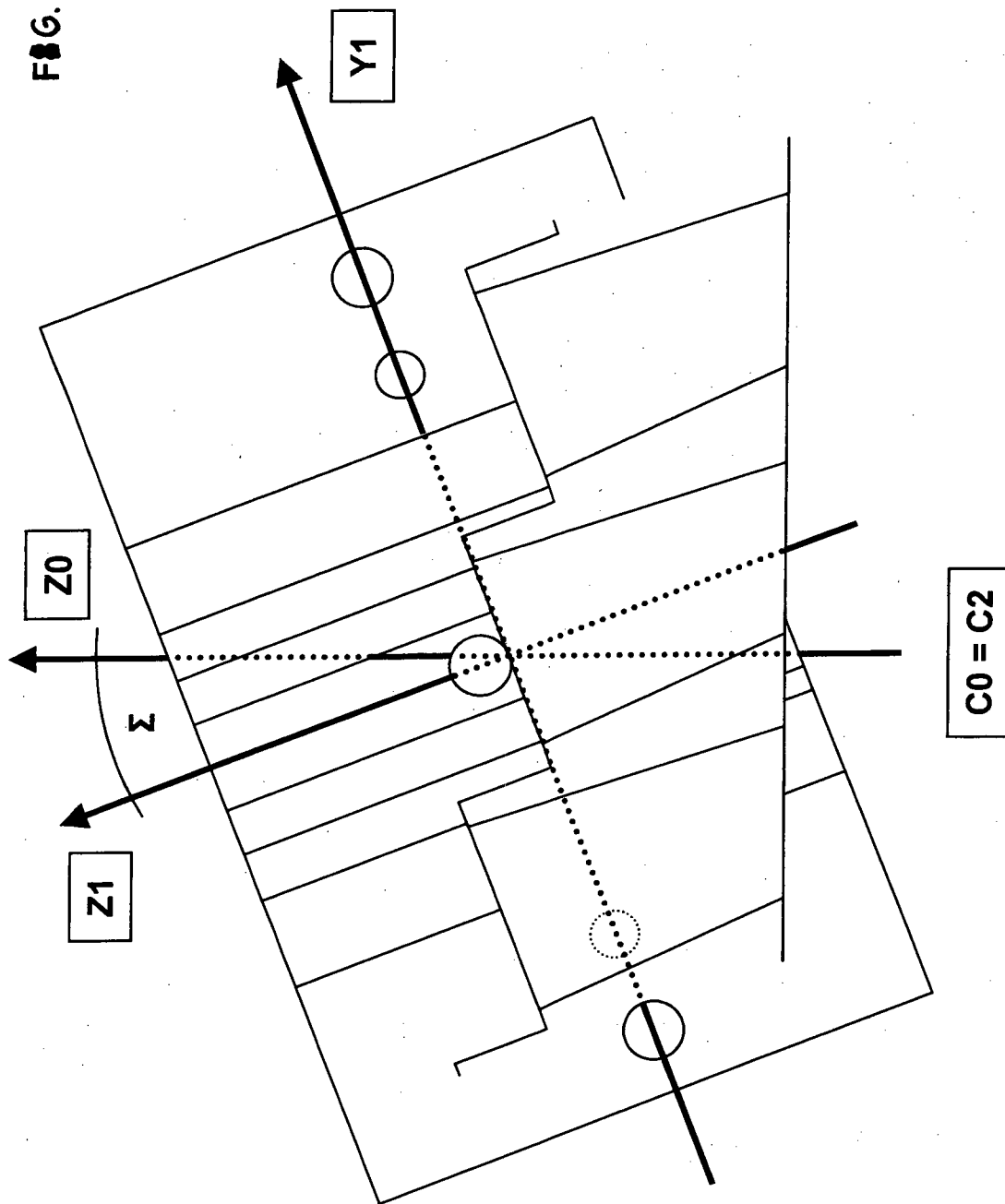


FIG. 3

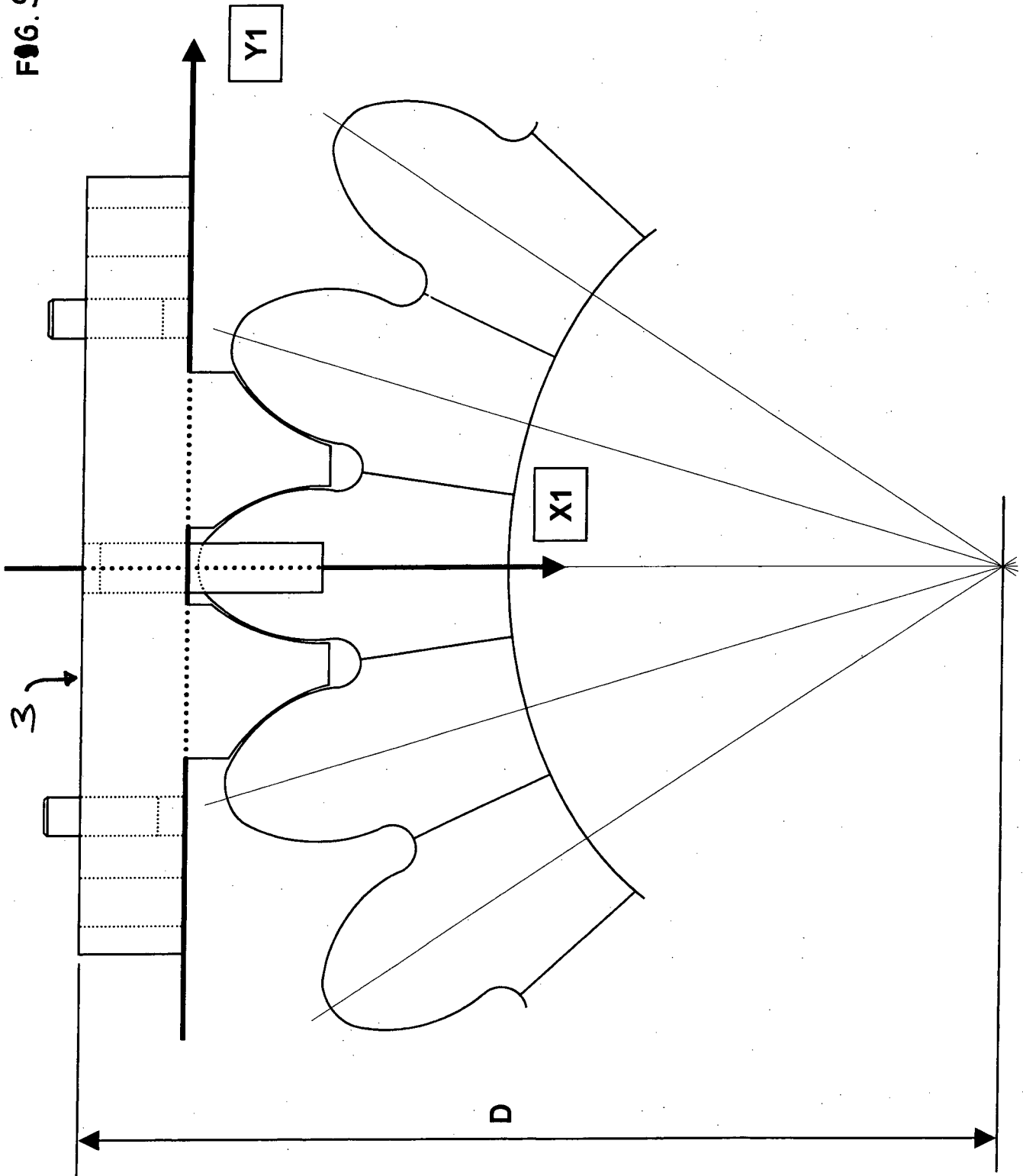
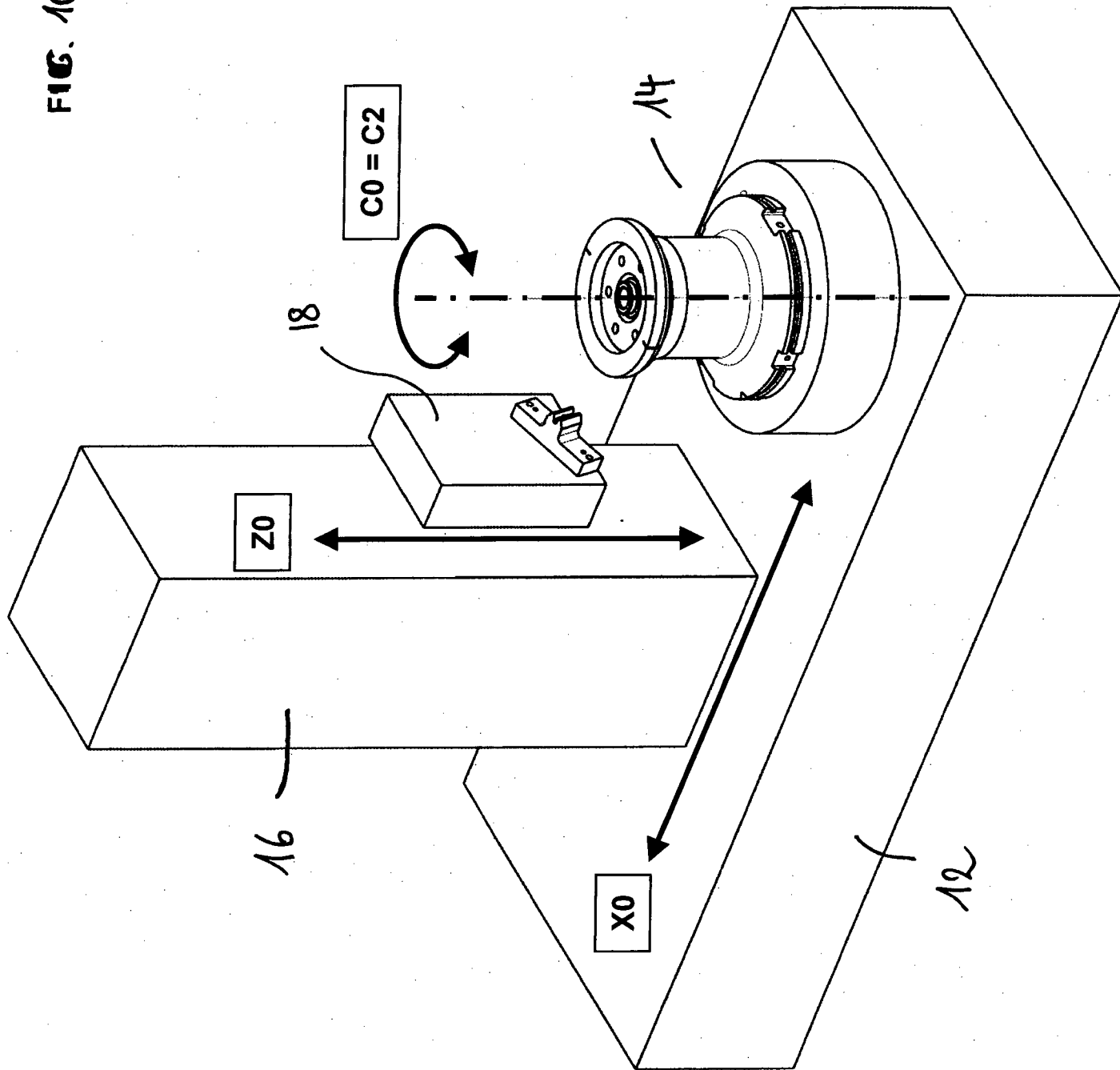
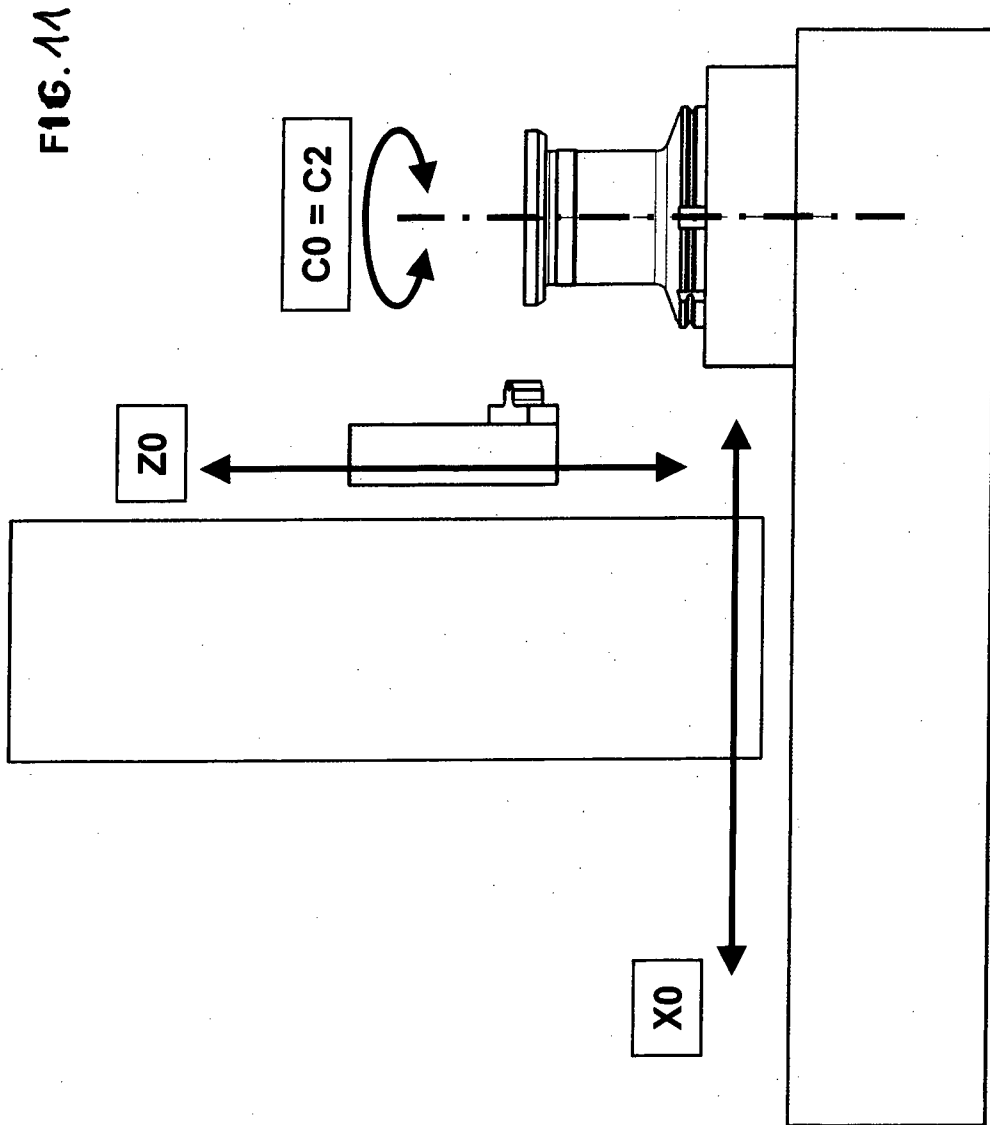


FIG. 10





12/18

FIG. 12

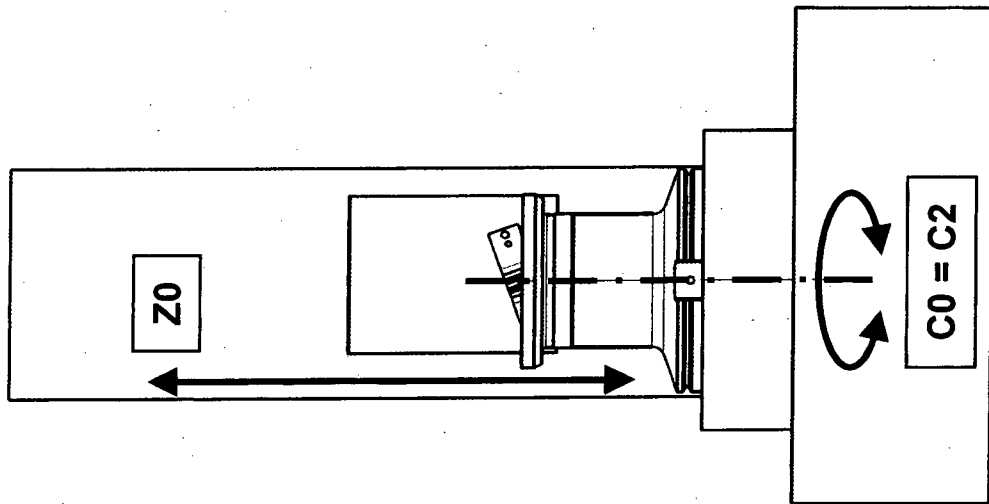


FIG. 13

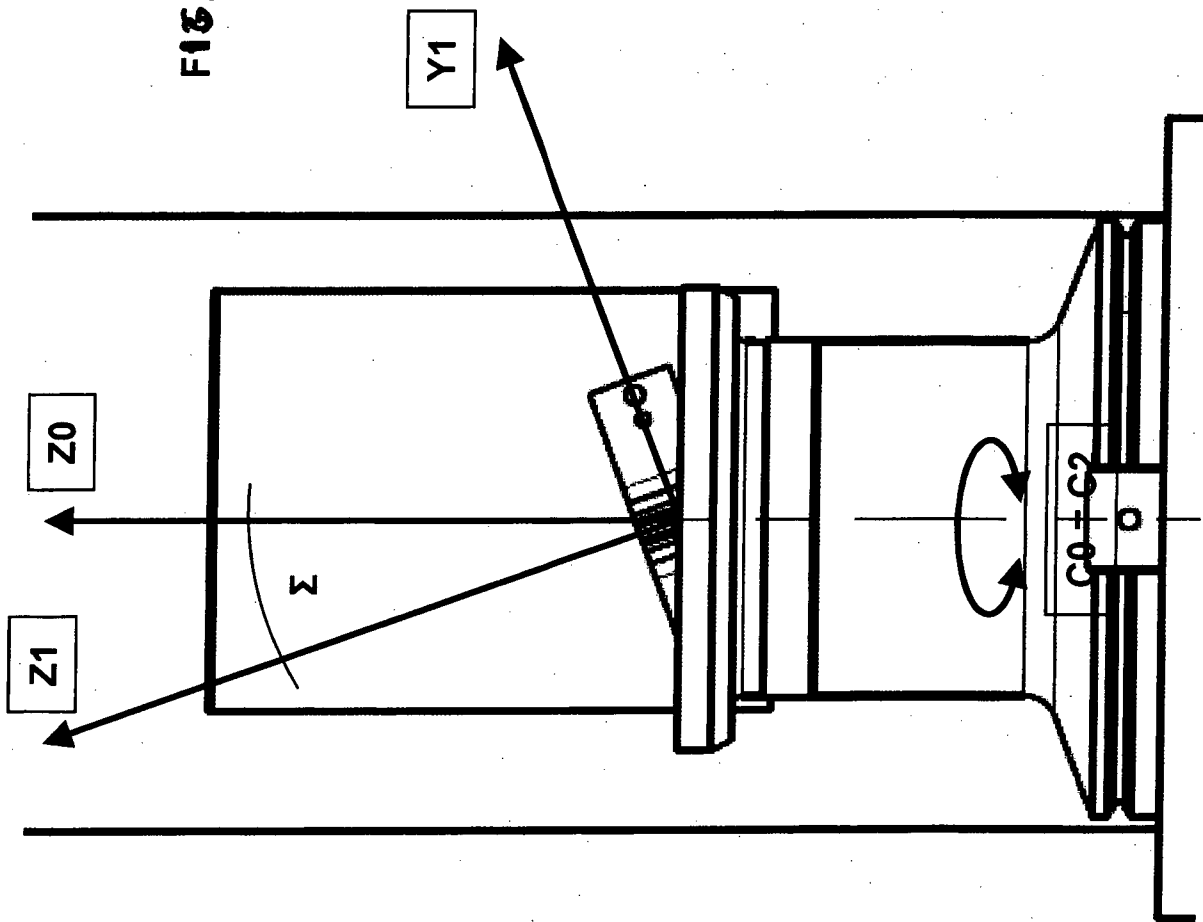


FIG. 14

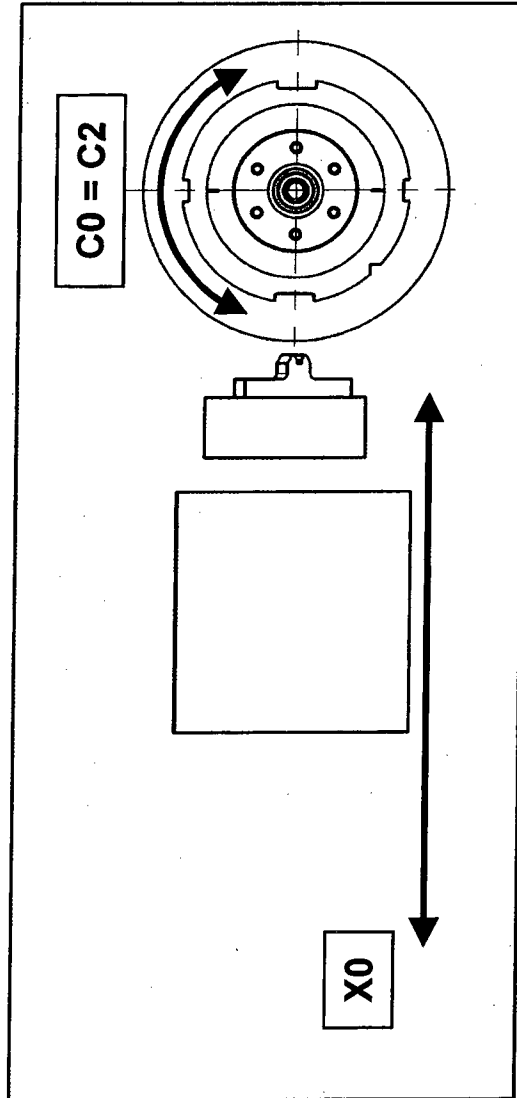
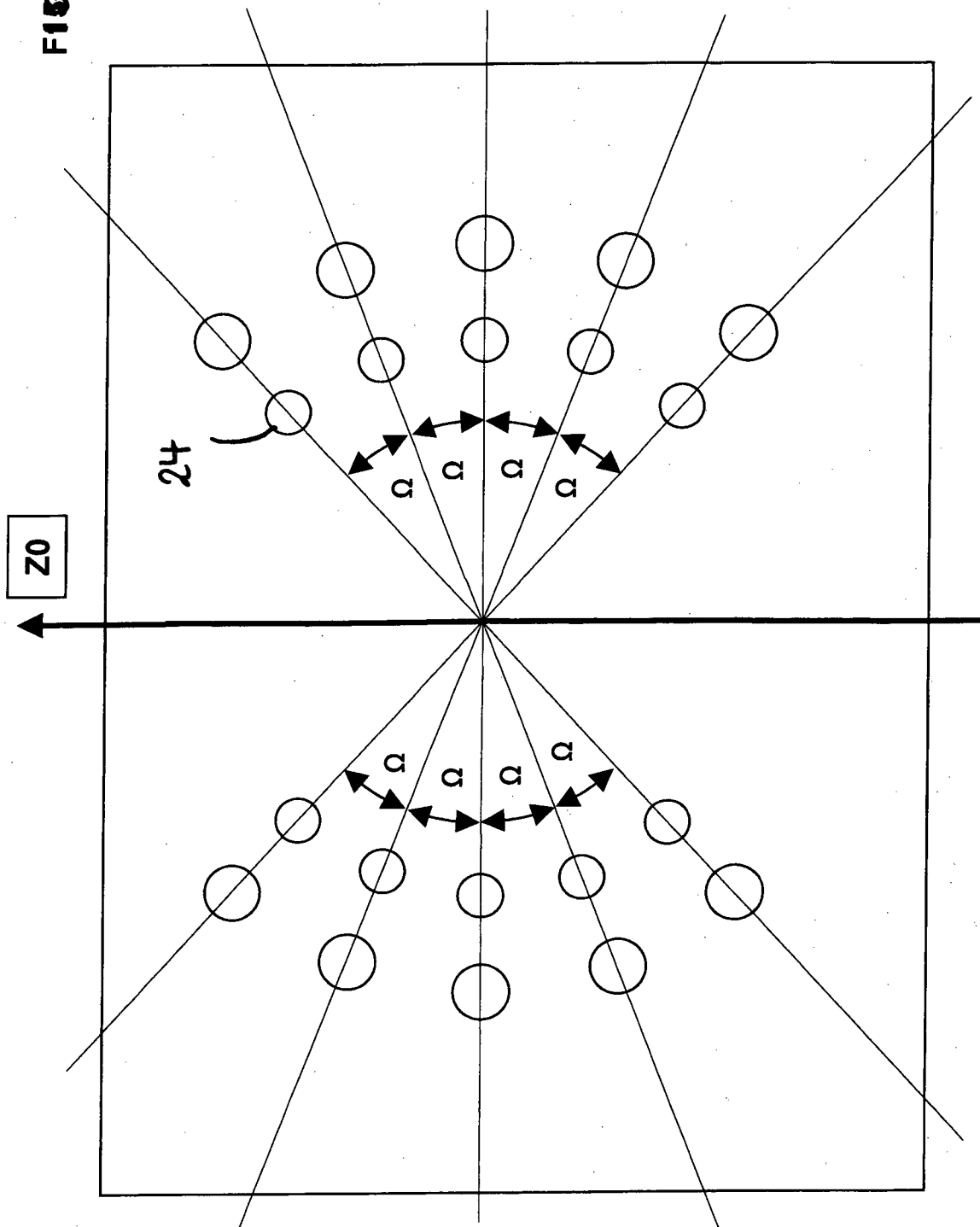


FIG. 15



24

Z0

ω

ω

ω

ω

ω

ω

ω

ω

FIG. 17

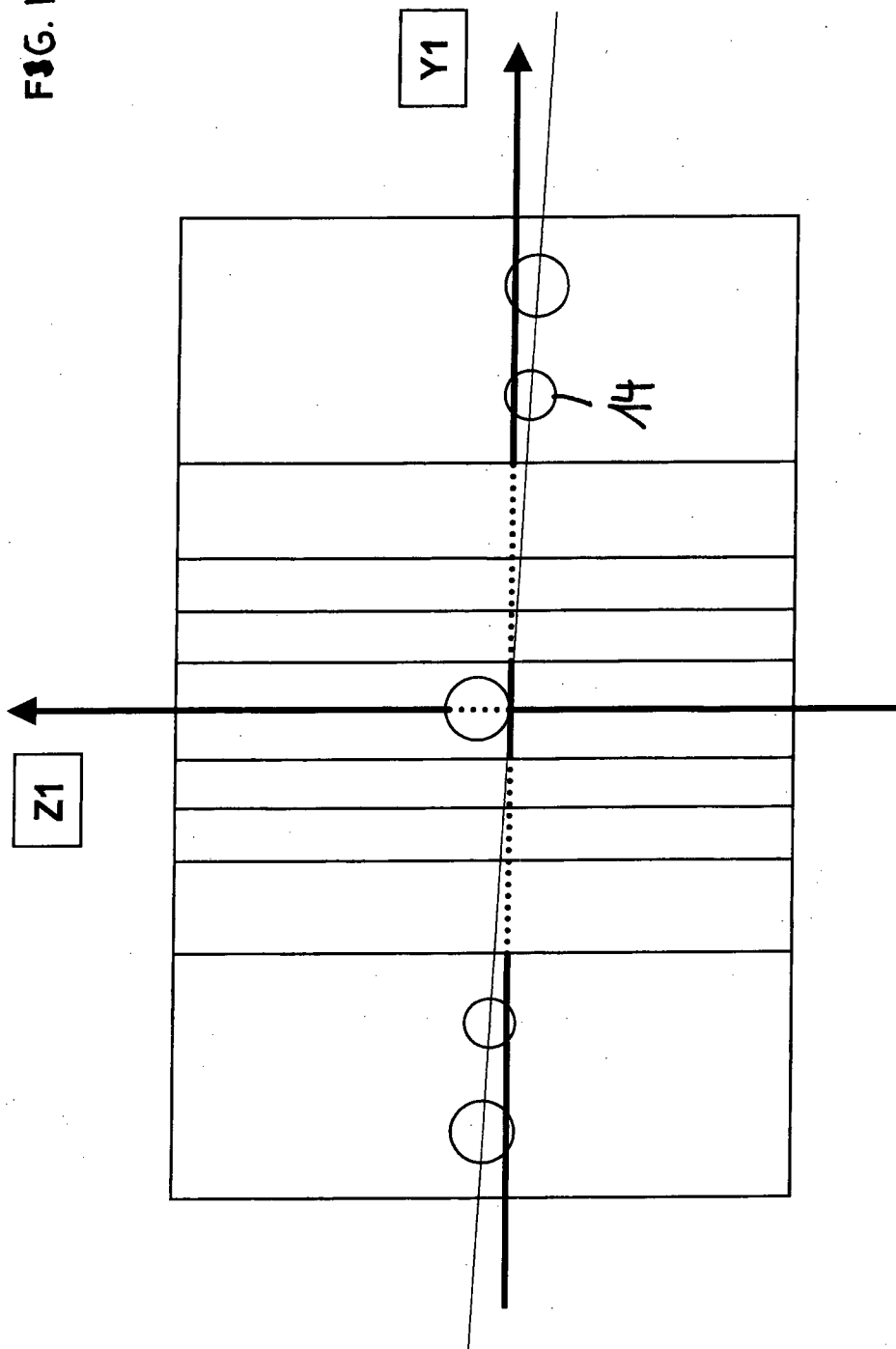


FIG. 18

