

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. März 2005 (03.03.2005)

PCT

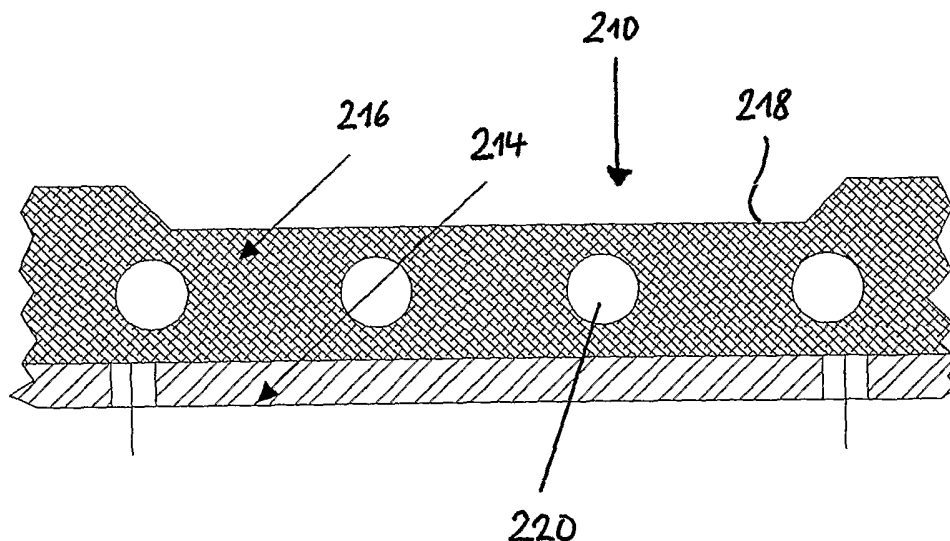
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/018908 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B29C 45/73**, 45/27, 47/78, H05B 3/14
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/009076
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. August 2004 (13.08.2004)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
103 37 685.2 16. August 2003 (16.08.2003) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **KRAUSS-MAFFEI KUNSTSTOFFTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Krauss-Maffei Str. 2, 80997 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BURR, August** [DE/DE]; Kirchgärten 12, 74626 Bretzfeld (DE). **MÜLLER, Andreas** [DE/DE]; Schillerstr. 15, 74389 Cleeborn (DE). **HETSCHEL, Martin** [DE/DE]; Holunderweg 4, 74363 Güglingen (DE). **BÜRKLE, Erwin** [DE/DE]; Langenwalterstrasse 8, 83671 Benediktbeuern (DE).
- (74) Anwalt: **ZOLLNER, Richard**; mannesmann plastics machinery GmbH -FS-, Krauss-Maffei Str. 2, 80997 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HEATABLE TOOL

(54) Bezeichnung: HEIZBARES WERKZEUG



(57) Abstract: The invention relates to a heatable tool for a device, which processes a plastic melt or a metal melt, comprising a surface that comes into contact with a melt. An electrically conductive ceramic (16, 54, 116, 154, 216, 254) for heating, at least in the area of the surface, is provided in this ceramic or is integrated therewith. In order to improve the design of the heatable tool, the invention provides that cooling channels (220) for conducting a cooling medium are made in the electrically conductive ceramic (216). The invention also provides that the electrically conductive ceramic (16, 54, 116, 154, 216, 254) is designed as an insert for inserting into a tool base structure, whereby the insert, particularly by oxidation, has, at least in part, an electric insulation. Lastly, the invention provides that a nanostructure is applied to the electrically conductive ceramic.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/018908 A2



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein beheizbares Werkzeug für eine eine Kunststoffschmelze oder eine Metallschmelze verarbeitende Vorrichtung umfassend eine mit einer Schmelze in Kontakt kommende Oberfläche, wobei eine elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) zum Heizen zumindest im Bereich der Oberfläche in diesem oder mit diesem integriert vorgesehen ist. Zur Weiterbildung des beheizbaren Werkzeugs wird vorgeschlagen, in der elektrisch leitenden Keramik (216) Kühlkanäle (220) zur Durchleitung eines Kühlmediums einzuarbeiten. Überdies wird vorgeschlagen, die elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) als Einsatz zum Einfügen in eine Werkzeug-Basisstruktur auszubilden, wobei der Einsatz, insbesondere durch Oxidation, zumindest teilweise eine elektrische Isolierung aufweist. Schließlich wird vorgeschlagen, auf die elektrisch leitende Keramik eine Nanostruktur aufzubringen.

Heizbares Werkzeug

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein heizbares Werkzeug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Werkzeuge sind in der kunststoff- und metallverarbeitenden Industrie zur Formgebung oder Weiterleitung der Schmelze bekannt. Eine Kunststoffschmelze umfasst sowohl eine reine Kunststoffschmelze wie auch eine Schmelze mit einem bestimmten Füllstoffanteil, z.B. Glasfaser, Keramikpulver, Metallpulver oder andere bekannte Füllstoffe. Der Füllstoffanteil kann dabei Werte von 90 % und mehr erreichen.

Beispielsweise werden Formwerkzeuge bei Extrudern, PUR-Schäummaschinen, Duroplast- und Thermoplast-Spritzgießmaschinen oder bei Druckgussmaschinen zur formgebenden Gestaltung eines Produktes verwendet.

In der Regel besteht ein Formwerkzeug zur Ausbildung einer Formkavität aus zwei Werkzeughälften oder -formteilen, die derart ausgestaltet sind, dass bei deren Zusammenfügen ein dem fertigen Produkt entsprechender Hohlraum entsteht, in den das zu verarbeitende Material, beispielsweise eine Kunststoffschmelze, eingeführt – zum Beispiel eingespritzt - werden kann.

Der vorliegend verwendete Begriff Werkzeug ist jedoch breit auszulegen und betrifft nicht nur formgebende Werkzeuge für das Spritzgießen und Extrudieren. Er umfasst vielmehr auch Heißkanäle und Wärmeleitdüsen sowie andere Einrichtungen, die zur Temperierung und Führung der Schmelze nach ihrer Herstellung sowie zur Verkürzung oder Beseitigung von Kaltkanälen dienen können.

Als Anwendungsbeispiel für ein beheizbares Werkzeug ist ein Formwerkzeug für eine Spritzgießmaschine zu nennen. Bei der Verarbeitung der in eine Kavität einzubringenden Schmelze oder des darin einzubringenden Produktmaterials ist es meist wichtig, dass die Kavitätsoberflächen auf eine bestimmte, auf das Material abgestimmte Temperatur gebracht werden können. Oftmals ist es auch während des Produktionsvorgangs innerhalb eines Zykluses erforderlich, die Temperatur der Kavitätsoberfläche zu verändern. Beispielsweise kann es erforderlich sein, die Temperatur während eines Einspritzvorganges selbst relativ hoch zu halten, danach die Temperatur jedoch signifikant abzusenken, um eine schnelle Erstarrung der Schmelze zu gewährleisten. Allgemein hat die Temperatur in der Kavität und der Kavitätsoberfläche dabei auch großen Einfluss auf die Qualität und Güte des herzustellenden Produktes (optische Produkte, wie optische Datenträger oder Linsen).

Um unter solchen Bedingungen schnelle Zykluszeiten und damit eine hohe Produktivität sicherzustellen, ist eine schnelle Aufheizung der Formwerkzeuge erforderlich.

Es sind jedoch auch noch weitere Anwendungsgebiete denkbar, bei denen Schmelzetemperierungen oder -heizungen notwendig sind. So könnte sich bei Kaltkanälen der Zustand der Schmelze in qualitätsvermindernder Weise ändern. Ändert sich aufgrund der Abkühlung die Viskosität, so kann es auch zu Schwierigkeiten bei der Verarbeitung der Schmelze kommen.

Aber auch bei formgebenden Düsenwerkzeugen, beispielsweise am ausgangsseitigen Ende von Extrudern, ist eine optimale Temperierung oftmals gewünscht und evtl. auch erforderlich.

Bisher sind zum Beheizen von Werkzeugen und Formen Widerstandsheizungen beispielsweise auf Basis eines Widerstandsdrahtes bekannt. Diese Widerstandsheizungen können mittels elektrischer Energie betrieben werden, und die Heizelemente lassen sich auch an die Geometrien der Kavität bzw. der Kavitätsoberflächen anpassen. Zudem ist die Bereitstellung einer unterschiedlichen Heizleistung ohne weiteres möglich.

Weitere Möglichkeiten für das Beheizen von Formwerkzeugen sind mit sogenannten Dickschichtheizelementen gegeben, die hauptsächlich im Bereich der Heißkanaltechnik eingesetzt werden.

Problematisch bei der Verwendung von Heizpatronen ist die mangelnde Anpassungsfähigkeit an die Kontur einer zu beheizenden Fläche. Überdies sind die langen Reaktionszeiten beim Ändern des Temperaturniveaus nachteilig. Ein solches Heizelement kann in der Regel auch nicht mechanisch belastet werden, so dass eine zumindest geringfügige Beabstandung von der Oberfläche erforderlich ist, was zu einer Minderung der Heizleistung führt. Auch sind die Leistungskapazitäten begrenzt. So bewegt sich die flächenbezogene Heizleistung bei Dickschichtheizungen im Bereich von ca. $5,5 \text{ W/cm}^2$ und für Heizpatronen im Bereich von ca. 10 W/cm^2 . Auch die begrenzte Lebensdauer der bekannten Heizelemente ist nachteilig.

Es sind auch andere Heizmöglichkeiten bekannt. So ist in der DE 37 12 128 ein Formeinsatz aus technischer Keramik für Gieß- und Spritzgießwerkzeuge beschrieben, der aus einer elektrisch leitenden Keramik oder einer Metallkeramik auf Nitrid- und/oder Carbidbasis besteht. Ein solcher Formeinsatz eignet sich insbesondere für die Herstellung von Kunststoffteilen mit optischer Oberflächenqualität.

In der DE 199 42 364 ist ein Werkzeug zum Warmumformen beim Prägeformprozess angegeben, wobei direkt unter einem Abformwerkzeug ein Formkörper aus elektrisch leitfähiger und dadurch direkt beheizbarer Keramik in wärmeleitendem Kontakt zu diesem angebracht ist. Der Formkörper ist gegenüber der Umformmaschine durch eine Isolationsplatte thermisch und elektrisch isoliert.

In der WO 00/54949 ist ein beheizbares Werkzeug beschrieben, bei dem die Heizung durch Kohlenstofffasern realisiert ist, welche in eine Keramik eingelegt sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein beheizbares Werkzeug wie in der DE 37 12 128 angegeben weiterzubilden.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen 1, 2, 3 und 5 angegebenen Merkmalen alternativ gelöst.

Bei allen Alternativen ist ein wesentlicher Gedanke die Verwendung einer elektrisch leitfähigen Keramik als Heizelement - anstelle eines üblicherweise benutzten Widerstandsdrahtes oder eines Dickschichtheizelementes. Eine elektrisch leitfähige Keramik lässt sich vorzugsweise mit Niederspannung sowie einem relativ hohen Strom beaufschlagen, so dass innerhalb kürzester Zeit hohe Temperaturen erreicht werden können. Aufgrund der Niederspannung sind auch keine besonderen Sicherheitsvorschriften zu beachten. Überdies lässt sich eine solche Keramik auch mit einem einfachen Regelnetzteil ansteuern.

Als Keramikbasisverbindung eignet sich eine Silizium-Nitrid-Keramik, die an sich nicht leitend ist, jedoch eine günstige Basis darstellt. Dieser Basiskeramikverbindung kann dann eine Zugabe beigemischt sein, welche die Leitfähigkeit herstellt. Beispielsweise kann dies eine Titan-Nitrid-Verbindung sein, die an sich relativ teuer ist. Die Zumischung wird im Bereich von 10 % bis 50 %, insbesondere 20 % bis 40 % gewählt. In Ausnahmefällen kann der Zugabeanteil auch sehr viel höher, insbesondere bis zu 100 % gewählt werden.

Gemäß einer ersten Alternative der Erfindung sind in der elektrisch leitenden Keramik Kühlkanäle zur Durchleitung eines Kühlmediums eingearbeitet. Dies ist hilfreich, um eine Temperaturregelung in besonders guter Weise zu gewährleisten, insbesondere nicht nur eine schnelle Erhitzung des Formwerkzeugs sondern auch eine schnelle Abkühlung sicherzustellen. Diese Kühlkanäle lassen sich beispielsweise durch Erodierung ausbilden. Bei einer Durchleitung eines Kühlmediums (gasförmig, flüssig) lässt sich die Temperatur in der Keramik und damit auch im Formwerkzeug selbst in einer erforderlichen Weise einstellen. Insgesamt sind damit Heiz- und Kühlmöglichkeiten in gleicher Weise gegeben.

Weiter ist es möglich, die elektrisch leitende Keramik als Einsatz zum Einfügen in eine Werkzeug-Basisstruktur auszubilden. Um eine elektrische Isolierung gegenüber anderen Bauteilen und/oder gegenüber der Schmelze zu erreichen, kann die elektrisch leitende Keramik zumindest teilweise oxidiert ausgeführt sein. Die so aufgebrachte Oxidschicht dient dabei als Isolation.

Eine weitere Alternative ist durch die Ausbildung einer Struktur, insbesondere einer Nanostruktur, auf einer Oberfläche der elektrisch leitenden Keramik gegeben, insbesondere, wenn diese in einem Formwerkzeug mit der Kunststoffschmelze in Kontakt kommt. In diesem Fall wird die Nanostruktur bei der Produktherstellung übertragen und auf der Oberfläche des Produktes abgebildet. Ein solches Verfahren kann beispielsweise zur Ausbildung von Informationen wie bei optischen Datenträgern (CD, DVD etc.) dienen oder aber zur Erreichung bestimmter (z.B. physikalischer) Effekte bei einem Produkt, wie eine Entspiegelung einer Linse oder der Veränderung der Lichttransmission bei einem optischen Produkten. Natürlich können alle Arten von Oberflächenstrukturen durch eine entsprechende Gestaltung der Oberfläche der elektrisch leitenden Keramik gebildet werden. Die Ausbildung der Oberflächenstruktur ist beispielsweise durch einen Material-Abscheideprozess möglich.

Die elektrisch leitende Keramik kann sandwichartig im Formwerkzeug, beispielsweise zwischen zwei Teilen des Werkzeugs, aufgenommen sein. Dabei ist es jedoch sinnvoll, die elektrisch leitende Keramik möglichst nahe unterhalb der Kavitätsoberfläche anzuordnen, so dass die Wärme auch am gewünschten Ort erzeugbar ist.

Da sich für eine solche elektrisch leitende Keramik auch ein Material mit guter mechanischer Eigenschaft (zum Beispiel hoher Druckfestigkeit) auswählen lässt, kann die Keramik nicht nur unmittelbar unterhalb einer Oberfläche eingesetzt werden, die mit der Schmelze in Kontakt (z.B. Kavitätsoberfläche oder Schmelzekanal) kommt, sondern die elektrisch leitende Keramik kann selbst mit einer solchen Oberfläche ausgestaltet werden. Dazu sollte jedoch ein hochabriebfestes Material für die elektrisch leitende Keramik ausgewählt werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die elektrisch leitfähige Keramik mit dem Werkzeug bzw. mit einem anderen Element des Werkzeugs stoffschlüssig verbunden. Dies kann beispielsweise durch Diffusionsschweißen erreicht werden. In diesem Fall ist die elektrische Keramik nicht nur in das Werkzeug integriert sondern als Teil davon ausgebildet.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die elektrisch leitfähige Keramik als Werkzeugeinbausatz ausgeführt, welcher in die Ausnehmung

eines Werkzeugträgers einsetzbar oder auf einen Werkzeugträger aufsetzbar ist. Werden dabei dimensionsmäßig standardisierte Werkzeugträger mit entsprechenden Ausnehmungen und/oder Halterungen verwendet, so können die einzelnen elektrisch leitenden und damit elektrisch beheizbaren Keramikformteile einfach gegeneinander ausgetauscht werden, um so verschiedenen Kavitäten bilden zu können. Werden auch die elektrischen Zuführungen entsprechend koppelbar mit der elektrisch leitenden Keramik ausgebildet, so können die einzelnen Keramikeinsätze nach einem Öffnen einer Schließeinheit einfach entnommen und gegen einen anderen Keramiksatz ausgetauscht werden. Entscheidend dabei ist natürlich, dass das Kavitätsmaß die Dimension des Keramikeinsatzes nicht überschreitet bzw. erreicht. Ein solch austauschbarer Keramikeinsatz wäre beispielsweise bei der Herstellung von optischen Datenträgern wie CD's oder DVD's nützlich, für deren Herstellung Informationen anstelle des bislang bekannten Stampers auf die Kavitätsoberfläche der elektrisch leitfähigen Keramik eingearbeitet oder aufgebracht sind.

Um eine ausreichende Stabilität der Keramik zu gewährleisten, kann diese auch auf einem Trägerelement, beispielsweise einem normalen Werkzeugstahl angeordnet sein.

Vorzugsweise ist die elektrisch leitende Keramik in ihrer Form oder Oberfläche an die Geometrie der mit der Schmelze in Kontakt kommenden Oberfläche (z.B. der Kavitätsoberflächen oder der Heißkanäle) angepasst. Mit der elektrisch leitfähigen Keramik lässt sich die Temperaturverteilung über die zu beheizende Oberfläche gleichmäßig gestalten. Dies ist beispielsweise bei Kavitätsoberflächen notwendig, da die Temperierung der Kavitätsoberflächen Einfluss auf die Qualität des herzustellenden Produktes hat.

Die elektrische Versorgung der elektrisch leitenden Keramik lässt sich entweder durch normale Kontaktierung oder durch Aufbringen der Keramik auf eine oder mehrere elektrisch leitfähige Oberflächen erreichen. Durch ein Aufbringen der elektrisch leitenden Keramik auf eine oder mehrere elektrisch leitfähige Oberflächen müssen keine eigenen und separaten elektrischen Zu- bzw. Ableitungen vorgesehen werden. In diesem Fall ist es möglich, die Isolierung der elektrisch leitenden Keramik im Bereich der Kontaktierung wegzulassen.

Gemäß einer weiteren Alternative kann ein keramisches Verbundsystem aus einer elektrisch leitenden und einer elektrisch nicht leitenden Keramik verwendet werden. In diesem Fall kann den Keramik-Gesamtverbund aus einer kostengünstigeren Keramik – wie beispielsweise einer Silizium-Nitrid Verbindung – und einer kostenintensiveren elektrisch leitenden Keramik - beispielsweise einer mit Titan-Nitrid versetzten Silizium-Nitrid-Verbindung - bestehen. Die elektrisch leitende Keramik soll in manchen Fällen eine bestimmte Stärke/Dicke nicht überschreiten. Beispielsweise können Dicken im Bereich von 1 bis 4 mm gewünscht oder erforderlich sein. Dies kann teilweise auch vom geforderten elektrischen Widerstand abhängen. Bei einer solchen Dicke hätte die elektrisch leitende Keramik selbst nicht die gewünschte Stabilität, um als Formoberfläche für ein Werkzeug zu dienen. Um eine ausreichende Stabilität zu gewährleisten kann die Verbundkeramik dienen, wobei die gewünschte Stabilität durch die nicht leitende Keramik gewährleistet wird, die zur Gesamtverstärkung beiträgt. Gleichzeitig kann die nicht leitende Keramik zu Isolationszwecken dienen, wobei dann die elektrisch leitende Keramik in die elektrisch nicht leitende Keramik eingesetzt ist. Ein Vorteil des Keramikverbundes ist in den gleichen physikalischen Größen, wie Wärmeausdehnung, Druckfestigkeit etc. zu sehen. Die elektrisch nicht leitende Keramik des Verbundsystems kann aber auch zur Ausbildung einer Kühlschicht mit Kühlkanälen vorgesehen sein. Bei solche keramischen Verbundsystemen ist es vorteilhaft eine stoffschlüssige Verbindung zwischen diesen Keramiken vorzusehen.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend und mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die beiliegenden Zeichnungen zeigen in

- | | |
|---------|---|
| Figur 1 | eine schematische Teilschnittansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Formwerkzeugs, |
| Figur 2 | eine schematische Teilschnittdarstellung einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Formwerkzeugs, |
| Figur 3 | eine schematische Teilschnittansicht einer dritten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Formwerkzeugs, |
| Figur 4 | eine schematische Teilschnittansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmeleitdüse, |

- Figur 5 eine schematische Teilschnittansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmeleitdüse und
- Figur 6 eine schematische Teilschnittansicht einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmeleitdüse.

In den dargestellten Figuren 1 bis 3 sind jeweils nur ein Teil eines Formwerkzeugs in schematischer Schnittdarstellung abgebildet. Diese Abbildungen sind jedoch ausreichend zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung anhand eines Formwerkzeuges für eine Spritzgießmaschine. Für ein funktionsfähiges Formwerkzeug müssen jedoch zumindest zwei solcher Formwerkzeugteile zur Ausbildung einer mit Kunststoff- oder Metallschmelze füllbaren Kavität zusammengeführt werden. Wie eingangs erwähnt, umfasst der Begriff Kunststoffschmelze dabei auch Compoundschmelzen mit einem Füllstoffanteil. Dies ist jedoch aus dem Stand der Technik hinreichend bekannt und muss daher vorliegend nicht näher erläutert werden.

In Figur 1 ist ein Ausschnitt in Teilschnittansicht aus einem Teil eines Formwerkzeugs 10 dargestellt, wobei das Formwerkzeug an einer nicht näher dargestellten Aufspannplatte einer Schließeinheit einer Spritzgießmaschine montierbar ist.

Der Formwerkzeugteil 10 aus Figur 1 umfasst ein Basis- und Trägerelement 14 aus einem normalen Werkzeugstahl. Dieses erste Element besitzt Kühldurchflussöffnungen, durch die bei Bedarf ein Kühlmittel hindurchgeleitet werden kann. Die Kavitätsoberfläche wird durch ein weiteres Werkzeugelement 12 gebildet, an deren in Figur oben dargestellter Fläche eine Kavitätsfläche 18 ausgebildet ist. Vorliegend ist zwischen dem Werkzeugelement 12 sowie dem Basis- und Trägerelement 14 eine elektrisch leitfähige Keramik 16 angeordnet. Die elektrisch leitfähige Keramik 16 besteht aus einem druckfesten Material, welches beim Anlegen einer Niederspannung von einem hohem Strom durchflossen wird. Dies ermöglicht innerhalb kürzester Zeit eine sehr hohe Temperaturbildung in der Keramik. Durch die mechanische Druckfestigkeit ist es möglich, die Keramik 16 unmittelbar nahe der Kavitätsoberfläche 18 anzuordnen. Damit wird gewährleistet, dass die mit der Keramik 16 generierte Temperatur die Kavitätsoberfläche 18 schnell erreicht. Vorliegend ist die Kavitätsoberfläche 18 parallel zur Keramik 16 ausgebildet. Sollte die Kavitätsoberfläche 18 anders geformt sein, so

könnte auch die Keramik 16 an die jeweilige Geometrie entsprechend angepasst werden.

Die elektrisch leitfähige Keramik 16 ist in nicht näher dargestellter Weise mit elektrischen elektrischen Kontaktierungen versehen, um einen Stromdurchfluss durch die Keramik zu erzeugen. Sichtbar in den Figuren 1 bis 3 sind lediglich die elektrischen Zuführungen. Ebenfalls nicht dargestellt ist der Anschluss der elektrisch leitfähigen Keramik an ein Regelnetzteil. Dieses Regelnetzteil kann einfach ausgebildet und separat angeordnet, aber auch in die Steuerung einer elektrischen Spritzgießmaschine integriert werden.

Die Ausführungsform gemäß Figur 2 unterscheidet sich von derjenigen in Figur 1 dadurch, dass das in Figur 1 die Kavitätsoberfläche bildende, aus Werkzeugstahl bestehende Element 12 weggelassen ist und die Keramik 116 nunmehr selbst mit der Kavitätsoberfläche 118 ausgebildet ist. Auch bei dieser Ausführungsform ist die elektrisch leitfähige Keramik 116 auf einem Basis- und Trägerelement 114 angeordnet, wobei dieses Basis- und Trägerelement 114 wiederum von Kühlöffnungen durchzogen ist. Mit der unmittelbaren Ausbildung der Kavitätsoberfläche auf der Keramik selbst kann die Temperatur genau an Ort und Stelle generiert werden, an der sie auch benötigt wird. Dies führt zu einer besonders schnellen Aufheizung der Kavitätsoberfläche. In Kombination mit einem Durchströmen eines Kühlmediums durch die Kühlkanäle 120 kann auch ein relativ schnelles Abkühlen und damit eine gewünschte Temperaturregelung erreicht werden. Die elektrisch leitfähige Keramik 116 garantiert dabei auch eine sehr hohe flächenbezogene Heizleistung. Auf der Oberfläche 118 der elektrisch leitenden Keramik kann eine Struktur aufgebracht sein.

Wird die Keramik 116 selbst als Kavitätsoberfläche vorgesehen, so ist die Verwendung eines hochabriebfesten Keramikwerkstoffes sinnvoll. Überdies sollte dann die Oberfläche der Keramik 118 beispielsweise mittels einer Oxidschicht elektrisch isoliert werden. Durch die Verwendung einer Niederspannung für den Betrieb der elektrisch leitfähigen Keramik sind an die Betriebssicherheit überdies nur relativ geringe Anforderungen zu stellen.

Eine Ausführungsform der Erfindung ist in Figur 3 dargestellt. Hier ist die in Figur 2 gezeigte Keramik 116 nunmehr dicker ausgebildet (vgl. Bezugszeichen 216). Überdies sind die Kühlkanäle 220 bei dieser Ausführungsform in besonders bevorzugter und erfinderischer Weise in die Keramik 216 selbst integriert. Dies kann beispielsweise durch ein Erosionsverfahren geschehen. Das Formwerkzeug lässt sich bereits durch entsprechendes Ausbilden der elektrisch leitfähigen Keramik 216 mit einer Kavitätsoberfläche 218 und den Durchflusskanälen 220 im Großen und Ganzen fertig stellen. Die Keramik 216 muss dann nur noch auf das entsprechende Halte- und Trägerelement 214 aufgebracht werden. Im Halte- und Trägerelement 214 können auch die entsprechenden Zu- und Ableitungen für die elektrische Versorgung der Keramik vorgesehen sein. Bei dieser Ausgestaltung können die Wärme und Kühlung sehr Oberflächen nah erzeugt werden, was zu besonders kurzen Reaktionszeiten und einer guten Effizienz sowohl beim Heizen wie auch beim Kühlen beiträgt. Vorliegend nicht näher dargestellt, kann die elektrisch leitende Keramik 216 als austauschbarer Einsatz ausgebildet sein, der auf das Halte- und Trägerelement 214 befestigbar aufgebracht werden kann. Dabei kann die elektrische Isolation an den Kontaktierungsstellen weggelassen werden, so dass beim Einsetzen der elektrisch leitenden Keramik 216 unmittelbar ein elektrischer Kontakt mit der elektrischen Zuführung aufgebaut ist. Zudem ist noch ein lösbarer Anschluss der Durchflusskanäle an das Gesamtkühlsystem erforderlich. In diesem Fall können dimensionsgleiche Einsätze schnell und mühelos ausgetauscht werden. Die Heiz- und Kühlleistung ist in der jeweiligen elektrisch leitenden Keramik entsprechend den Anforderungen wähl- und ausbildbar.

Weitere Ausführungsformen für den Einsatz der vorliegenden Erfindung sind in den Figuren 4 bis 6 dargestellt. In diesen Figuren ist jeweils eine Wärmeleitdüse mit jeweils gleichen Abmessungen gezeigt. Alle dargestellten Wärmeleitdüsen 50, 150 und 250 besitzen einen Wärmeleitkanal 52, 152 und 252 durch den hindurch Schmelze geleitet werden kann. Die Schmelze kommt dabei vom in den Figuren rechten Bereich und verlässt die Wärmeleitdüsen an deren in den Figuren linken Bereichen. Zur Temperierung der Wärmeleitkanäle 52, 152 und 252 ist wiederum die bereits beschriebene elektrisch leitfähige Keramik eingesetzt, jedoch immer in verschiedenen Varianten.

Gemäß Fig. 4 umfasst die Wärmeleitdüse ein Gehäuse 56 in welche die elektrisch leitfähige Keramik 54 eingebettet ist. Die Keramik kann dabei rohrförmig angeordnet sein und zwar koaxial zum Wärmeleitkanal 52. Sie erstreckt sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Wärmeleitdüse 50 und ist über einen dünnen Gehäuseabschnitt vom Wärmeleitkanal 52 selbst getrennt. Je geringer der Abstand zum Wärmeleitkanal 52 ist umso unmittelbarer entsteht die Wärme am benötigten Ort.

Eine Variante ist in Figur 5 gezeigt. Hier ist zumindest ein Abschnitt des Wärmeleitkanals 152 selbst durch eine Bohrung in der elektrisch leitfähigen Keramik 154 ausgebildet. Damit ist gegenüber Fig. 4 der innere dünne Gehäuseabschnitt weggelassen. Mit dieser Anordnung entsteht die Wärme genau an dem benötigten Ort. Zudem dient das äußere Gehäuse als Halterung für die Keramik. Sowohl in diesem Fall wie auch im Ausführungsbeispiel der Figur 4 kann die Keramik auch stoffschlüssig mit dem Gehäuse verbunden sein, beispielsweise durch ein Diffusionsschweiß-Verfahren.

Eine dritte Variante der Wärmeleitdüse ist in Figur 6 dargestellt. Hier ist auf das Gehäuse ganz verzichtet und die Wärmeleitdüse 250 selbst ist ausschließlich mit der elektrisch leitfähigen Keramik 254 hergestellt, in der auch der Wärmeleitkanal 252 ausgebildet ist. Bei einer solchen Ausführungsform müssten die Kontakte separat angebracht werden. Überdies müsste die gewählte Keramik eine ausreichende Stabilität und Abriebfestigkeit aufweisen. Nicht zuletzt sollte in einem solchen Fall die elektrisch leitfähige Keramik auch elektrisch – zumindest nach außen – isoliert sein.

Eine analoge Ausgestaltung eines beheizbaren Werkzeugs ist auch für ein Extrusionswerkzeug (z.B. einen Rohrkopf) am ausgangsseitigen Ende eines Extruders möglich.

Insgesamt lässt sich mit der vorgeschlagenen Verwendung einer elektrisch leitfähigen Keramik – egal in welcher Alternative – eine schnelle Aufheizung der mit einer Schmelze in Kontakt kommenden Oberfläche eines Werkzeugs bei hoher Lebensdauer und Funktionssicherheit erreichen. Dazu tragen auch die hohen flächenbezogenen Heizleistungen bei wie die hohe Druckfestigkeit bei, so dass die Keramik entweder direkt unterhalb der Oberfläche oder unmittelbar zur Ausbildung der Oberfläche selbst eingesetzt werden kann. In Kombination mit einer unmittelbar integrierten Kühlung, dem

Aufbringen einer Struktur auf eine direkt mit einer Schmelze in Kontakt tretenden Oberfläche der elektrisch leitenden Keramik, dem Vorsehen eines Keramikverbundes oder der Ausgestaltung der Keramik als austauschbares Werkzeugelement lassen sich besonders vorteilhafte Ausgestaltungen erreichen.

Bezugszeichenliste

10, 110, 210	Hälfte einer Werkzeugform
12	Formwand des Werkzeugs
14, 114, 214	Basis- und Trägerelement
16	Elektrisch leitende Keramik
116, 216	Elektrisch leitende Keramik mit Kavitätsfläche
18, 118, 218	Kavitätsfläche
20, 210, 220	Kühlkanal
50, 150, 250	Wärmeleitdüse
52, 152, 252	Schmelzekanal
54, 154, 254	Elektrisch leitfähige Keramik
56, 156	Gehäuseteil

Patentansprüche

1. Beheizbares Werkzeug für eine eine Kunststoffschmelze oder eine Metallschmelze verarbeitende Vorrichtung umfassend eine mit einer Schmelze in Kontakt kommende Oberfläche, wobei eine elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) zum Heizen zumindest im Bereich der Oberfläche in diesem oder mit diesem integriert vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der elektrisch leitenden Keramik (216) Kühlkanäle (220) zur Durchleitung eines Kühlmediums eingearbeitet sind.
2. Beheizbares Werkzeug für eine eine Kunststoffschmelze oder eine Metallschmelze verarbeitende Vorrichtung umfassend eine mit einer Schmelze in Kontakt kommende Oberfläche, wobei eine elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) zum Heizen zumindest im Bereich der Oberfläche in diesem oder mit diesem integriert vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) als Einsatz zum Einfügen in eine Werkzeug-Basisstruktur ausgebildet ist, wobei der Einsatz, insbesondere durch Oxidation, zumindest teilweise eine elektrische Isolierung aufweist, um ihn gegenüber anderen Bauteilen des beheizbaren Werkzeuges und/oder gegenüber der Schmelze elektrisch zu isolieren.
3. Beheizbares Werkzeug für eine eine Kunststoffschmelze oder eine Metallschmelze verarbeitende Vorrichtung umfassend eine mit einer Schmelze in Kontakt kommende Oberfläche, wobei eine elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) zum Heizen zumindest im Bereich der Oberfläche in diesem oder mit diesem integriert vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf die elektrisch leitende Keramik eine Struktur, insbesondere eine Nanostruktur, aufgebracht ist.

4. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nanostruktur durch Abscheidung von Schichten hergestellt ist.
5. Beheizbares Werkzeug für eine eine Kunststoffschmelze oder eine Metallschmelze verarbeitende Vorrichtung umfassend eine mit einer Schmelze in Kontakt kommende Oberfläche, wobei eine elektrisch leitende Keramik (16, 54, 116, 154, 216, 254) zum Heizen zumindest im Bereich der Oberfläche in diesem oder mit diesem integriert vorgesehen ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass das beheizbare Werkzeug ein keramisches Verbundsystem aus einer elektrisch leitenden und einer elektrisch nicht leitenden Keramik aufweist, in denen die Heiz- und Kühlzonen ausgebildet sind.
6. Beheizbares Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitfähige Keramik auf der Basis einer Silizium-Nitrid-Verbindung gebildet ist, der die Leitfähigkeit erzeugende Stoffe beigemischt sind.
7. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Leitfähigkeit durch Zugabe einer Titan-Nitrid-Kombination zu einer Basisverbindung gegeben ist.
8. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zugabe sich in einem Volumen oder Gewichts-Bereich von 0 bis 50 % bewegt.
9. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitfähige Keramik eine Dicke von 0,5 mm bis 4 mm, insbesondere von 1 mm bis 3 mm aufweist.

10. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei der Verwendung eines keramischen Verbundsystems aus einer elektrisch leitenden und einer elektrisch nicht leitenden Keramik die elektrisch leitende Keramik und die elektrisch nicht leitende Keramik auf der gleichen Basisverbindung gebildet sind.
11. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die beiden Keramiken stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
12. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das beheizbare Werkzeug, insbesondere das keramische Verbundsystem als austauschbarer Werkzeugeinsatz ausgebildet ist.
13. Beheizbares Werkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16, 116, 216) mit Niederspannung und einem hohem Strom zur Erzielung einer hohen Heizleistung betreibbar ist.
14. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ansteuerung der elektrisch leitenden Keramik (16, 116, 216) ein Regelnetzteil vorgesehen ist.
15. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16) sandwichartig in einem Werkzeu-
element (12, 14) eingebettet ist.

16. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16) nahe der oder unmittelbar unterhalb der Oberfläche (18), welche mit der Schmelze in Kontakt kommt, angeordnet ist.
17. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitfähige Keramik mittels einer stoffschlüssigen Verbindung mit einem übrigen Element des Werkzeugelements verbunden ist.
18. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass als übriges Element eine Gehäuseteil oder ein Trägerteil dient.
19. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 17 oder 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die stoffschlüssige Verbindung durch Diffusionsschweißen hergestellt ist.
20. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (116, 216) zumindest teilweise mit einer Oberfläche ausgebildet ist, die beim Betrieb der Vorrichtung direkt mit der Schmelze in Kontakt kommt.
21. Beheizbares Werkzeug nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die leitende Keramik eine Kavitätsoberfläche (118, 218) oder einen Heißkanalabschnitt (152, 252) ausbildet.
22. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Keramikwerkstoff ein hoch abriebfester Werkstoff verwendet ist.

23. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kühlkanäle (220) durch Erodierung in die elektrisch leitende Keramik (216) eingebracht sind.
24. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16, 116, 216) auf einem Werkzeugstahl (14, 114, 214) angeordnet ist, der als Trägerelement dient.
25. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch leitende Keramik (16, 116, 216) von ihrer Form und/oder Oberfläche an die Geometrie der Kavitätsoberfläche (18, 118, 218) angepasst ist.
26. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass elektrisch leitende Keramik (16, 116, 216) zur Versorgung mit elektrischer Energie auf eine oder mehrere elektrisch leitfähige Oberflächen montiert oder aufsetzbar ist.
27. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkzeugelement mit einer Kavitätsoberfläche ausgebildet ist, die zumindest einen Teil einer Kavität abgrenzt.
28. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkzeugelement als Wärmeleitdüse ausgebildet ist.
29. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkzeugelement eine Heißkanalvorrichtung aufweist.

30. Beheizbares Werkzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 27,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Werkzeugelement als Werkzeug für eine Extrusionsvorrichtung
ausgebildet ist.

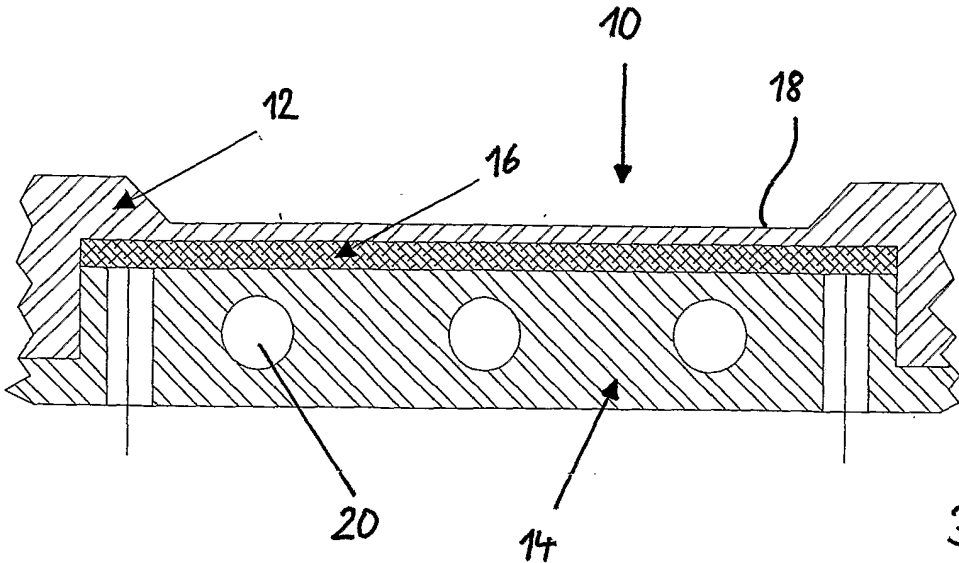


Fig. 1

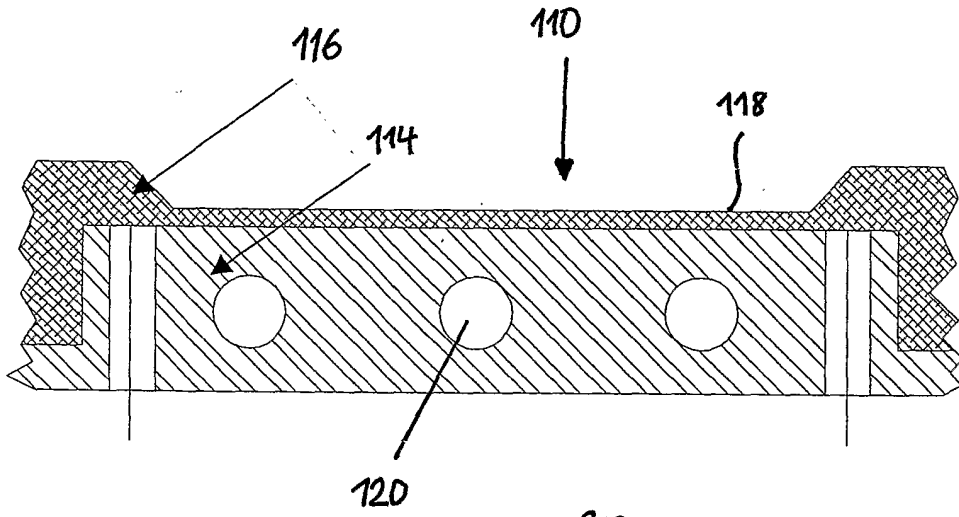


Fig. 2

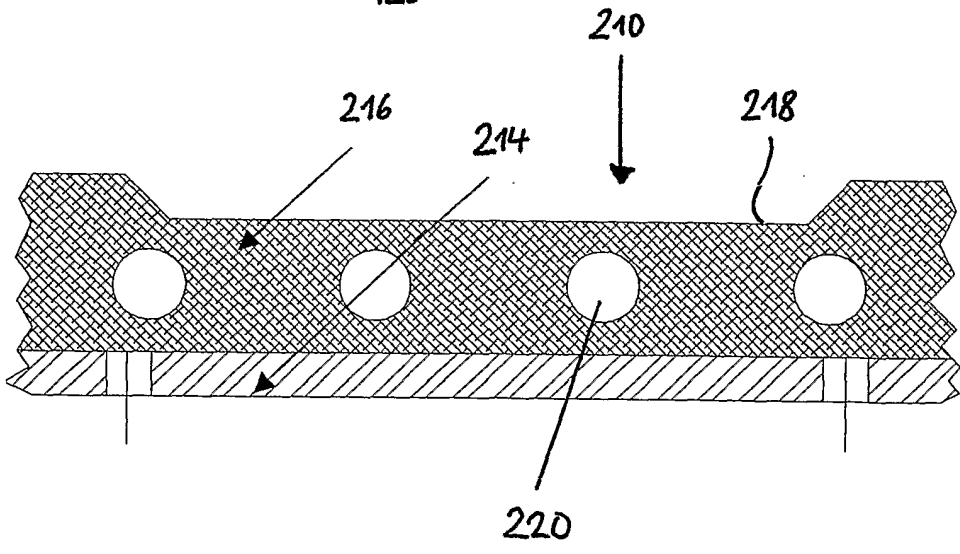


Fig. 3

