

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50482/2023  
(22) Anmeldetag: 20.06.2023  
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: **B29C 33/04** (2006.01)  
**B29C 45/73** (2006.01)

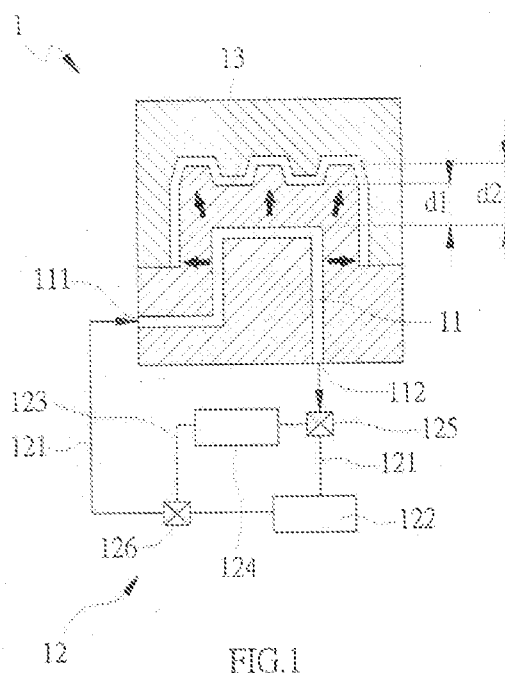
(30) Priorität:  
06.04.2023 TW 112112797 beansprucht.

(71) Patentanmelder:  
RAYSPERT PRECISION INDUSTRIAL INC.  
Tainan City (TW)

(74) Vertreter:  
Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH  
4020 Linz (AT)

(54) **Formwerkzeug mit einem variothermen Formwerkzeugaufbau**

(57) Die Erfindung betrifft ein Formwerkzeug (2) mit einer variothermen Formwerkzeugtemperatur-Konfiguration, mit einem Grundkörper (3), einer Heizvorrichtung (4) und einer Steuervorrichtung (5) für Luft. Innerhalb des Grundkörpers (3) sind ein Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) und ein Heißkanal (33) ausgebildet. Das Innere des Heißkanals (33) ist mit einem Arbeitsmedium (W) gefüllt und die Temperatur und Zirkulation des Arbeitsmediums (W) werden durch die Heizvorrichtung (4) aufrechterhalten. Zwischen dem Heißkanal (33) und dem Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) ist ein Kaltgaskanal (34) vorgesehen, in dem mehrere Streben (341) angeordnet sind. Die Steuervorrichtung (5) steht mit einem Ende des Kaltgaskanals (34) in Verbindung und kann Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur von einem Ende des Kaltgaskanals (34) her einleiten, so dass das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur mit dem Grundkörper (3) in Temperatureaustausch bzw. Wärmeenergieaustausch tritt.



(345204.0)

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Formwerkzeug (2) mit einer variothermen Formwerkzeugtemperatur-Konfiguration, mit einem Grundkörper (3), einer Heizvorrichtung (4) und einer Steuervorrichtung (5) für Luft. Innerhalb des Grundkörpers (3) sind ein Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) und ein Heißkanal (33) ausgebildet. Das Innere des Heißkanals (33) ist mit einem Arbeitsmedium (W) gefüllt und die Temperatur und Zirkulation des Arbeitsmediums (W) werden durch die Heizvorrichtung (4) aufrechterhalten. Zwischen dem Heißkanal (33) und dem Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) ist ein Kaltgaskanal (34) vorgesehen, in dem mehrere Streben (341) angeordnet sind. Die Steuervorrichtung (5) steht mit einem Ende des Kaltgaskanals (34) in Verbindung und kann Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur von einem Ende des Kaltgaskanals (34) her einleiten, so dass das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur mit dem Grundkörper (3) in Temperatúraustausch bzw. Wärmeenergieaustausch tritt.

(Fig. 1)

## 1. Technisches Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Formwerkzeug, insbesondere einen Formwerkzeugaufbau, der die Oberflächentemperatur des Formwerkzeugs schnell ändern und den Produktionszyklus verkürzen kann.

## 2. Der Stand der Technik

[0002] Beim Kunststoffspritzgussverfahren werden in erster Linie körnige Kunststoffrohmaterialien verwendet. Das Kunststoffmaterial wird in der Spritzgussmaschine erhitzt, bis es zu einer fließfähigen Masse wird, wobei das Formwerkzeug durch das Heißwassersystem erhitzt wird, so dass das Kunststoffmaterial während des Einspritzvorgangs gut fließt und den Hohlraum des Formwerkzeugs ausfüllen kann. Anschließend wird das Kunststoffkolloid durch Druck in das Formwerkzeug gespritzt und nach dem Abkühlen wird das Formwerkzeug geöffnet, um das Kunststoffprodukt fertigzustellen. Die Produktionszeit des Spritzgießens ist wesentlich durch die Temperaturänderung des Formwerkzeugs bestimmt, die die Qualität der Oberfläche des Kunststoffserzeugnisses mitbestimmt. Bei bekannten Spritzgussformen muss das Formwerkzeug in der Regel bei einer hohen Temperatur von 50 bis 250 Grad gehalten werden, um die Fließfähigkeit des Rohmaterials nicht zu beeinträchtigen. Nachdem der Kunststoffrohstoff in den Hohlraum des Formwerkzeugs eingespritzt wurde, wird das Formwerkzeug in der Regel immer heißer. Während das Formwerkzeug darauf wartet, abzukühlen, muss es in einen kühleren Zustand versetzt werden, um das fertige Produkt abzukühlen, damit es sich nicht verformt und die Produktionszeit verkürzt wird, um Energie zu sparen.

[0003] Wie in Fig. 1 ersichtlich, wird in dem bekannten Formwerkzeug 1 mit variothermer Formwerkzeugtemperatur die Kontrolle der Temperaturänderung hauptsächlich durch die Anordnung eines Fluidkanals 11 innerhalb des Formwerkzeug vorgenommen und ein Wärmetauscher 12 ist außerhalb des Formwerkzeugs 1 angeordnet und mit dem Fluidkanal 11 fluidleitend verbunden. Der Wärmetauscher 12 weist eine Zirkulationsleitung 121, eine Heizung 122, eine Umgehungsleitung 123 und eine Kühlvorrichtung 124 auf. Zwei Enden der Zirkulationsleitung 121 sind jeweils mit einem Einlass 111 und einem Auslass 112 des Fluidkanals 11 verbunden. Die Heizung 122 ist auf dem Weg der Zirkulationsleitung 121 angeordnet. In Fig. 1 ist die Umgehungsleitung 123 mit gestrichelter Linie dargestellt. Eine erster Steuervorrichtung 125 und eine zweiter Steuervorrichtung 126 sind jeweils an beiden Enden der Umgehungsleitung 123 vorgesehen. Die erste Steuervorrichtung 125 ist in der Zirkulationsleitung 121 zwischen dem Auslass 112 des Wasserkanals 11 und der Heizung 122 angeordnet. Die zweite Steuervorrichtung 126 ist in der Zirkulationsleitung 121 zwischen der Heizung 122 und dem Einlass 111 des Fluidkanals 11 angeordnet. Die Kühlvorrichtung 124 ist in der Umgehungsleitung 123 zwischen der ersten Steuervorrichtung 125 und der zweiten Steuervorrichtung 126 angeordnet. Innerhalb des Fluidkanals 11 und dem Wärmetauscher 12 zirkuliert ein Fluid, wie beispielsweise Wasser.

[0004] So wird das Fluid in dem Formwerkzeug 1 durch die Heizung 122 erhitzt, so dass das Fluid aufeinanderfolgend die Zirkulationsleitung 121, den Einlass 111 des Fluidkanals 11, den Auslass 112 des Fluidkanals 11 und die Heizung 122 durchläuft. Zu diesem Zeitpunkt schließen die erste Steuervorrichtung 125 und die zweite Steuervorrichtung 126 die Verbindung zu der Umgehungsleitung 123, so dass das Fluid durch die Heizung 122 geleitet wird. Die Wärmeenergie des Fluides wird auf das Formwerkzeug 1 übertragen, indem die Wärmeleitungseigenschaften des Metalls genutzt werden, so dass der Hohlraum 13 des Formwerkzeugs an der Oberfläche des Formwerkzeugs 1 eine vorbestimmte Temperatur erreicht.

[0005] Wenn das Einspritzen des Kunststoff-Rohmaterials zum Füllen des Hohlraums des Formwerkzeugs abgeschlossen ist und das Formwerkzeug gekühlt werden muss, öffnen die erste Steuereinrichtung 125 und die zweite Steuereinrichtung 126 die Verbindung zu der Umgehungsleitung 123 und schließen die Zirkulationsleitung 121 zu der Heizung 122, wodurch das Fluid mit jetzt noch hoher Temperatur nacheinander von dem Auslass 112 des Fluidkanals 11 zu der Umgehungsleitung 123, der Kühlvorrichtung 124, der Zirkulationsleitung 121 und dem Einlass des Fluidkanals 11 fließen kann. Die Kühlvorrichtung 124 kühlt das Fluid ab, so dass die Temperatur des Formwerkzeugs 1 durch das Fluid mit jetzt niedriger Temperatur abgekühlt wird und gleichzeitig der Effekt der Kühlung des Spritzgussprodukts erzielt wird.

[0006] Da das Formwerkzeug 1 jedoch schnell aufgeheizt und schnell abgekühlt werden muss, ist es sehr energieaufwändig, bei dem Fluid mit der Heizung 122 und der Kühlvorrichtung 124 in kurzer Zeit zwischen hoher und niedriger Temperatur zu wechseln. Darüber hinaus führt die schnelle thermische Ausdehnung und Kontraktion des Fluidkanals 11 mit der Temperaturänderung des Fluides zu einer starken Ermüdung des Metalls und an den Verbindungsstellen oder Windungen des Fluidkanals 11 ist das Problem der strukturellen Rissbildung wahrscheinlich. Außerdem ist der Abstand zwischen dem Fluidkanal 11 und der Oberfläche des Formwerkzeugs 1 nicht gleichmäßig. Wenn die Temperatur auf der kurzen Strecke d1 die vorgegebene Temperatur erreicht, muss der Herstellungsprozess warten, bis die Temperatur auf die lange Strecke d2 übertragen wird, so dass der Produktionszyklus des Endprodukts bei dieser Konfiguration relativ lang ist.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Angesichts der Unzulänglichkeiten und Mängel des Standes der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die durch die bereits existierende Konfiguration verursachten Probleme des Energieverbrauchs und des Zeitaufwands auszuräumen.

[0008] Zur Lösung der obigen Aufgabe wird in der vorliegenden Erfindung ein Formwerkzeug mit einem variothermen Formwerkzeugaufbau vorgeschlagen, der im Wesentlichen einen Grundkörper, eine Heizvorrichtung und eine Steuervorrichtung für Luft aufweist.

[0009] Der Grundkörper weist eine Formgebungsoberfläche auf. Die Formgebungsoberfläche weist mindestens einen Hohlraum des Formwerkzeugs auf. Im Inneren des Grundkörpers ist ein Heißkanal mit einer vorgegebenen Strecke vorgesehen. Das Innere des Heißkanals ist mit einem Arbeitsmedium gefüllt, wobei zwischen dem Heißkanal im Inneren des Grundkörpers bzw. dem Hohlraum des Formwerkzeugs ein Kaltgaskanal angeordnet ist. Der Kaltgaskanal ist ein unregelmäßiger Weg, der durch mehrere aufgrund einer Formströmungsanalyse angeordneten Wärmestau-Bezugspunkte im Grundkörper angebunden ist, wobei mehrere Streben innerhalb des Kaltgaskanals angeordnet sind.

[0010] Die Heizvorrichtung befindet sich außerhalb des Grundkörpers und ist über eine Zirkulationsleitung mit beiden Enden des Heißkanals verbunden. Das Arbeitsmedium wird durch die Heizvorrichtung und die Kreisläufe im Heißkanal und in der Zirkulationsleitung in einer Richtung auf einer vorgegebenen Temperatur gehalten.

[0011] Die Bedienvorrichtung für die Luft steht mit einem Ende des Kaltgaskanals in Verbindung. Die Bedienvorrichtung bläst Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur von einem Ende des Kaltgaskanals ein und entleert den Grundkörper am anderen Ende des Kaltgaskanals, so dass das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur die Temperatur mit dem Grundkörper austauscht bzw. diesem Wärme entzieht.

[0012] In einer Ausführungsform ist jede der Streben im Kaltgaskanal auf eine der folgenden Arten angeordnet: dreidimensional gestaffelt, beabstandet, disloziert oder eine Kombination davon.

[0013] In einer Ausführungsform sind der Grundkörper, der Heißkanal, der Kaltgaskanal und die Streben einstückig durch 3D-Druck hergestellt.

[0014] In einer Ausführungsform wird ein Teil vorbestimmter Bereiche des Grundkörpers je nach Bedarf mit unterschiedlichen Werkstoffen im 3D-Druck ausgebildet.

[0015] In einer Ausführungsform wird jede der Streben je nach Bedarf mit unterschiedlichen Werkstoffen im 3D-Druck ausgebildet.

[0016] In einer Ausführungsform ist der Grundkörper mit einem Bereich geringer Dichte am Wärmestau-Bezugspunkt versehen, wobei mehrere Kanalverzweigungen innerhalb des Bereichs geringer Dichte angeordnet sind, und wobei die beiden Enden jeder Kanalverzweigung jeweils mit dem Kaltgaskanal bzw. dem Hohlraum des Formwerkzeugs verbunden sind.

[0017] In einer Ausführungsform weist die Heizvorrichtung einen Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des Arbeitsmediums auf.

[0018] In einer Ausführungsform ist der Grundkörper ein Positiv-Formwerkzeug, ein Negativ-Formwerkzeug oder ein Formkern in dem Formwerkzeug.

[0019] Durch die vorgenannte Konfiguration sind die Wärmequelle und die Kältequelle, die für den Formgebungsprozess erforderlich sind, auf verschiedenen Strecken angeordnet, so dass die Wärmequelle des Arbeitsmediums im Heißkanal durch jede Strebe in den Hohlraum des Formwerkzeugs übertragen werden kann und der Hohlraum des Formwerkzeugs die vorgegebene Formgebungstemperatur erreicht. Wenn der Kunststoff in den Hohlraum des Formwerkzeugs gefüllt wird und auf die Abkühlung wartet, leitet die Steuervorrichtung Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur in den an den Hohlraum des Formwerkzeugs angrenzenden Kaltgaskanal ein, so dass die mittlere und niedrige Temperatur schnell ein thermisches Gleichgewicht mit der hohen Temperatur des Formwerkzeugs erreichen kann, wodurch die Abkühlzeit des fertigen Produkts verkürzt, das Problem des Energieverbrauchs gelöst und gleichzeitig der Produktionszyklus des fertigen Produkts verkürzt wird.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm, das den Stand der Technik darstellt.

[0021] Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm, das einen Formwerkzeugaufbau gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0022] Fig. 3 ist eine schematische Draufsicht, die einen Kaltgaskanal und Streben gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0023] Fig. 4 ist eine schematische Querschnittsdarstellung, die den Kaltgaskanal der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0024] Fig. 5 ist eine schematische Querschnittsdarstellung, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0025] Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht, die den Kaltgaskanal der vorliegenden Erfindung darstellt.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0026] Nachfolgend ist eine bevorzugte Ausführungsform zur Veranschaulichung der Umsetzung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Der Fachmann kann die weiteren Vorteile und Wirkungen der vorliegenden Erfindung gemäß der Beschreibung leicht nachvollziehen.

[0027] Fig. 2 zeigt ein Formwerkzeug 2 mit einem variothermen Formwerkzeugaufbau gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Formwerkzeug 2 weist im Wesentlichen einen Grundkörper 3, eine Heizvorrichtung 4 und eine Steuervorrichtung 5 für Gas bzw. Luft auf. Der Grundkörper 3 kann das obere Formwerkzeug 2a oder das untere Formwerkzeug 2b des Formwerkzeugs 2 sein. Alternativ kann der Grundkörper 3 auch ein Formkern (nicht dargestellt) sein, der in das obere Formwerkzeug 2a oder das untere Formwerkzeug 2b eingebettet ist. In den Fig. 2, 5 und 6 ist beispielhaft dargestellt, dass der Grundkörper 3 das untere Formwerkzeug 2b im Formwerkzeug 2 ist. Darüber hinaus gibt es weitere funktionale Konfigurationen im Formwerkzeug 2, die in den Zeichnungen nicht dargestellt sind, da sie nicht in den Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung fallen.



[0028] In dieser Ausführungsform weist der Grundkörper 3 eine Formgebungsoberfläche 31 auf, wobei die Formgebungsoberfläche 31 mindestens einen Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 aufweist. Der Grundkörper 3 weist innerhalb des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 einen Heißkanal 33 auf. Die Strecke des Heißkanals 33 wird entsprechend der Form des Endprodukts und den durch eine Fließanalyse des Formwerkzeugs gewonnenen Daten zur Verfügung gestellt. Dementsprechend stellt der Heißkanal 33 in Fig. 2 nur eine schematische Darstellung dar und soll seine Ausführungsform nicht auf den dargestellten Streckenverlauf beschränken. Das Innere des Heißkanals 33 ist mit einem Arbeitsmedium W gefüllt, wobei das Arbeitsmedium W flüssig ist. Außerdem ist zwischen dem Heißkanal 33 und dem Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 im Inneren des Grundkörpers 3 ein Kaltgaskanal 34 ausgebildet. Die Position des Kaltgaskanals 34 wird durch eine Analyse des Formwerkzeugs ermittelt, wobei die mehreren Wärmestau-Bezugspunkte im Grundkörper 3 durch umgekehrte Deduktion gemäß empirischen Beurteilungen ermittelt werden. Außerdem ist der Kaltgaskanal 34 eine unregelmäßige Strecke, die mit den mehreren Wärmestau-Bezugspunkten verbunden ist. Der Kaltgaskanal 34 grenzt an den Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 und weist einen vorgegebenen Abstand zum Heißkanal 33 auf. Bei der Darstellung dieser Ausführungsform handelt es sich lediglich um eine schematische, flächige Darstellung. Die tatsächliche Ausführung des Heißkanals 33 und des Kaltgaskanals 34 ist in FIG. 6 dargestellt. Entsprechend der Form des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 und den mehreren Wärmestau-Bezugspunkten ist eine dreidimensionale unregelmäßige Strecke ausgebildet. Darüber hinaus sind mehrere Streben 341 innerhalb des Kaltgaskanals 34 angeordnet. Die mehreren Streben 341 in Fig. 2 sind durch ein Netz dargestellt, wobei das Netz nicht verwendet wird, um die Konfiguration jeder der Streben 341 zu beschränken. Wie in Figuren. 3 und 4 zu sehen ist, ist jede der Streben 341 hauptsächlich in dem Kaltgaskanal 34 in einer von dreidimensional gestaffelten, beabstandeten, versetzten Weise oder einer Kombination davon angeordnet, um die strukturelle Stützfestigkeit des Kaltgaskanals 34 zu verbessern und eine Strecke bzw. Wärmebrücke zur Verfügung zu stellen, die die Wärmequelle des Heißkanals 33 mit dem Hohlraum des Formwerkzeugs 32 verbindet.

[0029] Die Heizvorrichtung 4 ist außerhalb des Grundkörpers 2 angeordnet, wobei die Heizvorrichtung 4 über eine Zirkulationsleitung 41 mit einem Einlass 331 und einem Auslass 332 an beiden Enden des Heißkanals 33 in Verbindung steht. Das Arbeitsmedium W wird durch die Heizvorrichtung 4 auf einer vorbestimmten Temperatur gehalten, wobei das Arbeitsmedium W derart gefördert wird, dass es im Heißkanal 33 und in der Zirkulationsleitung 41 unidirektional zirkuliert, so dass sein Wärmeenergieinhalt durch das Metall in den Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 geleitet wird. Die Heizvorrichtung 4 weist einen Temperatursensor 42 auf. Der Temperatursensor 42 dient hauptsächlich dazu, die Temperatur des Arbeitsmediums W zu erfassen. Wenn die Temperatur des Arbeitsmediums W auf einen vorbestimmten Grenzwert beschränkt ist, wird die Heizvorrichtung 4 aktiviert, um das Arbeitsmedium W zu erwärmen und wenn das Arbeitsmedium auf die vorbestimmte Temperatur erwärmt ist, wird die Heizvorrichtung 4 automatisch ausgeschaltet oder die Heiztemperatur gesenkt.

[0030] Die Luftsteuerungsvorrichtung 5 steht mit einem Ende des Kaltgaskanals 34 in Verbindung. Die Steuervorrichtung 5 kann Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur von einem Ende des Kaltgaskanals 34 einleiten und aus dem Grundkörper 3 von dem anderen Ende des Kaltgaskanals 34 ableiten, so dass das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur mit dem Grundkörper 3 in einen Temperatúraustausch treten kann, wodurch die Temperatur des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 verringert wird.

[0031] Wenn das Formwerkzeug 2 in den Produktionsprozess eintritt, befindet sich die Steuervorrichtung 5 in einem geschlossenen Zustand, wobei die Heizvorrichtung 4 eingeschaltet wird, um das Arbeitsmedium W zu erhitzen, wobei so die Wärmequelle mit der Oberfläche des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 über die Zirkulation des Arbeitsmediums W und die Eigenschaften der Wärmeleitung von Metall verbunden ist. Da die Anordnung des Kaltgaskanals 34 die lokale Wärmeleitung blockiert, wird die Wärmequelle des Arbeitsmediums W durch jede der Streben 341 als Wärmebrücken auf die Oberfläche des Hohlraums des

Formwerkzeugs 32 übertragen, um eine vorbestimmte Spritzgießtemperatur zu erreichen.

[0032] Nach dem Einspritzen des Kunststoffs wird die Steuervorrichtung 5 eingeschaltet, ohne die Heizvorrichtung 4 abzuschalten. Die Steuervorrichtung 5 leitet das Mittel- und Niedertemperaturgas kontinuierlich in den Kaltgaskanal 34 ein, lässt das Gas am anderen Ende aus dem Grundkörper 3 austreten und verbindet so das Mittel- und Niedertemperaturgas über die Streben 341 mit der Oberfläche des Formwerkzeugs 2. Folglich kann das so verbundene Mittel- und Niedertemperaturgas schnell die Temperatur mit dem Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 austauschen, um einen Wärmeausgleich zu erreichen, so dass das fertige Produkt (nicht dargestellt) im Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 schnell abgekühlt wird, wodurch der Produktionszyklus verkürzt wird.

[0033] Während der Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 abkühlt, weist der Kaltgaskanal 34 außerdem die Wirkung auf, die Wärmeleitung des Arbeitsmediums W zu blockieren, wodurch die Umgebung des Heißkanals 33 in einem Zustand hoher Temperatur gehalten wird. Wenn das Formwerkzeug 2 mit dem anschließenden Produktionsprozess beginnt, ist es nicht erforderlich, das Arbeitsmedium W von einer niedrigen Temperatur auf eine vorbestimmte hohe Temperatur zu erwärmen, wie es im Stand der Technik der Fall ist, wodurch der Energieverbrauch reduziert wird und sich hinsichtlich des Umweltschutzes Vorteile ergeben. Darüber hinaus wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Temperatur des Mittel- und Niedertemperaturgases nicht beschränkt. Der bevorzugte mittlere und niedrige Temperaturbereich liegt zwischen  $-5^{\circ}\text{C}$  und  $70^{\circ}\text{C}$ . Das von der Steuervorrichtung 5 eingeleitete Mittel- und Niedertemperaturgas kann entsprechend der Temperaturänderung im Hohlraum 32 des Formwerkzeugs<sup>2</sup> eingestellt werden. Alternativ kann das Mittel- und Niedertemperaturgas mit einer festen Temperatur eingeleitet werden, um allmählich die vorgegebene Temperatur zu erreichen.

[0034] Es ist erwähnenswert, dass die Grundkörper 3, die Heißkanäle 33, die Kaltgaskanäle 34 und die Streben 341 gemäß der vorliegenden Erfindung integral bzw. einstückig durch 3D-Druck gefertigt sind. Um die Temperatur des Heißkanals 33 und des Kaltgaskanals 34 besser verbinden zu können, kann ein Teil der vorbestimmten Bereiche des Grundkörpers 3 durch 3D-Druck mit verschiedenen Werkstoffen je nach Bedarf integral bzw. einstückig gefertigt werden, z.B. die Kombination von Kupfer und Stahl. Der Grundkörper 3 weist also Bereiche aus zwei oder mehr unterschiedlichen Werkstoffen auf. Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung nicht auf den Werkstoff des Grundkörpers 3 beschränkt, der aus Metall oder Nichtmetall bestehen kann, wobei er vorzugsweise aus einem metallischen Werkstoff mit guter Wärmeleitfähigkeit gefertigt ist. Darüber hinaus wird jede der Streben 341 hauptsächlich als Wärmebrücke zum Verbinden des Heißkanals 33 und als Stütze für den Kaltgaskanal 34 verwendet. Jede der Streben 341 kann aus demselben Werkstoff wie der Grundkörper 3 im 3D-Druck gefertigt werden.

Alternativ können die Streben 341 und der Grundkörper 3 je nach Bedarf aus unterschiedlichen Werkstoffen im 3D-Druck gefertigt sein. Zum Beispiel sind 2/3 der Streben aus Kupfer gefertigt, während das andere 1/3 der Streben 341 aus Stahl hergestellt ist. Kupfer weist eine ausgezeichnete Temperaturleitfähigkeit und Duktilität auf. Daher kann die Wärmequelle des Heißkanals 33 schnell in den Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 übertragen werden, und es kann auch Änderungen der thermischen Ausdehnung und Kontraktion widerstehen, wobei die Härte von Kupfer relativ gering ist. Daher ist ein Teil der Streben 341 aus Stahl gefertigt, der die Stütze von Kupfer ausbildet. Alternativ kann Kupfer mit anderen Metallen gemischt werden, um seine Härte zu erhöhen, wobei jede der Streben 341 gestaffelt, beabstandet oder disloziert angeordnet ist, wie in Figuren 3 und 4 dargestellt. Der Kaltgaskanal 34 kann gut gestützt werden, wodurch das Problem des Zusammenbruchs des Kaltgaskanals 34 benachbart zum Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 vermieden wird, wenn er dem Formdruck ausgesetzt ist. Die obigen Ausführungen sind jedoch nur eine illustrative Ausführungsform. Die materielle Anordnung jeder der Streben 341 und die Verteilung der Menge jeder der Streben kann je nach der Konfiguration des Formwerkzeugs 2 variieren.

[0035] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Probleme der Metallermüdung und der Rissbildung im Formwerkzeug 2, die durch Wärmeausdehnung und -kontraktion verursacht werden, durch Aufteilung der Wärmequelle und der Kältequelle auf den Heißkanal 33 und den Kaltgaskanal 34 verbessert. Das Arbeitsmedium W benötigt keine schnellen Wechsel zwischen hohen und niedrigen Temperaturen, wodurch der Energieverbrauch reduziert wird. Da sich der Kaltgaskanal 34 in der Nähe des Formwerkzeugs 2 befindet, kann die mittlere und niedrige Temperatur schnell auf den Hohlraum des Formwerkzeugs 32 übertragen werden. Während des Wartens auf die Abkühlung blockiert der Kaltgaskanal 34 auch die Wärmequelle, die vom Heißkanal 33 so verbunden wird, dass der Hohlraum des Formwerkzeugs 32 und das fertige Produkt die Abkühlzeit verkürzen können, wodurch der Produktionszyklus verkürzt wird.

[0036] In Fig. 5 ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß den obigen strukturellen Änderungen darstellt. Dementsprechend wird die gleiche Konfiguration nicht wiederholt werden, und nur die Unterschiede in der Konfiguration werden im Folgenden beschrieben. In dieser Ausführungsform ist der Grundkörper 3 mit Bereichen geringer Dichte 35 ausgebildet. Die Bereiche mit geringer Dichte 35 sind an den Wärmestau-Bezugspunkten oder an den Stellen angeordnet, an denen sich das fertige Produkt aufgrund von Erfahrungswerten durch Umkehrschluss nicht leicht entformen lässt. Die Bereiche mit geringer Dichte 35 befinden sich innerhalb des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 und sind durch 3D-Druck integral mit dem Grundkörper 3 ausgebildet. Die Bereiche mit geringer Dichte 35 werden gemäß der vorliegenden Erfindung durch 3D-Druck mit Werkstoffen geringer Dichte gesintert, so dass jeder der Bereiche mit geringer Dichte 35 mehrere Mikroporen aufweist, die verbunden werden können. In Fig. 5 sind die Mikroporen punktförmig dargestellt, wobei die Liniensegmente an den Verbindungsstellen zwischen den Bereichen mit niedriger Dichte 35 und anderen Bereichen des Grundkörpers 3 nur die Bereiche mit niedriger Dichte 35 darstellen und nicht verwendet werden, um die Formen der Bereiche mit niedriger Dichte 35 zu beschränken. Die Zeichnung dieser Ausführungsform weist mehrere Bereiche mit geringer Dichte 35 auf. Jeder der Bereiche mit geringer Dichte 35 ist mit

mehreren Kanalverzweigungen 351 ausgebildet. Jede der Kanalverzweigungen 351 ist an zwei Enden mit dem Kaltgaskanal 34 bzw. dem Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 verbunden. Jede der Kanalverzweigungen 351 steht auch mit den Mikroporen der Bereiche mit geringer Dichte 35 in Verbindung. Wenn sich die Bereiche mit geringer Dichte 35 mit dem Kaltgaskanal 34 überlappen, wie in Fig. 5 dargestellt, kann jede der Mikroporen auch mit dem Kaltgaskanal 34 in Verbindung stehen.

[0037] Wie oben erwähnt, ist eine Breite  $d_3$  jeder Kanalverzweigung 351 kleiner als eine Breite  $d_4$  des Kaltgaskanals 34 und jede der Kanalverzweigungen 351 befindet sich an einem Ende des Hohlraums 32 des Formwerkzeugs 2 und verjüngt sich. Auf diese Weise wird das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur in dem Kaltgaskanal 34 die Wirkung des Druckausstoßes von dem großen Rohrdurchmesser in den kleinen Rohrdurchmesser erzielen und kann eine Hilfsfunktion bei dem Entformungsprozess erfüllen. Darüber hinaus ist gemäß der vorliegenden Erfindung die Strecke und Form jeder der Kanalverzweigungen 351 nicht beschränkt. Die Strecke und die Form jeder der Kanalverzweigungen 351 werden durch Umkehrschluss entsprechend den Wärmestau-Bezugspunkten oder auf der Grundlage empirischer Beurteilungen ermittelt. Jede der in Fig. 5 dargestellten Kanalverzweigungen 351 ist nur eine schematische Darstellung.

[0038] Dementsprechend kann, wenn der Produktionsprozess zur Abkühlungsphase kommt, das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur im Kaltgaskanal 34 durch die Kanalverzweigungen 351 diffundieren und durch die Mikroporen in den Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 eindringen, wodurch die Abkühlungszeit des Formwerkzeugs 2 weiter verkürzt werden kann. Wenn das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur durch die Mikroporen in den Hohlraum 32 des Formwerkzeugs 2 diffundiert, kann die Oberfläche des fertigen Produkts von der Oberfläche 31 des Formwerkzeugs 2 getrennt werden, so dass das fertige Produkt keine sogen. "Schleimhautprobleme" aufweist, wodurch die Fehlerrate, die durch die Entformungsdeformation verursacht wird, verringert wird.

[0039] Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Formwerkzeug 2 mit dem variothermen Formwerkzeugaufbau gemäß der vorliegenden Erfindung durch die Konfiguration des Heißkanals 33 und des Kaltgaskanals 34 die folgenden Vorteile aufweist:

1. Durch die Aufteilung des Flusses in Hoch- und Niedertemperaturen muss das Arbeitsmedium W nicht zwischen schneller Abkühlung und schneller Erwärmung wechseln, was Energie spart und große wirtschaftliche und ökologische Vorteile aufweist.
2. Durch die Anordnung des Kaltgaskanals 34 wird der Produktionszyklus verkürzt und die Produktionskapazität erhöht.
3. Das Problem der Metallermüdung, das durch den Effekt der thermischen Ausdehnung und Kontraktion verursacht wird, wird reduziert.

[0040] Obwohl die vorliegende Erfindung gemäß den vorliegenden Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es für den Fachmann offensichtlich, dass eine Vielzahl von Modifikationen und Änderungen ausgeführt werden können, ohne dass der Umfang der vorliegenden Erfindung, der durch die beigefügten Ansprüche definiert wird, verlassen wird.

## Patentansprüche

1. Formwerkzeug (2) mit einem variothermen Formwerkzeugaufbau, aufweisend: einen Grundkörper (2) mit einer Formgebungsoberfläche (31), wobei die Formgebungsoberfläche (31) mindestens einen Formhohlraum (32) aufweist, wobei ein Heißkanal (33) mit einer vorbestimmten Strecke im Inneren des Grundkörpers (3) ausgebildet ist, wobei ein Innenraum des Heißkanals (33) mit einem Arbeitsfluid (W) gefüllt ist, wobei ein Kaltgaskanal (34) zwischen dem Heißkanal (33) im Inneren des Grundkörpers (3) und dem Formhohlraum (32) ausgebildet ist, wobei der Kaltgaskanal (34) eine unregelmäßige Strecke ist, die durch mehrere aufgrund einer Formströmungsanalyse angeordneten Wärmestau-Bezugspunkte im Grundkörper (3) angebunden ist, wobei mehrere Streben (341) im Inneren des Kaltgaskanals (34) angeordnet sind; eine Heizeinrichtung (4), die sich außerhalb des Grundkörpers (3) befindet und mit beiden Enden des Heißgaskanals (33) über eine Zirkulationsleitung (41) in Verbindung steht, wobei das Arbeitsmedium (W) durch die Heizeinrichtung (4) und die Kreisläufe in dem Heißkanal (33) und der Zirkulationsleitung (41) in einer Richtung auf einer vorbestimmten Temperatur gehalten ist; und eine Steuervorrichtung (5) für die Luft, die mit einem Ende des Kaltgaskanals (34) in fluidleitender Verbindung steht, wobei die Steuervorrichtung (5) für die Luft Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur an einem Ende des Kaltgaskanals (34) einleitet und an dem anderen Ende des Kaltgaskanals (34) aus dem Grundkörper (3) ableitet, so dass das Gas mit mittlerer und niedriger Temperatur die Temperatur bzw. Wärmeenergie mit dem Grundkörper (3) austauscht.

2. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugtemperaturaufbau nach Anspruch 1, wobei jede der Streben (341) im Kaltgaskanal (34) auf eine der



folgenden Weisen angeordnet ist: dreidimensional versetzt, beabstandet, disloziert oder eine Kombination davon.

3. Formwerkzeug (2) mit variothermen Formwerkzeugtemperaturaufbau nach Anspruch 1, wobei der Grundkörper (3), der Heißkanal (33), der Kaltgaskanal (34) und die Streben (341) einstückig durch 3D-Druck gefertigt sind.

4. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugtemperaturaufbau nach Anspruch 3, wobei ein Teil vorbestimmter Bereiche des Grundkörpers (3) je nach Bedarf mit unterschiedlichen Werkstoffen im 3D-Druck einstückig hergestellt sind.

5. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugtemperaturaufbau nach Anspruch 3, wobei jede der Streben (341) je nach Bedarf mit unterschiedlichen Werkstoffen im 3D-Druck hergestellt ist.

6. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugtemperaturaufbau nach Anspruch 1, wobei der Grundkörper (3) mit einem Bereich niedriger Dichte (35) am Wärmestau-Bezugspunkt ausgebildet ist, wobei mehrere Kanalverzweigungen (351) innerhalb des Bereichs niedriger Dichte (35) angeordnet sind wobei zwei Enden jeder Kanalverzweigung (351) jeweils mit dem Kaltgaskanal (34) und dem Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) fluidleitend verbunden sind.

7. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugaufbau nach Anspruch 6, wobei der Bereich mit geringer Dichte (35) im Hohlraum (32) des Formwerkzeugs (2) angeordnet ist.

8. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugaufbau nach Anspruch 1, wobei die Heizeinrichtung (4) einen Temperatursensor (42) zur Erfassung einer Temperatur des Arbeitsmediums (W) aufweist.

9. Formwerkzeug (2) mit dem variothermen Formwerkzeugaufbau nach Anspruch 1, wobei der Grundkörper (3) ein Positiv-Formwerkzeug, ein Negativ-Formwerkzeug oder ein Formkern in dem Formwerkzeug (2) ist.

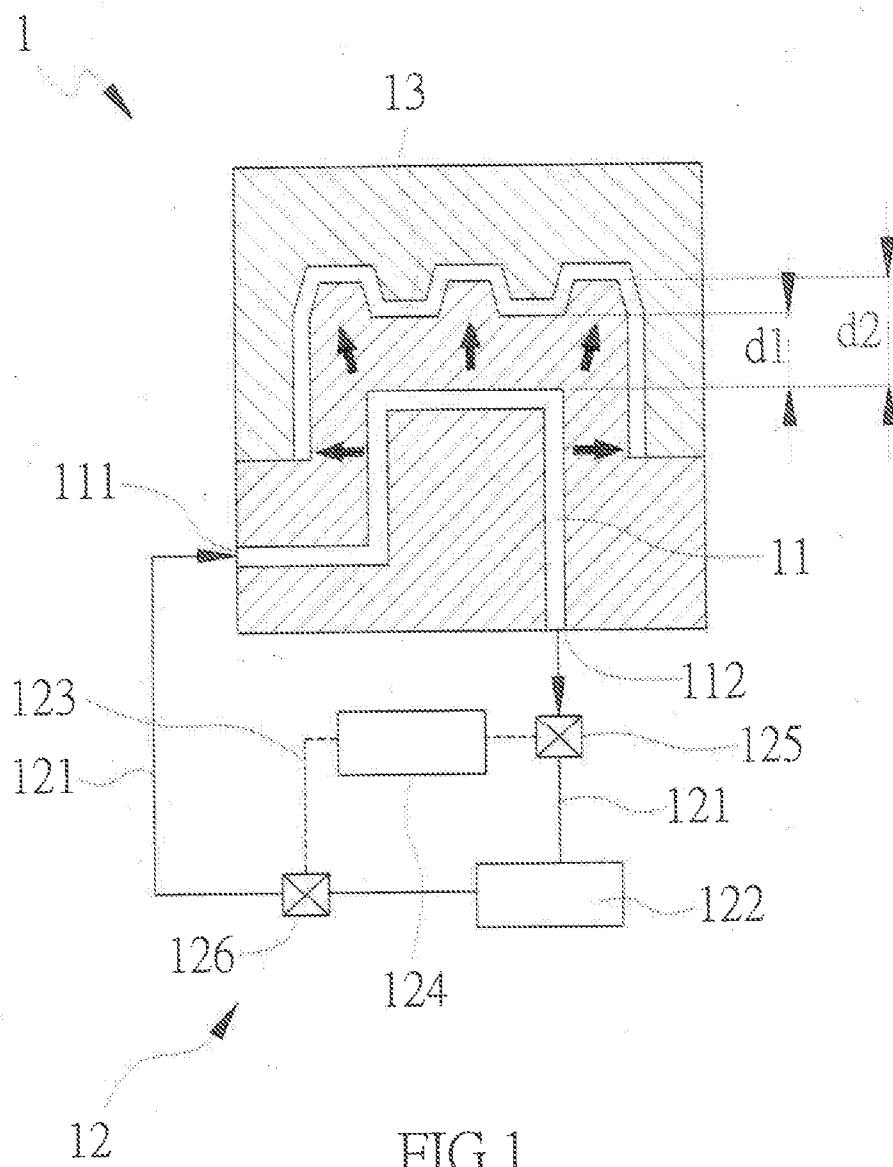


FIG.1



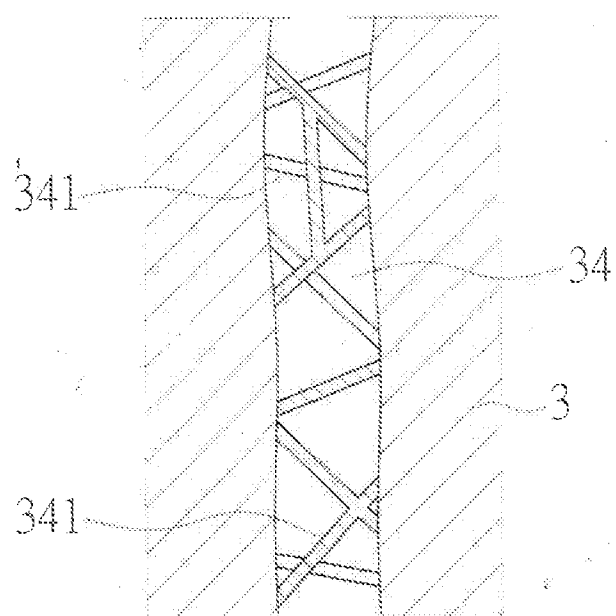


FIG.3

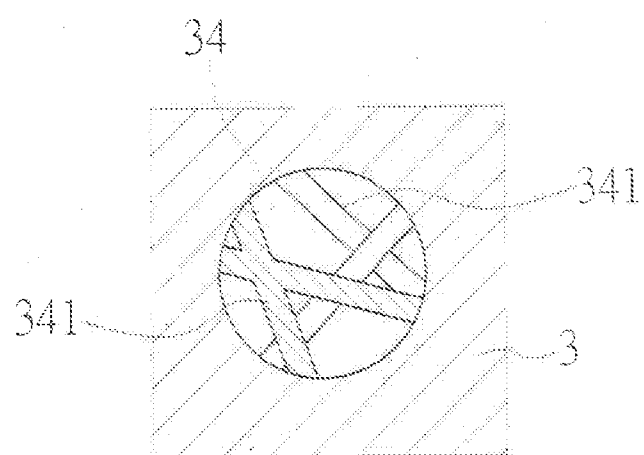


FIG.4

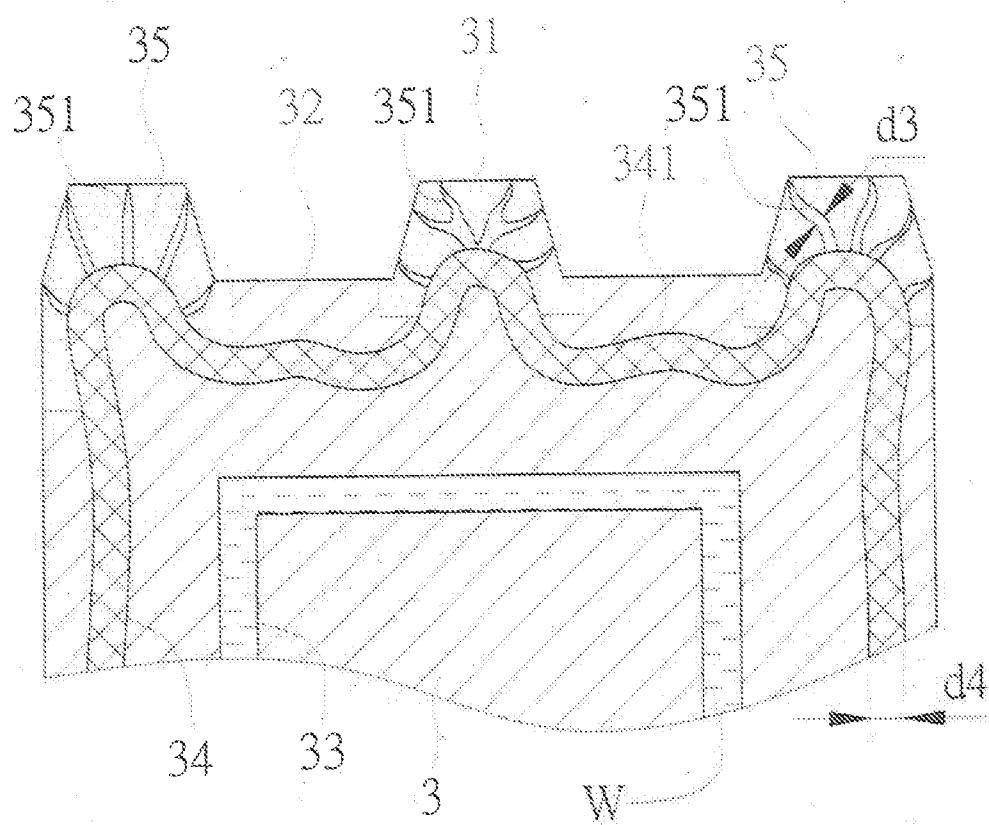


FIG.5

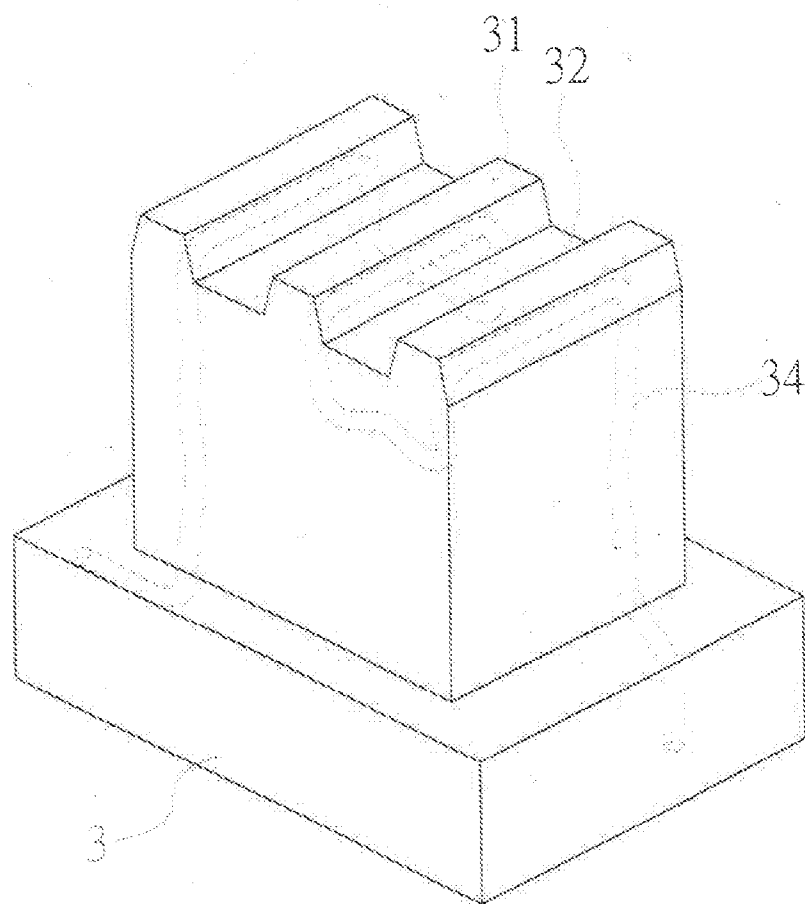


FIG.6