



CH 687 673 A5



①



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ **CH 687 673 A5**

⑤① Int. Cl.⁶:
A 61 C 013/00
A 61 C 005/08
B 01 J 019/00
B 06 B 003/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT A5**

②① Gesuchsnummer: 02894/93

②② Anmeldungsdatum: 24.09.1993

③③ Priorität: 24.09.1992 DE A4232023.3

②④ Patent erteilt: 31.01.1997

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.01.1997

⑦③ Inhaber:

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

⑦② Erfinder:

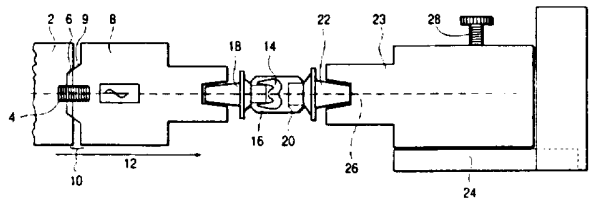
Hahn, Rainer, Rottenburg (DE)
Burger, Bernd, Alling (DE)

⑦④ Vertreter:

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

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines Formteiles, insbesondere einer keramischen Zahnrestauration, sowie zur Herstellung von Sonotrodenkronen.**

⑤⑦ Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur allseitigen Bearbeitung einer keramischen Zahnrestauration und Herstellung entsprechender Sonotrodenkronen (16, 20) wirken die Sonotrodenkronen (16, 20) nacheinander, aber jeweils von derselben Raumseite her unter Aktivierung jeweils von derselben ultraschallgebenden Einheit (10) auf ein Werkstück (14) ein. Zur Herstellung der Sonotrodenkronen (16, 20) wird ein der Ultraschallbearbeitungsmaschine entsprechendes Phantommodell verwendet.



CH 687 673 A5

Beschreibung

Die Erfindung befasst sich mit der Ultraschallbearbeitung von Werkstücken zur Herstellung von Formteilen, insbesondere zur Herstellung eines keramischen Zahnersatzes, wie z.B. Verblendschalen, Einlagefüllungen, Kronen oder Brücken aus dental-keramischem Material. Aufgrund ihrer günstigen biologisch-chemischen Eigenschaften, ihrer hohen Gewebeverträglichkeit und der geringen Tendenz zur Plaque-Anlagerung werden keramische Zahnersatzmaterialien allgemein als Werkstoffsysteme erster Wahl diskutiert.

Die Erfindung befasst sich insbesondere mit den Verfahren nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 14 sowie mit einer Ultraschallbearbeitungsmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 4 und einer Anlage nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 19.

Das im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebene Verfahren und die im Oberbegriff des Patentanspruches 4 angegebene Ultraschallbearbeitungsmaschine sind aus der DE 3 928 684 C2 (HAHN) bekannt. Auf diese Patentschrift sowie den darin genannten Stand der Technik wird ausdrücklich ergänzend verwiesen.

Im übrigen sind aus der Literaturstelle «Keramikbearbeitung», Carl Hanser Verlag, München 1989, Seiten 423–443, ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, mit dem sprödharte Werkstoffe, z.B. Keramik, Glas, Glaskeramik u.a., mit Hilfe von Ultraschall bearbeitet werden können. Dabei wird die mechanische Energie des oszillierenden Werkzeuges auf ein Läppkornmisch im Arbeitsspalt zwischen der Sonotrodenkrone und dem Werkstück übertragen, was zu einer Spanbildung und letztlich zur Abbildung der Sonotrodenkrone in das Werkstück führt. Diese Verfahren sind jedoch auf die Umformung einer Werkstückoberfläche beschränkt. Die notwendigen Formzeuge werden mit konventionellen, spanenden Fertigungsverfahren, z.B. Drehen, Fräsen, Bohren etc. oder mit Hilfe der Funken-erosion hergestellt. Darüberhinaus können geometrisch komplexe Formen kleiner Dimension aus konventionellen Werkstückmaterialien häufig nicht hergestellt werden.

Die DE 4 029 285 A1 (SIEMENS) beschreibt eine Sonotrode, deren formgebendes Teil, d.h. deren Sonotrodenkrone, wenigstens teilweise aus Silizium besteht. Diese Materialauswahl dient einer Optimierung des Verschleissverhaltens. Sie ermöglicht darüberhinaus den Einsatz der sogenannten Mikrostrukturtechnik zur Ausformung der Arbeitsfläche der Sonotrodenkrone. Die Mikrostrukturtechnik ist aus der Herstellung von Halbleiterbauelementen bekannt und umfasst z.B. die Photolithographie sowie isotrope und anisotrope Ätztechniken.

Die eingangs angesprochene funkenerosive Herstellung von Formteilen zur Bearbeitung von Dentalersatz ist beispielsweise aus der DE 3 735 558 C2 (HERAEUS) und der DE 3 544 123 C2 (WALTER) bekannt. Deren Nachteile sind in der o.g. DE 3 928 648 C2 (HAHN) abgehandelt.

Aufgrund des unvermeidlichen, z.T. erheblichen Verschleisses und der daraus resultierenden kurzen

Standzeiten der Sonotrodenkronen, sind die herkömmlichen feinwerktechnischen, oder mikroelektronischen oder funkenerosiven Fertigungsverfahren zur Herstellung von Sonotrodenkronen häufig nicht wirtschaftlich.

Schliesslich beschreibt die DE 3 606 305 A1 (HANSEN) ein Ultraschallbearbeitungswerkzeug, bestehend aus einem Ultraschallgenerator (Ultraschallwandler einschliesslich Verstärker) und einer Sonotrode. Die Sonotrode ist durch eine Differentialschraube am Ultraschallgenerator festgespannt und mittels zylindrischer Schultern zentriert. Hierdurch kann die Sonotrode rasch ausgewechselt werden, ohne dass danach eine Neujustierung zum Werkstück erforderlich wäre.

Die Erfindung möchte ein weiteres Verfahren zur ultraschall-technischen Herstellung eines Formteils, insbesondere einer keramischen Zahnrestauration, und eine entsprechende Ultraschallbearbeitungsmaschine zur Verfügung stellen; ferner ein Verfahren und eine zu dessen Durchführung geeignete Anlage zur Herstellung von Sonotrodenkronen zur Verwendung im vorgenannten Verfahren und der vorgenannten Ultraschallbearbeitungsmaschine.

Sie erreicht dieses Ziel durch die Gegenstände der Patentansprüche 1, 4, 14 und 19.

Die erfindungsgemässen Gegenstände verbessern die Herstellung von Kleinserien deutlich. Insbesondere erlauben sie eine besonders wirtschaftliche, weniger kosten- und zeitintensive Herstellung derartiger Serien. So kommen etwa die Gegenstände der Patentansprüche 1 und 4 mit einer einzigen ultraschallgebenden Einheit zur allseitigen Bearbeitung des Werkstückes aus, ohne dass bei dem hierdurch bedingten Wechsel der Sonotrodenkronen eine Neujustierung erforderlich wäre. Die Gegenstände der Patentansprüche 14 und 19 basieren auf den Grundlagen der Modell- und Artikulatortechnik und erlauben auf einfache Weise die passgenaue Herstellung zueinander komplementärer Sonotrodenkronen zur allseitigen Bearbeitung dental-keramischer Rohlinge.

Die Massnahme des Patentanspruches 2, nämlich, dass die freien Ränder der Sonotrodenkronen der Äquatoriallinie der Zahnkrone entsprechen, hat den Vorteil einer besonders einfachen lagegenauen Justierung der beiden Sonotroden zueinander, nämlich durch Ermittlung eines Formschlusses der beiden Sonotrodenkronenränder.

Die in Patentanspruch 5 angegebene Massnahme, die beiden Vorrichtungen zur Halterung der Sonotrodenkronen gleich, insbesondere identisch auszubilden, erleichtert deren Auswechselbarkeit ohne die Notwendigkeit einer Nachjustierung erheblich.

Die in den Ansprüchen 7–9 angegebenen Varianten der mechanischen Aufteilung von Ultraschallgenerator und Sonotrodenkronenhaltevorrichtung führen zu einer weiteren Erleichterung der passgenauen Auswechselbarkeit der Sonotrodenkronenhaltevorrichtung. Unter Ultraschallgenerator wird hierbei der eigentliche Generator einschliesslich etwaiger Verstärker verstanden. Dies soll jedoch nicht ausschliessen, dass in der Sonotrode selbst weitere Verstärker angeordnet sind.

Die Ankopplung der Sonotrode an den Ul-

traschallgenerator nach Patentanspruch 10 ist an sich aus der eingangs genannten DE 3 606 305 (HANSEN) bzw. der entsprechenden US 4 751 916 bekannt. Die im Patentanspruch 10 angegebene zusätzliche Schraubverbindung umfasst auch die in den beiden vorgenannten Druckschriften geschilderte Schraubverbindung.

Die im Patentanspruch 11 an dem dem Ultraschallgenerator gegenüberliegenden Maschinenende angegebenen Mittel zur Aufnahme und Justierung der die Sonotrodenkronen tragenden Vorrichtungen ermöglichen den in einem zweiten Bearbeitungsschritt vorgesehenen Halteeingriff der ersten Sonotrodenkrone mit dem Werkstück. Die in den Patentansprüchen 12 und 13 angegebenen Justiermittel ermöglichen eine bequeme, lagegenaue Ausrichtung der beiden Sonotrodenkronen zueinander.

Das im Patentanspruch 14 angegebene Verfahren bedingt die an sich bekannte funktionelle Konstruktion der zu fertigenden Zahnrestauration (z.B. Inlay, Veneer, Teilkronen, Krone, Brücke etc.) aus einem thermoplastischen Modellwerkstoff, z.B. Modellierwachs.

Das in Patentanspruch 14 angegebene, härtende Material kann ein bekanntes Modellierwachs oder ein Polymerwerkstoff sein.

Die im Patentanspruch 14 angegebene Äquatoriallinie definiert den sogenannten Modelläquator, etwa den Zahnkronenäquator, der durch den grössten Durchmesser des Modells, bezogen auf die Modellängsachse bzw. virtuelle Bearbeitungsachse, gemessen wird. Diese Begrenzung stellt sicher, dass keine sogenannten «Bearbeitungsschatten» beim Eindringen der Sonotrodenkrone in das Werkstück entstehen. Der Modelläquator begrenzt diejenige, durch das Modell im wesentlichen quer zur Modellängsachse, geführte Schnittfläche, von der aus die Aussenwände der Zahnrestauration stets monoton oder streng monoton sich verjüngende Restaurationsabschnitte umgeben. Deshalb wird das in Anspruch 16 angegebene, durch Aushärten der Abformmasse erhaltene Gebilde auch längs der Äquatoriallinie des Verbrauchsmodells durchtrennt.

Die in Patentanspruch 15 angegebene Verschlüsselung dient der späteren positionsgenauen Ausrichtung der beiden Sonotroden zueinander.

Bei dem in Patentanspruch 16 angegebenen Verfahren kann das sogenannte «Wax-up» auf seinem üblicherweise aus einem Dentallabor gelieferten Modellstumpf verbleiben und wird mit diesem lösbar an der einen Phantomsonotrode justiert. Gedanklich wird das «Wax-up», also die Modellform, an ihrem prothetischen Äquator in zwei «Hälften» geteilt. Zunächst wird die «okklusale» Halbseite der Restauration bis zum Äquator mit einem schrumpfungsfähigen, schnellhärtenden Polymer überschichtet und in der Restaurationsachse an einer vorgefertigten Sekundärsonotrode fixiert. Nach Beendigung der in Patentanspruch 16 angegebenen Verfahrensschritte wird das Wachstmodell vorsichtig aus den durch Abformen erzielten Sonotrodenkronenformen herausgelöst.

Das im Patentanspruch 18 angegebene Ausgießen der Kronenhohlform mit flüssigem Metall dient der Optimierung der Verschleissfestigkeit der Sono-

trodenkronen durch Überführung der Polymersonotrodenkronen in Metall. Die Überführung geschieht nach dem an sich in der Dentaltechnik bekannten Angiessprozess. Ein manuelles Ausarbeiten der Sonotrodenkronen ist nicht erforderlich.

Zur Vermeidung einer Gratbildung bei der späteren Ultraschallbearbeitung mit den Sonotrodenkronen, kann deren Herstellungsverfahren so geführt werden, dass sich deren freie Randbereiche scheerenartig überlappen.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante wird die Sonotrodenkrone an den anschliessenden Sonotrodenenteil verlötet, verschweisst oder verklebt.

Das im Patentanspruch 20 angegebene geometrische Modell gewährleistet eine passgenaue gegenseitige Justierung der Sonotrodenkrone bei maximalen Freiheitsgraden zur Ausrichtung der an die Sonotrodenkronen angrenzenden Sonotrodenenteile und ausreichendem Arbeitsraum für manuelle Tätigkeiten bei der Herstellung der Sonotrodenkronen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen, die in der beigefügten Zeichnung rein schematisch dargestellt sind, noch näher erläutert. Die Zeichnung enthält zusätzliche Erläuterungen der Erfindung. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Teilabschnitt einer Ultraschallbearbeitungsmaschine;

Fig. 2 die in Fig. 1 dargestellte Primärsonotrode, jedoch vergrössert;

Fig. 3 eine Anlage zur Herstellung von Sonotrodenkronen in Form eines geometrischen Modells einer Ultraschallbearbeitungsmaschine; gleichzeitig einen Verfahrensschritt zur Herstellung von Sonotrodenkronen;

Fig. 4 ein weiteres geometrisches Modell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine zur Herstellung von Sonotrodenkronen; gleichzeitig einen weiteren Verfahrensschritt zur Herstellung von Sonotrodenkronen;

Fig. 5 einen Schnitt längs der Linie A-A in Fig. 4; und

Fig. 6 ein weiteres geometrisches Modell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine zur Herstellung von Sonotrodenkronen.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel weist einen Ultraschallgenerator 2 auf, der über eine Fixierschraube 4 und einen Zentrierkonus 6 mit Schulter an eine Primärsonotrode 8, die einen dem Zentrierkonus 6 entsprechenden Kegelstumpf 9 aufweist, mechanisch angekoppelt ist. Der Ultraschallgenerator 2 und die Primärsonotrode 8 werden im folgenden «ultraschallgebende Einrichtung» 10 genannt. Die ultraschallgebende Einrichtung 10 wird in bekannter Weise mit Hilfe einer Vorschubsteuerung 12 in Richtung auf das zu bearbeitende Werkstück 14, hier ein dentalkeramisches Werkstück 14, derart vorgeschoben, dass der Arbeitsspalt zwischen der aktiven Sonotrodenkrone 16 und der Werkstückoberfläche die gewünschten Abmessungen hat. Als Vorrichtung zur Halterung der Sonotrodenkrone 16 dient eine Sekundärsonotrode 18, die an ihrem der Primärsonotrode 8 zugewandten Ende kegelstumpf-

förmig ausgebildet ist und durch einen entsprechenden Zentrierkonus am werkstückseitigen Ende der Primärsonotrode 8 zentriert wird.

Die Sekundärsonotrode 18 dient zur Halterung der auf ihr befestigten Sonotrodenkrone 16. Die Sonotrodenkrone 16 kann auf ihr verpresst, verlötet, verschweisst und/oder verklebt oder durch sonstige bekannte Fügetechniken befestigt sein.

Das dentalkeramische Werkstück 14 wird auf seiner der aktiven Sonotrodenkrone 16 gegenüberliegenden Seite in Formeingriff mit einer weiteren passiven Sonotrodenkrone 20 gehalten. – Fig. 1 veranschaulicht also den in der Beschreibungseinleitung und den Patentansprüchen angesprochenen zweiten Bearbeitungsschritt.

Die passive Sonotrodenkrone 20 sitzt ebenfalls auf einer Sekundärsonotrode 22. Diese ist ebenso ausgebildet, wie die ihr gegenüberliegende Sekundärsonotrode 18. Insbesondere hat sie den gleichen Zentrierkegelstumpf, der in einen entsprechenden Zentrierkonus eines Aufnahmeteiles 23 eingeschoben ist. Die identische Ausbildung der Vorrichtungen zur Halterung der Sonotrodenkronen 16, 20, hier der Sekundärsonotroden 18, 22, erlaubt ein einfaches Auswechseln der beiden Sekundärsonotroden 18, 22 in der Primärsonotrode 8.

Die lagerichtige Ausrichtung der beiden Sonotrodenkronen 16, 20 erfolgt durch eine Verschlüsselung, d.h. durch zumindest eine Formschlussstelle in ihren freien Rändern. Dieser Formschluss kann dadurch geprüft werden, dass das Werkstück 14 aus seiner Bearbeitungsposition herausgenommen wird, die Sonotrodenkronen 16, 20 in Formschluss gebracht und in dieser Ausrichtung in den Zentrierkonus 6 eingeschoben werden. Im Anschluss daran wird das Werkstück 14 wieder in Formschluss mit der passiven Sonotrodenkrone 20 gebracht und die aktive Sonotrodenkrone 16 in Vorschubrichtung auf das Werkstück 14 vorgeschoben.

Alternativ kann eine Lageverschlüsselung der Sonotrodenkronen 16, 20 auch durch eine Nut- und Federausführung in den Zentrierkonus 6 und -kegelstümpfen für die bzw. der Sekundärsonotroden 18, 22 vorgesehen werden.

Die Aufnahmevorrichtung 23 für die passive Sonotrodenkrone 20 ruht auf zwei Justierwellen oder Stangen 24, die parallel zur Vorschubrichtung, d.h. der Bearbeitungsachse 26 ausgerichtet sind. Sind das Werkstück 14 und die Sonotrodenkronen 16, 20 in ihrer Bearbeitungsposition eingerichtet, wird die Aufnahmeeinrichtung 23 mit Hilfe einer Feststellschraube 28 fixiert.

Die dentalkeramische Zahnrestauration ist fertiggestellt, sobald die freien Ränder der Sonotrodenkronen 16, 20 gegeneinander anschlagen. Die Zahnrestauration wird sozusagen von den Sonotrodenkronen 16, 20 durch beidseitige Bearbeitung in zwei nacheinanderfolgenden Bearbeitungsschritten ausgestanzt. Bearbeitet wird dabei die Zahnrestauration stets von ein und derselben Raumrichtung her, nämlich von der Richtung, in welcher die ultraschallgebende Einrichtung 10 angeordnet ist.

Zur Vermeidung einer Gratbildung überlappen sich die freien Randbereiche der Sonotrodenkronen 16, 20 scherenartig.

Fig. 2 zeigt die Primärsonotrode 8 in vergrößerter Darstellung. Sie zeichnet sich durch einen generatorseitigen Zentrier-Kegelstumpf 9 und einen werkstückseitigen Zentrierkonus 31 aus. Vorzugsweise hat sie eine kreiszylindrische Aussenwand mit dem Durchmesser $\emptyset$, der gleich dem Durchmesser des Aufnahmeteils 23 ist, und eine Lageverschlüsselung mit dem Zentrierkonus 6 des Ultraschallgenerators 2, etwa nach Art einer Nut-Feder-Verschlüsselung.

Bei einem nicht dargestellten weiteren Ausführungsbeispiel ist es die Primärsonotrode 8, die als auswechselbare Vorrichtung zur Halterung der Sonotrodenkrone 16 dient. Die Sekundärsonotrode 18 kann in diesem Fall entfallen. Dafür ist das die passive Sonotrodenkrone 20 halternde Aufnahmeteil ebenfalls als Primärsonotrode 8 ausgebildet.

Das in Fig. 3 dargestellte geometrische Modell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine dient zur Herstellung von zwei zueinander komplementären Sonotrodenkronen zur allseitigen Bearbeitung einer keramischen Zahnrestauration, hier einer Krone. Das Modell besteht aus einer Grundplatte 32, die in Fig. 3 im Längsschnitt dargestellt ist, d.h. einem vertikalen Schnitt, dessen Schnittebene die virtuelle Bearbeitung zur Längsachse 26 enthält. Der Querschnitt der Grundplatte 32 entspricht dem in Fig. 5 dargestellten Schnitt durch ein anderes Ausführungsbeispiel eines Modells. Wie die Schnittansichten zeigen, wird die Grundplatte 32 von zwei trogförmigen, sich kreuzenden Ausnehmungen 34 und 37 durchzogen, derart, dass an den vier Ecken der Grundplatte 32 jeweils säulenartige Erhebungen 36 nach oben stehen. Die säulenartigen Erhebungen 36 haben einen rechteckförmigen Horizontalquerschnitt.

Auf jeder säulenartigen Erhebung 36 ist eine Führungsstange 38 vorgesehen, welche die säulenartige Erhebung 36 beidseitig überkragt. Insgesamt sind also vier Führungsstangen 38 vorgesehen. Sämtliche Führungsstangen 38 sind parallel zur virtuellen Bearbeitungslängsachse 26 ausgerichtet. Sie tragen jeweils paarweise ein Aufnahmeteil 40, 41. Jedes Aufnahmeteil 40, 41 ist auf den Führungsstangen 38 in Richtung der Bearbeitungslängsachse 26 verschiebbar. Es kann durch Feststellschrauben 28 oder Spannbügel in einer bestimmten Lage auf den Führungsschienen 38 positioniert werden.

Das in Fig. 3 links dargestellte Aufnahmeteil 40 weist einen werkstückseitigen Abschnitt 42 auf, der in einer zur Bearbeitungslängsachse 26 orthogonalen Ebene verschiebbar ist. Insgesamt ist dieses Teil 42 also in allen drei Raumrichtungen und damit maximal verschiebbar. Es kann über einen Kreuzschlitten mit dem auf den Führungsschienen 38 fixierbaren Abschnitt 43 verbunden sein. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es durch Magnethalterungen 44 befestigt und damit besonders bequem in der orthogonalen Ebene verschieblich. Der Magnet kann ein Permanentmagnet sein oder statt dessen – zur Veränderung der magnetischen Anziehungskraft – als Elektromagnet mit steuerbarer Stromzuführung ausgebildet sein. Der verschiebbliche Abschnitt 42 ragt über die trogförmige Rinne oder Aussparung 34 vor und ist dadurch besonders

leicht zugänglich. Das aus der dem Dentallabor gelieferte Wachsmo-
dell («Wax-up») 46 ist mit seinem ebenfalls mitgelieferten Modellstumpf 46 mittels Knetmasse 49 in einer Ausnehmung 47 des verschiebbaren Aufnahmeabschnittes 42 fixiert. Die Knetmasse 49 erleichtert die Ausrichtung des Wachsmo-
dells 46 – dessen prothetische Äquatorfläche muss im wesentlichen zur Bearbeitungs-
längsachse 26 ausgerichtet werden. Der prothetische Äquator wird bevorzugt bereits im Dentallabor ermittelt und auf das «Wax-up» 46 aufgezeichnet. Hierdurch wird dessen lagerichtige Ausrichtung erleichtert.

Nach Ausrichtung des Wachsmodells 46 in Bearbeitungslage, d.h. in der Lage, in welcher später die Zahnrestauration von den Sonotrodenkronen sozusagen ausgestanzt wird, wird die okklusale Oberfläche bis zur Äquatorlinie mit einem schrumpfungsarmen, schnell härtenden Polymer überschichtet, also direkt abgeformt. Die Polymerschicht wird dann soweit aufgebaut, bis sie auf einem kronenseitigen Konus 50 der Sekundärsonotrode 22 aufsitzt und mit diesem fixiert ist. Statt des Konus 50 kann der kronenseitige Abschnitt der Sekundärsonotrode 22, auch Sonotrodenkopf genannt, ein Schraubgewinde haben. Die Sekundärsonotrode 22 kann auch eine andere Retentionsform für die Sonotrodenkrone aufweisen.

Die so hergestellte Sonotrodenkrone 54 kann in der Regel noch nicht zur Ultraschallbearbeitung eines sprödharten Werkstoffes verwendet werden. Sie wird in einem solchen Fall in eine Metallgussform überführt. Bis zur Überführung in eine Metallform stellt sie im Ergebnis eine Präsonotrodenkrone 54 dar. – Die Sekundärsonotrode 22 kann auch als «Sekundärsonotrodenhalbzeug» aufgefasst werden, nämlich dann, wenn man unter dem Begriff Sekundärsonotrode die Gesamtheit aus Sekundärsonotrodenhalbzeug und Sekundärsonotrodenkrone versteht.

Nachdem die Präsonotrodenkrone 54 an der Sekundärsonotrode 22 befestigt ist, haftet das Wachsmo-
dell 46 exakt an der erhärteten Sonotrodenkronenoberfläche.

Die an der Äquatorlinie endenden freien Randflächen der Präsonotrodenkrone 54 werden nun isoliert und im Anschluss daran der Modellstumpf 48 vorsichtig entfernt. Anstelle des Modellstumpfes 48 wird nunmehr eine zweite «cervikale» Sonotrodenkrone aufgebaut, und zwar in grundsätzlich gleicher Weise wie die okklusale Präsonotrodenkrone 54. Hierzu wird eine zweite Sekundärsonotrode analog zur ersten Sekundärsonotrode 22 im verschiebbaren Aufnahmeabschnitt 42 des linken Aufnahmeteils 40 angeordnet.

Die zervikale Präsonotrodenkrone wird in gleicher Weise wie die okklusale Präsonotrodenkrone 54 auf der ihr zugeordneten Sekundärsonotrode befestigt. Zur Herstellung der zweiten Präsonotrodenkrone werden vorzugsweise dieselben Materialien verwendet wie zur Herstellung der ersten Präsonotrodenkrone 54. Die Befestigung der Präsonotrodenkronen an den ihnen zugeordneten Sekundärsonotrodenköpfen kann gleichzeitig mit dem Abformvorgang oder nach diesem durchgeführt werden.

Im Anschluss daran wird das «Wax-up» 46 vorsichtig herausgelöst, etwa durch Ausbrühen – was vor der Trennung der beiden Präsonotroden entlang der isolierten Äquatorlinie oder danach vorgenommen werden kann.

Zur Optimierung des Verschleissverhaltens der Sonotrodenkronen werden die Sonotroden samt der aufsitzenden Sonotrodenkrone in eine feuerfeste Form eingebettet. Die Kronen werden sodann entfernt, beispielsweise durch Ausbrennen. Der hierdurch entstehende Kronenhohlraum wird dann mit Metall ausgegossen. Auf diese Weise werden verschleissfeste Sonotrodenkronen direkt an den Kopf der Sekundärsonotroden angegossen. Der die Sonotrodenkrone tragende Sonotrodenkopf ist hierzu in geeigneter Form retentiv ausgebildet, z.B. durch einen umgekehrten Kegel oder das bereits genannte Gewinde. Die Verbindung kann durch zusätzliches Verlöten, Verschweissen oder Verkleben der Fügestellen optimiert werden.

Eine andere Möglichkeit besteht in der bereits genannten konischen Ausbildung des Sekundärsonotrodenkopfes, was eine gezielte Abnahme der Sonotrodenkrone nach deren Erhärtung ermöglicht. Die Sonotrodenkronen lassen sich über den konusförmigen Kopf der Sekundärsonotrode exakt reponieren und können nun mit den herkömmlichen Füge-
techniken, z.B. verpresst und/oder verklebt und/oder verlötet und/oder verschweisst etc. werden.

Wie bereits ausgeführt, erfolgt die spätere Ultraschallbearbeitung mit den so hergestellten Sonotrodenkronen in zwei aufeinanderfolgenden Abschnitten. Zunächst wird die erste Sonotrodenkrone unter Verwendung einer geeigneten Lapp-Suspension in einen Dentalkeramik-Rohling vollständig abgebildet. Danach wird der Rohling von der ersten Sonotrodenkrone gehalten und von der kontralateralen Seite durch die zweite Sonotrodenkrone bearbeitet. Die Einsenktiefe wird durch den Kontakt der korrespondierenden Sonotrodenkronen limitiert. Es kommt sozusagen zum «Ultraschall-Ausstanzen» des gewünschten Formteiles, wobei scherenartig überlappende Randbereiche der Sonotrodenkronen eine Gratbildung verhindern.

In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Anlage zur erfindungsgemässen Herstellung von zwei zueinander komplementären Sonotrodenkronen 54 dargestellt – doch in einem anderen Bearbeitungszustand als das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel.

Die beiden Präsonotrodenkronen 54 sind bereits auf den ihnen zugeordneten Sekundärsonotroden bzw. Sonotrodenhalbzeugen 18, 22 fixiert. Es müssen nur noch das Wachsmo-
dell 46 entfernt und die beiden Sonotrodenkronen 54 voneinander getrennt werden. Der sich anschliessende Verfahrensschritt des Angiessens der Sonotrodenkronen 54 in der bereits genannten feuerfesten Form steht ebenfalls noch aus. In diesem Ausführungsbeispiel ist darüber hinaus das Wachsmo-
dell 46 in einem ersten Verfahrensschritt unmittelbar mittels der Knetmasse 49 auf der Sekundärsonotrode 18 lösbar fixiert worden.

Der in Fig. 5 gezeigte vertikale Querschnitt längs

der Linie A-A in Fig. 4 zeigt ein kreiszylindrisches Aufnahmeteil 40, das mit Linienkontakt auf den ebenfalls kreiszylindrischen Führungsstangen 38 aufliegt.

Fig. 6 zeigt schliesslich ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein geometrisches Modell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine zur Herstellung zueinander komplementärer Sonotrodenkronen.

In diesem Ausführungsbeispiel werden die Aufnahmeteile 40, 41 in genau gleicher Weise an zwei einander gegenüberliegenden fixierten Halterungen 58 befestigt, wie die in Fig. 1 gezeigte Primärsonotrode 8 im dortigen Ultraschallgenerator 2.

Eine Primärsonotrode 8 kann im geometrischen Modell auch unmittelbar als Anlageteil 40 eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Formteiles, mittels einer Ultraschallbearbeitungsmaschine, in der zu beiden Seiten des zu bearbeitenden Werkstückes (14) einander gegenüberliegend je eine Aufnahme für eine profilierte Sonotrodenkrone (16, 20) positioniert ist, bei welchem

a) in einem ersten Bearbeitungsschritt eine Werkstückhalterung das Werkstück (14) hält, die eine, erste, Sonotrodenkrone (20) über ihre Aufnahme aktiviert wird, hierdurch die eine Werkstückhälfte auf die gewünschte Form bearbeitet und dabei in Formeingriff mit dem Werkstück (14) gelangt, und

b) in einem zweiten Bearbeitungsschritt die nunmehr passive erste Sonotrodenkrone (20) das Werkstück (14) durch den Formeingriff hält, die zweite Sonotrodenkrone (16) aktiviert wird und hierdurch die restliche Werkstückhälfte auf die gewünschte Form bearbeitet, dadurch gekennzeichnet, dass

c) zwischen den beiden Bearbeitungsschritten c1) die erste Sonotrodenkrone (20) gegen die zweite Sonotrodenkrone (16) ausgewechselt und in der gegenüberliegenden Aufnahme befestigt wird, und

c2) beide Sonotrodenkronen (16, 20) zur Fortführung der Werkstückbearbeitung zueinander ausgerichtet werden,

c3) wobei das Werkstück (14) im zuvor erzielten Formeingriff mit der ersten Sonotrodenkrone (20) belassen oder wieder in diesen gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 zur Herstellung eines Zahnersatzteils, dadurch gekennzeichnet, dass Sonotrodenkronen (16, 20) verwendet werden, deren freie Ränder der Äquatoriallinie des Zahnersatzteils entsprechen, und dass zwischen dem ersten und dem zweiten Bearbeitungsschritt die Sonotrodenkronen (16, 20) durch Formschluss ihrer freien Ränder zueinander ausgerichtet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrodenkronen (16, 20) in horizontaler Richtung das Werkstück (14) bearbeiten.

4. Ultraschallbearbeitungsmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit folgenden Merkmalen:

a) eine erste Vorrichtung hält eine erste Sonotrodenkrone (20) und überträgt Ultraschallschwingungen auf diese;

b) während eines ersten Bearbeitungsschrittes hält eine Werkstückhalterung ein Werkstück (14), das von der ersten Sonotrodenkrone (20) längs einer Bearbeitungsachse (26) halbseitig bearbeitet wird und dabei in Formeingriff mit der ersten Sonotrodenkrone (20) gelangt;

c) eine zweite Vorrichtung (18) hält eine zweite Sonotrodenkrone (16) und überträgt Ultraschallschwingungen auf diese;

d) die erste und die zweite Vorrichtung sind derart angeordnet, dass das Werkstück (14) während eines zweiten Bearbeitungsschrittes von der ersten Sonotrodenkrone (20) in Formeingriff gehalten und gleichzeitig durch Vorschubbewegung längs der Bearbeitungsachse (26) von der zweiten Sonotrodenkrone (16) auf seiner anderen Werkstückhälfte fertig bearbeitet wird; dadurch gekennzeichnet, dass

e) für die erste und die zweite Vorrichtung dieselbe ultraschallgebende Einrichtung vorgesehen ist und hierzu

f) die ultraschallgebende Einrichtung sowie die erste und die zweite Vorrichtung derart aneinander angepasst sind, dass sie in lösbaren, formschlüssigen Schallübertragungseingriff bringbar sind.

5. Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Vorrichtung gleich ausgebildet sind.

6. Maschine nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ultraschallgebende Einrichtung stationär auf einer Seite der Werkstückbearbeitungsposition fixiert ist.

7. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ultraschallgebende Einrichtung aus einem Ultraschallgenerator (2) mit angeschlossener Primärsonotrode (8) besteht und die erste und die zweite Vorrichtung aus auf die Primärsonotrode (8) aufsteckbaren Sekundärsonotroden (18, 22) bestehen.

8. Maschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärsonotrode (8) an ihrem werkstückseitigen Ende einen Zentrierkonus (31) und die Sekundärsonotrode (18) an ihrer vom Werkstück (14) abgewandten Ende einen entsprechenden Kegelstumpf aufweist.

9. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ultraschallgebende Einrichtung aus dem Ultraschallgenerator (2) und die erste und die zweite Vorrichtung aus unmittelbar an den Ultraschallgenerator (2) mechanisch ankoppelbaren Sonotroden bestehen.

10. Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Ankopplung der Sonotrode oder Primärsonotrode (8) an den Ultraschallgenerator (2) ebenfalls über einen Zentrierkonus (6, 9) erfolgt, insbesondere unter Einsatz einer zusätzlichen Schraubverbindung (4).

11. Maschine nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Ultraschallgenerator (2) gegenüberliegenden Maschineneinde Mittel zur Aufnahme und Justierung der

betreffenden ersten oder zweiten Vorrichtung vorgesehen sind.

12. Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme-/Justiermittel stationäre Schienen, Wellen oder Kanten (24) sind, die in einen parallel zur Bearbeitungsachse (26) verlaufenden Linienkontakt mit der betreffenden ersten oder zweiten Vorrichtung bringbar sind.

13. Maschine nach den Ansprüchen 9 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die auf den Aufnahme-/Justiermitteln aufliegende Fläche der Sonotrode (8), vorzugsweise die gesamte Sonotrode (8), kreiszylindrisch ausgebildet ist.

14. Verfahren zur Herstellung der Teil der Maschine nach einem der Ansprüche 4 bis 13 bildenden Sonotrodenkronen (54) für die Ultraschallbearbeitung eines Werkstückes (14) zu einem Formteil, dadurch gekennzeichnet, dass

a) zunächst ein Verbrauchsmodell (46) des Formteils gefertigt;

b) sodann die Sonotrodenkronen (54) unter direkter Abformung des Verbrauchsmodells (46) hergestellt werden, wobei die Abformung durch Aufbringen eines plastisch verformbaren und später härtenden oder härtbaren Materials durchgeführt wird; und

c) das nach dem Aushärten der Abformmasse erhaltene Gebilde längs der Äquatoriallinie des Verbrauchsmodells (46) durchtrennt wird und die beiden hierdurch erhaltenen Teilgebilde jeweils zu einer vollständigen Sonotrodenkronenform (54) ausgebaut werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei rotationssymmetrischer Äquatoriallinie die beiden Sonotrodenkronen (54) in ihrer räumlichen Zuordnung zueinander verschlüsselt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

a) das Verbrauchsmodell (46) wird in einem geometrischen Modell, welches in den geometrischen Abmessungen im wesentlichen der zur späteren Werkstückbearbeitung vorgesehenen Ultraschallmaschine entspricht, in die Werkstückbearbeitungsposition einjustiert und lösbar an seiner der einen Modellsonotrode (18, 42) zugewandten Oberfläche fixiert;

b) sodann erfolgen die Abformung der der anderen Modellsonotrode (22) zugewandten Modelloberfläche bis zum Modelläquator und der Aufbau zur vollständigen Sonotrodenkronenform (54);

c) danach oder gleichzeitig mit dem Sonotrodenkronenaufbau wird die Sonotrodenkrone (54) an dem ihr zugewandten Modellsonotrodenenteil (22) befestigt und hierdurch das Verbrauchsmodell (46) daran fixiert;

d) sodann wird die längs des Modelläquators verlaufende Kante der Sonotrodenkrone (54) mit einer Isolierschicht versehen und die zu Beginn (a) herbeigeführte lösbare Fixierung entfernt;

e) schliesslich wird die andere Sonotrodenkrone (54) in analoger Weise aufgebaut und an dem ihr zugewandten Modellsonotrodenenteil (18) fixiert.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch ge-

kennzeichnet, dass zur ersten lösbaren Fixierung des Verbrauchsmodells (46) Knetmasse (49) verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Sonotrodenenteil (18, 22) samt seiner daran fixierten Sonotrodenkronenform (54) in eine feuerfeste Form eingebettet, sodann die Krone – insbesondere durch thermisches Ausbrennen – entfernt und schliesslich die hierdurch erhaltene Kronenhohlform mit Metall ausgegossen wird.

19. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 14 bis 18, gekennzeichnet durch ein geometrisches Modell einer Ultraschallbearbeitungsmaschine, mit welchem die die Bearbeitungsanlagen des Werkstückes (14) und der Sonotrodenkronen (54) bestimmenden Parameter reproduzierbar/simulierbar sind.

20. Anlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das geometrische Modell aufweist;

a) eine Grundplatte (32) mit zwei einander kreuzenden, etwa trog- oder rinnenförmigen Ausnehmungen (34, 37), derart, dass von der Grundplatte (32) vier etwa säulenartige Erhebungen (36) nach oben vorstehen und gemeinsam ein Rechteck aufspannen;

b) auf jeder Erhebung (36) eine Führungsschiene (38), derart, dass alle vier Führungsschienen (38) parallel zur virtuellen Bearbeitungsachse (26) ausgerichtet sind;

c) ein auf zwei der Führungsschienen (32) verschiebbar gelagertes erstes Aufnahmeteil (41) zur Fixierung des an eine Sonotrodenkrone (54) angrenzenden Sonotrodenanteils (48); und

d) ein auf dem verbleibenden Führungsschienenpaar (38) verschiebbar gelagertes zweites Aufnahmeteil (40) mit einem werkstückseitigen Abschnitt (42), der in einer zur virtuellen Bearbeitungsachse (26) orthogonalen Ebene verschiebbar und an seinem werkstückseitigen Ende mit Mitteln zur Fixierung des an eine Sonotrodenkrone (54) angrenzenden Sonotrodenanteils (48) bestückt ist.

FIG. 1

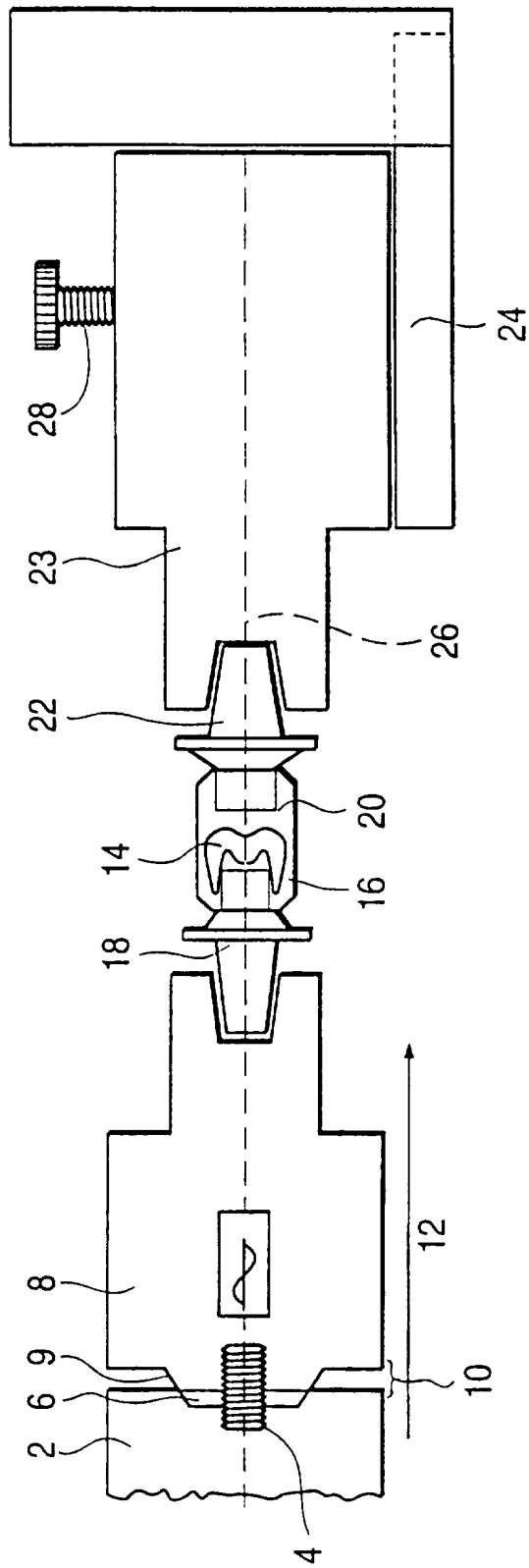


FIG. 2

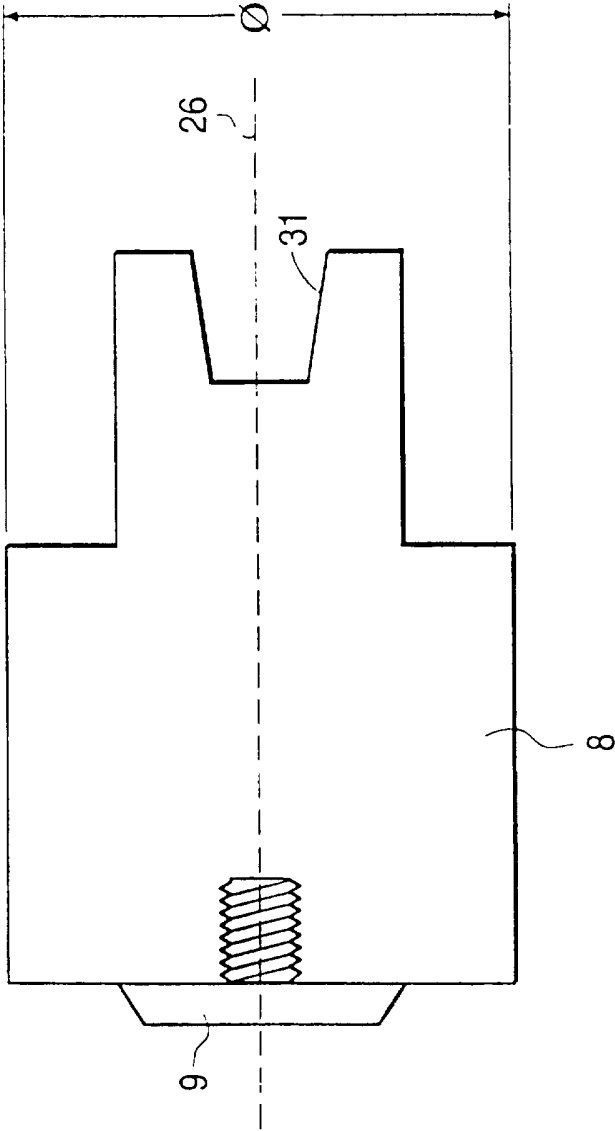


FIG. 3

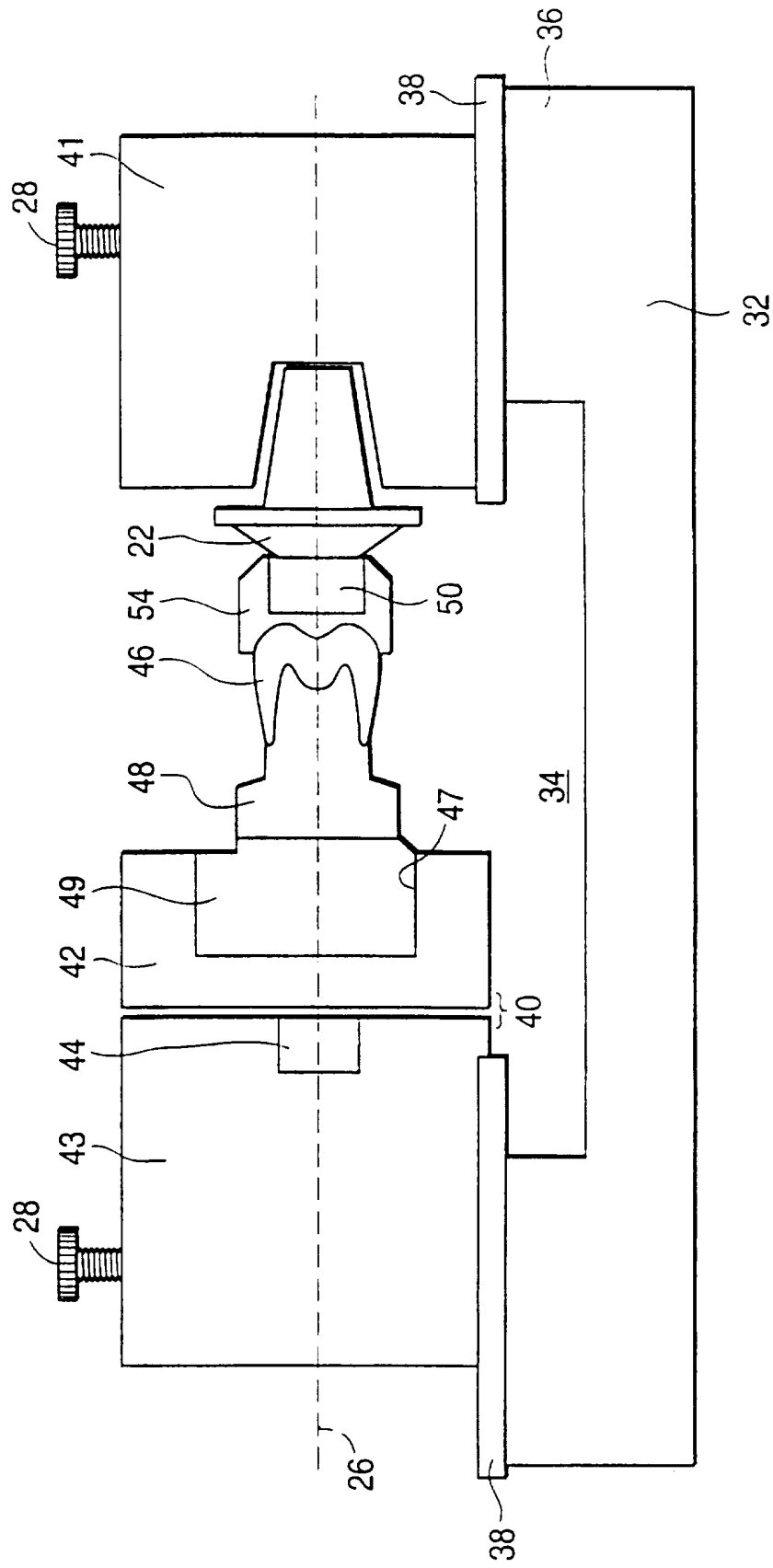


FIG. 4

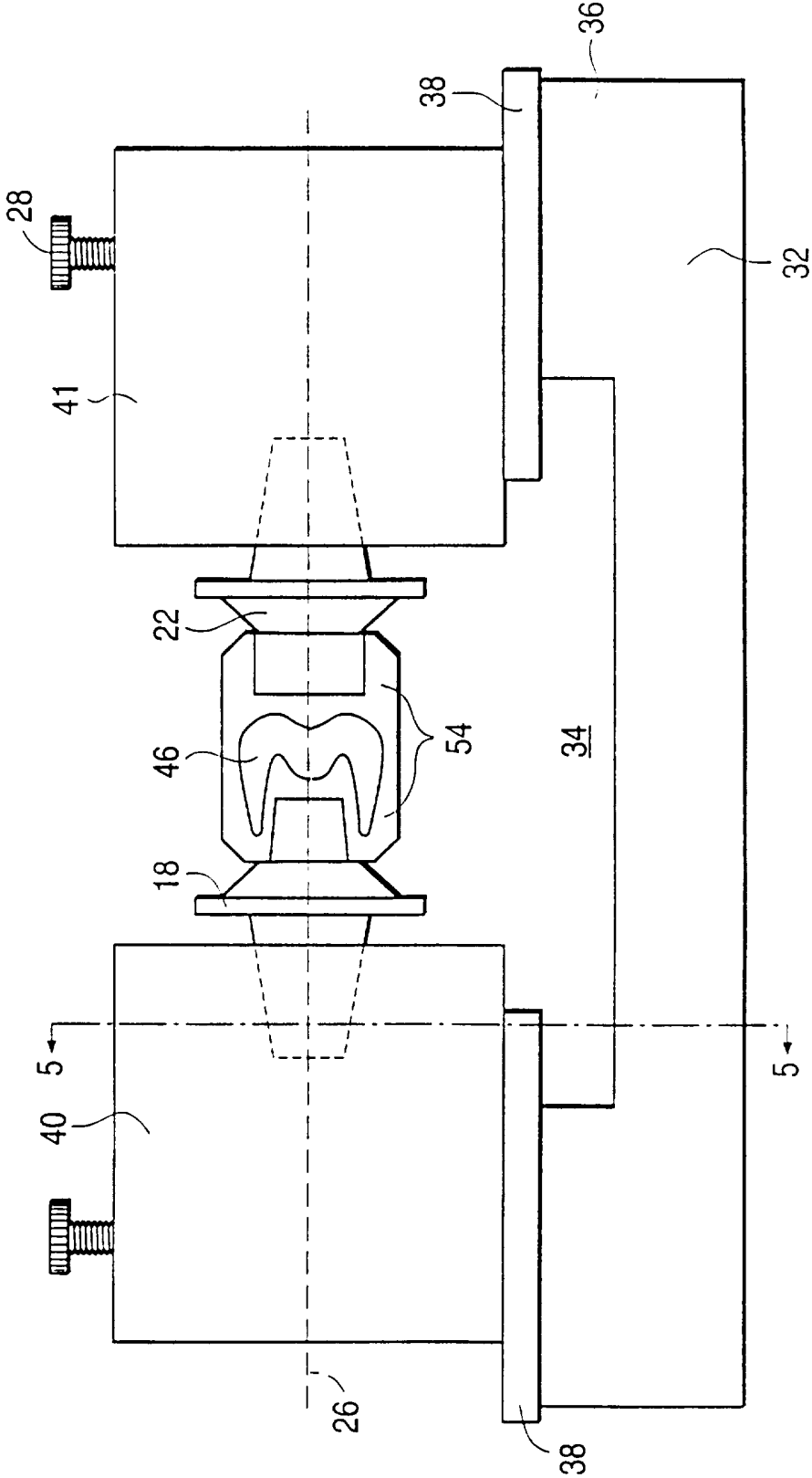


FIG. 5

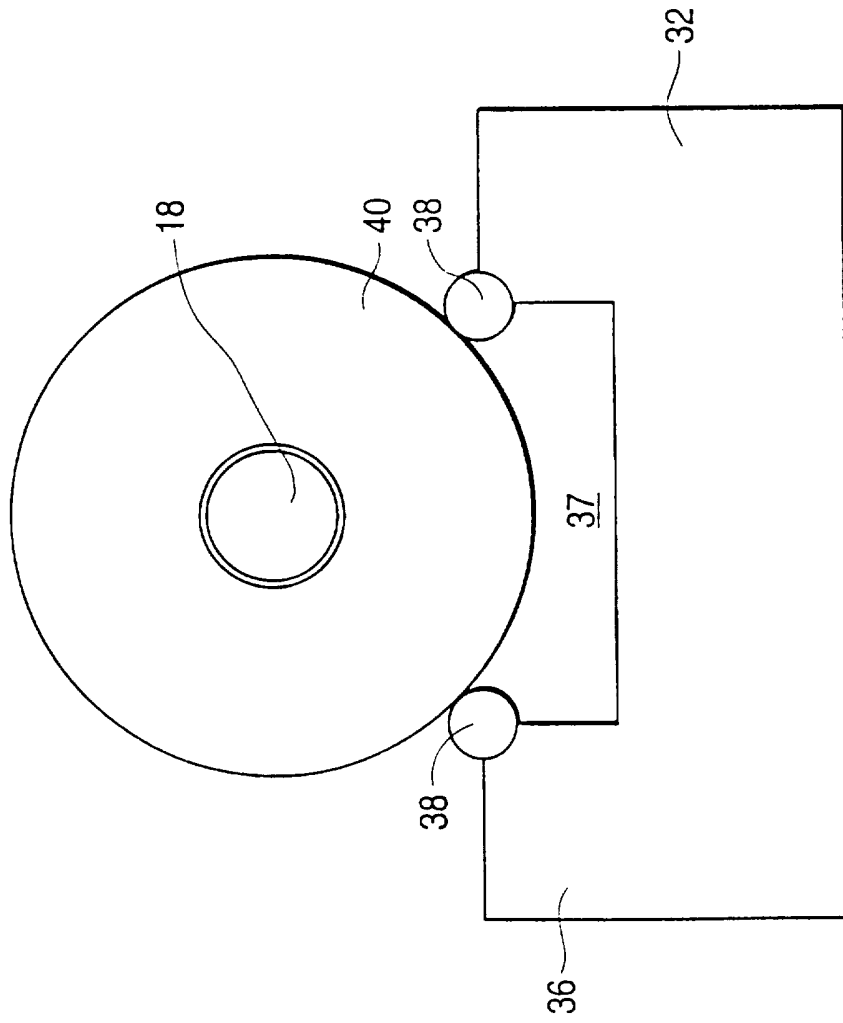


FIG. 6

