



(10) **DE 10 2013 100 706 A1** 2014.07.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 706.6**
(22) Anmeldetag: **24.01.2013**
(43) Offenlegungstag: **24.07.2014**

(51) Int Cl.: **B23K 26/03 (2006.01)**
B23K 26/361 (2014.01)

(71) Anmelder:
**Hugo Kern und Liebers GmbH & Co. KG, 78713,
Schramberg, DE**

(72) Erfinder:
Siebers, Franz-Josef, Dr., 78655, Dunningen, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Westphal Mussnug & Partner,
78048, Villingen-Schwenningen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 39 42 299 A1
DE 44 43 148 A1
DE 10 2005 046 205 A1

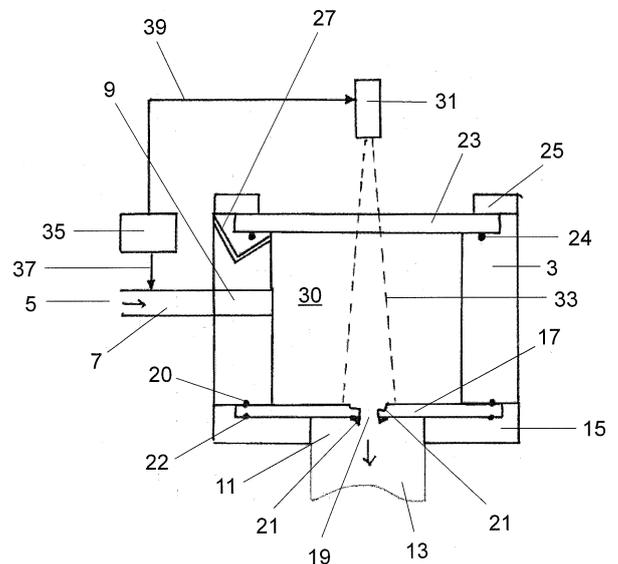
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Durchflussgesteuertes Laserverrunden von Durchbrüchen**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch eines Werkstücks, welches am Rand seines Durchbruchs ein Grat aufweist, mit folgenden Verfahrensschritten:

- a. Leiten eines Testmediums durch den Durchbruch,
- b. Richten eines Strahls einer elektromagnetischen Strahlungsquelle, auf den Grat, wobei der Strahl eine Leistungsdichte aufweist, die hinreichend groß ist, ein partielles Verrunden des Grats durch Erwärmen und Aufschmelzen oder Verdampfen der Oberfläche des Grats zu bewirken,
- c. Verrunden des Grats mit dem Strahl und Messen des Durchflusses des Testmediums durch den Durchbruch,
- d. Abschalten, oder Ablenken des Strahls vom Grat, sobald ein vorbestimmter Soll-Durchflusswert des Testmediums durch den Durchbruch (19) erreicht ist und Vorrichtung dazu.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie eine Bearbeitungsvorrichtung zum durchflussgesteuerten Laserverrunden von Durchbrüchen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 12. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Einstellen des Durchflusses von Werkstücken, wie Spritzlochscheiben, gebohrten Blenden und Bohrungen, die gewissen Anforderungen an den Durchfluss genügen müssen, mittels Verrunden des Grats bzw. der Strömungskanten.

[0002] Es ist allgemein üblich, Durchbrüche an einem Werkstück durch Stanzen, Bohren, Fräsen, Erodieren oder Lasern herzustellen. Dabei können heute bereits Lochdurchmesser zwischen 40 µm und 500 µm bei Toleranzen von weniger als 1 µm durch das Stanzen des Durchbruchs in Werkstücke erreicht werden. Das Stanzen hat gegenüber den anderen genannten Verfahren den Vorteil erheblicher Kostenersparnisse, und es ist besonders für die Massenproduktion von Werkstücken geeignet, da das Stanzen eine rasche Herstellung von solchen Werkstücken ermöglicht.

[0003] Besonders interessant in diesem Zusammenhang ist die Herstellung von Spritzlochscheiben, wie sie beispielsweise für die Medizintechnik, die Hydraulik (Hydraulikdrosseln) oder das Motormanagement von Kraftfahrzeugen (Benzineinspritzung) verwendet werden. Spritzlochscheiben von Kraftfahrzeugen beispielsweise haben typischerweise eine Dicke von weniger als 0,5 mm, und sie weisen wenigstens eine kleine Bohrung beziehungsweise einen kleinen kreisförmigen Durchbruch mit einem Durchmesser von etwa 0,1 bis 0,5 mm auf. Um die Durchflussmenge durch die Spritzlochscheibe innerhalb enger Grenzen einhalten zu können, ist es besonders wichtig, dass diese Durchbrüche präzise gefertigt werden. Fertigungsbedingt weist der Durchbruch nach dem Stanzen jedoch einen Grat auf, der dazu führt, dass sich beim Durchleiten der Flüssigkeit oder des Gases durch den Mikrodurchbruch hindurch im Bereich von hervorstehenden Graten oder Gratabschnitten oder auch bei scharfen Kanten oder Rändern oder Kantenabschnitten im Durchbruchsbereich Wirbel bilden, die den Durchfluss behindern. Dies hat zur Folge, dass der tatsächliche Durchfluss durch die Bohrung hindurch geringer ist, als der erwartete. Besonders störend macht sich dieser Effekt bemerkbar, wenn die Flüssigkeit oder das Gas unter höherem Druck durch die Bohrung hindurch gepresst werden soll.

[0004] Die DE 44 43 148 A1 offenbart ein Verfahren welches zuverlässig die Verrundung eines Stanzgrats am Rand eines Mikrodurchbruchs eines dünnwandigen Stanzteils, insbesondere einer Spritzloch-

scheibe ermöglicht, bei dem das Stanzteil, und vor allem der Durchbruch als solcher nicht deformiert oder in sonstiger Weise verändert wird. Der Stanzgrat wird hierzu durch einen gepulsten Laserstrahl geringer Leistung, welcher zeilenweise und damit sukzessive zumindest den gesamten stanzgratbehafteten Bereich des Durchbruchs überstreicht, lokal erwärmt und durch Erweichen und Aufschmelzen der überstrichenen Oberfläche partiell verrundet, wobei dieser Bearbeitungsschritt sooft wiederholt wird, bis die gewünschte Verrundung vollständig erreicht ist. Nach dem Verrunden des Stanzgrats kann es jedoch sein, dass der Durchfluss durch den Durchbruch immer noch zu klein ist, oder dass der Durchfluss, d. h. die Durchflussmenge pro Zeiteinheit bereits zu groß ist. In beiden Fällen ist das Werkstück dann für den geplanten Einsatzzweck nicht brauchbar und muss ausgesondert werden.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein dünnwandiges, wenigstens einen Durchbruch aufweisendes Werkstück, wie beispielsweise ein Stanzteil, insbesondere eine Spritzlochscheibe bereitzustellen, dessen Grat oder Durchbruchkante so verrundet ist, dass der Durchfluss bei vorgegebenem Druck innerhalb gewünschter Toleranzen liegt.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und durch eine Vorrichtung nach Anspruch 12. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

[0007] Die vorliegende Erfindung sieht insbesondere ein Verfahren zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch eines Werkstücks, wie beispielsweise eines dünnwandigen Stanzteils vor, wobei das Werkstück am Rand seines Durchbruchs ein Grat aufweist. Das Verfahren sieht zunächst das Leiten eines Testmediums durch den Durchbruch vor, wobei das Testmedium beispielsweise Wasser, ein nicht entflammbares Öl oder eine andere Flüssigkeit sein kann, oder ein Gas wie beispielsweise Stickstoff oder ein Inertgas. Das Testmedium muss hinreichend durchlässig für die verwendete elektromagnetische Strahlung sein, da ansonsten eine Bearbeitung des Werkstücks mit der elektromagnetischen Strahlungsquelle durch das Testmedium hindurch nicht möglich ist. Unter einem Inertgas soll in diesem Zusammenhang ein bei Einsatzbedingungen wie beispielsweise bei einem bestimmten Druck und bei einer bestimmten Temperatur reaktionsträges Gas verstanden werden. Bei Raumtemperatur und einem Druck von 1 bar ist beispielsweise Luft, oder ein Stickstoff-Luftgemisch oder Stickstoff ein Inertgas. Inertgase sind auch alle Edelgase.

[0008] Unter dem Begriff Grat soll die zu verrundende Durchbruchkante verstanden werden. Es sollen daher in dieser Schrift darunter sowohl den Rand des Durchbruchs umgebende und diesen und die übrige

Oberfläche des Werkstücks überragende aber auch in den Durchbruch hineinragende Materialerhebungen verstanden werden, als auch stufen- oder bruchzonenartige Materialausformungen an der Durchbruchkante, wie beispielsweise scharfe Kanten in Randbereichen des Durchbruchs.

[0009] Ein Stanzgrat ist ein Grat der beim Stanzen entstanden ist.

[0010] Ein Stanzteil ist ein Werkstück, dessen Durchbohrung durch Stanzen entstanden ist.

[0011] Unter dem Begriff Werkstück sollen in dieser Schrift immer scheibenartige Gegenstände, die mit einem Durchbruch oder einer Durchbohrung versehen sind, wie beispielsweise Spritzlochscheiben, gebohrte Blenden und andere durchbohrte Gegenständen, die gewissen Anforderungen an den Durchfluss genügen müssen, verstanden werden.

[0012] Der Begriff Durchfluss soll in dieser Schrift immer Durchflussmenge pro Zeiteinheit bedeuten.

[0013] Um das Durchflussverhalten möglichst realitätsgetreu abzubilden, hat das durch den Durchbruch geleitete Testmedium vorzugsweise die gleiche Viskosität, wie die Flüssigkeit oder das Gas, das im späteren, verbauten Zustand durch den Durchbruch hindurch geleitet wird.

[0014] Während das Testmedium durch den Durchbruch hindurch geleitet wird, wird ein Strahl einer elektromagnetischen Strahlungsquelle auf den Grat gerichtet, wobei der Strahl eine Leistungsdichte aufweist, die hinreichend groß ist, ein partielles Verrunden des Grats durch Erwärmen und Aufschmelzen oder Auflösen oder Verdampfen der Oberfläche des Grats zu bewirken. Nun wird der Grat mit dem Strahl verrundet und der Durchfluss des Testmediums durch den Durchbruch gemessen. Dabei können sich die beiden Schritte: Verrunden des Grats mit dem Strahl und Messen des Durchflusses des Testmediums durch den Durchbruch gegenseitig abwechseln oder gleichzeitig stattfinden. Sobald ein vorbestimmter Soll-Durchflusswert des Testmediums durch den Durchbruch erreicht ist, wird der Strahl vom Grat abgelenkt, defokussiert oder abgeschaltet.

[0015] Mit diesem Verfahren ist es möglich, den Durchfluss durch den Durchbruch während der Bearbeitung des Werkstücks auf einen vorbestimmten Soll-Durchflusswert einzustellen. Auf diese Weise kann man beispielsweise mit der Bearbeitung eines Grats, wie beispielsweise eines Stanzgrats genau dann aufhören, wenn der Ist-Durchflusswert gleich dem Soll-Durchflusswert wird, oder der Ist-Durchflusswert in einen vorbestimmten Bereich um den Soll-Durchflusswert herum gelangt.

[0016] Die für die Verrundung verwendete Strahlungsquelle ist vorzugsweise ein Laser, insbesondere ein gepulster Laser. Ein Laser kann im Gegensatz zu anderen elektromagnetischen Strahlungsquellen besonders fein gebündelt werden, und es treten keine chromatischen Aberrationen auf, wie dies beispielsweise bei normalen Lichtquellen häufig der Fall ist.

[0017] Vorzugsweise wird als Laser ein Beschriftungslaser verwendet. Beschriftungslaser sind kostengünstig und die Leistungsangabe und Pulsfrequenz kann in weiten Grenzen variiert werden. Sie sind zudem mit einer Steuerung ausgestattet, die ein Abtasten und Verrunden des Grats mit dem Laserstrahl leicht ermöglicht.

[0018] Das Verrunden eines Grats mit dem Strahl erfolgt vorzugsweise dadurch, dass der Strahl über den Grat geführt wird. Der Laser kann zu diesem Zweck beispielsweise auf einen Strahldurchmesser am Ort des Grats fokussiert werden, der etwa die Breite des Grats aufweist. So kann auch mit Lasern geringerer Leistung eine Leistungsdichte erreicht werden, die hinreichend groß ist, den Grat mit dem Strahl zu verrunden.

[0019] Nicht nur bei hervorstehenden Graten, sondern auch bei Kanten ist das Verfahren anwendbar. Eine scharfkantige Bohrung beispielsweise hat auch bei nicht hervorstehenden Graten einen geringeren Durchfluss als eine verrundete. In einer ersten Phase des Prozesses kann daher ein hervorstehender Grat entfernt werden. Danach kann eine weitere Erhöhung des Durchflusses durch eine stärkere Verrundung der Einlasskante stattfinden. Durch das Verrunden von Kanten kann der Durchfluss um mehr als 50% erhöht werden.

[0020] Die Form der Verrundung kann beispielsweise damit beeinflusst werden, dass die Leistungsdichte der Strahlungsquelle, beispielsweise des Lasers, während der Verrundung variiert wird. Auf diese Weise kann der Durchfluss durch das Werkstück exakt eingestellt werden: So kann beispielsweise ein entlang des Randes der Durchbohrung verlaufender Grat zunächst mit einer Strahlungsquelle (z.B. einem Laser) geringerer Leistungsdichte eingeebnet werden, um den Strömungswiderstand für das durch den Durchbruch hindurch fließende Testmedium zu erniedrigen. Stufen oder Brüche am Rand der Durchbohrung können dann mit der gleichen oder einer anderen Strahlungsquelle (z.B. mit dem gleichen Laser) geglättet oder verrundet werden, um den Ist-Durchfluss weiter zu erhöhen. Die Strahlungsquelle kann dabei auf eine geeignete andere Leistungsdichte eingestellt werden. Es können andererseits auch Stufen in den Rand des Durchbruchs mit der Strahlungsquelle hinein geformt werden, um den Strömungswiderstand des Testmediums durch den Durchbruch hin-

durch zu erhöhen und einen zu hohen Durchfluss damit wieder zu erniedrigen.

[0021] Vorteilhafterweise überstreicht der Strahl zeilenweise und damit sukzessive zumindest den gesamten gratbehafteten Bereich des Durchbruchs, erwärmt den Bereich lokal und verrundet ihn durch Erweichen und Aufschmelzen der überstrichenen Oberfläche partiell. Dieser Arbeitsschritt kann sooft wiederholt werden, bis der vorbestimmte Soll-durchflusswert erreicht ist.

[0022] Besonders vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, die Bearbeitungsrichtung bei jedem Bearbeitungsschritt zu ändern, so dass die einzelnen Rasterwinkel versetzt zueinander verlaufen. Dabei wird vorzugsweise ein konstanter Winkelversatz von $180^\circ/n$ gewählt, wobei n der Anzahl der bearbeitenden Schritte entspricht. Andererseits ist es natürlich auch möglich, stattdessen das den Durchbruch aufweisende Werkstück, welches beispielsweise ein Stanzteil ist, bei jedem Bearbeitungsschritt um einen Winkel von $180^\circ/n$ zu drehen, wobei als Drehachse in diesem Fall natürlich eine Achse, die durch den Durchbruch hindurch verläuft, genommen werden muss.

[0023] Beim zeilenweisen Abtasten des Werkstücks, des Grats und des Durchbruchs mit dem Laserstrahl ist natürlich darauf zu achten, dass die vom Laserstrahl in das Werkstück eingetragene Wärmeenergie einerseits groß genug ist, ein Verrunden des Grats zu bewirken, andererseits aber nicht so groß sein darf, dass das Werkstück durch einen Wärmeeintrag, der nicht rasch genug abgeführt werden kann, deformiert wird.

[0024] Eine Möglichkeit den Grat solange zu verrunden, bis der Durchfluss einen bestimmten Soll-durchflusswert erreicht hat, ist es, den Strahl der elektromagnetischen Strahlungsquelle durch den Durchbruch hindurchzuführen, wobei der Strahl am Ort des Durchbruchs einen Durchmesser aufweist, der größer ist, als der kleinste Durchmesser des Durchbruchs, und wobei der Strahl im Bereich des Grats eine Leistungsdichte aufweist, die hinreichend groß ist, das Verrunden des Grats zu bewirken. Auf diese Weise kann der gesamte, den Durchbruch umlaufende Grat gleichmäßig verrundet werden. Andererseits ist bei einer derartigen Bearbeitungsweise natürlich dafür Sorge zu tragen, dass das Werkstück um den Durchbruch herum nicht zu heiß wird und in der Folge deformiert. Die überschüssige Wärme kann hier jedoch beispielsweise durch das den Durchbruch durchströmende Testmedium, welches beispielsweise ein hochsiedendes nicht entflammbares Öl oder auch eine wasserbasierte Flüssigkeit sein kann, abtransportiert werden.

[0025] Das Testmedium kann mit einem vorbestimmten Druck durch den Durchbruch geleitet wer-

den und optional, bevor es durch den Durchbruch geleitet wird, auf eine vorbestimmte Temperatur gebracht werden. Dadurch ist es möglich, den Soll-durchflusswert durch den Durchbruch bei einem bestimmten Druck bzw. bei einer bestimmten Temperatur einzustellen, insbesondere dann, wenn das Testmedium die gleiche oder eine ähnliche Viskosität aufweist, wie die Flüssigkeit oder das Gas, die einsetzgemäß durch den Durchbruch geleitet werden.

[0026] Das Werkstück kann ein dünnwandiges Stanzteil, beispielsweise eine Spritzlochscheibe oder eine Bohrung oder Blende zur Steuerung des Einspritzverlaufs in Kraftfahrzeugen sein. Da der Kraftstoff bei einer bestimmten Temperatur und mit einem bestimmten Druck durch die Spritzlochscheibe hindurch gedrückt wird, weist das Testmedium, das für die Verrundung einer Spritzlochscheibe verwendet wird, vorteilhafterweise die gleiche Viskosität, die gleiche Temperatur und die gleiche oder eine ähnliche Dichte wie der Kraftstoff oder das Kraftstoffgemisch auf, und es wird vorzugsweise mit dem gleichen Druck durch die Spritzlochscheibe hindurch gedrückt. Die Durchflussmessung kann sowohl stromaufwärts als auch stromabwärts des Werkstücks erfolgen. Als Durchflusssensoren können beispielsweise Volumensensoren eingesetzt werden. Da Volumensensoren häufig jedoch zu ungenau sind, werden vorzugsweise Sensoren, die nach dem Coriolisprinzip arbeiten, für die Messung des Durchflusses verwendet. Dem Fachmann sind jedoch viele andere Möglichkeiten der Durchflussmessung bekannt.

[0027] Die Messeinrichtungen für Druck, Temperatur und Durchfluss befinden sich bevorzugt im Zuströmbereich, stromaufwärts des Werkstücks. Die Messung und Einstellung des Drucks beispielsweise kann automatisch, halbautomatisch oder manuell geschehen. Gleiches gilt für die Temperatur.

[0028] Eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch umfasst einen umwandeten Behälter zur Aufnahme eines Testmediums, mit einer ersten, mit einem Zulauf verbundenen Öffnung zum Einleiten des Testmediums, sowie mit einer zweiten Öffnung zum Ausleiten des Testmediums. Die Vorrichtung weist eine vorzugsweise außerhalb des umwandeten Behälters angeordnete elektromagnetische Strahlungsquelle auf, die beispielsweise ein Laser sein kann, sowie ein transparentes, mit dem umwandeten Behälter verbundenes Fenster zum Einkoppeln eines Strahls der elektromagnetischen Strahlungsquelle in das Innere des Behälters. Weiterhin weist die Vorrichtung einen vorzugsweise gegenüber dem transparenten Fenster angeordneten Objektaufnahmebereich mit einem darin aufgenommenen, wenigstens einen Durchbruch aufweisenden Werkstück, wie beispielsweise einem dünnwandigen Stanzteil auf. Der Objektaufnahmebereich ist um die zweite Öffnung

herum und diese überdeckend so angeordnet, dass das Testmedium, wenn das Werkstück im Objektaufnahmebereich aufgenommen ist, im Wesentlichen nur durch den wenigstens einen Durchbruch hindurch die zweite Öffnung passieren kann.

[0029] Das Werkstück sollte am umwandeten Behälter abgedichtet anliegen, damit zwischen Behälter und Werkstück kein Testmedium austritt. Vorzugsweise ist das Werkstück mit einer O-Ring Dichtung am umwandeten Behälter abgedichtet. So kann zumindest bei Werkstücken, die nur einen Durchbruch aufweisen, sicher gestellt werden, dass das die Vorrichtung durchströmende Testmedium auch durch den Durchbruch des Werkstücks austritt. Weist ein Werkstück mehrere Bohrungen oder Durchbrüche auf, so muss direkt um die Bohrung, die gerade bearbeitet werden soll, abgedichtet werden.

[0030] Der Objektaufnahmebereich kann auf einer Wechsellvorrichtung zum Austausch von Werkstücken ausgebildet sein. Auf diese Weise kann ein bereits bearbeitetes Werkstück schnell gegen ein noch zu bearbeitendes Werkstück ausgetauscht werden.

[0031] Die Vorrichtung weist vorzugsweise einen Durchflussmesser auf, der besonders bevorzugt stromaufwärts des Werkstücks am Zulauf zum Einleiten des Testmediums oder am umwandeten Behälter angeordnet ist und entweder am Zulauf oder am umwandeten Behälter den Durchfluss misst. Der Sensor für die Messung des Durchflusses misst den Durchfluss somit vorzugsweise entweder im Zulauf oder im Inneren des umwandeten Behälters. Die Vorrichtung umfasst weiterhin vorzugsweise Mittel zum Abschalten der Strahlungsquelle bei Erreichen eines Soll durchflusswerts oder eines Werts innerhalb eines bestimmten Bereichs um den Soll durchflusswert herum, um den Bearbeitungsvorgang zu beenden, sobald der Soll durchflusswert oder ein Wert innerhalb des Soll durchflussbereichs erreicht ist.

[0032] Der Zulauf oder der umwandete Behälter können einen Druckmesser und/oder einen Temperaturmesser umfassen zur Messung des Drucks und/oder der Temperatur des Testmediums. Die Vorrichtung kann vorzugsweise automatisch regelbare Mittel zum Einstellen des Drucks und/oder der Temperatur aufweisen. Auf diese Weise ist es möglich, auch bei sich ändernden Durchflusswerten während der Bearbeitung des Werkstücks, also beispielsweise während der Verrundung des Grats Druck und Temperatur rasch nachzuregeln.

[0033] Die in der nachfolgenden Beschreibung verwendeten Bezeichnungen wie oben, unten, links und rechts und ähnliches beziehen sich auf Ausführungsbeispiele und sollen in keiner Weise einschränkend sein, auch dann nicht, wenn sie sich auf bevorzugte Ausführungsformen beziehen.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0035] Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch eines Werkstücks am Beispiel eines dünnwandigen Stanzteils,

[0036] Fig. 2a in vergrößerter Darstellung ein Schnittbild einer Durchbruchkante eines Durchbruchs eines dünnwandigen Stanzteils,

[0037] Fig. 2b in vergrößerter Darstellung ein Schnittbild einer anderen Durchbruchkante eines Durchbruchs eines dünnwandigen Stanzteils.

[0038] In Fig. 1 ist eine Bearbeitungsvorrichtung **1** zur Durchführung eines Verfahrens zum Einstellen eines Durchflusses durch den Durchbruch eines dünnwandigen Stanzteils dargestellt. Die Vorrichtung weist einen umwandeten Behälter **3** zur Aufnahme eines Testmediums **5** über eine erste mit einem Zulauf **7** verbundene Öffnung **9** auf, sowie eine zweite Öffnung **11** zum Ausleiten des Testmediums **5**. Die zweite Öffnung **11** kann mit einem Fluidablauf **13** verbunden sein. Sie ist in einem Objektträger **15** angeordnet, der mit dem umwandeten Behälter **3** abnehmbar verbunden ist. Der Objektträger **15** weist einen Objektaufnahmebereich auf, in den ein Stanzteil **17** aufgenommen ist. Das Stanzteil **17** weist einen Durchbruch **19**, sowie einen den Durchbruch **19** umlaufenden Stanzgrat **21** auf. Der Durchbruch **19** ist in der zweiten Öffnung **11** angeordnet. Das Stanzteil **17** ist über eine umlaufende Dichtung **20** mit dem umwandeten Behälter **3** verbunden. Dadurch wird sichergestellt, dass zwischen dem Stanzteil **17** und dem umwandeten Behälter **3** das Testmedium nicht austreten kann. Zwischen Stanzteil **17** und Objektträger **15** kann optional eine weitere Dichtung **22** angeordnet sein, die dafür sorgt, dass das Testmedium, welches bereits in den Fluidablauf **13** gelangt ist, nicht entlang der Grenzfläche zwischen Objektträger **15**, Stanzteil **17** und umwandeten Behälter **3** kriechen und nach außen gelangen kann. Der umwandete Behälter **3** weist weiterhin ein transparentes Fenster **23** auf, das den oberen Teil des Behälters **3** bildet. Das Fenster **23** ist über eine O-Ringdichtung **24** mittels eines am Behälter **3** befestigbaren Haltering **25** fest und fluiddicht verbunden. Der umwandete Behälter **3** weist darüber hinaus einen Entlüftungskanal **27** auf, der oben in der Nähe des transparenten Fensters **23** angeordnet ist. Der Entlüftungskanal **27** sorgt dafür, dass wenn Testmedium **5** in den Behälterinnenraum **30** eingebracht wird, ein im Behälterinnenraum **30** eventuell noch vorhandenes Gas durch den Entlüftungskanal nach außen gedrängt werden kann, so dass der Behälter vollständig bis zur innenseitigen Oberfläche des transparenten Fensters **23** aufgefüllt werden kann. Anschließend wird der Entlüftungska-

nal zur Vermeidung von Leckage verschlossen. Ein von einer elektromagnetischen Strahlungsquelle **31** durch das transparente Fenster **23** hindurch emittierter elektromagnetischer Strahl **33** kann dann auf seinem Weg zum zu bearbeitenden Stanzteils **17** vor Erreichen des Stanzteils **17** nur an der Grenzfläche zwischen Glas und Testmedium reflektiert und gestreut werden. Die elektromagnetische Strahlungsquelle **31** ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Laser, dessen Strahl **33** auf den Grat **21** des mit dem Durchbruch versehenen Werkstücks **17** gerichtet wird. Der Sensor eines Durchflussmessers **35** misst über eine Messverbindung **37** eingangsseitig im Zulauf **7** den Durchfluss.

[0039] Die elektromagnetische Strahlungsquelle **31** ist mit dem Durchflussmesser **35** weiter über eine Abschaltverbindung **39** verbunden, die einen Befehl zum Abschalten der Strahlungsquelle **31** geben kann, sobald ein bestimmter Solldurchflusswert erreicht ist.

[0040] Fig. 2a zeigt die vergrößerte Darstellung der Form eines möglichen Durchbruchs **19** durch ein dünnwandiges Stanzteil **17** in der Nähe einer Stanzteilerfläche. Die Durchbruchkante weist Stufen **21a**, **21b**, **21c**, und **21d** auf, die mit einem Laser geglättet werden können. Zur Glättung der Stufe **21a** ist meist eine geringere Leistungsdichte erforderlich, als zur Glättung der Stufe **21d**. Die Leistungsdichte des Lasers ist daher vorteilhafterweise für jeden Bearbeitungsschritt individuell einstellbar. In Fig. 2a erhitzt der Laser die Fläche rechts der Strahlbegrenzung **33**.

[0041] Fig. 2b zeigt einen über den Rand des Werkstücks **17** hinausragenden Grat **21**, der mit einem Laser, welcher links der Strahlbegrenzung **33** den Grat **21** beleuchtet, erwärmt wird. Durch die Erwärmung wird der Grat **21** verrundet. Dieser Grat kann beispielsweise durch einen Stanz- oder Bohrprozess entstehen. Die Verrundung von hinausragenden Graten erfordert eine andere, meist eine kleinere Laserleistungsdichte, als beispielsweise die Verrundung von Graten, wie Stufen oder Bruchkanten. Die Leistungsdichte des Lasers ist daher vorzugsweise individuell so einstellbar, dass je nach dem Ort der Bestrahlung die zur Bearbeitung erforderliche Leistungsdichte bereitgestellt werden kann.

[0042] Das mit der Vorrichtung 1 durchgeführte Bearbeitungsverfahren funktioniert folgendermaßen:

[0043] Der Objektträger **15** wird vom umwandeten Behälter **3** gelöst und nimmt in seinen Objektaufnahmebereich ein zu bearbeitendes dünnwandiges Werkstück **17** auf, das einen Durchbruch **19** aufweist. Der Objektträger **15** wird dann mit dem Werkstück **17** am umwandeten Behälter **3** über eine Dichtung **20** befestigt. Dann wird ein Testmedium **5** durch den Zulauf **7** und die erste Öffnung **9** mit einer vorgegebenen

Temperatur und einem vorbestimmten Druck in den Behälterinnenraum **30** geleitet. Der Behälterinnenraum **30** wird vollständig mit dem Testmedium **5** aufgefüllt. Ein eventuell noch vorhandenes Gas kann über den Entlüftungskanal **27** nach außen geleitet werden. Wenn der Behälterinnenraum vollständig gefüllt ist, kann der Entlüftungskanal **27** mit einem optional vorhandenen Absperrventil verschlossen werden. Nun wird das Testmedium **5** unter einem vorgegebenen Druck durch den Durchbruch **19** des Werkstücks **17** gepresst und über die zweite Öffnung **11** und den optional vorhandenen Fluidablauf **13** nach außen befördert. Während dieses Vorgangs wird der Durchfluss mit dem Durchflussmesser **35** über die Messverbindung **37** am Zulauf **7** gemessen. Wenn der Durchfluss nicht innerhalb eines vorgegebenen Bereichs um einen vorgegebenen Solldurchflusswert liegt, wird die Strahlungsquelle **31** eingeschaltet und der Strahl **33** wird auf den Grat **21** gelenkt. Der Grat **21** wird nun bei gleichzeitigem oder intermittierendem Messen des Durchflusses mit dem Durchflussmesser **35** solange bearbeitet und verrundet, bis der Solldurchflusswert erreicht ist. Bei hochgenauen Anwendungen kann es notwendig sein, dass die Behandlung mit der Strahlungsquelle zwischendurch unterbrochen wird, damit sich Bauteil und Testmedium abkühlen können, und sich wieder eine definierte Viskosität des Testmediums einstellt. Sobald der Solldurchflusswert erreicht ist, wird über die Abschaltverbindung **39** von Durchflussmesser **35** ein Befehl an die elektromagnetische Strahlungsquelle **31** zum Abschalten gegeben. Der Strahl **33** wird abgeschaltet. Der Zulauf **7** kann nun abgeschlossen werden und der Objektträger **15** kann vom umwandeten Behälter **3** entfernt werden. Das bearbeitete Werkstück **17** wird nun dem Objektträgeraufnahmebereich entnommen und ein neues Werkstück **17** wird in den Objektträgeraufnahmebereich gelegt.

[0044] Bei der Bearbeitung des Grats mit elektromagnetischer Strahlung **33** ist darauf zu achten, dass das Testmedium **5** möglichst transparent für die elektromagnetische Strahlung **33** ist und dass das Werkstück **17** die Strahlung **33** aus der elektromagnetische Strahlungsquelle **31** möglichst gut absorbiert. Auch das transparente Fenster **23** sollte keinen nennenswerten Teil der elektromagnetischen Strahlung absorbieren.

[0045] Als elektromagnetische Strahlungsquelle für die Bearbeitung der Grate kann beispielsweise ein Beschriftungslaser mit einer Laserleistung von ca. 150 Watt einer Pulsfolgefrequenz von etwa 100 Kilohertz, einer Vorschubgeschwindigkeit von etwa 3 m/s und einem Fokusbereich von wenigstens 0,02 mm verwendet werden.

[0046] Die Erfindung wurde anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels erläutert, ohne auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt zu sein. Die Merk-

male des Ausführungsbeispiels sind frei mit anderen Merkmalen kombinierbar oder austauschbar, sofern Kompatibilität vorliegt.

33	Strahl
35	Durchflussmesser
37	Messverbindung
39	Abschaltverbindung

[0047] Insbesondere kann das Verfahren zum Einstellen des Durchflusses durch den Durchbruch eines dünnwandigen Werkstücks, wie beispielsweise eines dünnwandigen Stanzteils, welches am Rand seines Durchbruchs ein Grat aufweist, auch so durchgeführt werden, dass zunächst der Durchfluss gemessen wird, dann die Strahlungsquelle eingeschaltet wird und der Stanzgrat verrundet wird, dann die Strahlungsquelle wieder ausgeschaltet wird, dann wieder der Durchfluss gemessen wird usw., bis der Soll-durchflusswert erreicht ist.

[0048] Das Werkstück **17** kann beispielsweise auch so in die Vorrichtung gelegt werden, dass die hervorstehenden Grate **21** zur elektromagnetischen Strahlungsquelle hin gerichtet sind.

[0049] Außerdem ist es natürlich möglich, anhand des gemessenen Durchflusswerts Parameter nach zu justieren: Beispielsweise kann bis zu einem Schwellwert, der etwas unter dem zu erzielenden Ergebnis liegt, mit einer Strahlungsquelle hoher Leistungsdichte am zu bearbeitenden Ort des Werkstücks gearbeitet werden. Im Anschluss kann die Strahlungsquelle auf geringere Leistungsdichten umgeschaltet werden, um sicher den geforderten Endwert zu erreichen.

[0050] Auch ist es denkbar, das zuströmende Testmedium während des Verrundens abzuschalten und nach jedem Verrundungsschritt wieder einzuschalten um den Durchfluss zu messen. Dem Fachmann eröffnen sich viele Alternativen zur Durchführung des Verfahrens.

Bezugszeichenliste

1	Bearbeitungsvorrichtung
3	umwandeter Behälter
5	Testmedium
7	Zulauf
9	erste Öffnung
11	zweite Öffnung
13	Fluidablauf
15	Objektträger
17	Stanzteil, Werkstück
19	Durchbruch
20	Dichtung
21	Stanzgrat, Grat
22	Dichtung
23	transparentes Fenster
24	O-Ring Dichtung
25	Halteriemen
27	Entlüftungskanal
30	Behälterinnenraum
31	elektromagnetische Strahlungsquelle

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 4443148 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen eines Durchflusses durch einen Durchbruch (19) eines Werkstücks, insbesondere eines dünnwandigen Stanzteils (17), welches am Rand seines Durchbruchs ein Grat (21, 21a, 21b, 21c, 21d) aufweist, mit folgenden Verfahrensschritten:

- a. Leiten eines Testmediums (5) durch den Durchbruch (19),
- b. Richten eines Strahls (33) einer elektromagnetischen Strahlungsquelle (31), auf den Grat (21, 21a, 21b, 21c, 21d), wobei der Strahl eine Leistungsdichte aufweist, die hinreichend groß ist, ein partielles Verformen des Grats durch Erwärmen, Aufschmelzen, oder Verdampfen der Oberfläche des Grats zu bewirken,
- c. Verrunden des Grats mit dem Strahl (33) und Messen des Durchflusses des Testmediums (5) durch den Durchbruch (19),
- d. Abschalten, oder Weglenken des Strahls vom Grat sobald ein vorbestimmter Soll-Durchflusswert des Testmediums durch den Durchbruch (19) erreicht ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Strahlungsquelle (31) ein Laser, insbesondere ein gepulster Laser verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Laser ein Beschriftungslaser oder ein Laser mit steuerbarer Strahlableitbarkeit verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahl (33) über den Grat geführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahl (33) zeilenweise und damit sukzessive zumindest den gesamten gratbehafteten Bereich des Durchbruchs (19) überstreicht, lokal erwärmt und durch Erweichen und Aufschmelzen oder Verdampfen der überstrichenen Oberfläche partiell verrundet, und dass dieser Bearbeitungsschritt so oft wiederholt wird, bis der vorbestimmte Soll-Durchflusswert erreicht ist.

6. Verfahren nach dem vorigen Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Bearbeitungsschritt winkelfersetzt zu dem vorangegangenen Bearbeitungsschritt durchgeführt wird, wobei vorzugsweise ein konstanter Winkelversatz von 180 Grad/n gewählt wird, wobei n der Anzahl der Bearbeitungsschritte entspricht.

7. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strahl (33) durch den Durchbruch (19) des Werkstücks geführt wird, wobei der Strahl am Ort des Durchbruchs einen Durchmesser aufweist, der größer ist, als der kleins-

te Durchmesser des Durchbruchs, und der Strahl im Bereich des Grats eine Leistungsdichte aufweist, die hinreichend groß ist, das Verrunden des Grats zu bewirken.

8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Testmedium (5) mit einem vorbestimmten Druck durch den Durchbruch (19) geleitet wird.

9. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Testmedium (5) auf eine vorbestimmte Temperatur gebracht wird, bevor es durch den Durchbruch (19) geleitet wird.

10. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Testmedium (5) eine Flüssigkeit, wie beispielsweise Wasser oder ein nicht entflammendes Öl, oder ein Gas, wie beispielsweise Stickstoff oder Inertgas ist, wobei das Testmedium für die verwendete elektromagnetische Strahlung durchlässig ist.

11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück (17) eine Spritzlochscheibe ist.

12. Vorrichtung (1) zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorigen Ansprüche, aufweisend:

eine elektromagnetische Strahlungsquelle (31) einen umwandeten Behälter (3) zur Aufnahme eines Testmedium

mit einer ersten mit einem Zulauf (7) verbundenen Öffnung (9) zum Einleiten des Testmedium (5), einer zweiten Öffnung (11) zum Ausleiten des Testmedium,

einem transparenten Fenster (23) zum Einkoppeln eines Strahls (33) der Strahlungsquelle (31) in das Innere (30) des Behälters (3),

einem Objektaufnahmebereich mit einem darin aufgenommenen, wenigstens einen Durchbruch aufweisenden Werkstück (17)

dadurch gekennzeichnet, dass der Objektaufnahmebereich um die zweite Öffnung (11) herum, und diese überdeckend so angeordnet ist, dass das Testmedium (5), wenn das Werkstück im Objektaufnahmebereich aufgenommen ist, im Wesentlichen nur durch den wenigstens einen Durchbruch (19) hindurch die zweite Öffnung (11) passieren kann.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück (17) am umwandeten Behälter (3), vorzugsweise mit einer O-Ring Dichtung (20), abgedichtet anliegt, so dass zwischen Behälter (3) und Werkstück (17) kein Testmedium (5) austreten kann.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Objektaufnahmebereich auf einer Wechsellvorrichtung (15) zum Austausch von Werkstücken (17) ausgebildet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zulauf (7) oder der umwandete Behälter (3) wenigstens einen Sensor zur Messung des Durchflusses aufweist, und dass die Vorrichtung vorzugsweise Mittel zum Abschalten der Strahlungsquelle bei Erreichen eines Soll-Durchflusswerts umfasst.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zulauf (7) oder der umwandete Behälter (3) einen Druckmesser und/oder einen Temperaturmesser umfassen, und dass die Vorrichtung Mittel, vorzugsweise automatisch regelbare Mittel, zum Einstellen des Drucks und/oder der Temperatur aufweist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

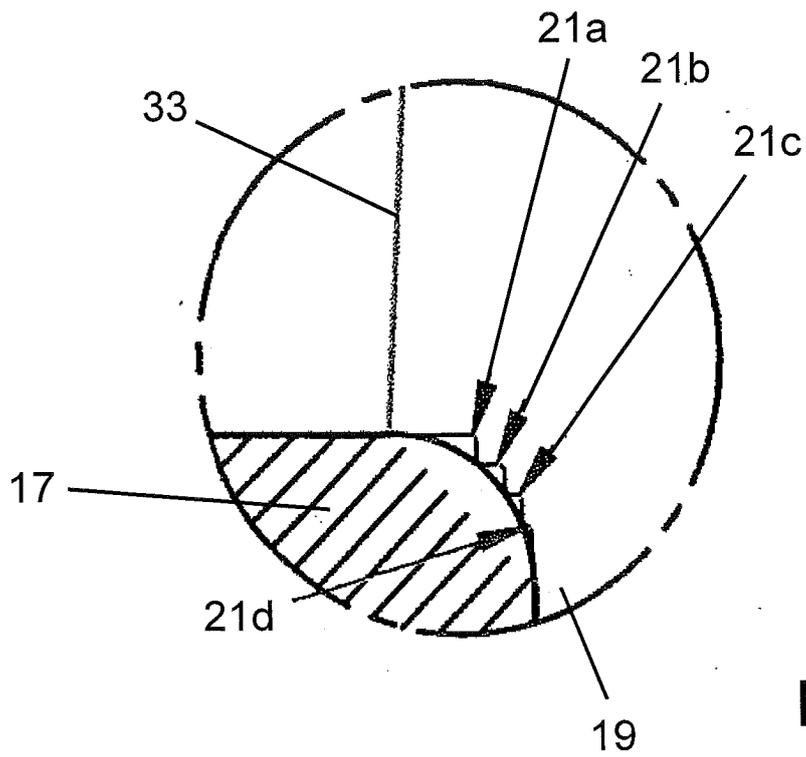


Fig. 2a

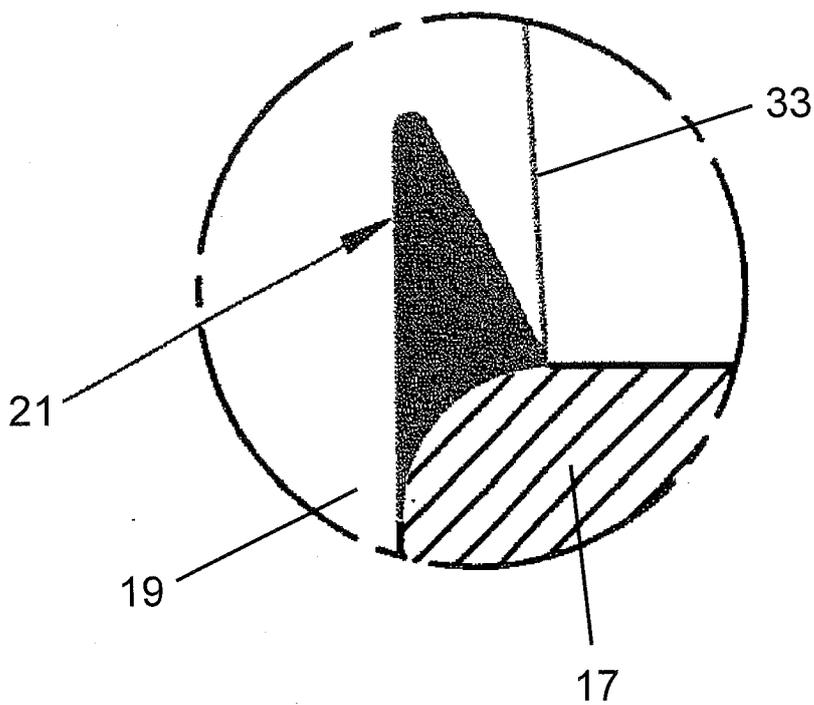


Fig. 2b