

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50445/2018
(22) Anmeldetag: 04.06.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: **G01N 21/954** (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
G01B 11/12 (2006.01)
G01B 21/14 (2006.01)
G06T 7/55 (2017.01)
G06T 7/571 (2017.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 112009001650 B4
WO 2008109908 A1
EP 1686348 A1

(71) Patentanmelder:
Alicona Imaging GmbH
8074 Raaba bei Graz (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks (1) mit einem Hohlraum (4) und zumindest einer Bohrung (7), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

A) Einbringen einer Beleuchtungsquelle (12) in den Hohlraum (4);

B) Beleuchten zumindest eines zu messenden Bereiches (13) der Oberfläche (5) der Bohrung (7) durch eine proximale Bohröffnung (7a) mittels der Beleuchtungsquelle;

C) Anordnen einer Optik in einem Bereich (9) einer Außenfläche (3) des Werkstücks und einer distalen Bohröffnung (7b);

D) Auffangen mehrerer Darstellungen des zu messenden Bereiches in Form des von der Oberfläche reflektierten und aus der distalen Bohröffnung austretenden Lichts (RL);

E) Aufnehmen von Bildern der aufgefangenen Darstellungen der Oberfläche in einem Bildsensor, wobei zwischen dem Aufnehmen der Bilder der Fokuspunkt der Optik in Relation zu dem zu messenden Bereich der Oberfläche kontinuierlich verlagert wird; und

F) Auswerten der vom Bildsensor aufgenommenen Bilder durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Oberfläche.

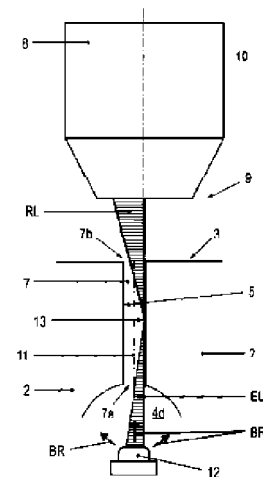


FIG. 3

Zusammenfassung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks (1) mit einem Hohlraum (4) und zumindest einer Bohrung (7), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- A) Einbringen einer Beleuchtungsquelle (12) in den Hohlraum (4);
- B) Beleuchten zumindest eines zu messenden Bereiches (13) der Oberfläche (5) der Bohrung (7) durch eine proximale Bohröffnung (7a) mittels der Beleuchtungsquelle;
- C) Anordnen einer Optik in einem Bereich (9) einer Außenfläche (3) des Werkstücks und einer distalen Bohröffnung (7b);
- D) Auffangen mehrerer Darstellungen des zu messenden Bereiches in Form des von der Oberfläche reflektierten und aus der distalen Bohröffnung austretenden Lichts (RL);
- E) Aufnehmen von Bildern der aufgefangenen Darstellungen der Oberfläche in einem Bildsensor, wobei zwischen dem Aufnehmen der Bilder der Fokuspunkt der Optik in Relation zu dem zu messenden Bereich der Oberfläche kontinuierlich verlagert wird; und
- F) Auswerten der vom Bildsensor aufgenommenen Bilder durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Oberfläche.

(Figur 3)

23228-AT

Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks, insbesondere einer Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors, mit einem Hohlraum und zumindest einer Bohrung zwischen einer proximalen Bohröffnung in der Oberfläche des Hohlraums und einer distalen Bohröffnung in einer Außenfläche des Werkstücks.

Die Geometrie von Werkstücken, insbesondere im Bereich der Hochtechnologie, ist oft komplex und mit bekannten Messgeräten und Messverfahren nicht zerstörungsfrei oder nur sehr beschränkt messbar. Jedoch spielt diese Geometrie oft eine wesentliche Rolle für die Funktion des Werkstücks. So ist beispielsweise die Geometrie von Einspritzdüsen, insbesondere die der Bohrungen der Spritzlöcher, von zentraler Bedeutung bei Dieseleinspritzanlagen, da die Einspritzdüse die wichtigste Schnittstelle zwischen Einspritzsystem und Brennraum bildet. Die Mikrogeometrie der Spritzlöcher kann eine große Varianz, beispielsweise in Bezug auf Winkel, Position, Durchmesser, Form, Kantenverrundung, Kanallänge und K-Faktor (Konizität) aufweisen. Sehr enge Toleranzen diesbezüglich erschweren die Messaufgabe noch zusätzlich.

Optische Messtechnik, insbesondere mit Fokus-Variation, stellt eine schnelle und zerstörungsfreie Lösung für die Messung von derartigen Mikrogeometrien dar. Bei der Fokus-Variation wird ein Bilderstapel eines zu messenden Bereichs so ausgewertet, dass für jeden Bildpunkt jenes Bild aus dem aufgenommenen Bilderstapel ermittelt wird, auf dem dieser Bildpunkt oder der zugehörige Bereich die maximale Schärfe aufweist. Der Bilderstapel wird üblicherweise durch eine Relativbewegung zwischen dem zu messenden Bereich und der Optik des Messsystems erzeugt, von einem Bildsensor aufgenommen und in einer Auswerteeinheit zu einem 3D Modell kombiniert. Diese Technologie wird in der ISO Norm 25178-6 zur topographischen Messung von Oberflächen sowie in der EP 2 132 524 B1 beschrieben.

Für das optische Erfassen von Geometrien, insbesondere von komplexen Mikrogeometrien und unter Verwendung von Fokus-Variation, sind der lokale Bildkontrast und folglich eine optimale Beleuchtung des zu messenden Bereiches von besonderer Bedeutung. Bei Verwendung bekannter Beleuchtungsarten, beispielsweise Koaxial- oder Ringlicht-

Beleuchtung, ist die Menge des reflektierten Lichtes bei derartigen Geometrien üblicherweise zu gering.

Darüber hinaus führt die optische Erfassung derartiger Geometrien zu zusätzlichen Schwierigkeiten, welche die reflektierte Lichtmenge und in Folge das Signal reduzieren. Diese treten vor allem dann auf, wenn die zu messende Oberfläche mit der Beleuchtungsrichtung im Wesentlichen parallel ist, was grundsätzlich bei der Erfassung von Spritzlöchern von Einspritzdüsen der Fall ist. Erstens fällt weniger Licht in die numerische Apertur des Objektivs, und zweitens reflektiert beziehungsweise streut die Oberfläche der Bohrung einen Großteil des Lichtes von der Beleuchtungsrichtung und damit vom Objektiv weg.

Aufgrund obiger Nachteile war es bisher nicht zufriedenstellend möglich, eine große Anzahl komplexer (Mikro-)Geometrien mit optischen Messsystemen oder -verfahren zu erfassen. Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, diese Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und es erstmals zu ermöglichen, solche Geometrien zufriedenstellend zu erfassen.

Diese Aufgabe wird durch Bereitstellen eines Verfahrens zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

- A) Einbringen einer Beleuchtungsquelle eines Messsystems in den Hohlraum;
- B) Beleuchten eines zu messenden Bereiches der Oberfläche der Bohrung durch die proximale Bohröffnung mittels der Beleuchtungsquelle;
- C) Anordnen einer Optik des Messsystems in einem Bereich der Außenfläche des Werkstücks und der distalen Bohröffnung;
- D) Auffangen mehrerer Darstellungen des zu messenden Bereiches in Form des von der Oberfläche reflektierten und aus der distalen Bohröffnung austretenden Lichts mit der Optik;
- E) Aufnehmen von Bildern der von der Optik aufgefangenen Darstellungen der Oberfläche in einem Bildsensor des Messsystems, wobei zwischen dem Aufnehmen der Bilder der Fokuspunkt der Optik in Relation zu dem zu messenden Bereich der Oberfläche kontinuierlich verlagert wird; und
- F) Auswerten des vom Bildsensor aufgenommenen Bilder durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Oberfläche.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die zerstörungsfreie Messung von komplexen (Mikro-)Geometrien, beispielsweise von Spritzlöchern von Einspritzdüsen, mit hoher Genauigkeit und Geschwindigkeit ermöglicht. Durch das Einbringen der Beleuchtungsquelle in den Hohlraum des Werkstücks kann eine Oberfläche unter anderem in Richtung der Optik des Messsystems beleuchtet und aufgenommen werden, wobei eine ausreichende Menge an, von der Oberfläche reflektiertem Licht erfasst werden kann. Durch Einsatz des Messprinzips der Fokus-Variation wird darüber hinaus die Oberfläche vorteilhaft dreidimensional erfasst.

Zweckmäßig wird die gesamte Oberfläche der Bohrung, insbesondere die gesamte Oberfläche des Hohlraums, beleuchtet.

Zweckmäßig wird die Beleuchtungsquelle durch eine distale Hohlraumöffnung, die sich in der Außenfläche des Werkstücks befindet, und/ oder in einen proximalen Bereich des Hohlraums eingebracht.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird/werden die Position eines Objektivs der Optik und/ oder die Ausrichtung einer optischen Achse der Optik während der Aufnahme eines Bildes und/ oder zwischen dem Aufnehmen von Bildern variiert. Da unterschiedliche Oberflächenneigungen das Licht unterschiedlich reflektieren, kann durch Variation der Position des Objektivs und/ oder der Ausrichtung der optischen Achse auf die Topografie der Probe rückgeschlossen werden. Der Vorteil dabei ist, dass bereits einige wenige Bilder zu Charakterisierung der Oberfläche ausreichen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Optik zumindest während der Aufnahme eines Bildes derart angeordnet, dass die optische Achse im Wesentlichen parallel zur Oberfläche und/ oder zu einer Längsachse der Bohrung ist. Hierdurch kann die Lichtausbeute des von der Oberfläche reflektierten und aus der distalen Bohröffnung austretenden Lichts erhöht werden.

Die Erfindung sieht weiters vor, zumindest während der Aufnahme eines Bildes und/ oder zwischen dem Aufnehmen von Bildern die Beleuchtungs-Intensität und/ oder die Beleuchtungs-Position der Beleuchtungsquelle zu variieren. Bei Oberflächen mit stark unterschiedlichen Reflexionseigenschaften können auf diese Weise Bilder mit unterschiedlichen Empfindlichkeitseinstellungen des Bildsensors oder unterschiedlicher Beleuchtungsintensität verwendet werden. Dadurch kann eine höhere radiometrische Dynamik der Oberflächen abgebildet werden. Da unterschiedliche Oberflächenneigungen

das Licht unterschiedlich reflektieren, kann durch Variation der Beleuchtungsposition auf die Topografie der Probe rückgeschlossen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Beleuchten des zu messenden Bereiches der Oberfläche intermittierend während des Verlagerungsvorgangs des Fokuspunkts, wobei vorzugsweise der zu messende Bereich der Oberfläche im Wesentlichen nur dann beleuchtet wird, wenn der Bildsensor ein Bild aufnimmt. Der Vorteil hierbei ist, dass die Beleuchtungsquelle und das Werkstück innerhalb des Hohlraums einer geringeren Hitzeentwicklung ausgesetzt sind.

Zweckmäßig weist der Hohlraum zumindest einen prismatischen, insbesondere einen zylindrischen, zumindest einen konischen und/ oder zumindest einen sphärischen Abschnitt auf.

Besonders zweckmäßig weist der Hohlraum einen prismatischen und einen konischen Abschnitt auf, wobei der konische Abschnitt im proximalen Bereich des Hohlraums angeordnet ist und zumindest eine Bohrung aufweist.

Alternativ weist der Hohlraum besonders zweckmäßig einen prismatischen, einen konischen und einen sphärischen Abschnitt auf, wobei der sphärische Abschnitt im proximalen Bereich des Hohlraums angeordnet ist und zumindest eine Bohrung aufweist, und wobei der konische Abschnitt zwischen prismatischem Abschnitt und sphärischem Abschnitt angeordnet ist.

Zweckmäßig weist die Beleuchtungsquelle zumindest ein Element aus der folgenden Gruppe auf: Halogenlampe, LED, OLED, QLED, Laserdiode, Lichtwellenleiter, Laser.

Vorzugsweise ist, um die Beleuchtung zu verbessern, die Geometrie der Beleuchtungsquelle kompatibel mit dem Hohlraum ausgebildet.

Vorzugsweise weist die Beleuchtungsquelle eine Schnittstelle zum Hohlraum, insbesondere zur Hohlraumöffnung, auf. Beispielsweise mittels eines Flansches kann die Beleuchtung hierdurch in eine vorgegebene und fixe Einbringtiefe und/ oder Einbringposition eingebracht werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird zusätzlich die Außenfläche des Werkstücks mit taktilen oder optischen 3D Messmethoden ermittelt. Hierbei wird

zweckmäßig die Außenfläche, insbesondere mittels Koaxial- oder Ringlichtbeleuchtung, beleuchtet. Die zusätzlich aufgenommenen Bilder der Außenfläche werden durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Außenfläche ausgewertet. Hierdurch kann das gesamte Werkstück charakterisiert werden, wobei beispielsweise der Bereich der Außenfläche, in dem sich die distale Bohröffnung befindet, von besonderem Interesse ist. Hierdurch kann unter anderem der Winkel der Bohrung(en), beispielsweise in Bezug auf die Außenfläche, bestimmt werden.

Die Erfindung wird nun anhand nicht einschränkender Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. In den schematischen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht durch ein Werkstück, das als Teil einer Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors ausgebildet ist;

Fig. 2A und Fig. 2B Nachteile, die bei aus dem Stand der Technik bekannten Messsystemen und Messverfahren auftreten; und

Fig. 3 eine Schnittansicht durch ein Werkstück, insbesondere durch ein Bohrloch einer Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors, während der erfindungsgemäßen Durchführung eines Verfahrens zur optischen Erfassung der Geometrie des Werkstücks.

Bezugnehmend auf Figur 1 ist ein Schnitt entlang einer Schnittebene durch einen Abschnitt eines Werkstücks 1 dargestellt, wobei die Schnittebene parallel zur Zeichenebene ist. Das Werkstück 1 ist in dem dargestellten Beispiel eine Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors. Das Werkstück 1 kann jede beliebige Geometrie oder Mikrogeometrie aufweisen, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfassbar ist, wobei ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung derartige Geometrien oder Mikrogeometrien kennt.

Das Werkstück 1 umfasst einen Körper 2, der durch eine Außenfläche 3 begrenzt ist. Das Werkstück 1, beziehungsweise der Körper 2, weist einen Hohlraum 4 mit einer Oberfläche 5 auf, wobei der Hohlraum 4 über eine Hohlraumöffnung 6, die sich in der Außenfläche 3 des Werkstücks 1 befindet, zugänglich ist.

Der Hohlraum 4 weist in dem dargestellten Beispiel gemäß Figur 1 einen zylindrischen Abschnitt 4a, einen konischen Abschnitt 4b und einen sphärischen Abschnitt 4c auf. Der konische Abschnitt 4b ist zwischen dem prismatischen Abschnitt 4a und dem sphärischen Abschnitt 4c angeordnet. Der sphärische Abschnitt 4c ist in einem proximalen Bereich 4d des Hohlraums 4 angeordnet.

Das Werkstück 1 weist in dem proximalen Bereich 4d zwei zylindrische Bohrungen 7 mit einer Oberfläche 5 auf, die sich jeweils von einer proximalen Bohröffnung 7a durch den Körper 2 hindurch zu einer distalen Bohröffnung 7b erstrecken. Da das Werkstück 1 in dem dargestellten Beispiel gemäß Figur 1 einteilig ist, entspricht die Oberfläche 5 der Bohrungen 7 in Bezug auf das Material der Oberfläche 5 des Hohlraums 4. Oberflächenparameter wie beispielsweise Rauigkeit und in Folge Reflexionseigenschaft können sich unterscheiden.

Der Hohlraum 4 kann jede Geometrie, Mikrogeometrie und/ oder jede Kombination aus prismatischen, konischen und/ oder sphärischen Abschnitten aufweisen, wobei ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung derartige Geometrien, Mikrogeometrien und/ oder Kombinationen von Abschnitten kennt. So kann der Hohlraum 4 beispielsweise alternativ einen prismatischen Abschnitt 4a und einen konischen Abschnitt 4b aufweisen, wobei der konische Abschnitt 4b im proximalen Bereich 4d des Hohlraums 4 angeordnet ist und die Bohrungen 7 aufweist.

Das Werkstück 1 und/ oder der Hohlraum 4 kann/ können jede Anzahl von Bohrungen 7 aufweisen, beispielsweise eine, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn oder mehr als zehn Bohrungen 7, wobei die Bohrungen 7 jede beliebige Form und Geometrie aufweisen können, wobei ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung derartige Formen und Geometrien kennt.

Figur 2A und Figur 2B zeigen Nachteile, die auftreten können, wenn die Geometrie einer Bohrung 7 mit aus dem Stand der Technik bekannten Messverfahren erfasst wird. Der Durchmesser und/ oder die lichte Fläche der distalen Bohröffnung 7b ist/ sind üblicherweise kleiner als der Durchmesser und die numerische Apertur NA eines Objektivs 8 einer Optik eines Messsystems. In Figur 2A ist das Objektiv 8 in einem Bereich 9 der Außenfläche 3 des Werkstücks 1 und der distalen Bohröffnung 7b angeordnet und eine optische Achse 10 des Objektivs 8 beziehungsweise der Optik ist im Wesentlichen parallel zur Oberfläche 5 und/ oder zu einer Längsachse 11 der Bohrung 7. Beim Auffangen einer Darstellung der Oberfläche 5 des Bohrlochs 7 kommt es so zwangsläufig zu einer Abschattung der Beleuchtung, die entlang einer Beleuchtungsrichtung BR im Wesentlichen von oben durch die distale Bohröffnung 7b erfolgt, wodurch die effektive numerische Apertur ENA wesentlich kleiner ist als die eigentliche numerische Apertur NA des Objektivs 8. Figur 2B zeigt die Situation in einem vergrößerten Ausschnitt und mit weiteren Details. Das entlang der Beleuchtungsrichtung BR einfallende Licht EL wird von der Oberfläche 5 der Bohrung 7 zu einem Großteil von der Beleuchtungsrichtung BR weggestreut (Gestreutes Licht GL) und

nur ein geringer verwertbarer Teil (Reflektiertes Licht RL) wird in Richtung des Objektivs 8 zurückreflektiert und kann vom Objektiv 8 und der Optik erfasst werden.

Bezugnehmend auf Figur 1 und Figur 3 wird folgend eine erfindungsgemäße Durchführung eines Verfahrens zur optischen Erfassung der Geometrie des Werkstücks 1 erläutert:

In einem Verfahrensschritt A) wird eine Beleuchtungsquelle 12 eines Messsystems (nicht dargestellt) in den proximalen Bereich 4d des Hohlraums 4 eingebracht, beispielsweise durch die distale Hohlraumöffnung 6. Die Beleuchtungsquelle 12 kann alternativ in jeden Bereich oder in mehrere Bereiche des Hohlraums 4 und/ oder durch einer der Bohrungen 7 eingebracht werden

In einem Verfahrensschritt B) wird zumindest ein zu messender Bereich 13 der Oberfläche 5 der Bohrung 7 durch die proximale Bohröffnung 7a mittels der Beleuchtungsquelle 12 beleuchtet. Die Oberfläche 5 der Bohrung 7, insbesondere der zu messende Bereich 13, reflektiert das, entlang einer oder mehrerer Beleuchtungsrichtung/en BR auf die Oberfläche 5 einfallende Licht EL als reflektiertes Licht RL durch die Bohrung 7 in Richtung der distalen Bohröffnung 7b. Der zu messende Bereich 13 kann auch ein definierter Punkt der Oberfläche 5 der Bohrung 7 sein. Zweckmäßig wird mittels der Beleuchtungsquelle 12 die gesamte Oberfläche 5 der Bohrung 7, insbesondere die gesamte Oberfläche 5 des Hohlraums 4, ausgeleuchtet beziehungsweise beleuchtet. Der zu messende Bereich 13 ist dann jeweils ein Punkt, Bereich oder Abschnitt dieser beleuchteten Oberfläche 5. Die Beleuchtungsquelle 12 kann dabei als ungerichtete Punktlichtquelle, insbesondere als LED, oder als mehrere gerichtete Lichtquellen, beispielsweise LASER-Lichtquellen, entlang mehrerer Beleuchtungsrichtungen BR, ausgebildet sein.

In einem Verfahrensschritt C) wird ein Objektiv 8 im Bereich 9 der Außenfläche 3 des Werkstücks 1 und der distalen Bohröffnung 7b angeordnet. Das Objektiv 8 ist Teil einer Optik des Messsystems, die entlang einer optischen Achse 10 angeordnet ist. Die Anordnung kann derart erfolgen, dass die optische Achse 10 im Wesentlichen parallel zur Oberfläche 5 und/ oder zur Längsachse 11 der Bohrung 7 ist. Die Oberfläche 5 der Bohrung 7, insbesondere der zu messende Bereich 13, reflektiert das einfallende Licht EL als reflektiertes Licht RL in Richtung des Objektivs 8. Hierdurch wird die Lichtausbeute im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Messverfahren deutlich verbessert und die Erfassung einer Bohrung 7 einer Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors erst möglich.

Die Durchführung der Verfahrensschritte B) und C) kann in beliebiger zeitlicher Abfolge oder im Wesentlichen gleichzeitig erfolgen.

In einem Verfahrensschritt D) werden mehrere Darstellungen des zu messenden Bereiches 13 in Form des von der Oberfläche 5 reflektierten und aus der distalen Bohröffnung 7b austretenden Lichts RL mit der Optik des Messsystems aufgefangen.

In einem Verfahrensschritt E) werden Bilder der von der Optik aufgefangenen Darstellungen der Oberfläche 5 in einem Bildsensor des Messsystems aufgefangen. Die vom Bildsensor aufgenommenen Bilder (Bilddaten) können beispielsweise über einen Datenbus des Messsystems an eine Auswerteeinheit des Messsystems übertragen werden, wo sie in einem Verfahrensschritt F) ausgewertet werden. Zwischen dem Aufnehmen der Bilder wird der Fokuspunkt der Optik in Relation zu dem zu messenden Bereich 13 der Oberfläche 5 kontinuierlich verlagert. Der Bildsensor nimmt dann während des kontinuierlichen Fokuspunkt-Verlagerungsvorgangs Bilder auf. Um dies zu erreichen, kann eine Messsteuerung des Messsystems die momentane Position des Fokuspunkts in Relation zu dem zu messenden Bereich 13 der Oberfläche 5 erfassen und an definierten Positionen ein Triggersignal an den Bildsensor senden, um im Bildsensor das Aufnehmen eines Bildes auszulösen. Durch die Fokusvariation und eine geringe Tiefenschärfe der Optik können unterschiedliche Bereiche der Oberfläche 5 scharf in dem Bildsensor abgebildet werden. Die vom Bildsensor aufgenommenen Bilder werden durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Oberfläche 5 ausgewertet.

Die Verlagerung des Fokuspunkts der Optik kann beispielsweise durch die Verwendung von Flüssiglinsen zur Brennweitensteuerung und/ oder durch die Veränderung des relativen Abstands zwischen der Optik und dem zu messenden Bereich 13 beziehungsweise der Oberfläche 5 erfolgen. Ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung kennt die angegebenen sowie vergleichbare alternative Möglichkeiten.

Die Durchführung der Verfahrensschritte D), E und F) können in mehrfach wiederholter Abfolge und/ oder im Wesentlichen gleichzeitig erfolgen.

Um die Bilder oder das 3D-Modell der Oberfläche 5 zu verbessern, kann/können die Position des Objektivs 8 und/ oder die Ausrichtung der optischen Achse 10 zwischen dem Aufnehmen von Bildern variiert werden. Außerdem kann/können während der Aufnahme eines Bildes und/ oder zwischen dem Aufnehmen von Bildern die Beleuchtungs-Intensität und/ oder die Beleuchtungs-Position der Beleuchtungsquelle 12 variiert werden. Da

unterschiedliche Oberflächenneigungen das Licht unterschiedlich reflektieren, kann durch Variation der Beleuchtungs-Position auf die Topografie der Oberfläche 5 rückgeschlossen werden.

Das Beleuchten des zu messenden Bereiches 13 der Oberfläche 5 kann intermittierend während des Verlagerungsvorgangs des Fokuspunkts erfolgen und/ oder es kann die Beleuchtungs-Intensität der Beleuchtungsquelle 12 variieren, was für Oberflächen 5 mit stark unterschiedlichen Reflexionseigenschaften eine höhere radiometrische Dynamik der Oberflächen 5 ermöglicht.

Die Beleuchtungsquelle 12 kann zumindest ein Element aus der folgenden Gruppe aufweisen: Halogenlampe, LED, OLED, QLED, Laserdiode, Lichtwellenleiter, Laser. Ein Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung kennt die Spezifika und Vorteile der jeweiligen Elemente.

Die Geometrie der Beleuchtungsquelle 12 kann kompatibel mit dem Hohlraum 4 ausgebildet sein, um den zu messenden Bereich 13 und/ oder die Oberfläche 5 optimal zu beleuchten. Außerdem kann die Beleuchtungsquelle 12 eine Schnittstelle zum Hohlraum 4, insbesondere zur Hohlraumöffnung 6, beispielsweise einen Einsteckflansch oder Gewindeflansch, aufweisen, wodurch die Beleuchtungsquelle 12 gezielt und fixiert in den Hohlraum 4, beispielsweise in den proximalen Bereich 4d, eingebracht werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit Fokus-Variationsverfahren oder anderen optischen oder taktilen 3D-Messmethoden erweitert und/ oder kombiniert werden, sodass zusätzlich die Außenfläche 3 des Werkstücks 1 ermittelt werden kann. Hierzu wird im Verfahrensschritt B) zusätzlich die Außenfläche 3, insbesondere mittels Koaxial- oder Ringlichtbeleuchtung, beleuchtet. In den Verfahrensschritten D), E) und F) werden die zusätzlich aufgefangenen Darstellungen und aufgenommenen Bilder der Außenfläche 3 durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Außenfläche 3 ausgewertet.

Die zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrensschritte und vorteilhaften zusätzlichen Maßnahmen können je nach Anwendung kombiniert werden. Es kann also für jedes Werkstück 1 beziehungsweise jede Geometrie eine optimale Lösung gefunden werden.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur optischen Erfassung der Geometrie eines Werkstücks (1), insbesondere einer Einspritzdüse eines Verbrennungsmotors, mit einem Hohlraum (4) und zumindest einer Bohrung (7) zwischen einer proximalen Bohröffnung (7a) in der Oberfläche (5) des Hohlraums (4) und einer distalen Bohröffnung (7b) in einer Außenfläche (3) des Werkstücks (1), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- A) Einbringen einer Beleuchtungsquelle (12) eines Messsystems in den Hohlraum (4);
- B) Beleuchten zumindest eines zu messenden Bereiches (13) der Oberfläche (5) der Bohrung (7) durch die proximale Bohröffnung (7a) mittels der Beleuchtungsquelle (12);
- C) Anordnen einer Optik des Messsystems in einem Bereich (9) der Außenfläche (3) des Werkstücks (1) und der distalen Bohröffnung (7b);
- D) Auffangen mehrerer Darstellungen des zu messenden Bereiches (13) in Form des von der Oberfläche (5) reflektierten und aus der distalen Bohröffnung (7b) austretenden Lichts (RL) mit der Optik;
- E) Aufnehmen von Bildern der von der Optik aufgefangenen Darstellungen der Oberfläche (5) in einem Bildsensor des Messsystems, wobei zwischen dem Aufnehmen der Bilder der Fokuspunkt der Optik in Relation zu dem zu messenden Bereich (13) der Oberfläche (5) kontinuierlich verlagert wird; und
- F) Auswerten der vom Bildsensor aufgenommenen Bilder durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Oberfläche (5).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die gesamte Oberfläche (5) der Bohrung, insbesondere die gesamte Oberfläche (5) des Hohlraums (4), beleuchtet wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Beleuchtungsquelle (12) durch eine distale Hohlraumöffnung (6), die sich in der Außenfläche (3) des Werkstücks (1) befindet, eingebracht wird.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Beleuchtungsquelle (12) in einen proximalen Bereich (4d) des Hohlraums (4) eingebracht wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Position eines Objektivs (8) der Optik und/ oder die Ausrichtung einer optischen Achse (10) der Optik während der Aufnahme eines Bildes und/ oder zwischen dem Aufnehmen von Bildern variiert wird/werden.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Optik zumindest während der Aufnahme eines Bildes derart angeordnet wird, dass die optische Achse (10) im Wesentlichen parallel zur Oberfläche (5) und/ oder zu einer Längsachse (11) der Bohrung (7) ist.
7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei zumindest während der Aufnahme eines Bildes und/ oder zwischen dem Aufnehmen von Bildern die Beleuchtungs-Intensität und/ oder die Beleuchtungs-Position der Beleuchtungsquelle (12) variiert wird/werden.
8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei das Beleuchtete des zu messenden Bereiches (13) der Oberfläche (5) intermittierend während des Verlagerungsvorgangs des Fokuspunkts erfolgt.
9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Hohlraum (4) zumindest einen prismatischen, insbesondere einen zylindrischen, zumindest einen konischen und/ oder zumindest einen sphärischen Abschnitt (4a, 4b, 4c) aufweist.
10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei der Hohlraum (4) einen prismatischen und einen konischen Abschnitt (4a, 4b) aufweist, wobei der konische Abschnitt (4b) im proximalen Bereich (4d) des Hohlraums (4) angeordnet ist und die zumindest eine Bohrung (7) aufweist.
11. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei der Hohlraum (4) einen prismatischen, einen konischen und einen sphärischen Abschnitt (4a, 4b, 4c) aufweist, wobei der sphärische Abschnitt (4c) im proximalen Bereich (4d) des Hohlraums (4) angeordnet ist und die zumindest eine Bohrung (7) aufweist, und wobei der konische Abschnitt (4b) zwischen prismatischem Abschnitt (4a) und sphärischem Abschnitt (4c) angeordnet ist.
12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Beleuchtungsquelle (12) zumindest ein Element aus der folgenden Gruppe aufweist: Halogenlampe, LED, OLED, QLED, Laserdiode, Lichtwellenleiter, Laser.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Geometrie der Beleuchtungsquelle (12) kompatibel mit dem Hohlraum (4) ausgebildet ist.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Beleuchtungsquelle (12) eine Schnittstelle zum Hohlraum (4), insbesondere zur Hohlraumöffnung (6), aufweist.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei zusätzlich die Außenfläche (3) des Werkstücks (1) mit taktilen oder optischen 3D Messmethoden ermittelt wird.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei zusätzlich die Außenfläche (3), insbesondere mittels Koaxial- oder Ringlichtbeleuchtung, beleuchtet wird und wobei die zusätzlich aufgenommenen Bilder der Außenfläche (3) durch Kombinieren der Bilder zu einem 3D-Modell der Außenfläche (3) ausgewertet werden.

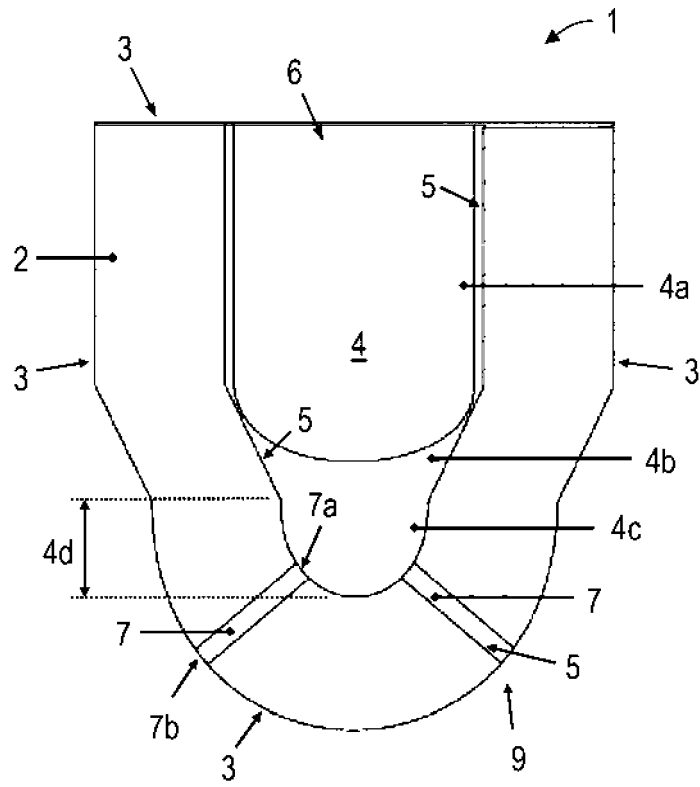


FIG. 1

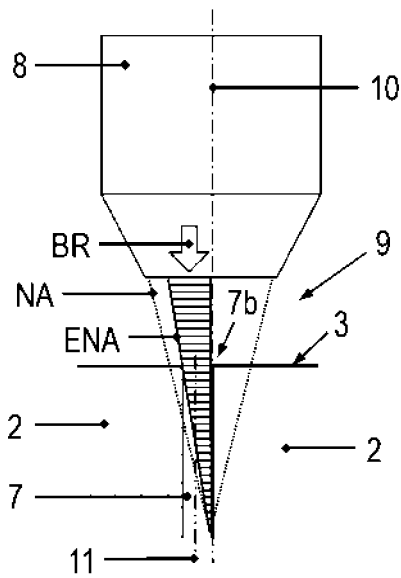


FIG. 2A

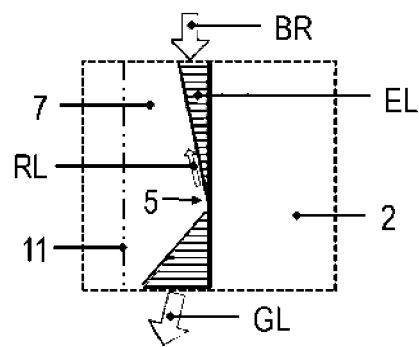


FIG. 2B

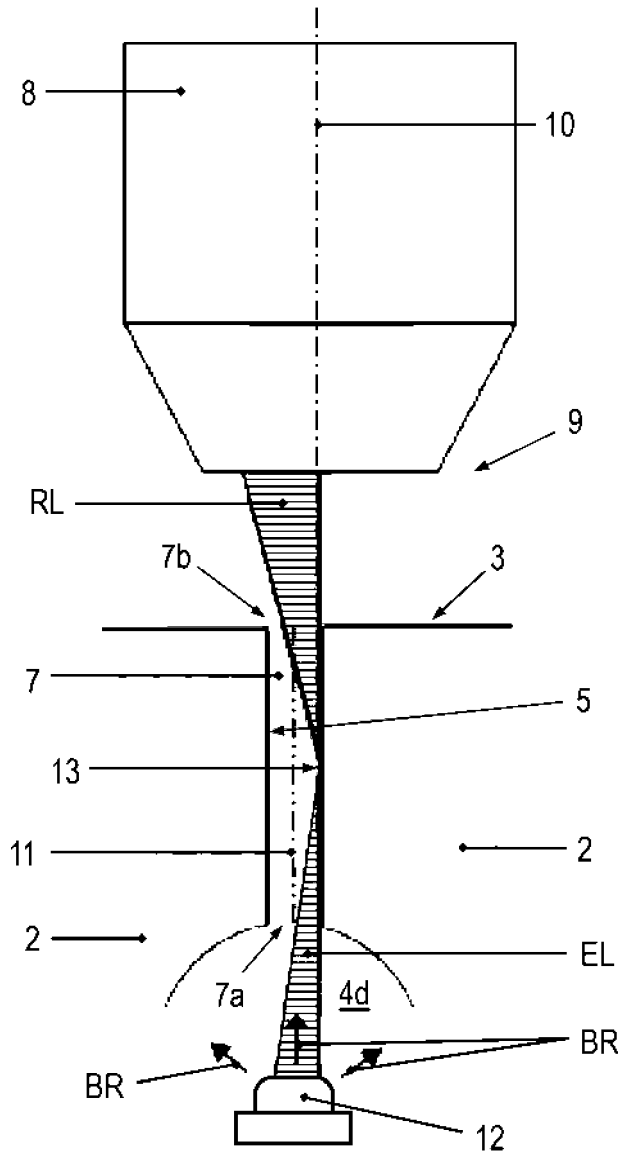


FIG. 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 21/954 (2006.01); **G01B 11/24** (2006.01); **G01B 11/12** (2006.01); **G01B 21/14** (2006.01); **G06T 7/55** (2017.01); **G06T 7/571** (2017.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 21/954 (2013.01); **G01B 11/24** (2013.01); **G01B 11/12** (2013.01); **G01B 21/14** (2013.01); **G06T 7/55** (2017.01); **G06T 7/571** (2017.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 G01N, G01B, G06T

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC; WPIAP; TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **04.06.2018** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	DE 112009001650 B4 (VISIONXTREME PTE LTD) 03. August 2017 (03.08.2017) Gesamtes Dokument. Insbesondere Absätze [0029]-[0033], [0038], [0041] und Figuren 2 und 3.	1-16
Y	WO 2008109908 A1 (ALICONA IMAGING GMBH) 18. September 2008 (18.09.2008) Gesamtes Dokument. Insbesondere Seite 1, Absatz 1; Seite 3, Absätze 2, 3 und 5; Seite 5 Absatz 3 und Figur 1.	1-16
A	EP 1686348 A1 (UNIV CATALUNYA POLITECNICA) 02. August 2006 (02.08.2006) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 1 samt die dazugehörige Beschreibung.	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:
 12.03.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):
 LEHNER Johanna

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.