



(11) **EP 4 335 559 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**13.03.2024 Patentblatt 2024/11**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B06B 3/00** <sup>(2006.01)</sup> **B24B 1/04** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **23195395.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B06B 3/00; B24B 1/04**

(22) Anmeldetag: **05.09.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Münz, Dieter Rolf**  
**88471 Laupheim (DE)**  
• **Münz, Jannik Simon**  
**88471 Laupheim (DE)**

(30) Priorität: **07.09.2022 DE 102022003285**

(74) Vertreter: **Thum, Bernhard**  
**Thum & Partner**  
**Thum Mötsch Weickert**  
**Patentanwälte PartG mbB**  
**Siebertstr. 6**  
**81675 München (DE)**

(71) Anmelder: **UltraTEC innovation GmbH**  
**88471 Laupheim (DE)**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ULTRASCHALLENTGRATEN EINES GEGENSTANDES**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes, bei dem Ultraschall über einen Ultraschallgenerator erzeugt und über eine in einem Ultraschallübertragungsmedium befindliche Sonotrode in einen zu entgratenden Gegenstand eingeleitet wird, wobei die Sonotrode in einem definierten Abstand zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes angeordnet und wobei diese Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zur Oberfläche des Gegenstandes definiert ausgerichtet wird, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sono-

trode unter einem vorgebbaren Winkel auf die zu entgratende Oberfläche des Gegenstandes ausgerichtet wird, bei dem Rayleighwellen in der Oberfläche des Gegenstandes erzeugt werden, wobei eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist.

Dies ermöglicht im Unterschied zu bisher verwendeten Vorrichtungen und Verfahren zum Ultraschallentgraten auch eine Ultraschallentgratung von bisher schwer oder gar nicht zugänglichen Bereichen, insbesondere an inneren Oberflächen eines Gegenstandes.

**EP 4 335 559 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes.

**[0002]** Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes sind in der DE102016101313A1 und der DE102019006919B3 offenbart. Ein Ultraschallgenerator erzeugt Ultraschallschwingungen, welche über eine Arbeitsfläche auf der Spitze der dem zu entgratenden Gegenstand zugewandten sogenannten Sonotrode in ein Ultraschallübertragungsmedium eingeleitet werden, welches die Schwingungen auf den zu behandelnden Gegenstand überträgt.

**[0003]** In Flüssigkeiten (und Gasen) breitet sich Schall nur in Form von longitudinalen Druckwellen aus, d.h. durch abwechselnde Bereiche höheren und niedrigeren Drucks. Wenn dabei lokal der Dampfdruck der Flüssigkeit unterschritten wird, erfolgt spontan die Bildung von Blasen. Dies wird als Kavitation bezeichnet. Erhöht sich der Umgebungsdruck, so schrumpft die Blase und kann implodieren, wodurch dann eine Stoßwelle in der Flüssigkeit erzeugt wird. Trifft diese Stoßwelle auf eine Festkörperoberfläche so kann dort Kavitationserosion auftreten.

**[0004]** Festkörper weisen spezifische Zugfestigkeiten auf. Werden sie darüber hinaus belastet, so brechen sie. Mit der Anzahl der Belastungen sinkt die Zugfestigkeit. Ein Versagen tritt noch früher ein, wenn Vorschädigungen wie z.B. Kerben vorliegen. Dies ist am Übergang zwischen einem Grat und der Oberfläche eines Bauteils der Fall. Ultraschall schwingt im Kilohertzbereich und eine durch Ultraschall angeregte Schwingung belastet solche Sollbruchstellen an Graten mehrere Tausendmal pro Sekunde und führt nach geeigneter Dauer und Stärke der Schwingung zu einem Abbrechen des Grates.

**[0005]** Wesentliche Kriterien für den Entgrateffekt der Vorrichtung nach der DE102016101313A1 sind gemäß [Direkt2017 = <http://trends.directindustry.de/weberultrasonics/project-22604-144007.html>; abgerufen am 06.10.2019] die Amplitude, Leistung und Frequenz des Ultraschalls sowie die Entfernung zum Werkstück und die Behandlungszeit. Die Einstellung dieser betriebsspezifischen Parameter ermöglicht, das gesamte Spektrum von der Mikro- bis zur Grobentgratung an Bauteilen aus Aluminium- oder Zinklegierungen durchzuführen.

**[0006]** Als weiteres wesentliches Kriterium für den Entgrateffekt wird in der DE102019006919B3 die Ausrichtung der Sonotrode relativ zur Oberfläche des zu entgratenden Gegenstandes offenbart. Bei geeigneter Wahl dieser Ausrichtung und dem daraus resultierenden Auftreffwinkel der Schallwellen bilden sich sogenannte Rayleighwellen an und in der Oberfläche des zu entgratenden Gegenstandes aus. Unter einem materialspezifischen Rayleigh-Auftreffwinkel bilden sich solche Rayleighwellen in maximaler Stärke aus und es tritt eine Resonanzkatastrophe auf. Dieser Effekt erlaubt auch die Entgratung hochfester Werkstoffe und lässt sich folgt er-

klären:

Trifft eine Schallwelle schräg auf die Grenzfläche zweier Medien, so wird ein Teil an der Grenzfläche in das erste Medium reflektiert und der andere Teil dringt in das zweite Medium ein. Die eindringende Schallwelle wird gebrochen. In Festkörpern wird auf Grund der bei der Durchschallung auftretenden Torsionskräfte durch die longitudinale Schallwelle (auch Druckwelle genannt) auch eine transversale Schallwelle (auch Schub- oder Scherwelle genannt) erzeugt. Abhängig von der Art des Festkörpers tritt ab einem spezifischen Auftreffwinkel Totalreflexion auf, so dass sich im Festkörper dann nur noch Transversalwellen ausbreiten. In einem Übergangsbereich können sich an und in der Oberfläche fester Körper sog. Rayleighwellen ausbreiten (Erdbebenwellen). Deren Bewegung entspricht einer ellipsenartigen Überlagerung transversaler und longitudinaler Schwingungskomponenten. Die Intensität von Rayleighwellen nimmt mit der Eindringtiefe exponentiell ab. An der Oberfläche bewirken Rayleighwellen jedoch starke Spannungen.

**[0007]** Die Stärke der Rayleighwellen hängt wie vorstehend genannt maßgeblich von einem materialspezifischen Auftreffwinkel der Schallwellen auf die Oberfläche des Gegenstandes ab, wobei sowohl das Material des flüssigen Ultraschallübertragungsmediums (meist Wasser) als auch das des zu entgratenden Gegenstandes eine Rolle spielen. Das Maximum tritt auf, wenn die auftreffenden Longitudinalwellen in der Oberfläche des Gegenstandes Rayleighwellen derart anregen, dass eine Resonanzkatastrophe eintritt. Dies ist der Fall bei einem materialspezifischen Auftreffwinkel  $\alpha$  von

$$\alpha = \sin^{-1}(v_L/v_R)$$

wobei  $v_L$  die materialspezifische Schallgeschwindigkeit der auftreffenden Longitudinalwellen und  $v_R$  die materialspezifische Schallgeschwindigkeit der angeregten Rayleighwellen bezeichnet.

**[0008]** Die Überlagerung von derart in der Oberfläche des zu entgratenden Gegenstandes angeregten Rayleighwellen mit den aus dem Stand der Technik bekannten longitudinalen Druckwellen und implusionsinduzierten Stoßwellen in der Ultraschallübertragungsflüssigkeit führt zu einer deutlich erhöhten Belastung der Oberfläche pro Zeiteinheit und ermöglicht dadurch auch das Ultraschallentgraten von hochfesten Werkstoffen.

**[0009]** Allerdings lässt sich eine geeignete Ausrichtung der Sonotrode relativ zu der jeweils zu beaufschlagenden Oberfläche des zu entgratenden Gegenstandes bei Bauteilen mit komplexerer Geometrie, insbesondere bei in Hinterschnitten und Bohrungen befindlichen oder anderweitig verdeckten Graten, nur schlecht oder auch gar nicht verwirklichen.

**[0010]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes anzugeben, welche das Anwendungsspektrum des Ultraschallentgratens auf solche schwer

zugänglichen Grate erweitern.

**[0011]** Die Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes bei dem Ultraschall über einen Ultraschallgenerator erzeugt und über eine in einem Ultraschallübertragungsmedium befindliche Sonotrode in einen zu entgratenden Gegenstand eingeleitet wird, wobei die Sonotrode in einem definierten Abstand zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes angeordnet wird, und wobei diese Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes definiert ausgerichtet wird, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sonotrode unter einem vorgebbaren Winkel auf die zu entgratende Oberfläche des Gegenstandes ausgerichtet wird, bei dem Rayleighwellen in der Oberfläche des Gegenstandes erzeugt werden, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist.

**[0012]** Ein solches erfindungsgemäßes Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes ermöglicht durch die Verwendung einer Sonotrode mit einer derart gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigten ebenen Arbeitsfläche das erforderliche Auftreffen der Schallwellen unter dem materialspezifischen Auftreffwinkel auf der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes auch dann, wenn sich diese Oberfläche in einem schwer zugänglichen Bereich des Gegenstandes befindet, da so nicht die gesamte Sonotrode entsprechend ausgerichtet werden muss, (was aufgrund von deren räumlichen Abmessungen häufig nicht möglich ist,) sondern lediglich die ebene Arbeitsfläche der Sonotrode ausgerichtet werden muss.

**[0013]** Dabei erfolgt die Einstellung des gewünschten Auftreffwinkels derart, dass zunächst die Position des zu entgratenden Bereichs und dessen Erreichbarkeit mit einer Sonotrodenspitze ermittelt wird und dann eine Sonotrode mit einer Arbeitsfläche in geeigneter Neigung relativ zur Hauptachse der Sonotrode verwendet und geeignet positioniert wird, so dass die von ihr ausgehenden Schallwellen unter dem gewünschten Auftreffwinkel auf den zu entgratenden Bereich des Gegenstandes auftreffen. Dazu kann die Sonotrode in den schwer zugänglichen Bereich, z.B. in eine Bohrung, eingeführt werden und der Auftreffwinkel durch Neigung der Sonotrode im Bedarfsfall auch noch nachjustiert werden.

**[0014]** Die geneigte Arbeitsfläche der Sonotrode regt infolge ihrer Schwingungen die Aussendung von longitudinalen Schallwellen in Richtung ihrer Flächennormalen an, d.h. geneigt zur Hauptachse der Sonotrode. Zwar weist eine solchermaßen geneigte ebene Arbeitsfläche (gegenüber einer üblichen zur Hauptachse der Sonotrode senkrecht angeordneten ebenen Arbeitsfläche) eine (je nach Grad der Neigung) verringerte Schallleistung in Richtung ihrer Flächennormalen auf (da ein Teil der

Schallleistung immer auch in Richtung der Hauptachse der Sonotrode abgestrahlt wird) aber der Vorteil der besseren Erreichbarkeit von - ansonsten schwer oder auch gar nicht erreichbaren - verdeckten Bereichen kompensiert diesen Nachteil bei weitem. Im Übrigen kann die verringerte Schallleistung in Richtung der Flächennormale der ebenen Arbeitsfläche auch durch eine Erhöhung der in die Sonotrode eingebrachten Leistung kompensiert werden.

**[0015]** Wesentlich hierbei ist die ebene Ausgestaltung der Arbeitsfläche an der Sonotrodenspitze. Eigene Versuche haben gezeigt, dass mit einer gekrümmten Arbeitsfläche, insbesondere einer halbkugelförmigen Sonotrodenspitze, keine ausreichende Schallleistung in den zu entgratenden Bereich des Gegenstandes eingebracht werden kann. Anscheinend erzeugt eine gekrümmte Arbeitsfläche sich überlagernde und gegenseitig störende Schallwellen, die für die angestrebte Entgratung nicht geeignet sind.

**[0016]** Als besonders vorteilhaft erweist sich das erfindungsgemäße Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes, wenn eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist.

**[0017]** Dies stellt einen guten Kompromiss dar zwischen der verbesserten Erreichbarkeit verdeckter Bereiche und der in Zielrichtung verminderten Schallleistung einer gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigten Arbeitsfläche.

**[0018]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung erweist sich das erfindungsgemäße Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes, wenn eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens zwei ebene Arbeitsflächen aufweist, deren jeweilige Flächennormale jeweils gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist, vorzugsweise jeweils um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist.

**[0019]** Dies erlaubt die gleichzeitige Schallbeaufschlagung zweier zu entgratender Bereiche und beschleunigt dadurch das Verfahren erheblich.

**[0020]** Gute Ergebnisse werden erzielt, wenn die beiden zu entgratenden Bereiche derart in einem (von außen verdeckten) Bereich des Gegenstandes (z.B. in einer Bohrung) liegen, dass die Sonotrodenspitze in gleichen Abstand zu beiden zu entgratenden Bereichen positioniert werden kann und die jeweiligen Flächennormalen ihre beiden ebenen Arbeitsflächen jeweils auf einen der beiden zu entgratenden Bereiche ausgerichtet sind und keine Abschattung der von ihnen ausgehenden Schallwellen in Richtung auf die zu entgratenden Bereiche besteht.

**[0021]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Sonotrode verwendet, deren mindestens zwei ebene Arbeitsflächen sich auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Sonotrodenspitze befinden. Die Arbeitsflächen sind

dann auf der Sonotrodenspitze in der Art eines Satteldaches angeordnet. Bei einer solchen Anordnung ist die wechselseitige Beeinflussung der von den beiden Arbeitsflächen ausgehenden Schallwellen minimal und der Entgrateffekt optimal.

**[0022]** Die Anordnung der beiden einander gegenüberliegenden Arbeitsflächen auf der Sonotrodenspitze, d.h. die Neigung ihrer jeweiligen Flächennormalen zur Hauptachse der Sonotrode, ist dabei (je nach räumlicher Anordnung der zu entgratenden Bereiche innerhalb des schwer zugänglichen Bereichs des Gegenstandes) so zu gestalten, dass (bei Positionierung der Sonotrodenspitze in geeignetem Abstand zwischen den beiden zu entgratenden Bereichen) die von der jeweiligen Arbeitsfläche ausgehenden Schallwellen jeweils unter dem erforderlichen materialspezifischen Auftreffwinkel auf dem jeweiligen zu entgratenden Bereich auftreffen. Je nach räumlicher Anordnung der zu entgratenden Bereiche innerhalb des schwer zugänglichen Bereichs des Gegenstandes kann deshalb eine gleiche oder auch eine unterschiedliche Neigung der jeweiligen Flächennormalen der beiden Arbeitsflächen vorteilhaft sein.

**[0023]** Dieses Prinzip lässt sich auf weitere zu entgratende Bereiche erweitern, wobei dann für jeden gleichzeitig zu entgratenden Bereich eine geneigte ebene Arbeitsfläche vorzusehen ist. Die Sonotrodenspitze wird dann z.B. für drei oder vier zu entgratende Bereiche in Form einer drei- oder vierseitigen Pyramide ausgestaltet. Mit zunehmender Anzahl von Arbeitsflächen treten aber auch stärkere wechselseitige Beeinflussungen und Störungen der von ihnen ausgesendeten Schallwellen auf. Eigene Versuche haben gezeigt, dass mit einer Sonotrodenspitze in Form einer vierseitigen Pyramide, d.h. mit vier Arbeitsflächen, noch eine gute Entgratung erzielt werden kann.

**[0024]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes wird eine Sonotrode verwendet, deren Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt eines zu entgratenden Innenbereichs des Gegenstandes angepasst ist.

**[0025]** Soll zum Beispiel die Innenseite eines Schlüssellochs bzw. dessen Führungsschlitz entgratet werden, so ist eine Sonotrode besonders geeignet, deren Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt des Führungsschlitzes derart angepasst ist, dass die Sonotrode (bei ihrer Positionierung innerhalb des Führungsschlitzes) zu jeder Seite des Führungsschlitzes gerade den definierten Abstand zwischen jeder der mindestens einen Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der jeweils senkrecht zu dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Führungsschlitzes aufweist. Dabei ist es für die Entgratung eines üblichen Führungsschlitzes (wie z.B. für einen Schließzylinder) mit einer (im Wesentlichen) rechteckigen Querschnittsgeometrie mit wesentlich längeren Längs- als Breitseiten ausreichend, wenn lediglich die beiden Längsseiten der in ihrem Querschnitt ebenfalls

rechteckförmigen Sonotrodenspitze eine Arbeitsfläche aufweisen. Bei größerer Länge der Breitseiten des Querschnitts des Führungsschlitzes ist es aber vorteilhaft, wenn auch die beiden Breitseiten der in ihrem Querschnitt rechteckförmigen Sonotrodenspitze eine Arbeitsfläche aufweisen.

**[0026]** Diese Formanpassung erlaubt eine gleichzeitige Entgratung des gesamten Innenumfangs des Führungsschlitzes und damit eine erhebliche Beschleunigung des Verfahrens gegenüber der Verwendung einer Sonotrode mit nur einer Arbeitsfläche, welche jeweils separat in dem definierten Abstand positioniert und auf die zu entgratenden Bereiche des Führungsschlitzes ausgerichtet werden muss.

**[0027]** Die Aufgabe wird bezüglich der Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes umfassend einen Ultraschallgenerator, eine Sonotrode, eine Einrichtung zur Aufnahme eines zu entgratenden Gegenstandes sowie eine Einrichtung zur definierten Einstellung des Abstandes zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes sowie eine Einrichtung zur definierten Ausrichtung dieser Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sonotrode unter einem vorgebbaren Winkel auf die Oberfläche des Gegenstandes ausrichtbar ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Sonotrode mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist. Dies führt im Betrieb der Vorrichtung dazu, dass eine von dieser mindestens einen geneigten ebenen Arbeitsfläche ausgestrahlte Schallwelle unter einem vorgebbaren Winkel auf die Oberfläche des Gegenstandes auftrifft.

**[0028]** Eine solche erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes ermöglicht durch die erfindungsgemäß geneigte ebene Arbeitsfläche der Sonotrode und deren Ausrichtung relativ zur Oberfläche des Gegenstandes auch die Entgratung von schwer zugänglichen Bereichen des Gegenstandes, die in einer Ultraschallbehandlungsvorrichtung ansonsten nach dem Stand der Technik bislang nicht möglich war.

**[0029]** Bei einer Ultraschallbehandlungsvorrichtung nach dem Stand der Technik muss die gesamte Sonotrode derart ausgerichtet werden, dass die von ihr ausgestrahlte Schallwelle unter einem materialspezifischen Auftreffwinkel auf die zu entgratende Oberfläche des Gegenstandes auftrifft, und dies ist in schwer zugänglichen Bereichen wie zum Beispiel einer Bohrung aufgrund der Abmessungen der Sonotrode meist nicht möglich. Im Gegensatz dazu weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Sonotrode mit einer geneigten Arbeitsfläche auf, deren Neigung gegenüber der Hauptachse der Sonotrode im Idealfall bereits dem materialspezifischen Auftreffwinkel entspricht, so dass keine weitere Ausrichtung der Sonotrode und damit auch von deren Arbeitsfläche erfor-

derlich ist. Anderenfalls, das heißt, wenn der aufgrund der Neigung der Arbeitsfläche resultierende Auftreffwinkel auf der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes nicht dem materialspezifischen Auftreffwinkel des Gegenstandes entspricht, bedarf es lediglich einer meist geringfügigen Nachjustierung der Ausrichtung der Sonotrode, welche bei den meisten schwer zugänglichen Bereichen trotz der Abmessungen der Sonotrode noch möglich ist.

**[0030]** Wesentlich hierbei ist die ebene Ausgestaltung der Arbeitsfläche. Eigene Versuche haben gezeigt, dass mit einer gekrümmten Arbeitsfläche, insbesondere einer halbkugelförmigen keine ausreichende Schallleistung in den zu entgratenden Bereich des Gegenstandes eingebracht werden kann. Anscheinend erzeugt eine gekrümmte Arbeitsfläche sich überlagernde und gegenseitig störende Schallwellen, die für die angestrebte Entgratung nicht geeignet sind.

**[0031]** Als besonders vorteilhaft erweist sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes, wenn sie eine Sonotrode mit mindestens einer ebenen Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode um einen Winkel zwischen  $20^\circ$  und  $45^\circ$  geneigt ist.

**[0032]** Dies stellt einen guten Kompromiss dar zwischen der verbesserten Erreichbarkeit verdeckter Bereiche und der in Zielrichtung verminderten Schallleistung einer gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigten Arbeitsfläche.

**[0033]** Weiter vorteilhaft ist es, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes eine Sonotrode mit mindestens zwei ebenen Arbeitsflächen aufweist, deren jeweilige Flächennormale jeweils gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist, vorzugsweise jeweils um einen Winkel zwischen  $20^\circ$  und  $45^\circ$  geneigt ist.

**[0034]** Dies erlaubt die gleichzeitige Schallbeaufschlagung zweier zu entgratender Bereiche und verbessert dadurch die Effektivität der Vorrichtung erheblich.

**[0035]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung weist die Sonotrode mindestens zwei ebene Arbeitsflächen auf, die sich auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Sonotrodenspitze befinden. Die Arbeitsflächen sind dann auf der Sonotrodenspitze in der Art eines Satteldaches angeordnet. Bei einer solchen Anordnung ist die wechselseitige Beeinflussung der von den beiden Arbeitsflächen ausgehenden Schallwellen minimal und der Entgrateffekt optimal.

**[0036]** Je nach räumlicher Anordnung der zu entgratenden Bereiche innerhalb des schwer zugänglichen Bereichs des Gegenstandes kann eine gleiche oder auch eine unterschiedliche Neigung der jeweiligen Flächennormalen der beiden Arbeitsflächen vorteilhaft sein.

**[0037]** Dieses Prinzip lässt sich auf weitere zu entgratende Bereiche erweitern, wobei dann für jeden gleichzeitig zu entgratenden Bereich eine geneigte ebene Arbeitsfläche vorzusehen ist. Die Sonotrodenspitze wird

dann z.B. für drei oder vier zu entgratende Bereiche in Form einer drei- oder vierseitigen Pyramide ausgestaltet. Mit zunehmender Anzahl von Arbeitsflächen treten aber auch stärkere wechselseitige Beeinflussungen und Störungen der von ihnen ausgesendeten Schallwellen auf. Eigene Versuche haben gezeigt, dass mit einer Sonotrodenspitze in Form einer vierseitigen Pyramide, d.h. mit vier Arbeitsflächen, noch eine gute Entgratung erzielt werden kann.

**[0038]** In weiter vorteilhafter Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes weist diese eine Sonotrode auf, deren Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt eines zu entgratenden Innenbereichs des Gegenstandes angepasst ist.

**[0039]** Soll die Vorrichtung zum Beispiel für die Entgratung der Innenseite eines Schlüssellochs bzw. dessen Führungsschlitz verwendet werden, so ist eine Sonotrode besonders geeignet, deren Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt des Führungsschlitzes derart angepasst ist, dass die Sonotrode (bei ihrer Positionierung innerhalb des Führungsschlitzes) zu jeder Seite des Führungsschlitzes gerade den definierten Abstand zwischen jeder der mindestens einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der jeweils senkrecht zu dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Führungsschlitzes aufweist. Dabei ist es für die Entgratung eines üblichen Führungsschlitzes (wie z.B. für einen Schließzylinder) mit einer (im Wesentlichen) rechteckigen Querschnittsgeometrie mit wesentlich längeren Längs- als Breitseiten ausreichend, wenn lediglich die beiden Längsseiten der in ihrem Querschnitt ebenfalls rechteckförmigen Sonotrodenspitze eine Arbeitsfläche aufweisen. Bei größerer Länge der Breitseiten des Querschnitts des Führungsschlitzes ist es aber vorteilhaft, wenn auch die beiden Breitseiten der in ihrem Querschnitt rechteckförmigen Sonotrodenspitze eine Arbeitsfläche aufweisen.

**[0040]** Diese Formanpassung der Sonotrodenspitze erlaubt eine gleichzeitige Entgratung des gesamten Innenumfangs des Führungsschlitzes und damit eine erheblich verbesserte Effizienz der Vorrichtung gegenüber einer Vorrichtung mit einer Sonotrode mit nur einer Arbeitsfläche, welche jeweils separat in dem definierten Abstand positioniert und auf die zu entgratenden Bereiche des Führungsschlitzes ausgerichtet werden muss.

**[0041]** Nachfolgend werden anhand eines Ausführungsbeispiels die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes näher erläutert:

Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird Ultraschall über einen Ultraschallgenerator erzeugt und über eine in einem Ultraschallübertragungsmedium befindliche Sonotrode in einen zu entgratenden Gegenstand eingeleitet, wobei die Sonotrode in einem definierten Abstand zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche be-

findlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes angeordnet wird und wobei diese Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes definiert ausgerichtet wird, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sonotrode unter einem vorgebbaren Winkel auf die zu entgratende Oberfläche des Gegenstandes ausgerichtet wird, und erfindungsgemäß wird dabei eine Sonotrode verwendet,

[0042] Diese Sonotrode ist speziell ausgestaltet für die Entgratung der Innenseite des Führungsschlitzes eines Schließzylinders mit einem Querschnitt von 7,5 mal 2,5 mm<sup>2</sup> und dementsprechend ist der Querschnitt der Sonotrodenspitze rechteckig ausgestaltet mit einer Länge von 6,5 mm und einer Breite von 1,9 mm. Lediglich die beiden Längsseiten der Sonotrodenspitze sind angeschrägt und als geneigte ebene Arbeitsflächen ausgestaltet, deren jeweilige Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode jeweils um 30° geneigt ist, so dass die Sonotrodenspitze die Form eines Satteldaches aufweist.

[0043] Der Neigungswinkel der beiden Arbeitsflächen an der Sonotrodenspitze entspricht dem materialspezifischen Auftreffwinkel des Werkstoffes des Schließzylinders.

[0044] Dadurch ist keine weitere Ausrichtung der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Innenfläche des Führungsschlitzes des Schließzylinders erforderlich, sondern die Sonotrode kann einfach mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zentral in den Führungsschlitz des Schließzylinders eingeführt und dabei betrieben werden. Durch diese zentrale Positionierung der Sonotrode innerhalb des Führungsschlitzes und die vorstehend genannten Abmessungen der Sonotrode und des Führungsschlitzes weisen beide Arbeitsflächen der Sonotrode gerade den erforderlichen Abstand zu der zu entgratenden Innenfläche des Führungsschlitzes auf.

[0045] Im Betrieb der Sonotrode sind die beiden Arbeitsflächen der Sonotrode somit geeignet beabstandet und ausgerichtet damit die von ihnen jeweils ausgestrahlten Ultraschallwellen unter einem Neigungswinkel zur Oberfläche in die zu entgratende Oberfläche des Führungsschlitzes eingebracht werden, bei dem Rayleighwellen maximaler Stärke in der Oberfläche des Führungsschlitzes erzeugt werden. Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird als Ultraschallübertragungsmedium Wasser verwendet.

[0046] Über das Ultraschallübertragungsmedium wird Ultraschall mit einer Frequenz von 20 kHz und einer effektiven Leistung der Sonotrode von 300 W und einem Abstand der jeweiligen Arbeitsfläche von der zu entgratenden Innenwand des Führungsschlitzes von 0,25 mm über eine Prozessdauer von 20-30 Sekunden und unter dem Auftreffwinkel von 30° in die zu entgratende Oberfläche des Führungsschlitzes des Schließzylinders eingebracht.

[0047] Die vorstehend beschriebene Vorrichtung und das Verfahren zum Entgraten von Gegenständen ermög-

lichen (durch die gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigte mindestens eine ebene Arbeitsfläche) das für die Ausbildung von Rayleighwellen erforderliche Auftreffen der Schallwellen unter dem materialspezifischen Auftreffwinkel auf der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes auch dann, wenn sich diese Oberfläche in einem schwer zugänglichen Bereich des Gegenstandes befindet, z.B. an im Inneren des Führungsschlitzes eines Schließzylinders.

[0048] Dadurch erweisen sich die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes als besonders geeignet für die Entgratung von schwer zugänglichen Bereichen von Gegenständen, zum Beispiel dem Führungsschlitz eines Schließzylinders.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes bei dem Ultraschall über einen Ultraschallgenerator erzeugt und über eine in einem Ultraschallübertragungsmedium befindliche Sonotrode in einen zu entgratenden Gegenstand eingeleitet wird, wobei die Sonotrode in einem definierten Abstand zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes angeordnet wird, und wobei diese Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes definiert ausgerichtet wird, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sonotrode unter einem vorgebbaren Winkel auf die zu entgratende Oberfläche des Gegenstandes ausgerichtet wird, bei dem Rayleighwellen in der Oberfläche des Gegenstandes erzeugt werden,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
das eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist.
2. Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist.
3. Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
eine Sonotrode verwendet wird, die mindestens zwei ebene Arbeitsflächen aufweist, deren jeweilige Flächennormale jeweils gegenüber der Hauptachse der

Sonotrode geneigt ist, vorzugsweise jeweils um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist.

4. Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Sonotrode verwendet, deren mindestens zwei ebene Arbeitsflächen sich auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Sonotrodenspitze befinden. 5
5. Verfahren zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Sonotrode verwendet, deren Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt eines zu entgratenden Innenbereichs des Gegenstandes angepasst ist. 10 15 20
6. Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes umfassend einen Ultraschallgenerator, eine Sonotrode eine Einrichtung zur Aufnahme des zu entgratenden Gegenstandes sowie eine Einrichtung zur definierten Einstellung des Abstandes zwischen einer Arbeitsfläche an der Spitze der Sonotrode und der in diesem Abstand vor dieser Arbeitsfläche befindlichen zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes sowie eine Einrichtung zur definierten Ausrichtung dieser Arbeitsfläche der Sonotrode relativ zu der zu entgratenden Oberfläche des Gegenstandes, derart, dass die Flächennormale dieser Arbeitsfläche der Sonotrode unter einem vorgebbaren Winkel auf die Oberfläche des Gegenstandes ausrichtbar ist, 25 30 35  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Sonotrode mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist. 40
7. Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Sonotrode mindestens eine ebene Arbeitsfläche aufweist, deren Flächennormale gegenüber der Hauptachse der Sonotrode um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist. 45
8. Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Sonotrode mindestens zwei ebene Arbeitsflächen aufweist, deren jeweilige Flächennormale jeweils gegenüber der Hauptachse der Sonotrode geneigt ist, vorzugsweise jeweils um einen Winkel zwischen 20° und 45° geneigt ist. 50 55
9. Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegen-

standes nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Sonotrode mindestens zwei ebene Arbeitsflächen aufweist, die sich auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Sonotrodenspitze befinden.

10. Vorrichtung zum Ultraschallentgraten eines Gegenstandes nach einem der Ansprüche 6 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Sonotrode derart ausgestaltet ist, dass ihr Querschnitt an ihrer Spitze senkrecht zu ihrer Hauptachse dem Querschnitt eines zu entgratenden Innenbereichs des Gegenstandes angepasst ist.



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 19 5395

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                       | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    | DE 10 2019 006919 B3 (ULTRATEC ANLAGENTECHNIK MUENZ GMBH [DE])<br>29. Oktober 2020 (2020-10-29)<br>* Ansprüche 1, 2 *                     | 1-5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | INV.<br>B06B3/00<br><br>ADD.<br>B24B1/04 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                    | DE 10 2015 218181 A1 (PP-TECH GMBH [DE])<br>23. März 2017 (2017-03-23)<br>* Absätze [0022], [0059]; Ansprüche 1, 2, 3; Abbildungen 7, 5 * | 6-9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                          |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    | US 2018/354003 A1 (DREYER THOMAS [DE])<br>13. Dezember 2018 (2018-12-13)<br>* Absätze [0034], [0053] *                                    | 1-5, 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                           | 5, 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)          |
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | B24B<br>B06B<br>B23K<br>B24D             |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                          |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br><b>15. Januar 2024</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prüfer<br><b>Pitzer, Hanna</b>           |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                          |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                           | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                          |

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 19 5395

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-01-2024

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>DE 102019006919 B3</b>                           | <b>29-10-2020</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>DE 102015218181 A1</b>                           | <b>23-03-2017</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>US 2018354003 A1</b>                             | <b>13-12-2018</b>             | <b>CN 107666970 A</b>             | <b>06-02-2018</b>             |
|                                                     |                               | <b>DE 102015106343 A1</b>         | <b>27-10-2016</b>             |
|                                                     |                               | <b>EP 3285937 A1</b>              | <b>28-02-2018</b>             |
|                                                     |                               | <b>JP 2018516770 A</b>            | <b>28-06-2018</b>             |
|                                                     |                               | <b>TW 201701995 A</b>             | <b>16-01-2017</b>             |
|                                                     |                               | <b>US 2018354003 A1</b>           | <b>13-12-2018</b>             |
|                                                     |                               | <b>WO 2016169800 A1</b>           | <b>27-10-2016</b>             |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102016101313 A1 [0002] [0005]
- DE 102019006919 B3 [0002] [0006]