



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2008 043 527 A1 2010.05.20**

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 043 527.9**

(22) Anmeldetag: **06.11.2008**

(43) Offenlegungstag: **20.05.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H05B 3/12 (2006.01)**

**H05B 3/16 (2006.01)**

**H05B 3/34 (2006.01)**

**B29C 33/02 (2006.01)**

**B29C 70/48 (2006.01)**

**D04H 3/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden  
e.V., 01069 Dresden, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Rauschenbach, 01187 Dresden**

(72) Erfinder:

**Orawetz, Holger, 01257 Dresden, DE; Reppe, Matti,  
01277 Dresden, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 42 14 636 A1**

**DE 10 2005 037829 A1**

**DE 10 2004 042422 A1**

**DE 100 34 508 A1**

**DE 697 03 972 T2**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

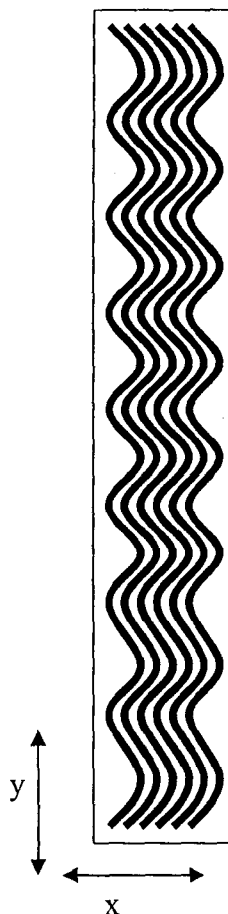
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Dehnfähiges elektrisches Heizelement und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Hochleistungswerkstoffe und betrifft ein dehnfähiges elektrisches Heizelement, welches beispielsweise zur Formgebung von Faserverbundwerkstoffen oder zu deren Beheizung angewandt werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Lösung ist es, ein dehnfähiges elektrisches Heizelement anzugeben, welches lokal definierte Flächenheizleistungen erzeugen, abgeben und/oder übertragen kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein dehnfähiges elektrisches Heizelement, bestehend aus einem Trägermaterial und darauf aufgelegten Rovings oder Kordeln, wobei das Muster entsprechend den jeweiligen Anforderungen ausgelegt ist und das Ablagemuster der Rovings oder Kordeln mittels Sticktechnologie auf dem Trägermaterial fixiert ist. Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren, bei dem auf ein Trägermaterial Rovings oder Kordeln aufgelegt werden, wobei das Muster der Auflage an den jeweils notwendigen Wärmeeintrag bezüglich der Heiz- oder Umformbedingungen angepasst wird und dann das entstandene Muster mittels Sticktechnik auf dem Trägermaterial fixiert wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Hochleistungswerkstoffe und betrifft ein dehnfähiges elektrisches Heizelement, welches beispielsweise zur Formgebung von Faserverbundwerkstoffen oder zu deren Beheizung angewandt werden kann, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung.

**[0002]** Bei der Konstruktion von hochbelastbaren Bauteilen gewinnen Faserverbundwerkstoff immer mehr an Bedeutung. Sie bieten durch Auswahl und Orientierung der Verstärkungsfasern und der Kunststoffmatrix die Möglichkeit, die Faserverbundwerkstoffe an bauteilspezifische Belastungen anzupassen. Hieraus resultieren Gestaltungsmöglichkeiten, die bei konventionellen Werkstoffen nicht vorhanden sind. Durch die Orientierung der Verstärkungsfasern in Krafftflussrichtung werden einem Bauteil genau dort Festigkeit und Steifigkeit verliehen, wo sie benötigt wird. Um aus zweidimensionalen textilen Verstärkungsstrukturen z. B. Gewebe, multiaxiales Gelege, Gestricke oder TFP-Preforms (TFP = Tailored Fibre Placement) dreidimensionale textile Strukturen zu erzeugen werden beheizbare formgebende Werkzeuge benötigt. Dazu werden beheizbare Formwerkzeuge verwendet, auf die die Verstärkungsfasern aufgelegt und drapiert werden. Die in der textilen Verstärkungsstruktur integrierte thermoplastische Komponente in Form eines thermoplastischen Fadens oder eines thermoplastischen Pulvers werden bei Temperaturen von ca.  $T = 100^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$  aktiviert und es erfolgt ein lokales „fügen der textilen Verstärkungsstrukturen oder der einzelnen Filamente“. Nach einer Abkühlphase können die dreidimensionalen thermoplastisch gebinderten textilen Verstärkungsstrukturen vom Werkzeug entnommen und in weiteren Fertigungsschritten verarbeitet werden. Das kann z. B. ein zusätzliches Fügen mit zusätzlichen textilen Verstärkungsstrukturen sein oder die Infiltration mit einem Matrixsystem.

**[0003]** Bekannt ist bereits, beheizbare Formwerkzeuge für die Herstellung von gebinderten 3D-Preforms bzw. für die Vernetzung des Matrixsystems in der Faserverbundstruktur einzusetzen. Derartige Formwerkstoffe bestehen in der Regel aus Aluminium oder Stahl.

**[0004]** Nachteilig dabei ist, dass einerseits hohe Fertigungskosten- und Heizkosten entstehen und andererseits ein deutlich unterschiedlicher thermischer Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen dem Material des Formwerkzeuges und dem des Faserverbundwerkstoffes besteht. Damit wird insbesondere die Entformung der Faserverbundwerkstoffe aus einem Formwerkzeug schwierig und/oder die Temperaturführung während des Aushärtens kann zu unerwünschten Kräfteinleitungen führen.

**[0005]** Ebenfalls erweist sich die Steuerung der Temperatur schwierig, insbesondere wenn unterschiedliche Temperaturen in unterschiedlichen Bereichen des zu erwärmenden Faserverbundwerkstoffes realisiert werden sollen.

**[0006]** Insgesamt gesehen ist die Herstellung von komplexen 3D Faserverbundbauteilen auf diesem bekannten Wege sehr kosten- und zeitintensiv.

**[0007]** Um diese Nachteile auszugleichen ist nach der DE 10 2004 042 422 A1 eine Lösung vorgeschlagen worden, bei der ein Formwerkzeug für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen eine Faserverbundstruktur mit einer Kunststoffmatrix aufweist, in die ein elektrisches Widerstandsheizelement, vorteilhafterweise ein Gewebe, Gelege und/oder Vlies aus Kohlenstofffasern oder -filamenten, eingebettet ist.

**[0008]** Weiterhin ist aus der DE 100 34 508 A1 ein Verfahren zur Herstellung eines endkonturnahen Formgebungswerkzeuges und danach hergestelltes Formgebungswerkzeug bekannt, bei dem die Oberfläche des Formgebungswerkzeuges durch einen separat erzeugten Schichtkörper gebildet ist, der mit einem Trägerwerkstoff des Formgebungswerkzeuges verbunden ist.

**[0009]** Aus der DE 697 03 972 T2 ist auch ein Verfahren zum Heizen einer Formwerkzeugmatritze bekannt. Dabei wird ein vorgeformtes Plattenheizelement, welches aus einer inneren Lage aus einem Gewebe aus elektrisch leitenden Fasern besteht, wobei die innere Lage in Glasfaser/Harz eingekapselt ist und an einer bestimmten Stelle und Tiefe von der Oberfläche der Formgebungsmatrize angeordnet wird.

**[0010]** Nachteilig bei den bekannten Lösungen ist, dass keine wirkliche beanspruchungsgerechte Anordnung der Heizelemente in oder um das Formgebungswerkzeug realisiert wird.

**[0011]** Weiterhin nachteilig ist beim Einsatz von Kohlenstofffasern als elektrisch leitende Fasern, dass bei der Herstellung des Heizelementes es zu Filamentbrüchen der Kohlenstofffasern kommt. Diese Filamente legen sich auf der Heizstruktur ab und verursachen beim Anlegen einer Spannung an die Heizstruktur elektrische Kurzschlüsse. Diese Kurzschlüsse quer zu den Heizleitern sind schwer zu beseitigen und verursachen Hotspots, die eine lokale thermische Zerstörung der Matrix im Faserverbundbauteil zur Folge haben.

**[0012]** Weiterhin bekannt ist aus der DE 42 14 636 A1 ein Verstärkungsgebilde, welches aus Verstärkungsfäden in freier beanspruchungsgerechter Legung auf einer Trägerlage besteht, wobei die Verstär-

kungsfäden an die Trägerlage angestickt sind. Dabei können alle Varianten der Sticktechnik, wie Ein- und Zweifaden-Sticksysteme angewandt werden. Ebenso besteht freie Wählbarkeit hinsichtlich des Sticktypes, der Art und Weise der Fixierung und der Materialauswahl beim Stickfaden und bei der Trägerlage.

**[0013]** Aufgabe der vorliegenden Lösung ist es, ein dehnfähiges elektrisches Heizelement anzugeben, welches lokal definierte Flächenheizleistungen erzeugen, abgeben und/oder übertragen kann, sowie ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zu seiner Herstellung.

**[0014]** Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0015]** Das erfindungsgemäße dehnfähige elektrische Heizelement besteht aus einem Trägermaterial aus einem Elastomer und darauf aufgelegten Rovings oder Kordeln aus Kohlenstofffasern oder metallischen Materialien, wobei das Muster der Rovings oder Kordeln entsprechend den jeweiligen Anforderungen für das zu erwärmenden und/oder umzuförmenden Bauteil ausgelegt ist und das Ablagemuster der Rovings oder Kordeln mittels Sticktechnologie auf dem Trägermaterial fixiert ist.

**[0016]** Vorteilhafterweise ist das Trägermaterial eine Elastomerfolie.

**[0017]** Ebenfalls vorteilhafterweise bestehen die Nähfäden aus Polyester oder PEEK.

**[0018]** Weiterhin vorteilhafterweise ist das Trägermaterial mit den Rovings oder Kordeln teilweise belegt.

**[0019]** Und auch vorteilhafterweise ist das Trägermaterial mit den Rovings oder Kordeln mit gut wärmeleitenden Materialien beschichtet oder umhüllt.

**[0020]** Vorteilhaft ist es auch, wenn die Rovings oder Kordeln auf dem Trägermaterial enger angeordnet sind in Bereichen, in denen eine höhere Flächenheizleistung erforderlich ist.

**[0021]** Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die Rovings oder Kordeln auf dem Trägermaterial nur dort angeordnet sind, wo ein Wärmeeintrag erfolgen soll.

**[0022]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines dehnfähigen elektrischen Heizelementes werden auf ein Trägermaterial aus einem Elastomer Rovings oder Kordeln aus Kohlenstofffasern oder metallischen Materialien aufgelegt, wobei das Muster der Auflage der Rovings oder Kordeln an die jeweils notwendigen Wärmeeintrag bezüglich der Heiz- oder Umformbedingungen angepasst wird und

dann das entstandene Muster mittels Sticktechnik auf dem Trägermaterial fixiert wird.

**[0023]** Vorteilhafterweise werden die Rovings oder Kordeln mittels Sticktechnologie oder CNC gesteuerter Ablegemaschine auf dem Trägermaterial fixiert.

**[0024]** Ebenfalls vorteilhafterweise werden die Rovings oder Kordeln, die mit einem elektrisch nichtleitenden Material umgeben sind, beanspruchungsgerecht auf ein Trägermaterial aufgelegt und mittels Sticktechnik fixiert.

**[0025]** Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird es erstmals möglich, ein Heizelement anzugeben, mit welchem lokal definierte elektrisch beheizbare Heizzone auf dem flexiblen Elastomer als Trägermaterial realisierbar sind, die lokal definierte Flächenheizleistungen erzeugen, abgeben und/oder übertragen. Dazu wird das Heizelement durch Aufbringung der elektrischen Leiter in Form von Rovings oder Kordeln aus Kohlenstofffaser oder metallischen Materialien in einem bestimmten Ablagemuster z. B. mäanderförmig oder kreisförmig an die jeweils vorliegenden notwendigen Wärmeeintrag bezüglich der Heiz- oder Verformungsbedingungen angepasst.

**[0026]** Beispielsweise werden in den Umformbereichen für die Herstellung eines winkligen gebündelten Faserverbundbauteiles (L-Profil) mit lokal unterschiedlichen Wandstärken die Rovings oder Kordeln deutlich enger gelegt, um eine gleichmäßige Temperaturerhöhung und damit einen gleichmäßigen Wärmeeintrag in einer vorgeschriebenen Prozesszeit zu erhalten.

**[0027]** Damit ist eine Anpassung des jeweiligen Heizelementes an die jeweilige konkreten Bedingungen und Anforderungen problemlos möglich. Ebenso können die bisher bereits verwendeten oder zertifizierten Materialien (z. B. Elastomer) als auch hinsichtlich der Materialien für die Rovings oder Kordeln (z. B. Kohlenstofffasern, Stahlstränge usw.) eingesetzt und vorteilhafterweise auch mit anderen Heizstrukturen komplettiert werden.

**[0028]** Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt in seiner flexiblen Anpassung an die verschiedensten Formgebungsbedingungen, wie auch der flexible Einsatz von Materialien.

**[0029]** Weiterhin können im Fertigungsprozess lokal textile Strukturen zwischen das Trägermaterial und die Rovings oder Kordeln integriert werden, um z. B. lokal nichtdehnbare elektrisch beheizbare oder nichtbeheizbare Bereiche zu erzeugen.

**[0030]** Als elektrisch leitfähige Materialien können neben Kohlenstofffasern alle Arten von metallischen

Werkstoffen und ihren Legierungen eingesetzt werden, beispielsweise in Form von Draht, Litze, Kabel, Kordel usw. Diese elektrisch leitfähigen Materialien können mit einer elektrisch nichtleitenden Schicht umhüllt sein, die aus einer Kunststoffbeschichtung, einem Glas- oder Aramidgeflecht bestehen kann.

**[0031]** Es wird erfindungsgemäß eine Textiltechnologie zur Fixierung der leitfähigen Materialien auf einem Trägermaterial verwendet. Das Trägermaterial kann aus elektrisch nichtleitendem Glasgewebe, oder aus Elastomerfolien bestehen. Die Fixierung der Rovings oder Kordeln erfolgt mit Hilfe eines Stickprozesses unter Verwendung eines Nähfadens aus z. B. Polyester, PEEK.

**[0032]** Eine weite Einsatzmöglichkeit der textilen Heizstrukturen ist die Nutzung der 2D Heizstrukturen zur Fertigung eines erfindungsgemäßen Heizelementes mit lokal definierten Flächenheizleistungen, die zu einem 3D-Heizelement dehnbar sind. Die Fertigung der 2D-Heizstrukturen auf ebenen Elastomeren ist bekannt. Diese 2D-Heizstrukturen können segmentweise mit Hilfe eines Cutters in die gewünschte Formen geschnitten werden. Diese einzelnen Heizstrukturen können auf ein 3D-Mastermodell aufgelegt werden (**Fig. 1**). Auf diese Elastomerschichten mit integrierten textilen Heizstrukturen werden 2D-Segmente aus halbvernetzten Elastomerelementen aufgelegt. Die textilen Heizstrukturen werden so zwischen 2 elektrisch nichtleitenden Elastomerschichten eingebettet. Anschließend erfolgt eine vollständige Vernetzung der Elastomerelemente durch Zuführung von Temperatur und Druck.

**[0033]** Die so gefertigten 3D-Elastomer Heizelemente können zum Umformen, Fügen, Verpressen von z. B. gebinderten Preforms oder zum Aushärten im Fertigungsprozess von Faserverbundbauteilen eingesetzt werden.

**[0034]** Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

**[0035]** Dabei zeigen:

**[0036]** **Fig. 1** eine Prinzipdarstellung des Aufbaues und Fertigung eines erfindungsgemäßen lokal definiert elektrisch beheizbaren 3D-Heizelementes,

**[0037]** **Fig. 2** 2D-Heizelemente nach dem Stand der Technik, die nicht dehnfähig und nicht lokal definiert beheizbar sind,

**[0038]** **Fig. 3** Beispiel eines erfindungsgemäßen dehnfähigen und lokal definiert beheizbaren Heizelementes,

**[0039]** **Fig. 4** einen mittels Sticktechnologie auf einem Trägermaterial befestigten Faden aus Kohlen-

stofffasern, die mit einem elektrisch nichtleitenden Material umgeben sind,

#### Beispiel 1

**[0040]** Eine Kohlenstofffaser-Kordel mit einer Texzahl von 6 k wird als Endlosmaterial zur Fertigung des dehnfähigen elektrischen Heizelementes eingesetzt. Dabei wird die Sticktechnologie zur Fixierung der Kohlenstofffaser-Kordel auf einem Trägermaterial aus Silikon mit einer Abmessung von 1000 mm × 1000 mm und mit einer Schichtdicke von 0,8 mm verwendet. Die Fixierung der Kohlenstofffaser-Kordel erfolgt mit Hilfe eines Stickprozesses unter Verwendung eines Nähfadens aus Polyester auf einer CNC gesteuerten Stickmaschine (**Fig. 4**). Dabei wird von einer Spule die Kohlenstofffaser-Kordel zum Trägermaterial durch eine Rovingführung geführt und mittels des Nähfadens, der durch die Nadel geführt ist, wird die Kordel auf dem Trägermaterial fixiert. Aufgrund der Bewegungsfreiheit des Trägermaterials in x-y-Richtung, kann die Kordel in jeder beliebigen Position und Richtung fixiert werden. Im vorliegenden Fall wird die Kordel gemäß der Prinzipdarstellung in **Fig. 3**, gelegt und fixiert.

**[0041]** Auf das so hergestellte Heizelement wird anschließend eine weitere Lage aus Silikon aufgelegt und beide Lagen verklebt. Zusätzlich werden in den Randbereichen der elektrisch beheizbaren Silikonmatte Glasgewebe mit einer Flächenmasse von  $m = 80 \text{ g/m}^2$  eingelegt, die keine Dehnungen aufweisen. Das Heizelement hat einen elektrischen Widerstand von  $R = 50 \text{ Ohm}$  und setzt bei Anschluss einer Versorgungsspannung von  $U = 230 \text{ V}$  eine elektrische Leistung von  $P = 1058 \text{ W}$  in Wärme um.

**[0042]** Die elektrisch beheizbare Elastomermatte mit lokal definiertem Wärmeeintrag und lokal unterschiedlichen Dehnungseigenschaften wird zur Umformung von gebinderten textilen Verstärkungsstrukturen genutzt. Dazu werden die beheizbare Elastomermatte und die zu bindende textile Verstärkungsstruktur in ein Werkzeug eingespannt. Durch Anlegen einer geregelten elektrischen Spannung wird die gebinderte textile 2D-Verstärkungsstruktur auf eine Temperatur von  $T = 120^\circ\text{C}$  aufgeheizt und durch Anlegen eines Unterdruckes in eine 3D-textile Verstärkungsstruktur umgeformt. Nach dem Abkühlen kann die so gefertigte 3D-gebundene textile Verstärkungsstruktur mit weiteren textilen Verstärkungsstrukturen komplettiert werden.

#### Bezugszeichenliste

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 | Halbvernetztes Elastomer             |
| 2 | Vernetztes Elastomer                 |
| 3 | Dehnfähiges elektrisches Heizelement |
| 4 | Kohlenstofffaser-Kordel              |

- 5 Kordelführung
- 6 Nähnael
- 7 Nähfaen
- 8 Trägermaterial

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102004042422 A1 [0007]
- DE 10034508 A1 [0008]
- DE 69703972 T2 [0009]
- DE 4214636 A1 [0012]

**Patentansprüche**

1. Dehnfähiges elektrisches Heizelement, bestehend aus einem Trägermaterial aus einem Elastomer und darauf aufgelegten Rovings oder Kordeln aus Kohlenstofffasern oder metallischen Materialien, wobei das Muster der Rovings oder Kordeln entsprechend den jeweiligen Anforderungen für das zu erwärmenden und/oder umzuformenden Bauteil ausgelegt ist und das Ablagemuster der Rovings oder Kordeln mittels Sticktechnologie auf dem Trägermaterial fixiert ist.

2. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem das Trägermaterial eine Elastomerfolie ist.

3. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem die Nähfäden aus Polyester, PEEK bestehen.

4. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem das Trägermaterial mit den Rovings oder Kordeln teilweise belegt ist.

5. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem das Trägermaterial mit den Rovings oder Kordeln mit gut wärmeleitenden Materialien beschichtet oder umhüllt ist.

6. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem die Rovings oder Kordeln auf dem Trägermaterial enger angeordnet sind in Bereichen, in denen eine höhere Flächenheizleistung erforderlich ist.

7. Heizelement nach Anspruch 1, bei dem die Rovings oder Kordeln auf dem Trägermaterial nur dort angeordnet sind, wo ein Wärmeeintrag erfolgen soll.

8. Verfahren zur Herstellung eines dehnfähigen elektrischen Heizelementes, bei dem auf ein Trägermaterial aus einem Elastomer Rovings oder Kordeln aus Kohlenstofffasern oder metallischen Materialien aufgelegt werden, wobei das Muster der Auflage der Rovings oder Kordeln an die jeweils notwendigen Wärmeeintrag bezüglich der Heiz- oder Umformbedingungen angepasst wird und dann das entstandene Muster mittels Sticktechnik auf dem Trägermaterial fixiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Rovings oder Kordeln mittels Sticktechnologie oder CNC gesteuerter Ablegemaschine auf dem Trägermaterial fixiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Rovings oder Kordeln, die mit einem elektrisch nichtleitenden Material umgeben sind, beanspruchungsgerecht auf ein Trägermaterial aufgelegt und mittels Sticktechnik fixiert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

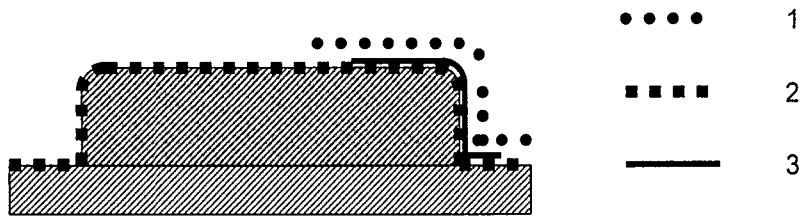


Fig. 1

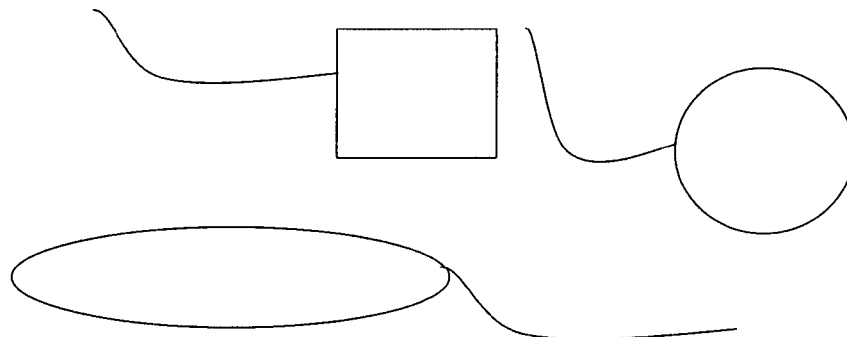


Fig. 2

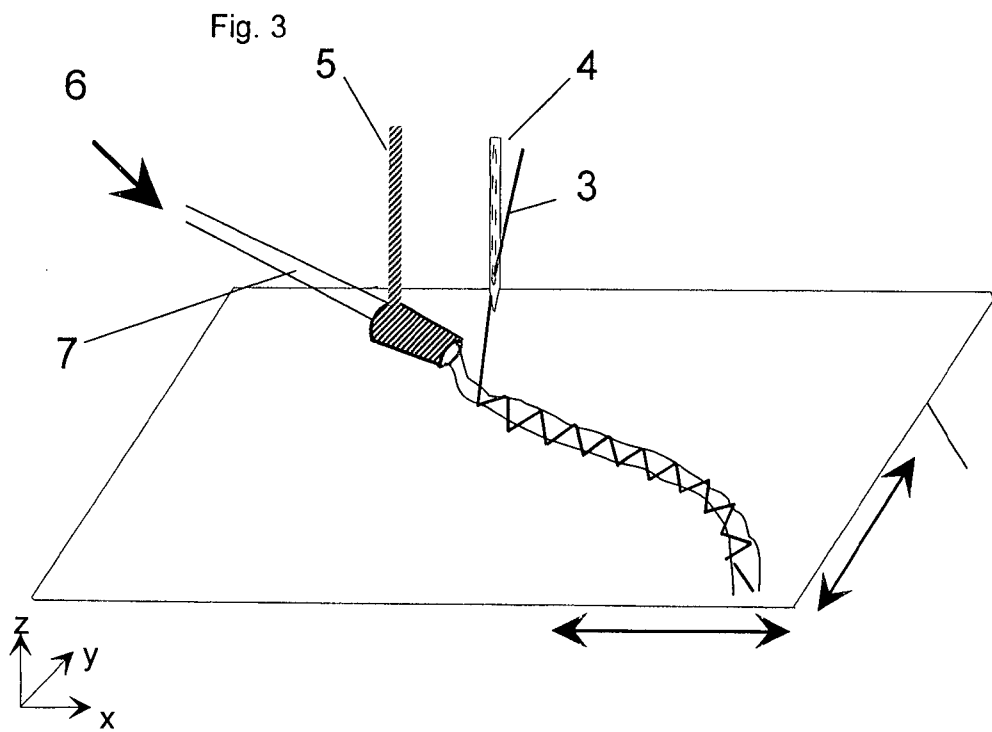
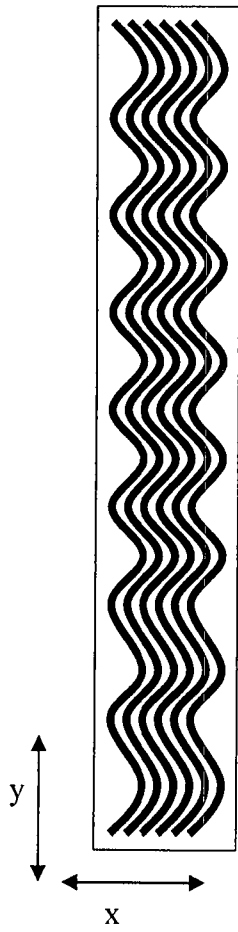


Fig. 4