



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 687 739 A5

51 Int. Cl.⁶: A 61 C 013/12
A 61 C 005/08
B 28 D 001/30
B 24 B 001/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 03672/93

22 Anmeldungsdatum: 09.12.1993

30 Priorität: 12.12.1992 DE A4241936.0

24 Patent erteilt: 14.02.1997

45 Patentschrift
veröffentlicht: 14.02.1997

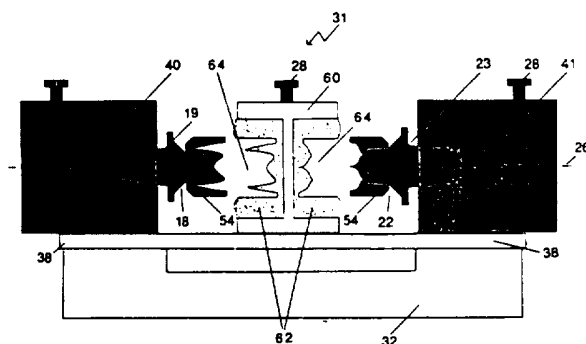
73 Inhaber:
THERA Patent GmbH & Co. KG,
Gesellschaft für industrielle Schutzrechte,
Griesberg 2, D-82229 Seefeld 1 (DE)

72 Erfinder:
Hahn, Rainer, Rottenburg (DE)

74 Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG,
Siewerdstrasse 95, Postfach, 8050 Zürich (CH)

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Sonotroden für die Ultraschallbearbeitung z.B. keramischer Werkstücke, insbesondere für Zahnersatz.

57 Zur Herstellung von Werkstücken, insbesondere Zahnersatzteilen, mittels Ultraschallbearbeitung wird zunächst von der Krone (54) einer Ultraschallsonotrode (18, 22) eine Negativform (64) und davon die Krone einer Vorbearbeitungssonotrode (19, 23) abgeformt. Das Werkstück wird dann in einem ersten Schritt mittels der Vorbearbeitungssonotrode (19, 23) bis kurz vor die endgültige Einsenktiefe vorbearbeitet und in einem zweiten Schritt mittels der Ultraschallsonotrode (18, 22) fertig bearbeitet.



Beschreibung

Die Erfindung befasst sich mit der Ultraschallbearbeitung von Werkstücken zur Herstellung von Formteilen, insbesondere zur Herstellung keramischen Zahnersatzes, wie z.B. Verblendschalen, Einlagefüllungen, Kronen oder Brücken aus keramischen Werkstücken, insbesondere Hochleistungskeramiken und Einkristallen, sowie mit der Herstellung hierfür geeigneter Werkzeuge. Die Erfindung befasst sich insbesondere mit einem Verfahren nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 14 bzw. einer Vorrichtung dafür.

Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind in der DE 3 928 684 und der DE 4 232 023 beschrieben.

Die DE 4 232 023 beschreibt darüber hinaus ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung von Präsonotroden, z.B. durch Befestigung einer Kunststoffpräsonotrodenkrone an einer vorgefertigten Sekundärsonotrode, und ein Phantommodell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird auf diese Patentanmeldung sowie den darin genannten Stand der Technik ausdrücklich verwiesen und dessen gesamte Offenbarung ergänzend zum Gegenstand der Offenbarung vorliegender Patentanmeldung gemacht.

Die DE 4 138 803 und die DE 4 209 289 offenbaren Verfahren zur Herstellung von Zahnersatzteilen, bei dem Sonotrodenkronen von einem Gipsmodell des Zahnstumpfes angefertigt werden.

Die vorbekannten Verfahren weisen den Nachteil auf, dass die Genauigkeit der Bearbeitung mit zunehmender Bearbeitungstiefe durch Verschleiss der Sonotrodenkronen abnimmt. Um diesen Verschleiss so gering wie möglich zu halten, wird der Werkzeugvorschub gering gehalten, was zu einer erheblichen Bearbeitungsdauer führt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein gattungsgemässes Verfahren bzw. Vorrichtung derartig zu verbessern, dass sich eine verbesserte Fertigungsgenauigkeit sowie eine schnellere Bearbeitung und Herstellung des Werkstücks, vorzugsweise des Zahnersatzteils ergibt.

Sie löst dieses Problem hinsichtlich des Verfahrens durch die in den Patentansprüchen 1 und 14 angegebenen Merkmale, hinsichtlich der Vorrichtung durch die im Anspruch 11 angegebenen Merkmale.

Die erfindungsgemässen Gegenstände erlauben eine deutliche Beschleunigung des Fertigungsprozesses bei gleichzeitiger Verbesserung der Passgenauigkeit der mechanischen Kennwerte und der Oberflächenparameter des bearbeiteten Werkstückes durch Bearbeitung des Werkstückes zunächst mit einer Vorbearbeitungssonotrode und anschliessende Endbearbeitung mit der Originalsonotrode.

So beschreiben die Gegenstände der Patentansprüche 1 und 14 Kopien der Originalsonotroden und deren räumliche Relation zur Bearbeitungslängsachse. Dadurch ist es möglich, die Ultraschallbearbeitung einer oder beider Oberflächenhälften des zu fertigenden Werkstückes in (jeweils) zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten vorzunehmen.

Zunächst erfolgt die Einsenkung der Vorbearbei-

tungssonotroden in das Werkstück bis kurz vor die Solleinsenkentiefe, z.B. mit Hilfe der in der DE 4 232 023 beschriebenen Ultraschallbearbeitungsmaschine. Dabei können ein grobkörniger Slurry, höhere Amplituden, höhere Leistungen und grössere Anpressdrücke verwendet werden, um aus dem Werkstück zunächst eine grobe Form als Negativ der Vorbearbeitungssonotrode herauszuarbeiten, was zu einer deutlichen Beschleunigung des Prozesses führt.

In einem darauf folgenden Arbeitsschritt, dem Finierschritt, wird die Vorbearbeitungssonotrode aus der Ultraschallbearbeitungsmaschine entfernt, die Originalsonotrode eingebracht und in Formeingriff mit dem bereits vorbereiteten Werkstück gebracht oder das Werkstück in Relation zur Originalsonotrode ausgerichtet und bis zur Solleinsenkentiefe nachbearbeitet. Insbesondere eignen sich für diesen Arbeitsschritt zur Erzielung optimaler Oberflächenzustände «gedämpfte» Prozessgrössen, wie z.B. feinkörniger Slurry, geringe Amplituden und Anpressdrücke. Ferner kann dadurch der Verschleiss der Sonotrodenoberfläche verringert werden, was zur Verbesserung der erreichbaren Genauigkeit führt.

Zur weiteren Optimierung des Verschleissverhaltens kann die Oberfläche der Originalsonotrodenkrone und/oder der Vorbearbeitungssonotrodenkrone bzw. deren o.g. Metalläquivalente definiert, z.B. thermisch, nachbehandelt und/oder mit geeigneten Substanzen, z.B. Kobalt, Chrom oder Silizium infiltriert und/oder in Dünnschichttechnik beschichtet werden.

Zur Erhöhung der Verschleissfestigkeit werden die Originalsonotroden und/oder die Vorbearbeitungssonotroden oder zumindest deren Sonotrodenkronen bevorzugt in Metall umgeformt. Hierzu wird z.B. die Originalsonotrode und/oder die Vorbearbeitungssonotrode nach dem Prinzip der verlorenen Form in Metall gegossen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den beigefügten rein schematischen Zeichnungen (Fig. 1 und Fig. 2) näher beschrieben:

Die Herstellung von Originalen von Sonotroden oder lediglich Sonotrodenkronen erfolgt grundsätzlich wie in der DE 4 232 023 beschrieben. Die danach gefertigten Sonotroden oder Sonotrodenkronen dienen als Vorlagen für eine (nachstehend beschriebene) Herstellung von Vorbearbeitungssonotroden oder deren Kronen und anschliessend in einem (ebenfalls nachstehend beschriebenen) Finierschritt als Finiersonotroden zur Ultraschallbearbeitung eines Werkstückes.

In Fig. 1 ist die Abformung der Originalsonotrodenkronen dargestellt:

Die Erfindung beruht auf der Abformung einer oder beider Originalsonotrodenkronen 54 einer Sonotrode 18, 22 mit Hilfe einer geeigneten Dublieraufnahme 60, die auf der Sonotrodenkrone 54 zugewandten Seite oder beidseitig mit Ausnehmungen zur Aufnahme einer plastischen und später erhärtenden oder härtbaren Masse, wie z.B. einer Präzisionsabform- oder Dubliermasse 62 ausgebildet ist. Die Dublieraufnahme 60 kann beliebig ausgebildet sein und reproduzierbar in der oder den

Führungsschienen 38 einer Ausrichtvorrichtung 31 angebracht und – z.B. mit Hilfe eines Spannbügels 28 oder magnetisch – fixiert werden. Die Verwendung der Vorrichtung 31, das z.B. aus einer Grundplatte 32, den Führungsschienen 38 und den Sonotrodenaufnahmen 40, 41 bestehen kann, ist von der Herstellung der Sonotroden 18, 22 – wie in der DE 4 232 023 beschrieben – bekannt und erleichtert die räumliche Zuordnung der Originalsonotrodenkronen 54, der Negativhohlform 64, der Sonotrodenkörper 19, 23 und z.B. der Kunststoffmasse 66.

Vorzugsweise werden die Originalsonotrodenkronen 54 einer Sonotrode 18, 22 einzeln, zeitlich nacheinander oder gleichzeitig in den Sonotrodenaufnahmen 40, 41 der Ausrichtvorrichtung 31 fixiert und durch relatives Aufeinanderbewegen der Sonotrodenaufnahmen 40, 41 und der mit plastischer Abformmasse 62 aufgefüllten Dublieraufnahme 60 parallel zur virtuellen Bearbeitungslängsachse 26 einseitig oder beidseitig aufeinander zu bewegt bis die Originalsonotrodenkronen 54 vollständig mit der Dublier- oder Abformmasse 62 umgeben sind. Zur Erzielung einer genauen Abformung werden vorzugsweise Präzisionsabformmassen wie z.B. additionsvernetzte Silikone oder Polyether verwendet.

Nach Erhärten der Abformmasse 62 werden die Originalsonotrodenkronen 54, respektive die Sonotroden 18, 22 einzeln, zeitlich nacheinander oder gleichzeitig aus der Negativform 64 und den Sonotrodenaufnahmen 40, 41 entfernt und eine oder zwei formal äquivalente Sonotrodenkörper 19, 23 in den korrespondierenden Sonotrodenaufnahmen 40, 41 fixiert.

Daran anschliessend werden – wie in Fig. 2 dargestellt – die Negativformen 64 einzeln, zeitlich nacheinander oder gleichzeitig, ausserhalb oder in der Vorrichtung 31 mit einer plastisch verarbeitbaren und später härtenden oder härtbaren Masse 66, wie z.B. Kunststoff oder Wachs aufgefüllt und die Sekundärsonotrodenkörper 19, 23 einzeln, zeitlich nacheinander oder gleichzeitig in direkten Formeingriff mit der plastischen Masse 66 in der in den Führungsschienen 38 der Vorrichtung 31 reponierten Dublieraufnahme 60 gebracht und bis zur Erhärtung der plastischen Masse 66 parallel zur Bearbeitungslängsachse 26 fixiert. Falls die Überführung der Sonotroden in Metall durch Giessen vorgesehen ist, wird zweckmässigerweise ein Kunststoff oder Wachs gewählt, welches rückstandsfrei verbrennbar ist. Anschliessend können die Kopien der Originalsonotroden 18, 22 aus der Vorrichtung entfernt werden. Zur einfacheren Zuordnung der Originalsonotroden 18, 22 und des Werkstückes während der Ultraschallbearbeitung werden die Originalsonotrodenkronen 54 vor deren Abformung am grössten Durchmesser ihrer Aussenfläche vorzugsweise mit einer Markierung, wie z.B. einer kleinen Kerbe oder Erhebung versehen, und nach der Abformung ihr Aussenumfang geringfügig reduziert (beschliffen).

Selbstverständlich kann der erfindungsgemässe Grundgedanke auch durch Abformung der bereits in Metall übergeführten Originalsonotroden oder deren Kronen erfolgen.

Bei Durchführung des Gussverfahrens empfiehlt es sich jedoch zur Vermeidung relativer Gussungenauigkeiten verschiedener Gussvorgänge die Originalsonotroden zusammen mit den Vorbearbeitungs-sonotroden in eine feuerfeste Form einzubetten und die Sonotrodenkronen 54, 66 in Metall an die Sonotrodenkörper 19, 23 anzugiessen. Der Verbund zwischen Sonotrodenkörper und Sonotrodenkrone kann z.B. durch eine zusätzliche Verklebung oder Löt- oder Schweissverbindung verbessert werden.

Zur Herstellung des eigentlichen, insbesondere keramischen Formteiles wird in einem ersten Arbeitsschritt zunächst die nach dem erfindungsgemässen Verfahren gefertigte Vorbearbeitungs-sonotrode in die in der DE 4 232 023 beschriebene Ultraschallbearbeitungsmaschine eingesetzt, mit dem Ultraschallwandler verbunden und mit Hilfe der Ultraschallenergie bis kurz vor die Solleinsenkentiefe in das Werkstück eingesenkt. Die Vorwahl der Prozessgrössen ist auf optimale Zeitspannvolumina ausgerichtet. Vorzugsweise wird mit hoher Leistungsaufnahme, grossem Anpressdruck und Amplitude sowie einer grobkörnigen Hartkornsuspension, wie z.B. einer wässrigen Diamant- oder Borkarbid-suspension gearbeitet.

In einem anschliessenden zweiten Arbeitsschritt wird die Vorbearbeitungs-sonotrode aus der Ultraschallbearbeitungsmaschine entfernt und durch die korrespondierende Originalsonotrode ersetzt. Die relative Ausrichtung des vorbearbeiteten Werkstückes gelingt durch die Formkongruenz der Sonotrodenkrone und wird durch die o.g. Markierung sowie die Reduktion des äusseren Umfangs der Originalsonotrode erleichtert.

Nach der Fixierung der räumlichen Beziehung zwischen dem vorbearbeiteten Werkstück und der Originalsonotrode erfolgt die Fertigbearbeitung des Werkstückes bis zur Solleinsenkentiefe. Die Prozessgrössen der Ultraschallbearbeitung werden diesem «Finierschritt» vorzugsweise angepasst, z.B. durch Vorwahl geringer Anpressdrücke, geringer Amplituden und reduzierter Leistungsaufnahme.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Vorbearbeitungs-sonotrode für die Ultraschallbearbeitung eines mittels mindestens einer Ultraschallsonotrode gefertigten Werkstückes, bei dem von der Sonotrodenkrone (54) der Ultraschallsonotrode (18, 22) eine Negativhohlform (64) abgeformt wird und von dieser Negativhohlform (64) die Sonotrodenkrone (66) der Vorbearbeitungs-sonotrode (66 + 19, 66 + 23) abgeformt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit Abformmasse (62) versehene Dublieraufnahme (60) relativ gegen die Ultraschallsonotrode (18, 22) bewegt wird, wodurch in der Abformmasse (62) eine Negativhohlform (64) der Sonotrodenkrone (54) der Ultraschallsonotrode (18, 22) gebildet wird, und nach Erhärten der Abformmasse (62) die gebildete Negativhohlform (64) mit einer Kunststoffmasse (66) ausgefüllt wird, die von der offenen Seite der Negativhohlform (64) aus in Formeingriff mit einem Sonotrodenkörper (19, 23)

gebracht wird, wobei die Kunststoffmasse (66) nach dem Aushärten zusammen mit dem Sonotrodenkörper (19, 23) die Vorbearbeitungssonotrode bildet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Relativbewegung zwischen der Dublieraufnahme (60) und der Ultraschallsonotrode (18, 22) entlang einer vorgesehenen Bearbeitungsachse (26) der Ultraschallsonotrode (18, 22) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- die Ultraschallsonotrode (18, 22) wird in einer Sonotrodenaufnahme (40, 41) arretiert;
- die mit Abformmasse (62) gefüllte Dublieraufnahme (60) wird in einer vorgesehenen Bearbeitungsachse (26) der Ultraschallsonotrode (18, 22) ausgerichtet;

- es erfolgt eine Relativbewegung zwischen Sonotrodenaufnahme (40, 41) und Dublieraufnahme (60) derartig, dass die Sonotrodenkrone (54) der Ultraschallsonotrode (18, 22) in die Abformmasse (62) eindringt und dadurch die Negativhohlform (64) ausbildet;

- die Ultraschallsonotrode (18, 22) wird nach Aushärten der Abformmasse (62) wieder von der Dublieraufnahme (60) getrennt;

- die gebildete Negativhohlform (64) wird mit einem härtbaren Kunststoff (66) ausgefüllt;

- die in der Sonotrodenaufnahme (40, 41) befindliche Ultraschallsonotrode (18, 22) wird durch einen Sonotrodenkörper (19, 23) ersetzt;

- es erfolgt eine Relativbewegung zwischen Sonotrodenaufnahme (40, 41) und Dublieraufnahme (60) derartig, dass der Sonotrodenkörper (19, 23) in die Kunststoffmasse (66) eindringt, so dass die Kunststoffmasse (66) nach dem Aushärten die Sonotrodenkrone (66), und diese zusammen mit dem Sonotrodenkörper (19, 23) die Vorbearbeitungssonotrode (66 + 19, 66 + 23) bildet.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Dublieraufnahme (60) verwendet wird, bei der beidseitig Abformmassen (62) vorgesehen werden können, so dass gleichzeitig oder nacheinander zwei Ultraschallsonotroden (18, 22) kopiert werden können.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsonotrode (18, 22) nach dem Kopiervorgang durch zirkuläres Beschleifen des grössten Aussendurchmessers verkleinert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrodenkrone (54) der Ultraschallsonotrode (18, 22) und/oder die Sonotrodenkrone (66) der Vorbearbeitungssonotrode, insbesondere durch Giessen in Metall umgeformt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Sonotrodenkronen (54, 66) wenigstens teilweise nachbehandelt und/oder mit Substanzen infiltriert und/oder in Dünnschichttechnik beschichtet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ultraschallsonotrode (18, 22) aus einem Sonotroden-

körper (19, 23) und einer Sonotrodenkrone (54) besteht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Herstellung von keramischem Zahnersatz, insbesondere Verblendschalen, Einlagefüllungen, Kronen und Brücken verwendet wird.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend mindestens eine Sonotrodenaufnahme (40, 41) zur Fixierung einer Ultraschallsonotrode (18, 22) oder eines Sonotrodenkörpers (19, 23), sowie eine Dublieraufnahme (60) zur Aufnahme von Abformmasse (62), wobei die Sonotrodenaufnahme (40, 41) und die Dublieraufnahme (60) relativ zueinander bewegbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwei einander gegenüberliegende Sonotrodenaufnahmen (40, 41) sowie eine dazwischen angeordnete beidseitig mit Abformmasse (62) versehene Dublieraufnahme (60) auf einer Grundplatte (32) angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrodenaufnahmen (40, 41) und die Dublieraufnahme (60) auf einem gemeinsamen Führungsschienenpaar (38) angeordnet sind.

14. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Werkstücks mittels Ultraschallbearbeitung durch mindestens eine gegen das Werkstück bewegbare Ultraschallsonotrode, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- von der Sonotrodenkrone (54) der Ultraschallsonotrode (18, 22) wird eine Negativform (64) abgeformt;
- von dieser Negativform (64) wird eine Sonotrodenkrone (66) einer Vorbearbeitungssonotrode (66 + 19, 66 + 23) abgeformt;

- mittels mindestens einer Vorbearbeitungssonotrode (66 + 19, 66 + 23) wird das Werkstück bis kurz vor die endgültige Solleinsenkentiefe mittels Ultraschall vorbereitet;

- die Vorbearbeitungssonotrode (66 + 19, 66 + 23) wird durch die korrespondierende Ultraschallsonotrode (18, 22) ersetzt und die Bearbeitung des Werkstücks mittels Ultraschall fertiggestellt.

