



(10) **DE 10 2009 012 018 B4** 2018.11.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 012 018.1**

(22) Anmeldetag: **10.03.2009**

(43) Offenlegungstag: **16.09.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.11.2018**

(51) Int Cl.: **C03B 23/023** (2006.01)
C03B 32/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE

(74) Vertreter:

Herrmann, Jochen, Dipl.-Ing., 70173 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

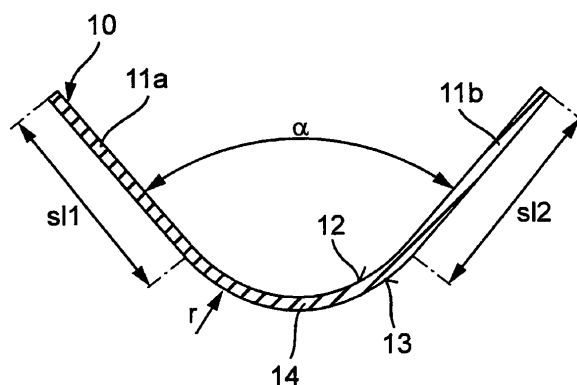
**Mühlke, Oliver, 65366 Geisenheim, DE; Gabel,
Falk, Dr., 65388 Schlangenbad, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 47 576	A1
DE	101 02 576	A1
EP	1 143 483	A1
EP	1 967 499	A1
WO	2005/ 042 420	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von abgewinkelten Glaskeramikbauteilen und nach einem solchen Verfahren hergestelltes Glaskeramikbauteil**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erzeugung eines Glaskeramikbauteils (10) mit mindestens einer Abwinklung (14), wobei die Abwinklung (14) als Übergang zwischen zwei Schenkeln gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwinklung (14) mit einem Biegeradius im Bereich zwischen 30 mm und 200mm während des Keramikisierungsprozesses bei der Umwandlung der im Grünglaszustand befindlichen Glasplatte in die Glaskeramikplatte (10) unter Einwirkung eines Umformungswerkzeuges durchgeführt wird, dass die Glasplatte mit ihrer Außenseite (13) auf zwei Auflageplatten (20.1, 20.2) aufgelegt wird, dass auf die Innenseite (12) der Glasplatte zwei Niederhalter (30) aufgesetzt werden, die jeweils einer Auflageplatte (20.1; 20.2) zugeordnet sind, und dass mittels einer Stellmechanik die beiden Auflagenplatten (20.1, 20.2) bei Erreichen einer für die Verformung der Glasplatte ausreichenden Viskosität gegeneinander verschwenkt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Glaskeramikbauteils mit mindestens einer Abwinklung, wobei die Abwinklung als Übergang zwischen zwei Schenkeln gebildet wird.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Glaskeramikbauteil mit mindestens einer Abwinklung, die zwischen zwei Schenkeln angeordnet ist, wobei die Schenkel einen Öffnungswinkel einschließen.

[0003] Eine Glaskeramik ist ein spezieller Werkstoff, der durch die gezielte und temperaturgesteuerte Kristallisation, der so genannten Keramisierung, aus einem zuvor in einer Schmelzwanne geschmolzenem und in der Regel plattenförmig geformten Glas hergestellt wird. Charakteristische Eigenschaften einer Glaskeramik sind hohe Temperaturwechselbeständigkeit sowie eine sehr geringe thermische Ausdehnung. Glaskeramiken werden z. B. bei Herdplatten, als Kochfelder, als Ofenauskleidung, als Abdeckscheibe für Strahlungsheizkörper, als Sichtscheiben für alle Öfen, die zur Beheizung eingesetzt werden, als Sichtscheibe im Allgemeinen bei Verbrennungsaggregaten bis hin zu Fahrzeugsichtscheiben, die sich üblicherweise durch eine hohe Beschussbeständigkeit auszeichnen, oder auch sogar zu Beleuchtungszwecken (Reflektoren) und Astronomie-Anwendungen verwendet.

[0004] Ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Erzeugung eines Glaskeramikbauteils ist aus der DE 100 47 576 A1 bekannt.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind abgewinkelte Sichtscheiben für Kamine oder Öfen bekannt, die hauptsächlich mittels gasbetriebener Biegeanlagen und mit sehr kleinen Biegeradien von ca. 10mm hergestellt werden. Hierbei werden die zu verformenden Glaskeramikplatten im unkeramisierten Zustand, d.h. als Glas in einem der Heißformgebung nachgelagerten Zusatz-Prozess vor der eigentlichen Keramisierung gebogen.

[0006] Beispielsweise ist aus der WO 2005/042 420 A1 ein derartiges Biegeverfahren bekannt, bei dem die Kante einer Glasplatte auf mindestens einer Seite mit einem oszillierenden Linienbrenner bis zum Erweichungspunkt des Glases erhitzt wird. Anschließend wird der über die niedrig viskose Kante hinausstehende Glasrand entlang der Biegekante als Schenkel des Glasformteiles bis zu einem vorgegebenen Winkel abgebogen und anschließend gekühlt.

[0007] Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung von verformten Glasbauteilen ist in der EP 1 967 499 A1 beschrieben. Die EP 1 143 483 A1 offenbart eine transparente Abdeckung einer Strahlungsquelle von

Lampen, die aus einem thermisch vorspannbaren, gefloateten Aluminosilicatglas oder aus einer Glaskeramik besteht.

[0008] Eine andere bekannte Möglichkeit abgewinkelte Glaskeramikscheiben herzustellen ist das Schwerkraftsenken durch Eigengewicht während des Keramisierungsprozesses. Abgewinkelte Glaskeramikscheiben mit Radien größer ca. 200mm können bei dem Schwerkraftsenken durch Eigengewicht direkt im Keramisierungssofen hergestellt werden.

[0009] Aus der DE 101 02 576 A1 ist ein derartiges Verfahren zur Herstellung von gebogenen Glaskeramikkörpern bekannt, bei dem ein plattenförmiger Grünglaskörper bei Raumtemperatur auf eine Keramisierungsform aufgelegt wird, die eine der geometrischen Struktur des gebogenen Glaskeramikkörpers angepasste Formfläche aufweist. Dazu weist die Keramisierungsform ein dem zu formenden Bogen entsprechendes bogenförmig abgesenktes Mittelteil auf. Zur Keramisierung wird die Grünglasplatte zunächst auf die Keramisierungstemperatur erwärmt. Dabei kommt die anfänglich formstabile Grünglasplatte in einen viskosen Zustand, wodurch infolge der Schwerkraft der über dem Form-Mittelteil befindliche Grünglasplatten-Teil absinkt und sich an seiner bogenförmigen Formfläche anlegt. Ein derartiges Schwerkraftsenken durch Eigengewicht ist aufgrund der niedrigen material- und prozesstypischen Sinkgeschwindigkeit relativ zeitaufwendig, so dass kein besonders hoher Durchsatz erzielt werden kann.

[0010] Die durch dieses Verfahren herstellbaren Biegeradien sind abhängig von der Glasdicke, dem Öffnungswinkel und der Viskositäts-Zeitkurve des Glaskeramikmaterials. Hinzu kommt, dass eine zunehmende Dicke aufgrund des Biegemomentes das Einsinken des Grünglases in die Form noch ungünstig beeinflusst, d.h. dieses Verfahrens des Schwerkraftsenkens ist mit zunehmender Glasdicke immer schwieriger umsetzbar.

[0011] Biegeradien kleiner 200mm sind mit diesem Verfahren nicht herstellbar, da hierfür die im Keramisierungsprozess erreichte Verweildauer bei der für die Verformung benötigten niedrigen Viskosität des Glases nicht ausreicht.

[0012] Abgewinkelte Glaskeramikscheiben mit Biegeradien typischerweise bis zu 54mm können in einer separaten Biegeanlage mittels Gasbrennern im unkeramisierten Zustand gebogen und in einem nachgeschalteten Prozessschritt im Keramisierungssofen keramisiert werden. Das Biegen von Radien größer 54mm mittels einer gasbetriebenen Biegeanlage ist technisch möglich, jedoch nur mit hohem Anlagenaufwand umsetzbar.

[0013] Es ist nun Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von abgewinkelten Glaskeramikbauteilen anzugeben, das einen vereinfachten und beschleunigten Biegeprozess ermöglicht. Zudem sollen durch das angegebene Verfahren auch Biegeradien im Bereich von ca. 30mm-200mm auf einfache und kostengünstige Weise herstellbar sein. Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, ein Glaskeramikbauteil bereit zu stellen, das sich durch eine ansprechende Optik auszeichnet. Darüber hinaus hat die Erfindung das Ziel, auch sogenannte vorgekeimte Glasbauteile entsprechend der Vorgaben zu verformen. Unter „vorgekeimten Glasbauteilen“ werden Grüngläser verstanden, die bereits einen gewissen Kristallphasenanteil nach der Heißformgebung aufweisen. Dieser liegt etwa zwischen 1 und 10% des Gesamtphasenanteils und verkürzt damit die Verweildauer im Bereich der niedrigen Viskosität, die für die Verformung notwendig ist).

[0014] Diese Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Herstellung von abgewinkelten Glaskeramikbauteilen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Glaskeramikbauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind jeweils in den Unteransprüchen beschrieben.

[0015] Verfahrensgemäß ist es vorgesehen, dass die Abwinklung mit einem Biegeradius im Bereich zwischen 30 mm und 200mm während des Keramikisierungsprozesses bei der Umwandlung der im Grünglaszustand befindlichen Glasplatte in die Glaskeramikplatte unter Einwirkung eines Umformungswerkzeuges durchgeführt wird. Demgemäß ist der Umformungsvorgang zur Erzeugung der Abwinklung in den Keramikisierungsprozess eingebunden, was eine zeitliche Optimierung der Fertigung ermöglicht. Dabei wird die für die Keramikisierung benötigte (und auch zum Keramikisierungsprozess gehörende) Aufheizung der Glasplatte im Grünglaszustand ausgenutzt. Während dieser Aufheizphase muss die Glasplatte auf einen Temperaturzustand erhitzt werden, in welchem sie in einen Viskositätszustand gelangt, der eine Umformung zulässt. Ab Erreichen dieses Viskositätszustandes öffnet sich ein zeitlich eng begrenztes Prozessfenster für die Umformung, da dann auch die Keramikisierung (oder präziser: die Volumenkristallisation des Glases) einsetzt. Nach Erreichung eines gewissen Keramikisierungsgrades ist eine Umformung nicht mehr möglich. Mit dem erfindungsgemäßen Umformungswerkzeug wird nun eine Umformkraft in den Glaswerkstoff eingebracht, der innerhalb des engen Prozessfensters die Erzeugung der Abwinklung mit einem Radius zwischen 30 und 200 mm schafft.

[0016] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Biegewinkel der Abwinklung im Bereich zwischen 0° und 179°,

vorzugsweise zwischen 60° und 150° erzeugt wird. Solche Biegewinkel lassen sich mit sehr guter Oberflächenqualität des gesamten Glaskeramikbauteils während des Keramikisierungsprozesses erzeugen.

[0017] Um einen stabilen Umformprozess zu gewährleisten und auch für die Schenkel eine verformungsfreie Geometrie zu garantieren, kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die an die Abwinklung anschließenden Schenkel eine Schenkellänge im Bereich zwischen 1 und 1000 mm, vorzugsweise zwischen 50 und 600 mm, aufweisen beziehungsweise dass in Richtung der Biegeachse eine Glasteilhöhe zwischen 10 und 1000mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 und 800 mm, erzeugt wird. Schenkellängen im Bereich zwischen 50 und 600 mm garantieren eine äußerst geringe Querverformung. Glasteilhöhen im Bereich zwischen 200 und 800 mm garantieren eine für die Umformung ausreichende Stützlänge.

[0018] Eine bevorzugte Erfindungsvariante für eine zeitoptimierte Fertigung ist dadurch gekennzeichnet, dass während des Keramikisierungsprozesses eine Aufheizphase durchgeführt wird, während der die Glasplatte auf eine Keramikisierungstemperatur erwärmt wird, und dass die Abwinklung vor der Erreichung der Keramikisierungstemperatur dann eingeleitet wird, wenn die Glasplatte eine für die Verformung ausreichende Viskosität, bspw. $10e12$ (natürlich auch darunter) bis $10e7$ d Pa s aufweist.

[0019] Die Umformung gelingt besonders einfach, weil die Glasplatte mit ihrer Außenseite auf zwei Auflageplatten aufgelegt wird, auf die Innenseite der Glasplatte mindestens zwei Niederhalter aufgesetzt werden, die jeweils einer Auflageplatte zugeordnet sind, und mittels einer Stellmechanik die beiden Auflageplatten bei Erreichen einer für die Verformung der Glasplatte ausreichenden Viskosität gegeneinander verschwenkt werden. Die Auflageplatten reagieren damit auf die Viskositätserniedrigung der Glasplatte als Folge des Keramikisierungsprozesses und den Druck der Niederhalter.

[0020] Demgemäß ist es vorgesehen, dass beidseitig einer vorgegebenen Biegekante der Glasplatte zwei Auflageplatten angeordnet sind, die jeweils einen Schenkel der Glasplatte aufnehmen und um eine sich parallel zur Biegekante der Glasplatte erstreckende Schwenkachse, beispielsweise schwerkraftbedingt oder durch Einwirkung von Spannkraften, gegeneinander verschwenkbar sind. Auf der der Auflageseite der Glasplatte abgewandten Seite der Glasplatte sind beidseitig der Biegekante der Glasplatte mindestens zwei Niederhalter angeordnet. Dabei bringen die Niederhalter während des Verformens eine in Richtung auf die Glasplatte gerichtete Kraft auf diese auf.

[0021] Die Biegevorrichtung kann mit der zu verformenden Glasplatte einfach beschickt werden. Sie kann dann im beschickten Zustand komplett in einen Ofen eingebracht werden, in welchem die Glasplatte durch Erwärmen in einen viskosen Zustand übergeführt wird. Die Biegevorrichtung ermöglicht durch die Verschwenkung der Auflageplatten eine beschleunigte Verformung, bei der die Biegekante der Glasplatte gleichsam als Scharnier zwischen den beiden Schenkeln der Glasplatte dient.

[0022] Die Niederhalter können jeweils im Bereich der beiden Tangentiallinien zwischen den Schenkeln der Glasplatte und dem sich bei der Verformung einstellenden Biegeradius angeordnet sein. Dabei kann der Abstand der Niederhalter zueinander im Wesentlichen der Bogenlänge des zu verformenden Bereichs unter Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung und des Materialschrumpfens entsprechen.

[0023] Um die zu verformende Glasplatte stabil an den Auflageplatten zu halten, kann an den der Biegekante der Glasplatte abgewandten Enden der Auflageplatten jeweils ein Anschlag für die freien Enden der zu verformenden Glasplatte angeordnet sein.

[0024] Eine besonders stabile Fixierung lässt sich dadurch erreichen, dass die beiden Auflageplatten bei aufgelegter Glasplatte um einen kleinen Neigungswinkel geneigt sind. Dies hat zur Folge, dass die Anschlagleisten eine in Richtung auf die Biegekante gerichtete Druckkraft auf die freien Enden der zu verformenden Glasplatte ausüben.

[0025] Um die Schwenkbewegung der Auflageplatten beim Verformvorgang zu begrenzen, können jeweils Anschläge vorgesehen sein.

[0026] Die das Glaskeramikbauteil betreffende Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass der Abwinklungsbereich auf der dem Öffnungswinkel abgekehrten Außenseite zumindest entlang einer Messstrecke im Bereich von mindestens $\pm 35\%$ der Plattenerstreckung in Richtung der Biegeachse gemessen von der Plattenmitte in Richtung der Biegeachse eine Oberflächenwelligkeit mit einem Ra-Wert $< 10 \mu\text{m}$ aufweist.

[0027] Würde man die Langwelligkeit des Glaskeramik-Artikels unberücksichtigt lassen, dann würde der Ra-Wert von weniger als $10 \mu\text{m}$ für die gesamte Strecke der Biegenaht gelten. Auf die visuelle Beurteilung der Welligkeit im Bereich der Biegenaht hat die Langwelligkeit keinen Einfluss. Somit ist der Ra-Wert das wesentliche Qualitätsmerkmal des Produktes, welches auf das neuartige Verfahren zurückgeführt werden kann.

[0028] Das Glaskeramikbauteil besitzt somit im Bereich der Abwinklung eine Oberflächenqualität, die

aufgrund von Lichtbrechungseffekten vom Betrachter glatt, und nicht wellig, aufgefasst wird. Damit ergibt sich ein optisch homogener Übergang zwischen den Schenkeln und der Abwinklung.

[0029] Bei einer Plattenerstreckung von beispielsweise 400 mm in Richtung der Biegeachse ergibt sich eine Messstrecke von 280 mm, die sich jeweils beidseitig der Plattenmitte zu gleichen Strecken ($\pm 140 \text{ mm}$) erstreckt.

[0030] Die vorgenannte Oberflächenwelligkeit mit der angegebenen Wellenamplitude und/oder der Periodizität lässt sich insbesondere mit geringem Fertigungsaufwand mit dem Verfahren gemäß dem Anspruch 1 erzeugen.

[0031] Mit der Erfindung lassen sich auch komplexe Bauteile mit guter Qualität herstellen. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass an einem zweiten Schenkel ein erster und ein dritter Schenkel jeweils unter Vermittlung einer Abwinklung angeschlossen ist.

[0032] Eine ideale Festigkeitsstruktur ergibt sich für das Glaskeramikbauteil dadurch, dass die Materialgefügestruktur der Schenkel und der Abwinklung im Wesentlichen identisch sind.

[0033] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren entsteht keine oder nur eine geringe Glasdickenveränderung im Verformungsbereich. Es werden sehr glatte Oberflächen auch im Biegebereich erreicht, ohne die für mit Gasbrennern hergestellte Biegung typische Welligkeit der Oberfläche durch inhomogenes Aufheizen des Biegebereichs. Eine Verformung ist dabei auch bei sehr schnell keramisierenden Glaskeramiken herstellbar.

[0034] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0035] Es zeigen:

Fig. 1 ein Glaskeramikbauteil in Seitenansicht und im Schnitt,

Fig. 2 ein weiteres Glaskeramikbauteil in Seitenansicht und im Schnitt,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Umformwerkzeuges mit einer daran fixierten Glasplatte,

Fig. 4 das Umformwerkzeug gemäß **Fig. 3** in einer veränderten Betriebsstellung,

Fig. 5 eine Aufsicht auf das in **Fig. 1** gezeigte Glaskeramikbauteil,

Fig. 6 ein Diagramm das sowohl ein Oberflächenprofil eines Glaskeramikbauteils nach dem

Stand der Technik als auch gemäß eines erfindungsgemäßen Glaskeramikbauteils veranschaulicht,

Fig. 7 eine der **Fig. 6** entnommene Detailansicht in vergrößerter Darstellung,

Fig. 8 und **Fig. 9** ein Diagramm mit dem Oberflächenprofil gemäß Stand der Technik bzw. gemäß der Erfindung nach **Fig. 7** jeweils mit einer überlagerten Polynomkurve

Fig. 10, **Fig. 11** jeweils eine durch Subtraktion des Oberflächenprofils und der Polynomkurve nach **Fig. 8** und **Fig. 9** entstandene Ergebniskurve,

Fig. 12 eine fotorealistische Darstellung des erfindungsgemäßen Glaskeramikbauteils nach **Fig. 1** und

Fig. 13 eine fotorealistische Darstellung eines Glaskeramikbauteils gemäß dem Stand der Technik.

[0036] **Fig. 1** zeigt ein Glaskeramikbauteil **10**, das zwei Schenkel **11a**, **11b** aufweist, die mittels einer Abwinklung **14** einteilig miteinander verbunden sind. Die beiden Schenkel **11a**, **11b** schließen auf der Innenseite des Glaskeramikbauteils **10** den Öffnungswinkel α ein. Auf der Außenseite **13** bildet das Glaskeramikbauteil **10** im Bereich der Abwinklung **14** eine konvexe Kontur, die vorliegend den konstanten Biegeradius r aufweist. Die Schenkel **11a**, **11b** haben eine identische Schenkellänge $sL1$, $sL2$.

[0037] Im Ausführungsbeispiel nach **Fig. 2** ist ein Glaskeramikbauteil **10** gezeigt, das drei Schenkel **11a**, **11b**, **11c** mit den Schenkellängen $sL1$, $sL2$, $sL3$ aufweist. An den Schenkel **11b** schließen sich endseitig die Schenkel **11a** und **11c** jeweils über eine Abwinklung **14** an. Zwischen den Schenkeln **11a**, **11b**, **11c** ist im Bereich der Innenseite **12** je ein Öffnungswinkel α eingeschlossen, wobei die Öffnungswinkel α vorliegend identisch sind. Außenseitig ergibt sich wieder ein Biegeradius r an den Abwinklungen **14**.

[0038] Die Glaskeramikbauteile **10** haben eine Bauteilhöhe in Richtung senkrecht der Bildebene gem. **Fig. 1** und **Fig. 2** von vorzugsweise 200 bis 600mm.

[0039] **Fig. 3** zeigt schematisch ein Umformwerkzeug zur Erzeugung des Glaskeramikbauteils **10** gem. **Fig. 1**. Das Umformwerkzeug besitzt zwei Auflageplatten **20.1** und **20.2**.

[0040] Auf diese Auflageplatten **20.1** und **20.2** ist eine Glasplatte **10.1** im Grünglaszustand aufgelegt. Die Glasplatte **10.1** liegt dabei mit der Außenseite **13** flächig auf der Oberseite der Auflageplatten **20.1** und **20.2** auf. Die längsseitigen Enden der Glasplatte **10.1** sind unter Berücksichtigung der möglichen Längendehnung beim Erwärmungsvorgang mittels zwei-

er Anschlägen **21** lagepositioniert. Auf der Oberseite **12** der Glasplatte **10.1** sind zwei walzenförmige Niederhalter **30** positioniert. Die Mittellängsachsen der Niederhalter **30** verlaufen in Richtung senkrecht zu der Bildebene und damit längs der Biegeachse und der Bauteilbreite.

[0041] Der Verbund gemäß **Fig. 3** wird in einen Keramisierungsofen verbracht und dort auf die Keramisierungstemperatur erhitzt. Während des Erwärmungsvorgangs wird die Glasplatte **10.1** in einen Temperaturzustand gebracht, der eine Verformung möglich macht. Dann setzt das Umformwerkzeug ein und die beiden Auflageplatten **20.1** und **20.2** werden um einen der Abwinklung **14** entsprechenden Winkelbereich gegeneinander gekippt.

[0042] Die linke Auflageplatte **20.1** ist dabei schwenkbar an ein Schwenklager **22** angekoppelt. Die rechte Auflageplatte **20.2** ist an ein Lager **23** angekoppelt, das eine kombinierte Schwenk- und Verschiebebewegung durchführt, wie dies durch die Doppelpfeile am Lager **23** angedeutet ist. Nach der erfolgten Umformung ergibt sich die in **Fig. 1** gezeigte Geometrie. Nach Abschluss der Keramisierung wird der Verbund gem. **Fig. 4** aus dem Keramisierungsofen geholt und abgekühlt. Dann kann das fertige Glaskeramikbauteil **10** abgenommen werden. Das Glaskeramikbauteil **10** zeichnet sich durch eine hervorragende Oberflächenqualität aus, wie dies nachstehend erläutert wird:

[0043] **Fig. 5** zeigt eine Aufsicht auf das Glaskeramikbauteil **10** gemäß **Fig. 1**. Dabei ist die konvexe Seite der Abwinklung **14** dem Betrachter zugekehrt. Die konvexe Abwinklung **14** ist schattiert gezeichnet.

[0044] Exakt im Mittenbereich des Glaskeramikbauteils **10** ist eine Achse x eingezeichnet, die in Richtung der Biegeachse verläuft. Entlang dieser Achse x wird ein Taster eines Welligkeitsprofil-Messgerätes auf der Außenseite **13** des Glaskeramikbauteils **10** entlanggeführt.

[0045] **Fig. 6** zeigt die gemessene Kontur eines nach dem Stand der Technik gefertigten Glaskeramikbauteils **10**, das die gleiche Bauform wie **Fig. 1** aufweist (durchgezogene Linie) und im Vergleich dazu ein Oberflächenwelligkeitsprofil eines erfindungsgemäßen Glaskeramikbauteils **10** (gestrichelte Linie). Der x -Wert ist längs der in **Fig. 5** gezeigten x -Achse gemessen. Auf der y -Achse des Diagramms ist die Auslenkung des Tasters senkrecht zur x -Achse abgetragen (Z -Wert). Wie die **Fig. 6** erkennen lässt, ergeben sich für die gemessenen Konturen makroskopisch betrachtet U-förmige Verläufe. Dies resultiert daraus, dass bei der Erzeugung der Abwinklung **14** die Ränder des Glaskeramikbauteils sich leicht aufwölben. Dieser makroskopische Effekt soll als Langwelligkeit bei der Betrachtung der Oberflächenwel-

ligkeit unberücksichtigt bleiben und kann bei der Ermittlung des genormten Rauheitswertes Ra mittels einer üblichen Polynomrechnung (Polynominales Fitten) herausgerechnet (siehe **Fig. 8** und **Fig. 9**).

[0046] Um die Feinwelligkeit deutlich herauszuarbeiten, muss von den Messdaten der langwellige Anteil abgezogen werden. Dies geschieht durch Anfitten der Messdaten mit einer einfachen und geeigneten Funktion (**Fig. 8** strichpunktierte Linie für Stand der Technik und **Fig. 9** für die erfindungsgemäße Ausgestaltung). Auf die Fast-Fourier-Filterung (Tief- und Hochpassfilterung) wurde verzichtet, da sie aufgrund ihrer Komplexität mehr Fehlerquellen mit sich bringt, als sie zur Herausstellung der eigentlichen Aussage beitragen kann. Im Prinzip entspricht aber das Anfitten und Subtrahieren einer Langwelligkeit der Hochpassfilterung.

[0047] Werden die in den **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigten Kurven gegeneinander subtrahiert, erhält man die Diagramme gem. **Fig. 10** und **Fig. 11**.

[0048] Berechnet man daraus den arithmetischen Mittenrauwert der Welligkeit (Arithmetischer Mittelwert der Beiträge aller Profilwerte, das heißt Aufsummierung der Beträge aller Abweichungen von der Nulllinie dividiert durch ihre Anzahl), so erkennt man, dass bei dem Glaskeramikauteil gemäß dem Stand der Technik die Rauheit deutlich stärker ausgeprägt ist, als bei dem erfindungsgemäßen Glaskeramikauteil.

[0049] Insbesondere lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Fertigungsverfahren ein Ra-Wert $<10\text{ }\mu\text{m}$ erzeugen, wie dies die Darstellungen deutlich erkennen lassen. Damit ergibt sich eine deutlich verbesserte optische Bauteilqualität im Bereich der Abwinklung **14** mit kaum oder nicht wahrnehmbaren Oberflächenwelligkeiten.

[0050] Zur Verdeutlichung des Qualitätsvorteils des erfindungsgemäßen Glaskeramikauteils **10** wird auf die **Fig. 12** und **Fig. 13** verwiesen. **Fig. 12** zeigt ein erfindungsgemäßes Glaskeramikauteil gem. **Fig. 1**, das auf eine horizontale weiße Platte **P** aufgestellt ist. Dabei ist in **Fig. 12** lediglich der Bereich der Abwinklung **14** gezeigt. Vor der Abwinklung **14** sind vier Striche **S** auf die Platte **P** aufgezeichnet. Betrachtet man nun die Platte **P** unter einem kleinen Winkel (beispielsweise $10^\circ - 15^\circ$), dann ergibt sich vor der Abwinklung **14** das Spiegelbild **SB** der Striche **S**. Dieses Spiegelbild **SB** zeigt somit die verwerfungsfreie Kontur der Abwinklung **14**.

[0051] **Fig. 13** zeigt die gleiche Anordnung wie **Fig. 12**, jedoch mit einem Glaskeramikauteil **10** gemäß dem Stand der Technik. Es ist deutlich erkennbar, dass das Spiegelbild **SB** der Striche **S** aufgrund

der stark welligen Oberflächenstruktur deutliche Verwerfungen aufweist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Glaskeramikauteils (10) mit mindestens einer Abwinklung (14), wobei die Abwinklung (14) als Übergang zwischen zwei Schenkeln gebildet wird, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Abwinklung (14) mit einem Biegeradius im Bereich zwischen 30 mm und 200 mm während des Keramisierungsprozesses bei der Umwandlung der im Grünglaszustand befindlichen Glasplatte in die Glaskeramikplatte (10) unter Einwirkung eines Umformungswerkzeuges durchgeführt wird, dass die Glasplatte mit ihrer Außenseite (13) auf zwei Auflageplatten (20.1, 20.2) aufgelegt wird, dass auf die Innenseite (12) der Glasplatte zwei Niederhalter (30) aufgesetzt werden, die jeweils einer Auflageplatte (20.1; 20.2) zugeordnet sind, und dass mittels einer Stellmechanik die beiden Auflagenplatten (20.1, 20.2) bei Erreichen einer für die Verformung der Glasplatte ausreichenden Viskosität gegeneinander verschwenkt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Biegewinkel (α) der Abwinklung (14) im Bereich zwischen 0° und 179° , vorzugsweise zwischen 60° und 150° erzeugt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die an die Abwinklung (14) anschließenden Schenkel (11a, 11b) eine Schenkellänge ($sL1$ bis $sL3$) im Bereich zwischen 1 und 1000 mm, vorzugsweise zwischen 50 und 600 mm, aufweisen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Richtung der Biegeachse eine Glasteilhöhe zwischen 10 und 1000 mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 und 600 mm, erzeugt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere Dicke der Glasteile zwischen 1 bis 20 mm, vorzugsweise zwischen 2-8 mm liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Keramisierungsprozesses eine Aufheizphase durchgeführt wird, während der die Glasplatte auf eine Keramisierungstemperatur erwärmt wird, und dass die Abwinklung (14) vor der Erreichung der Keramisierungstemperatur dann eingeleitet wird, wenn die Glasplatte eine für die Verformung ausreichende Viskosität aufweist.

7. Glaskeramikbauteil mit einer Abwinklung (14), die zwischen zwei Schenkeln (11a, 11b) angeordnet ist, wobei die Schenkel (11a, 11b) einen Öffnungswinkel (a) einschließen,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Abwinklungsbereich auf der dem Öffnungswinkel abgekehrten Außenseite (13) und/oder auf der dem Öffnungswinkel zugekehrten Innenseite (12) zumindest im Bereich von $\pm 35\%$ der Plattenerstreckung in Richtung der Biegeachse gemessen von der Plattenmitte in Richtung der Biegeachse eine Oberflächenwelligkeit mit einem Ra-Wert $< 10 \mu\text{m}$ aufweist, wobei die durch die Bauteilverformung bedingte Langwelligkeit unberücksichtigt bleibt,

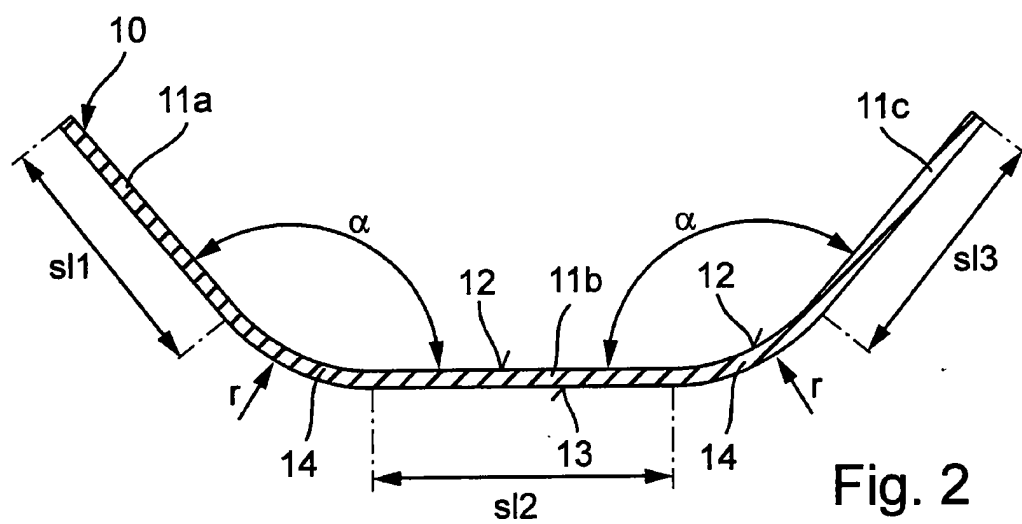
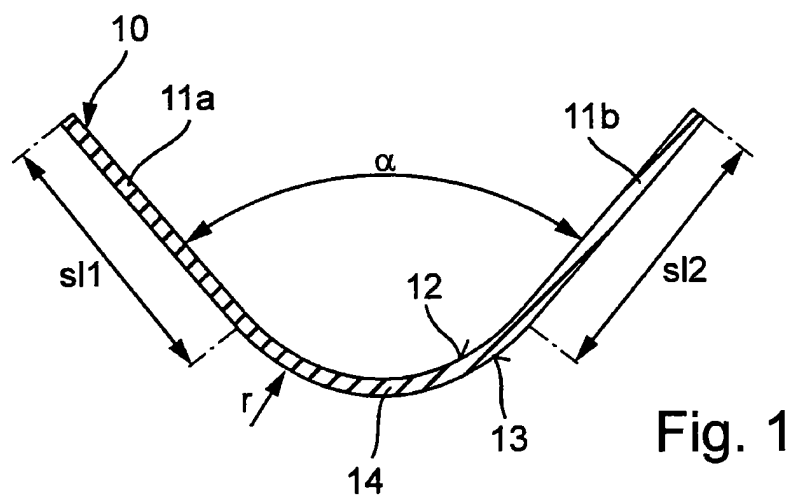
dass die langwellige Oberflächenwelligkeit nicht durch einen kurzwelligen Anteil mit einer Periodizität im Bereich zwischen 10-100 mm überlagert ist, und dass die Materialgefügestruktur der Schenkel (11a, 11b) und der Abwinklung (14) identisch sind.

8. Glaskeramikbauteil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass an einem zweiten Schenkel (11b) ein erster (11a) und ein dritter Schenkel (11c) jeweils unter Vermittlung einer Abwinklung (14) angeschlossen ist.

9. Glaskeramikbauteil gemäß Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Glaskeramikbauteil nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 gefertigt ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



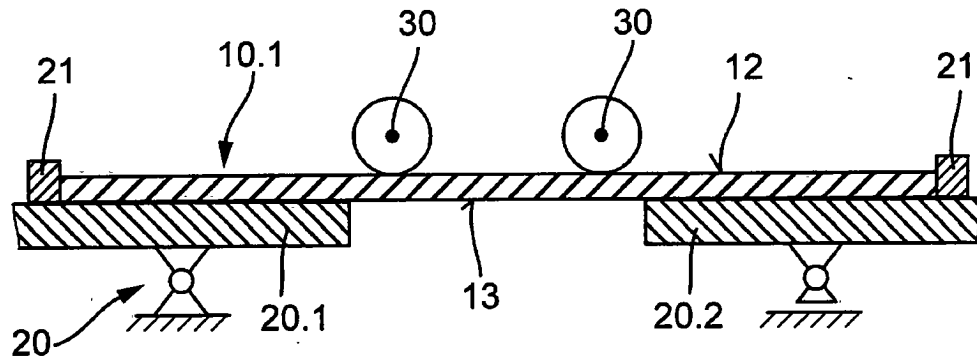


Fig. 3

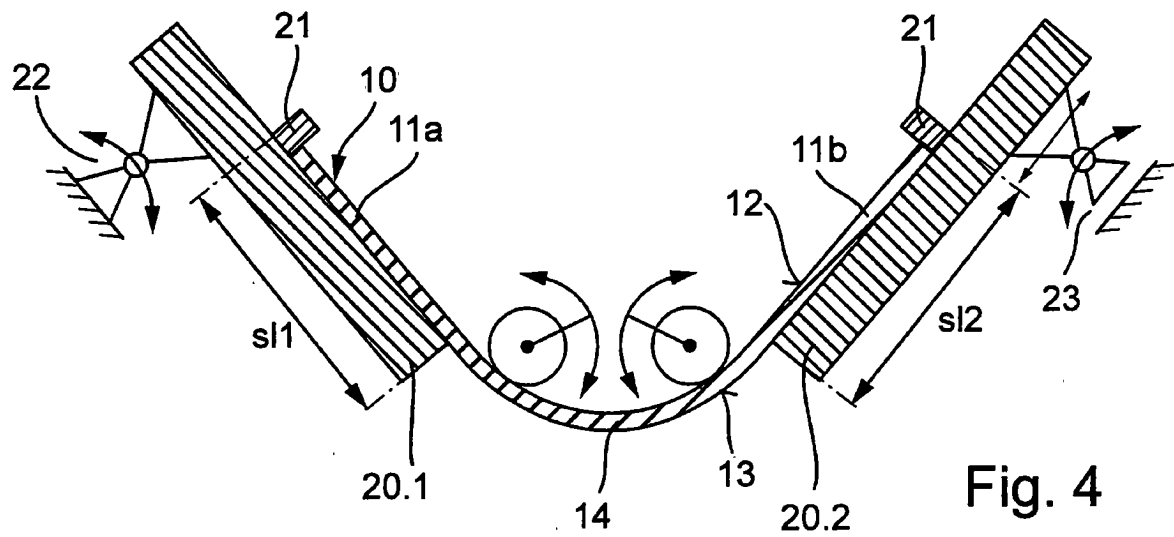
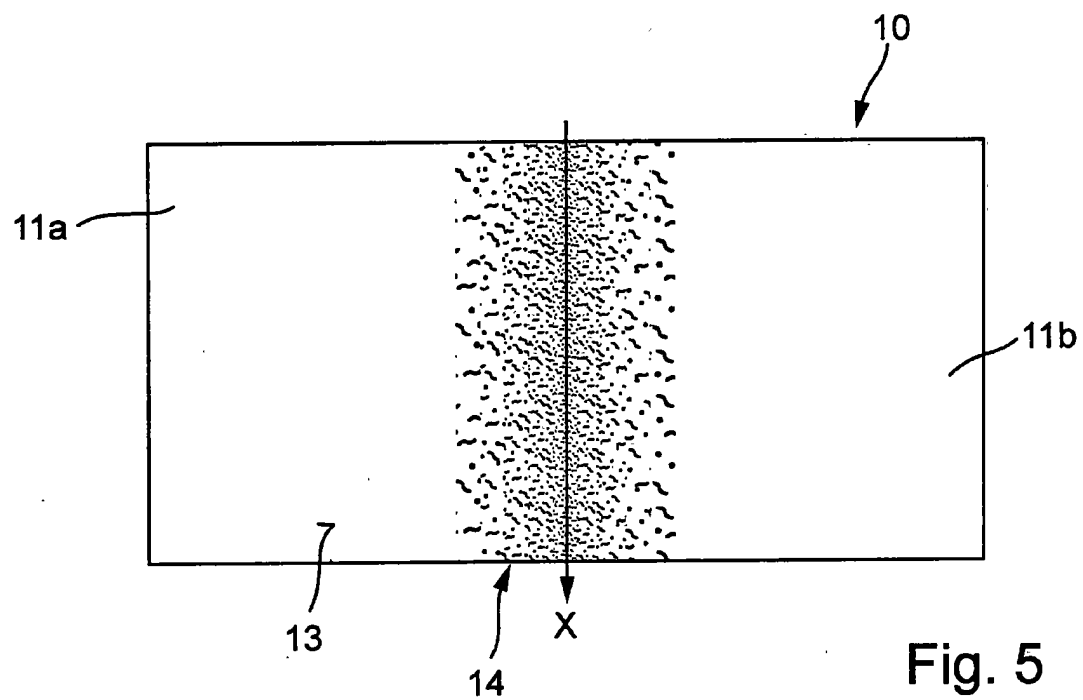


Fig. 4



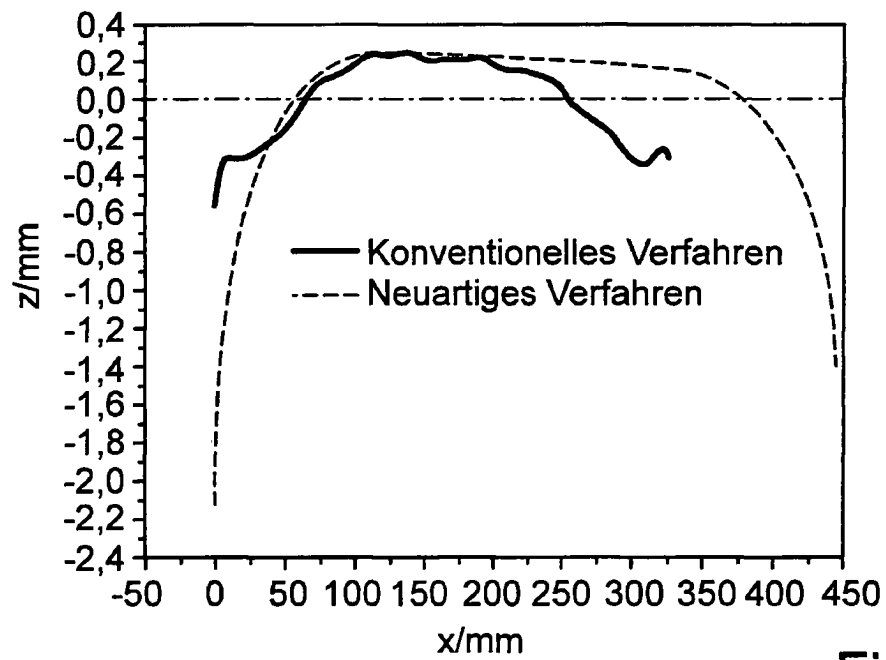


Fig. 6

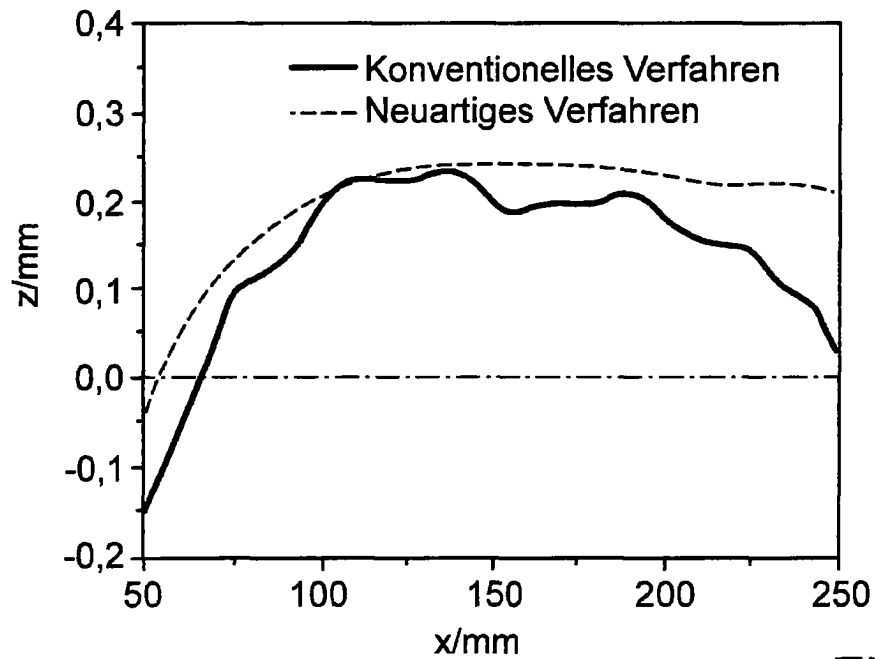


Fig. 7

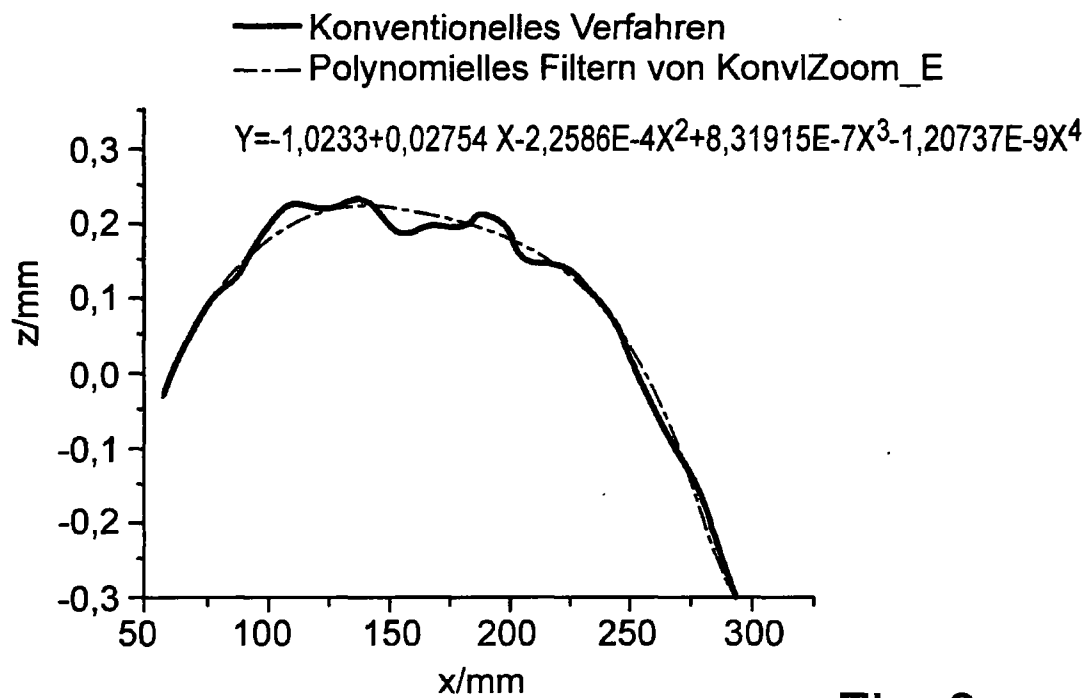


Fig. 8

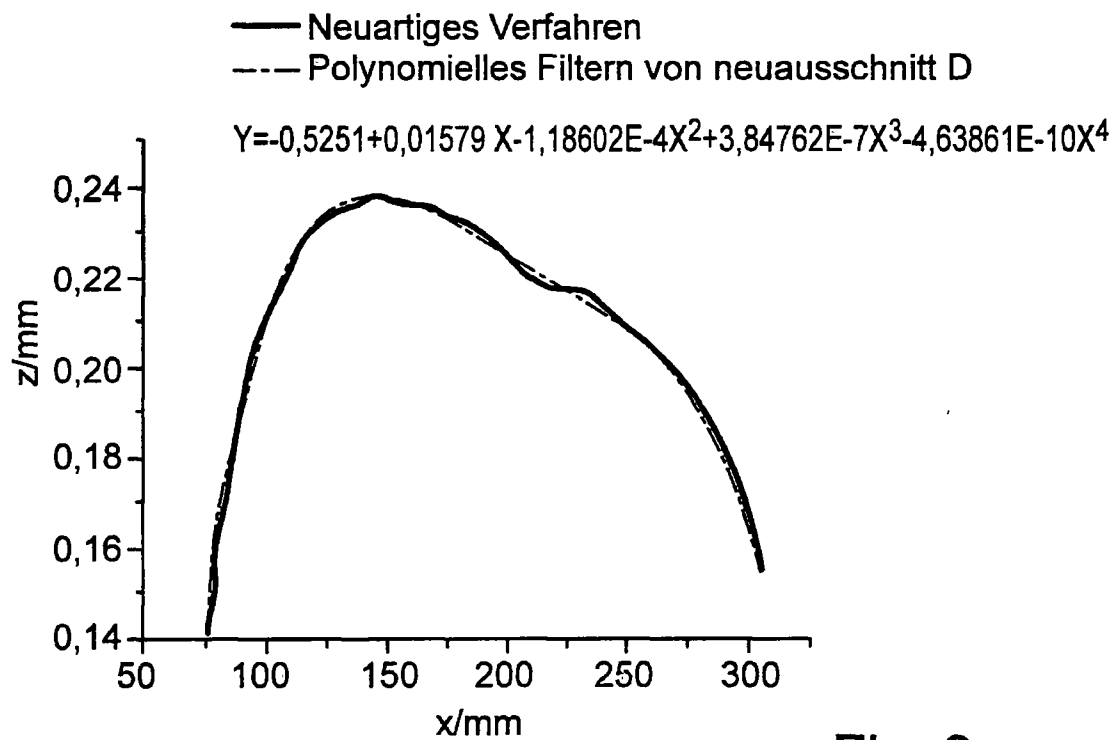


Fig. 9

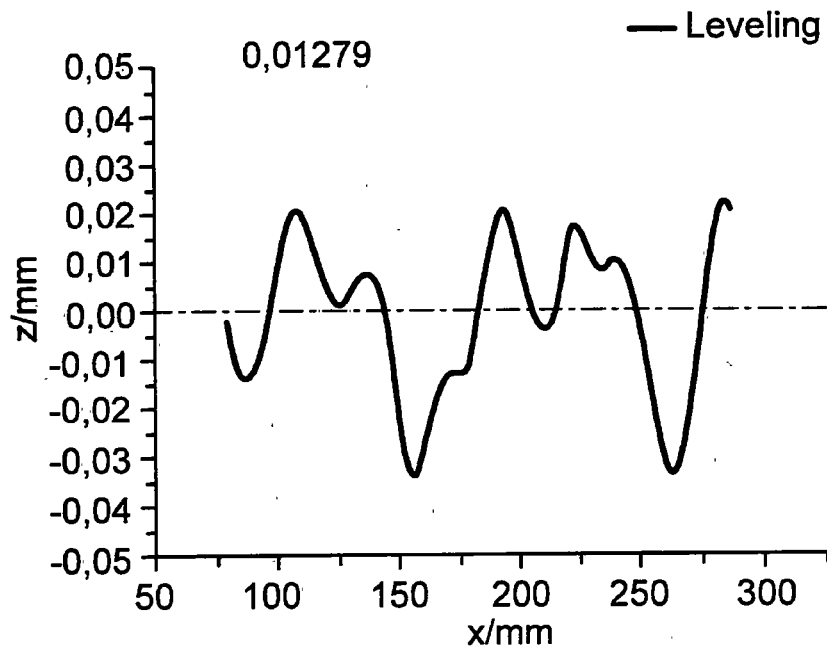


Fig. 10

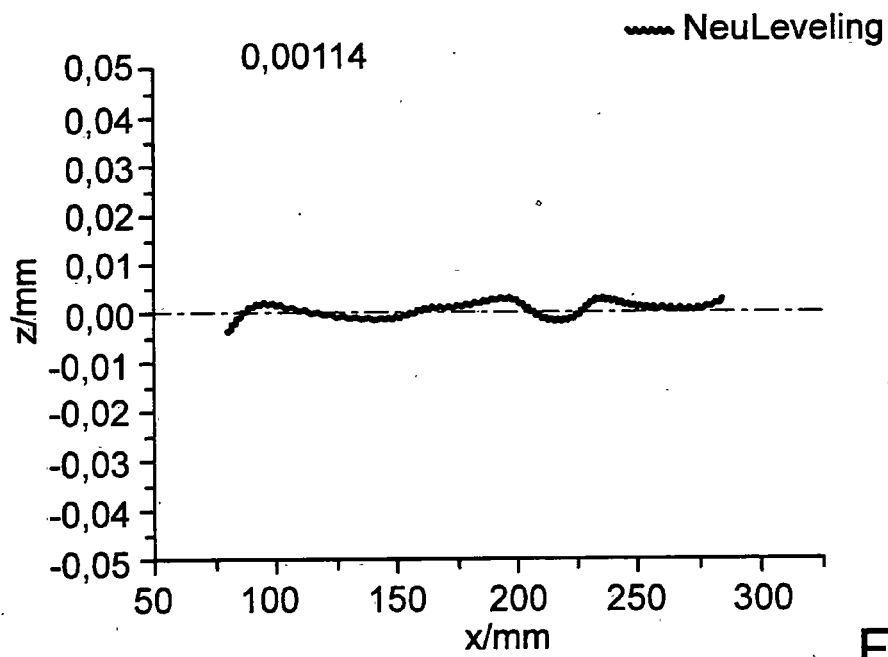


Fig. 11

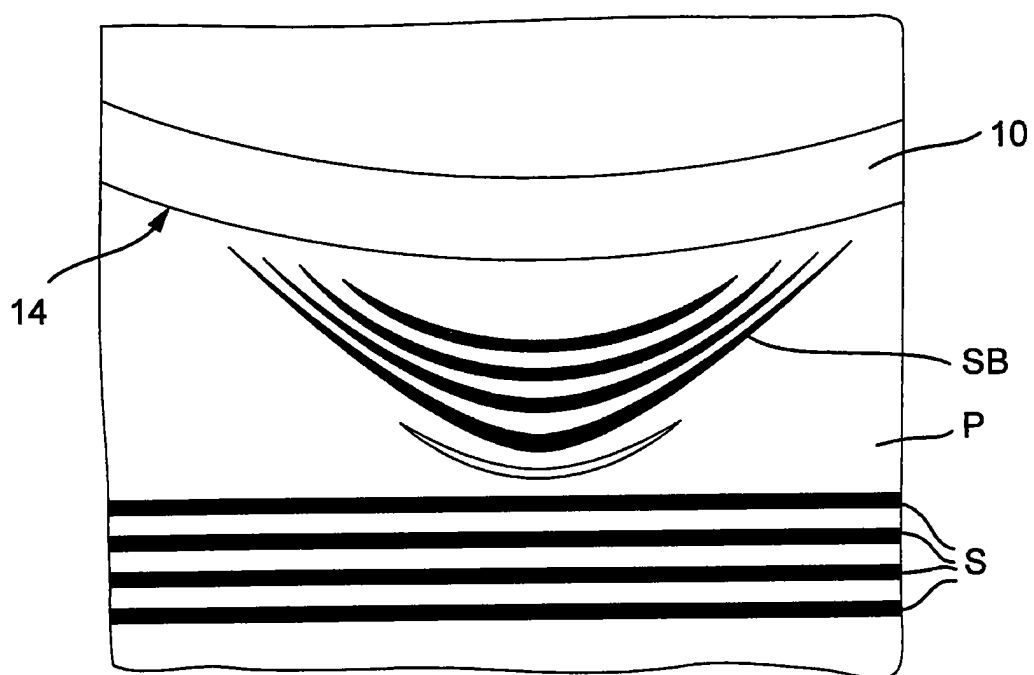


Fig. 12

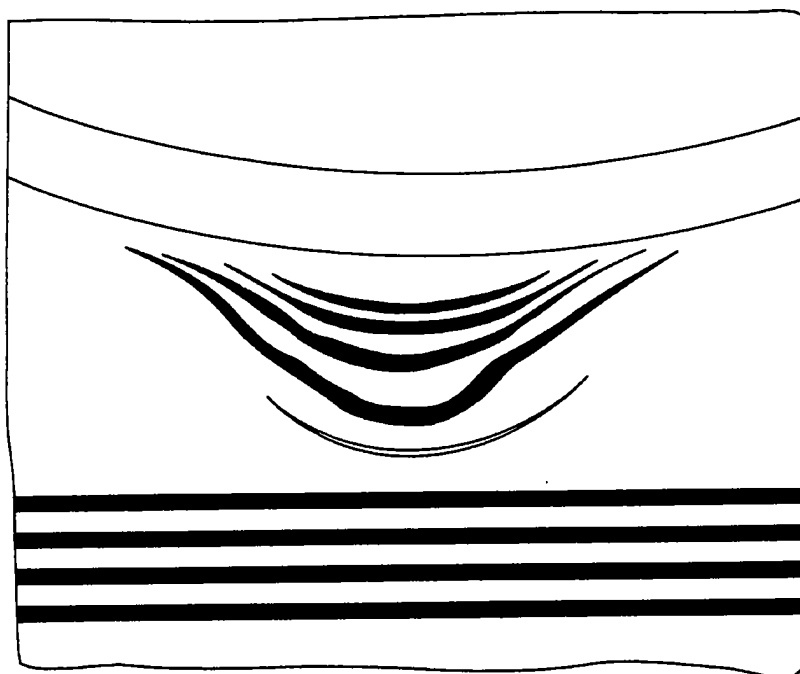


Fig. 13