

(19)



(11)

EP 2 143 529 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

13.01.2010 Patentblatt 2010/02

(51) Int Cl.:

B24D 7/18 (2006.01)**B24B 15/04 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **09161059.2**(22) Anmeldetag: **26.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

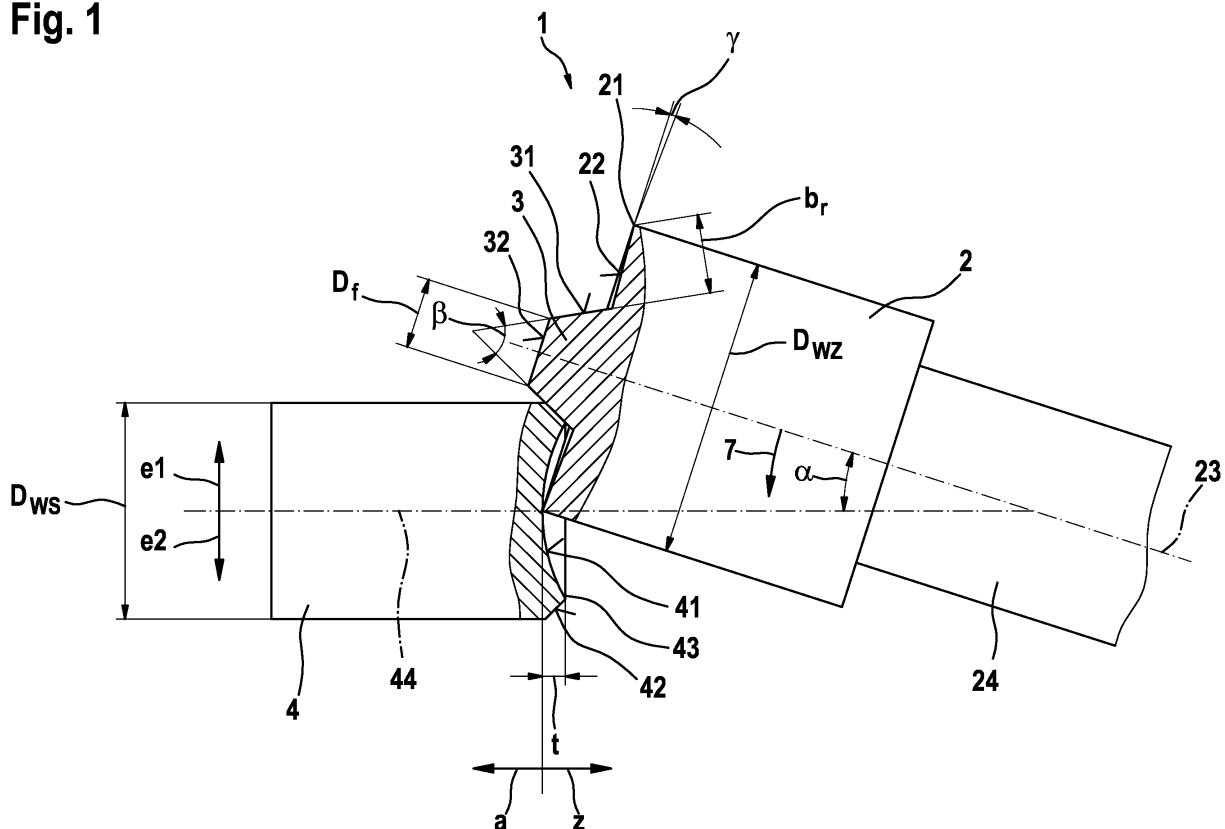
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH****70442 Stuttgart (DE)**(72) Erfinder: **Johlen, Gero****70191 Stuttgart (DE)**(30) Priorität: **24.07.2008 DE 102008040699****11.07.2008 DE 102008040347**

(54) **Werkzeug sowie zugehöriges Verfahren zur simultanen Erzeugung zweier Funktionsflächen an einem Werkstück**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug (1), insbesondere rotationssymmetrisches Schleifwerkzeug, zur simultanen Erzeugung einer ersten Funktionsfläche (41) und einer zweiten Funktionsfläche (42) an einem Werkstück (4), umfassend einen Grundkörper (2)

mit einer ringförmigen Werkzeugstirnfläche (22), wobei die Werkzeugstirnfläche (22) eine kreisförmige Bearbeitungskante (21) aufweist, um die erste Funktionsfläche (41) zu erzeugen, und einen kegelförmigen Fortsatz (3), der an der Werkzeugstirnfläche (22) angeordnet ist, um die zweite Funktionsfläche (42) zu erzeugen.

Fig. 1**EP 2 143 529 A2**

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Werkzeug, insbesondere ein rotationssymmetrisches Schleifwerkzeug, sowie ein Verfahren zur simultanen Erzeugung zweier Funktionsflächen an einem Werkstück.

[0002] Bei der Bauteilherstellung sind sehr oft mehrere Funktionsflächen durch Schleifen zu bearbeiten. Lässt es die Kontur zu, können mehrer Funktionsflächen mit nur einem Werkzeug bearbeitet werden - an rotationssymmetrischen Bauteilen beispielsweise auch Außen- und Stirnfläche. Dies geschieht nach Möglichkeit in nur einer Prozessstufe. Bei verschiedenen Erzeugnissen, die in Systemen mit höheren Drücken - z.B. Diesel-Einspritztechnik - zum Einsatz kommen, sind zudem häufig Vorzugsformen an stirnseitigen Flächen gefordert, beispielsweise um Dichtfunktionen zu gewährleisten.

[0003] Bei speziellen Funktionsanforderungen des Bauteiles besteht zudem häufig die Forderung, dass am Übergang zwischen zwei aneinandergrenzenden Funktionsflächen kein Grat entsteht. Ist eine Verrundung zulässig, kann diese Forderung erfüllt werden, indem die Kontur des Werkstückes über das Schleifwerkzeug abgebildet wird. Ist jedoch zusätzlich ein scharfkantiger Übergang zwischen zwei Funktionsflächen gefordert (z.B. Dichtkante) und somit keine Verrundung durch den Werkzeugradius zulässig, werden in der Regel zwei Werkzeuge eingesetzt, die simultan die Funktionsflächen bearbeiten. Allerdings ist hierzu ein entsprechendes Maschinenkonzept vorzusehen, das, z.B. über zwei Kreuzschlitten, die simultane Bearbeitung zweier Flächen ermöglicht.

[0004] In Abhängigkeit der Bauteilgestalt besteht eine weitere Möglichkeit darin, die Flächen mit einem Werkzeug gleichzeitig zu bearbeiten. Ein typischer Anwendungsfall ist ein äußerer Konus (Sitz), der in eine Stirnfläche übergeht, die zudem - beispielsweise als Hochdruck-Dichtfläche - konvex oder konkav sphärisch ausgeführt sein muss. Der Übergang zwischen Konus und Stirnfläche kann hierbei als Dichtkante ausgeführt sein. Mit konventionellen Verfahren wird die Schleifspindel ca. 30-45° zur Werkstückspindel geschwenkt, wodurch sich für die Schleifmaschine ein erhöhter Bedarf an Bauraum ergibt, was u. a. weitere Bearbeitungsmöglichkeit auf der Maschine einschränkt.

Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Werkzeug sowie das erfindungsgemäße Verfahren weisen demgegenüber den Vorteil auf, dass damit beispielsweise Dichtflächen mit Vorzugsform in Verbindung mit scharfkantiger, gratfreier Dichtkante erzeugt werden können. Dank dieser gratfreien und scharfkantigen Dichtkante ist eine hohe Bauteilqualität sowie Funktionalität gewährleistet. Gleichzeitig kann eine kostengünstige und einfache Ma-

schinentechnologie mit geringem Bauraum und optimierter Taktzeit verwendet werden. Durch die erfindungsgemäße gleichzeitige Bearbeitung zweier Funktionsflächen ergibt sich eine hohe Prozesssicherheit für die Maßhaltigkeit der Dichtkantendurchmesser. Durch die fixe geometrische Einstellung des Werkzeugs ist die Maßhaltigkeit kaum durch den Prozess beeinflusst. Somit ergibt sich eine hohe Prozesssicherheit für konvexe oder konkave Vorzugsformen. Folglich ist somit auch eine einfache Korrekturstrategie für die Prozesssicherheit bzw. Maßhaltigkeit gegeben. Dies wird erfindungsgemäß durch ein Werkzeug, insbesondere rotationssymmetrisches Schleifwerkzeug, zur simultanen Erzeugung einer ersten Funktionsfläche und einer zweiten Funktionsfläche an einem Werkstück erreicht. Das Werkzeug umfasst dabei einen Grundkörper mit einer ringförmigen Werkzeugstirnfläche, wobei die Werkzeugstirnfläche eine kreisförmige Bearbeitungskante bzw. Schneidekante aufweist, um die erste Funktionsfläche, insbesondere Werkstückstirnfläche, zu erzeugen. Des Weiteren umfasst das erfindungsgemäße Werkzeug einen kegelförmigen Fortsatz der an der Werkzeugstirnfläche angeordnet ist, um die zweite Funktionsfläche, insbesondere Fasse am Werkstück, zu erzeugen. Die Geometrie des erfindungsgemäßen Werkzeugs lässt sich auch beschreiben, in dem man die Grundfläche des kegelförmigen Fortsatzes kleiner als die Werkzeugstirnfläche definiert. Des Weiteren weist die Mantelfläche des kegelförmigen Fortsatzes an einer dem Grundkörper zugewandten Seite den größten Umfang auf.

[0006] Das erfindungsgemäße Werkzeug bzw. das zugehörige Verfahren dient z.B. zur Herstellung eines Bauteils mit einer Stirnfläche mit konkaver oder konvexer Vorzugsform (z.B. mit Dichtfunktion) in Verbindung mit gratfreier und scharfkantiger Dichtkante am Übergang zur einer weiteren Funktionsfläche durch Schleifbearbeitung mit nur einem Werkzeug in einem Bearbeitungsschritt. Neben der Taktzeit wird mit diesem Konzept auch die Anzahl der Maschinenkomponenten, insbesondere Maschinenachsen und Schleifspindeln, reduziert. Da die Schleifspindel erfindungsgemäß nur um einen geringen Betrag zur Werkstückspindel geschwenkt wird, ist nur wenig Bauraum erforderlich. Zudem lässt sich das erfindungsgemäße Werkzeug auch in konventionellen Schleifmaschinen einsetzen.

[0007] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0008] In vorteilhafter Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Werkzeugstirnfläche zu einer Werkzeugrotationsachse um einen Freiwinkel γ einfällt und somit trichterförmig gestaltet ist. Dieser Freiwinkel bzw. dieses trichterförmige Einfallen ist besonders wichtig, wenn zusätzlich zu der zweiten Funktionsfläche eine konvexe erste Funktionsfläche bearbeitet wird. Es ist zu beachten, dass hierbei die Werkzeugstirnfläche nicht nur eben, sondern auch eine konkave oder konvexe Oberfläche aufweisen kann. Ferner ist es für konkave erste Funktionsflächen ausreichend und vorteilhaft die Werkzeug-

stirnfläche eben und somit senkrecht zur Werkzeugrotationsachse zu gestalten.

[0009] Bei Verwendung des Freiwinkels ist es bei Erzeugung einer konvexen ersten Funktionsfläche notwendig, dass der Freiwinkel γ größer oder gleich α ist. Somit kann mit einer innen liegenden Bearbeitungskante der ringförmigen Werkzeugstirnfläche eine konvexe erste Funktionsfläche erzeugt werden.

[0010] Ferner vorteilhaft ist eine kreisförmig verrundete Bearbeitungskante. Zur Beeinflussung der Rauheit der ersten Funktionsfläche kann ein Radius der Bearbeitungskante am erfindungsgemäßen Werkzeug verändert werden. Je größer der Radius gewählt wird, desto größer ist die Eingriffsbreite des Werkzeugs und desto kleiner wird die Rauheit am Werkstück. Diese Verrundung verbessert außerdem die Kantenstabilität des erfindungsgemäßen Werkzeugs. Ferner ist es auch von Vorteil, die Rauigkeit der ersten wie auch der zweiten Funktionsflächen durch die Wahl von Schleifparametern und/oder Scheibenspezifikation des Werkzeugs und/oder durch die Werkstückdrehzahl und/oder die Werkzeugdrehzahl optimal einzustellen. Die Bearbeitungskante muss jedoch nicht zwingend definiert sein. So ist es auch vorteilhaft mit einer undefinierte Bearbeitungskante die erste Funktionsfläche zu bearbeiten.

[0011] Weiterhin vorteilhaft ist es, den kegelförmigen Fortsatz als Stumpfkegel auszubilden. Das obere Ende des kegelförmigen Fortsatzes wird zur Bearbeitung der zweiten Funktionsfläche nicht benötigt und somit ist es ausreichend, einen stumpfkegeligen Fortsatz vorzusehen.

[0012] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist eine Mantelfläche des kegelförmigen Fortsatzes eben oder konkav oder konvex ausgebildet. Dadurch kann die zweite Funktionsfläche bzw. Fase in ihrer Form beeinflusst werden.

[0013] Des Weiteren umfasst die Erfindung ein Verfahren, insbesondere Schleifverfahren, zur simultanen Erzeugung einer ersten Funktionsfläche und einer zweiten Funktionsfläche an einem Werkstück mit einem Werkzeug, insbesondere rotationssymmetrischen Schleifwerkzeug. Durch die gleichzeitige erfindungsgemäße Bearbeitung beider Flächen in einer Aufspannung mit nur einem Werkzeug wird die Anzahl der Bearbeitungsstationen reduziert, darüber hinaus lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgrund des einfachen Aufbaus - kompakte Schleifspindel mit geringem Schwenkwinkel gegenüber der Werkstückspindel - ein einfaches, konventionelles Maschinenkonzept nutzen und es verbleibt weiterer Raum für zusätzliche Bearbeitungsstationen. Wird wie im Stand der Technik mit zwei Werkzeugen geschliffen, besteht bei Abweichung einer der Werkzeuge vom Sollmaß zudem die Gefahr, dass der Dichtkantendurchmesser abweicht. Bei Bearbeitung mit nur einem Werkzeug kommt es selbst bei axialem Versatz von Werkstück oder Werkzeug zu keiner negativen Beeinflussung des Dichtkantendurchmessers. Es können hochgenaue Dichtflächen und Dichtkanten mit

sehr hoher Funktionalität prozesssicher und kostengünstig gefertigt werden. Die weiteren Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wurden bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug ausführlich diskutiert. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

[0014] Das Werkstück wird um eine Werkstückrotationsachse und/oder das Werkzeug um eine Werkzeugrotationsachse in Rotation versetzt. Ferner wird die Werkzeugrotationsachse und/oder die Werkstückrotationsachse um einen Anstellwinkel α angestellt. Daraufhin wird das Werkstück und/oder das Werkzeug zueinander verfahren. Hier ist zu beachten, dass unter dem Begriff "Verfahren des Werkstücks und/oder des Werkzeugs" ein "Bewegen des Werkstücks und/oder des Werkzeugs" zu verstehen ist. Des Weiteren wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer kreisförmigen Bearbeitungskante einer ringförmigen Werkzeugstirnfläche eines Grundkörpers des Werkzeugs die erste Funktionsfläche, insbesondere Werkstückstirnfläche, des Werkstücks bearbeitet. Zum Teil gleichzeitig dazu wird mit einem kegelförmigen Fortsatz auf der Werkzeugstirnfläche die zweite Funktionsfläche, insbesondere eine Fase, des Werkstücks bearbeitet.

[0015] Vorteilhafterweise wird das Werkstück und/oder das Werkzeug entlang der Werkstückrotationsachse oder leicht schräg dazu verfahren.

[0016] In vorteilhafter Ausgestaltung wird für eine sphärisch konkave Ausbildung der ersten Funktionsfläche der Anstellwinkel α so gewählt, dass sich die Werkstückrotationsachse und die Werkzeugrotationsachse auf einer werkzeugzugewandten Seite der ersten Funktionsfläche schneiden.

[0017] Alternativ dazu ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass für eine sphärisch konvexe Ausbildung der ersten Funktionsfläche der Anstellwinkel α so gewählt wird, dass sich die Werkstückrotationsachse und die Werkzeugrotationsachse auf einer werkzeugabgewandten Seite der ersten Funktionsfläche schneiden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können somit Vorzugsformen auch mit sehr geringen Werten im Bereich von wenigen μm für sphärische Konvexitäten oder Konkavitäten prozesssicher erzielt werden.

[0018] Ferner von Vorteil ist es, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zwischen der ersten Funktionsfläche und der zweiten Funktionsfläche eine gratfreie Kante, insbesondere Dichtkante, ausgebildet wird. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die beiden aneinandergrenzenden Funktionsflächen in einem Bearbeitungsschritt und somit zumindest teilweise gleichzeitig erzeugt werden, ist es möglich, diese gratfreie bzw. scharfe Kante herzustellen.

[0019] Weiterhin vorteilhaft ist es, dass ein Durchmesser der Kante, insbesondere Dichtkante, durch einen radialen Versatz zwischen Werkzeug und Werkstück eingestellt werden kann. Unter radialem Versatz ist hier das Versetzen beispielsweise des Werkstücks parallel zur Werkstückrotationsachse gemeint. Jedoch kann auch in

entsprechender Weise das erfindungsgemäße Werkzeug versetzt werden. Zur stetigen Kontrolle und Verbesserung der Maßhaltigkeit bzw. Prozesssicherheit wird der Dichtkantendurchmesser nicht nur durch den radialen Versatz eingestellt, sondern kann durch diesen radialen Versatz auch stetig korrigiert werden.

[0020] Ferner ist es von Vorteil, dass die Form, insbesondere die Konkavität oder Konvexität, der ersten Funktionsfläche in Abhängigkeit des Anstellwinkels und/oder eines Durchmessers der Bearbeitungskante und/oder des radialen Versatzes, ausgebildet bzw. hergestellt wird. Ist beispielsweise der Durchmesser der Bearbeitungskante, einmal abgerichtet, so muss nur noch die Stirnfläche in regelmäßigen Intervallen abgerichtet werden. Da die erste Funktionsfläche, d.h., die Vorzugsform, im Wesentlichen durch den Durchmesser der Bearbeitungskante und den Anstellwinkel bzw. die Veränderung des Anstellwinkels bestimmt wird, bleibt die Qualität der ersten Funktionsfläche konstant.

[0021] In vorteilhafter Ausführung des Verfahrens wird zur Erzeugung einer konvexen ersten Funktionsfläche der Freiwinkel γ größer als der Anstellwinkel α gewählt, so dass auch bei $\gamma < 90^\circ$ eine konvexe erste Funktionsfläche mit scharfem Übergang zur zweiten Funktionsfläche erzeugt werden kann.

[0022] Besonders vorteilhaft kommt das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz, indem die erste Funktionsfläche und die zweite Funktionsfläche an einem Teil eines Kraftstoffeinspritzsystems, insbesondere einer Kopplerhülse, erzeugt werden. Die Erfindung kommt somit beispielsweise bei der Feinbearbeitung verschiedener Produkte aus der Diesel-Einspritztechnik zum Einsatz, an denen mehrere Funktionsflächen an Stirnflächen bearbeitet werden müssen. Besondere Vorzüge ergeben sich durch das erfindungsgemäße Verfahren, sobald im Bereich der Diesel-Einspritztechnik eine konvexe oder konkave Vorzugsform an einer Bauteil-Stirnfläche zur Dichtfunktion in Kombination mit einer Dichtkante gefordert wird, die keine Gratbildung aufweisen darf und annähernd ohne Verrundung (scharfkantig) ausgebildet sein muss. Die Konkavität oder Konvexität kann hierbei auch nur wenige μm betragen. Beide Forderungen gleichzeitig lassen sich nur erfüllen, indem entweder zwei Werkzeuge gleichzeitig im Einsatz sind (Simultanschleifen mit zwei Schleifspindeln) oder ein Werkzeug beide Flächen gleichzeitig bearbeitet. Auch ohne die Forderung nach gratfreien, scharfen Kanten, ergibt sich ein wirtschaftlicher Vorteil durch das Schleifen mit reduzierter Taktzeit.

Zeichnungen

[0023] Nachfolgend werden drei Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung ist:

Figur 1 eine zum Teil aufgebrochene Darstellung des erfindungsgemäßen Werkzeugs nach einem

ersten Ausführungsbeispiel mit einem bearbeiteten Werkstück,

Figur 2 eine stirnseitige Draufsicht auf das Werkstück, bearbeitet durch das Werkzeug nach dem ersten Ausführungsbeispiel, mit Werkzeugeingriffsbahnen,

Figur 3 eine zum Teil aufgebrochene Darstellung des erfindungsgemäßen Werkzeugs nach einem zweiten Ausführungsbeispiel mit einem bearbeiteten Werkstück, und

Figur 4 eine zum Teil aufgebrochene Darstellung des erfindungsgemäßen Werkzeugs nach einem dritten Ausführungsbeispiel mit einem bearbeiteten Werkstück.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0024] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Figur 1 ein Werkzeug 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0025] Figur 1 zeigt das Werkzeug, insbesondere rotierendes Schleifwerkzeug, bestehend aus einem Grundkörper 2, einem kegelförmigen Fortsatz 3 und einem Schaft 24. Der Grundkörper 2 kann auch als Schleifscheibe bezeichnet werden. Des Weiteren zeigt Figur 1 ein bereits bearbeitetes Werkstück 4.

[0026] Der Grundkörper 2 ist zylinderförmig ausgebildet und weist an seiner dem Werkstück 4 zugewandten Seite eine ringförmige Stirnfläche 22 mit einer runden Bearbeitungskante 21, ausgebildet als Außenkante, auf. Die ringförmige Stirnfläche 22 ist als Ring um den kegelförmigen Fortsatz 3 ausgebildet. An seiner, einer Werkzeugmaschine zugewandten Seite, geht der Grundkörper 2 in den ebenfalls zylinderförmigen, jedoch schmaleren Schaft 24 über. Dieser Schaft 24 dient zum Einspannen des Werkzeugs 1 in die Werkzeugmaschine. Des Weiteren ist eine Werkzeugrotationsachse 23 eingezeichnet. Um diese Werkzeugrotationsachse 23 dreht sich das Werkzeug 1 rotationssymmetrisch. Ferner bezeichnet ein Freiwinkel γ ein trichterförmiges Einfallen der ringförmigen Stirnfläche 22.

[0027] Der kegelförmige Fortsatz 3 weist eine Mantelfläche 31 sowie eine Kegelstumpffläche 32 auf. Der kegelförmige Fortsatz 3 sitzt mittig und somit rotationssymmetrisch auf dem Grundkörper 2 des Werkzeugs 1. Um diesen kegelförmigen Fortsatz 3 herum ist die ringförmige Stirnfläche 22 ausgebildet.

[0028] Das Werkstück 4 weist eine erste Funktionsfläche 41, auch Werkstückstirnfläche oder Vorzugsform genannt, auf. Seitlich an diese erste Funktionsfläche 41 ist auf dem Werkstück 4 eine zweite Funktionsfläche 42 in Form einer konischen Fase ausgebildet. Diese zweite Funktionsfläche 42 bildet somit den Übergang von der ersten Funktionsfläche 41 zur Mantelfläche des rotationssymmetrischen Werkstücks 4. Zwischen der ersten

Funktionsfläche 41 und der zweiten Funktionsfläche 42 ist eine Dichtkante 43 ausgebildet. Diese Dichtkante 43 ist scharf und gratfrei. Das Werkstück 4 rotiert um eine Werkstückrotationsachse 44.

[0029] Des Weiteren zeigt Figur 1 auch geometrische Größen des Werkzeugs 1 und des Werkstücks 4. Das Werkzeug 1 weist an seiner dicksten Stelle, dem Grundkörper 2, den Werkzeugdurchmesser D_{WZ} auf. Die ringförmige Werkzeugstirnfläche 22 weist die Ringbreite b_r auf. Des Weiteren ist der Kegelstumpfdurchmesser D_f an der dünnsten Stelle des kegelförmigen Fortsatzes 3 eingezeichnet. Der Winkel zwischen Werkzeugrotationsachse 23 und Werkstückrotationsachse 44 wird als Anstellwinkel α bezeichnet. Die Mantelfläche 31 des kegelförmigen Fortsatzes 3 läuft mit dem Kegelwinkel β zusammen.

[0030] Des Weiteren ist ein Werkstückdurchmesser D_{WS} und eine Tiefe t der konkaven ersten Funktionsfläche 41 eingezeichnet.

[0031] Bei Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens rotiert das Werkstück 4 in einer Werkstückspindel, während des rotierende Werkzeug 1 im Anstellwinkel α zum Werkstück 4 angestellt und entlang der Werkstückrotationsachse 44 auf das Werkstück 4 verfahren wird. Alternativ kann selbstverständlich auch das Werkstück 4 in das Werkzeug 1 verfahren bzw. bewegt werden. Mit der Bearbeitungskante 21 am Übergang zwischen Werkzeugdurchmesser D_{WZ} und ringförmiger Stirnfläche 22 des Werkzeugs 1 wird die konvexe oder konkave sphärische erste Funktionsfläche 41 erzeugt.

[0032] Erfolgt die Anstellung des Werkzeugs 1 um den Anstellwinkel α gemäß Figur 1, so schneidet die Werkstückrotationsachse 44 die Werkzeugrotationsachse 23 auf einer werkzeugzugewandten Seite z der ersten Funktionsfläche 41 und es ergibt sich eine konkav sphärische erste Funktionsfläche 41. Wird das Werkzeug 1 alternativ mit negativem Anstellwinkel α angestellt, so schneidet die Werkstückrotationsachse 44 die Werkzeugrotationsachse 23 auf einer werkzeugabgewandten Seite a der ersten Funktionsfläche 41 und es wird eine sphärisch konvexe erste Funktionsfläche 41 erzeugt. Dies wird sich an den Figuren 3 und 4 zeigen.

[0033] Die Mantelfläche 31 am Werkzeug 1 bzw. am kegelförmigen Fortsatz 3 erzeugt die zweite Funktionsfläche 42 am Werkstück 4. Alternativ kann die Mantelfläche 31 auch konkav oder konvex ausgebildet sein, um eine zweite Funktionsfläche 42 mit Radius zu erzeugen. Um die bestimmte Kontur durch Abrichten in das Werkzeug 1 bzw. in eine Schleifscheibe einbringen zu können, und zudem das Schleifen konvexer erster Funktionsflächen 41 zu ermöglichen, ist der Freiwinkel γ an der ringförmigen Stirnfläche 22 des Grundkörpers 2 eingebracht.

[0034] Durch den Schleifprozess entsteht am Werkstück 4 neben der sphärischen ersten Funktionsfläche 41 am Übergang zwischen der ersten Funktionsfläche 41 und der zweiten Funktionsfläche 42 die scharfkantige und gradfreie Dichtkante 43 mit dem Dichtkantendurchmesser D_K . Die Konvexität bzw. Konkavität der sphäri-

schen ersten Funktionsfläche 41 entsteht in Abhängigkeit des Verschwenkens des Anstellwinkels α , des Werkstückdurchmessers D_{WZ} und eines radialen Versatzes e_1 , e_2 . Dieser radiale Versatz e_1 , e_2 wird zwischen der Bearbeitungskante 21 und der Werkstückrotationsachse 44 eingestellt. Somit ist die Konvexität bzw. Konkavität der sphärischen ersten Funktionsfläche 41 auch im Bereich von wenigen μm prozesssicher herstellbar.

[0035] Figur 2 zeigt das Werkstück 4 in Draufsicht auf seine Stirnfläche. Das Werkstück 4 ist dabei durch das erfindungsgemäße Werkzeug 1 nach dem ersten Ausführungsbeispiel bearbeitet worden. Gezeigt ist die Dichtkante 43 mit einem Dichtkantendurchmesser D_K sowie eine Bearbeitungskanteneingriffsbahn 5 und eine Fortsatzeingriffsbahn 6. Die Bearbeitungskanteneingriffsbahn 5 entsteht durch den Eingriff der Bearbeitungskante 21 in das Werkstück 4. Die Fortsatzeingriffsbahn 6 resultiert aus dem Eingriff der Mantelfläche 31 des kegelförmigen Fortsatzes 3 in das Werkstück 4.

[0036] Figur 3 zeigt das erfindungsgemäße Werkzeug 1 nach einem zweiten Ausführungsbeispiel sowie ein bearbeitetes Werkstück 4. Im zweiten Ausführungsbeispiel sind gleiche bzw. funktional gleiche Teile mit den selben Bezugszeichen wie im ersten Ausführungsbeispiel bezeichnet.

[0037] Das Werkzeug 1 in Figur 3 weist einen deutlich größeren Freiwinkel γ als das Werkzeug 1 nach dem ersten Ausführungsbeispiel auf. Ferner ist die erste Funktionsfläche 41 konvex.

[0038] Der Anstellwinkel α ist so gewählt, dass die Werkstückrotationsachse 44 die Werkzeugrotationsachse 23 auf einer werkzeugabgewandten Seite a der ersten Funktionsfläche 41 schneidet. Ferner ist die Bearbeitungskante 21 um einen Abstand f von der Werkstückrotationsachse 44 versetzt.

[0039] Figur 4 zeigt das erfindungsgemäße Werkzeug 1 nach einem dritten Ausführungsbeispiel sowie ein bearbeitetes Werkstück 4. Im dritten Ausführungsbeispiel sind gleiche bzw. funktional gleiche Teile mit den selben Bezugszeichen wie im ersten oder zweiten Ausführungsbeispiel bezeichnet.

[0040] Das Werkzeug 1 in Figur 4 weist einen Freiwinkel γ von 90° auf. Ferner ist die erste Funktionsfläche 41 konvex. Der Anstellwinkel α entspricht dem Anstellwinkel α aus dem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0041] Durch den Freiwinkel γ von 90° teilt sich die Stirnfläche 22 in eine ringförmige erste Ebene 22a und eine dem Schaft 24 nähere, ringförmige zweite Ebene 22b. Die Bearbeitungskante 21 zur Bearbeitung der ersten Funktionsfläche 41 sitzt auf einer Innenseite der ersten Ebene 22a.

[0042] Der Einsatz des Werkzeugs 1 bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt z.B. bei der Bearbeitung von Bauteilen für Nutzfahrzeug-Injektoren. An den Bauteilen wird eine Stirnfläche (erste Funktionsfläche 41) mit einer Konkavität von $5\text{ }\mu\text{m}$ (auf einer Messstrecke von $0,45\text{ mm}$) und eine Dichtkante mit einem Durchmesser D_K von $5,8\text{ mm}$ erzeugt, die am Übergang der kon-

kaven Fläche (erste Funktionsfläche 41) zu einer äußeren Fase (zweite Funktionsfläche 42) mit einem Winkel von 20° gebildet wird. Erste rasterelektronische Untersuchungen haben bereits die Scharfkantigkeit und Gratfreiheit am Bauteil bestätigt, die prozesssichere Herstellung der Konkavität wurde mittels Weißlicht-Interferometer nachgewiesen. Die Bauteile werden mit diesem Verfahren für die Musterfertigung und auch schon für den Serienanlauf gefertigt, wodurch eine Taktzeit- und Kostenreduzierung erzielt werden kann.

Patentansprüche

1. Werkzeug (1), insbesondere rotationssymmetrisches Schleifwerkzeug, zur simultanen Erzeugung einer ersten Funktionsfläche (41) und einer zweiten Funktionsfläche (42) an einem Werkstück (4), umfassend

- einen Grundkörper (2) mit einer ringförmigen Werkzeugstirnfläche (22), wobei die Werkzeugstirnfläche (22) eine kreisförmige Bearbeitungskante (21) aufweist, um die erste Funktionsfläche (41) zu erzeugen, und
- einen kegelförmigen Fortsatz (3), der an der Werkzeugstirnfläche (22) angeordnet ist, um die zweite Funktionsfläche (42) zu erzeugen.

2. Werkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkzeugstirnfläche (22) zu einer Werkzeugrotationsachse (23) um einen Freiwinkel (γ), einfällt oder die Werkzeugstirnfläche (22) senkrecht zur Werkzeugrotationsachse (23) ist.

3. Werkzeug nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Freiwinkel (γ) 90° beträgt.

4. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kreisförmige Bearbeitungskante (21) verrundet ist.

5. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kegelförmige Fortsatz (3) als Stumpfkegel ausgebildet ist.

6. Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Mantelfläche (31) des kegelförmigen Fortsatzes (3) eben oder konkav oder konvex ausgebildet ist.

7. Verfahren, insbesondere Schleifverfahren, zur simultanen Erzeugung einer ersten Funktionsfläche (41) und einer zweiten Funktionsfläche (42) an einem Werkstück (4) mit einem Werkzeug (1), insbesondere rotationssymmetrischem Schleifwerkzeug, umfassend die Schritte:

- Rotieren des Werkstücks (4) um eine Werkstückrotationsachse (44) und/oder Rotieren des Werkzeugs (1) um eine Werkzeugrotationsachse (23),

- Anstellen der Werkzeugrotationsachse (23) und/oder der Werkstückrotationsachse (44) um einen Anstellwinkel (α), und

- Verfahren des Werkstücks (4) und/oder des Werkzeugs (1) zueinander,

- wobei mit einer kreisförmigen Bearbeitungskante (21) einer ringförmigen Werkzeugstirnfläche (22) eines Grundkörpers (2) des Werkzeugs (1) die erste Funktionsfläche (41), insbesondere Werkstückstirnfläche, des Werkstücks (4) bearbeitet wird, und

- wobei mit einem kegelförmigen Fortsatz (3) auf der Werkzeugstirnfläche (22) die zweite Funktionsfläche (42), insbesondere eine Fase, des Werkstücks (4) bearbeitet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine konkave Ausbildung der ersten Funktionsfläche (41) der Anstellwinkel (α) so gewählt wird, dass sich die Werkstückrotationsachse (44) und die Werkzeugrotationsachse (23) auf einer werkzeugzugewandten Seite der ersten Funktionsfläche (41) schneiden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine konvexe Ausbildung der ersten Funktionsfläche (41) der Anstellwinkel (α) so gewählt wird, dass sich die Werkstückrotationsachse (44) und die Werkzeugrotationsachse (23) auf einer werkzeugabgewandten Seite der ersten Funktionsfläche (41) schneiden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten Funktionsfläche (41) und der zweiten Funktionsfläche (42) eine gratfreie Kante (43), insbesondere Dichtkante, ausgebildet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Durchmesser (D_K) der Kante (43) durch einen radialen Versatz (e_1 , e_2) zwischen Werkzeug (1) und Werkstück (4) eingestellt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der ersten Funktionsfläche (41) in Abhängigkeit des Anstellwinkels (α) und/oder eines Außendurchmessers (D_{WZ}) der Bearbeitungskante (21) und/oder des radialen Versatzes (e_1 , e_2) ausgebildet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Verfahren die erste Funktionsfläche (41) und die zweite Funktionsfläche (42) an einem Teil eines Kraftstoffein-

spritzsystems, insbesondere einer Kopplerhülse, erzeugt werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

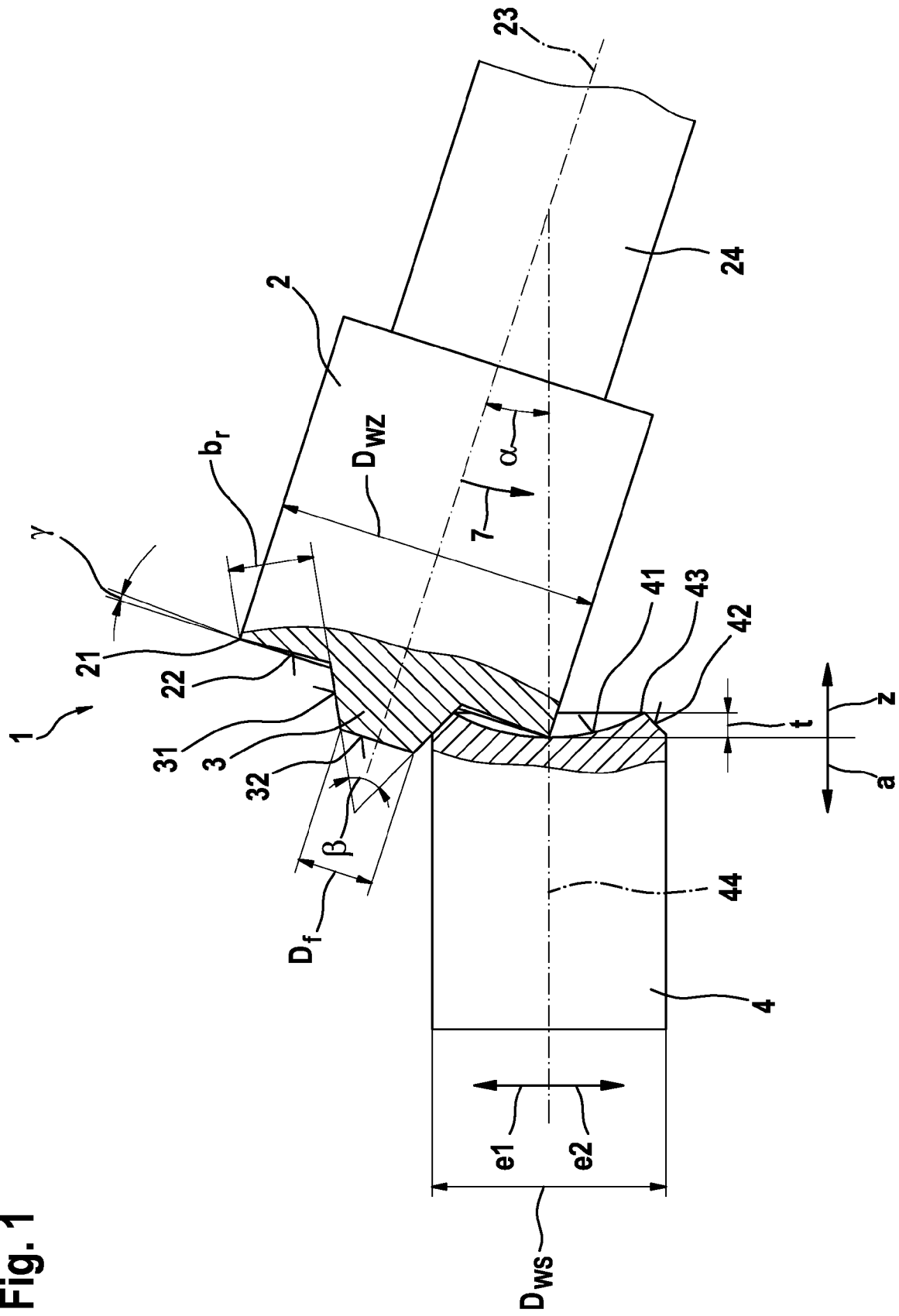


Fig. 2

