



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 29 120 T2 2007.02.01**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 224 841 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H05B 6/02 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 29 120.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/09709**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 925 936.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/030116**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.04.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **26.04.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **28.06.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.02.2007**

(30) Unionspriorität:
422608 21.10.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(72) Erfinder:
**LAPPI, R., Larry, Saint Paul, MN 55133-3427, US;
BOETTCHER, J., Robert, Saint Paul, MN
55133-3427, US; MILLER, G., David, Saint Paul, MN
55133-3427, US; MILLER, F., Richard, Saint Paul,
MN 55133-3427, US**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **HEIZEINRICHTUNG MIT EINER FORMBAREN INDUKTIONSSCHLEIFE UND VERFAHREN FÜR
EINE BESCHLEUNIGTE HÄRTUNG DER VERBUNDENEN TEILE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen eine Heizeinrichtung mit einer verformbaren Schleife, und ein Verfahren zum Reduzieren der Härtungsdauer einer geometrisch geformten Verbindungslinie, die von einem auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterial definiert ist, das zwischen zwei Teilen angeordnet ist, wobei die Einrichtung benachbart zu der geformten Verbindungslinie eine manuell umformbare Kabelanordnung aufweist.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] In der Automobilindustrie werden äußere Metallbleche (d.h. Abschlussbleche) an Fahrzeugen während der Herstellung mit Hilfe von Widerstandsschweißnähten an der Fahrzeugstruktur angebracht. Nichtmetallische Bleche werden mit Klebstoffen oder mechanischen Befestigungsmitteln an der Metallstruktur angebracht. Das spätere Ersetzen eines Metallblechs (z.B. aufgrund einer Beschädigung durch eine Kollision) wird üblicherweise durch Schweißen oder durch eine Kombination von Schweißen und Verbinden des Blechs an dem Metallaufbau erreicht. Auf Wärme ansprechende Materialien (z.B. wärmehärtbare Klebstoffe) werden zum Verbinden eines Ersatzblechs an der Metallstruktur benutzt. Die Härtungsdauer eines auf Wärme ansprechenden Materials kann gesenkt werden, indem auf den Klebstoff Wärme angewandt wird. Die Verbindungsmaterialien sind üblicherweise Einkomponenten- oder Zweikomponentenklebstoffe. Solche Klebstoffe können auf Kunstharz, Urethan, oder Acrylharz basierende Klebstoffe sein.

[0003] Beim Kollisionsreparaturprozess wird das Verbindungsmaterial entweder auf das Ersatzblech oder auf die Fahrzeugstruktur aufgetragen, oder auf beide. Das Blech wird in geeigneter Ausrichtung zu der Fahrzeugstruktur befestigt. Die Bleche müssen stationär in einer beheizten Werkstatt verbleiben, um das Verbindungsmaterial auszuhärten, bis das Verbindungsmaterial zumindest Handhabungsfestigkeit erreicht hat. Während der Zeit, in der eine Kollisionsreparaturwerkstatt auf das Aushärten des Verbindungsmaterials wartet, nimmt das Fahrzeug wertvollen Werkstatttraum ein, der zu anderen Zwecken benutzt werden könnte. Verschiedene Zweikomponentenklebstoffe benötigen unterschiedliche Aushärungszeiten, damit der Klebstoff seine vollständige Strukturfestigkeit erreicht. Einkomponentenklebstoffe werden nicht so häufig bei der Kollisionsreparatur benutzt, da Einkomponentenklebstoffe normalerweise Feuchtigkeit oder Wärme zum Härten des Klebstoffs benötigen. Von Feuchtigkeit weiß man, dass sie nur langsam in eine dünne Verbindungslinie dringt, die zwischen einem Ersatzblech und der Fahrzeugstruktur angeordnet ist.

[0004] Eine Kollisionsreparaturwerkstatt muss Fahrzeugabschlussbleche in vielen verschiedenen Größen und Formen ersetzen. Zu den bekannten Erwärmungsvorrichtungen und Verfahren zum Beschleunigen der Härtungsdauer des Verbindungsmaterials gehören Infrarotwärmelampen, siliziumbeschichtete widerstandsfähige Wärmeklebebander, Heißluftpistolen, und Lackhärtungskabinen. Jedes der genannten Verfahren weist bekannte Nachteile auf. Infrarotheizvorrichtungen können breite Flächen mit starker Hitze versorgen. Allerdings kann die hohe Temperatur, die zum schnellen Härten einiger Verbindungsmaterialien erforderlich ist, auch ungeschützte benachbarte wärmeempfindliche Materialien in oder an dem Fahrzeug beschädigen. Siliziumbeschichtete widerstandsfähige Wärmeklebebander können entlang einer Verbindungslinie aufgeklebt oder festgeklemmt werden. Während sich das Band erwärmt, dehnt es sich aus, und Abschnitte „heben“ sich von der erwärmten Fläche „ab“. Es kann vorkommen, dass die Bereiche der Verbindungslinien unter den angehobenen Abschnitten des Wärmeklebebandes nicht ausreichend Wärme erhalten. Lackhärtungskabinen können zum Beschleunigen der Härtungsdauer eines Verbindungsmaterials benutzt werden, aber das gesamte Fahrzeug nimmt einen sehr teuren Ausrüstungsgegenstand ein, der zum Härten von Lackierungen benötigt wird. Einige Lackierkabinen können nicht auf eine ausreichende Temperatur erwärmt werden, um bekannte Strukturverbindungsbander (Structural Bonding Tapes – SBT) oder Einkomponentenklebstoffe zu härten. Wenn solche hohen Temperaturen erzielt würden, könnte die Wärme auch wärmeempfindliche Komponenten des Fahrzeugs beschädigen. Heißluftpistolen können die notwendigen Temperaturen erreichen, um die Härtung von Wärmeverbindungsmaterialien zu beschleunigen. Allerdings ist das Härten einer Verbindungslinie mit einer Punktquellenheizvorrichtung wie z.B. einer Heißluftpistole ein sehr zeitaufwändiger Vorgang. Es werden jeweils nur kleine Bereiche oder „Punkte“ der Verbindungslinie erwärmt. Bei der Benutzung einer Heißluftpistole ist es möglicherweise nicht sehr leicht, die ultimative Verbindungsmaterialtemperatur gleichmäßig zu steuern. Dies kann zu einer Überhitzung des Verbindungsmaterials bis zu einem Punkt seiner Auflösung führen. Alternativ könnte unzureichende Wärme zu einer unvollständigen Härtung führen.

[0005] Es ist bekannt, dass Induktionserwärmung bei der Herstellung und Montage von Automobilen mit ho-

hen Produktionsraten für ähnliche Bauteile eingesetzt wird. Elektrische Induktionsspulen werden verwendet, um Wärme bereitzustellen, um das Härten von auf Wärme ansprechenden Materialien zu beschleunigen, die zwischen Metallblechen angeordnet sind. Solche Induktionsspulen führen elektrischen Hochfrequenzstrom, der ein Magnetfeld erzeugt, und das Erwärmen der Metallbleche verursacht. Wärme wird von den Metallblechen auf das Verbindungsmaterial übertragen, das zwischen den Metallblechen angeordnet ist. Zu den bekannten Verfahren der Induktionserwärmung gehört die Benutzung von Punktinduktions-Heizvorrichtungen oder von steifen Kupferinduktionsapplikatoren. Punktinduktionsheizvorrichtungen konzentrieren eine große Wärmemenge an einer kleinen, lokalisierten Stelle oder einem „Punkt“. Es ist üblich, Punktinduktionsheizvorrichtungen an ausgewählten Stellen entlang der Erstreckung einer Verbindungslinie anzuwenden, um eine Punkthärtung des Verbindungsmaterials an den Positionen der Induktionsspulen durchzuführen, um eine Handhabungsfestigkeit zu erzielen. Das übrige Verbindungsmaterial wird zu einem späteren Zeitpunkt während des Montageprozesses gehärtet, z.B. wenn das Automobil eine Lackhärtungskabine passiert. Eine bekannte Punktinduktionsheizvorrichtung ist in US-Patentschrift 5,442,159 an Shank offenbart, veröffentlicht am 15. August 1995.

[0006] Die Benutzung von steifen Kupferinduktionsapplikatoren erfordert einen unterschiedlich geformten Applikator für jede unterschiedlich geformte Verbindungslinie oder Blechgeometrie. Steife Induktionsapplikatoren dieser Art wären für die Benutzung in einer Kollisionsreparaturwerkstatt nicht wünschenswert, wo häufig für jede Benutzung Verbindungslinien einer unterschiedlichen Blechgeometrie benötigt werden. Außerdem benötigen steife Kupferinduktionsapplikatoren aufgrund der hohen Ströme in dem Induktor oft zusätzliche Kühlung (z.B. ein Wasserkühlsystem), um ein Überhitzen des steifen Kupferinduktionsapplikators zu vermeiden. Ein bekannter steifer Kupferinduktionsapplikator ist offenbart in US-Patentschrift 4,602,139 an Hutton et al., veröffentlicht am 22. Juli 1986.

[0007] WO-A-9 948 334 betrifft ein Verfahren und eine Heizeinrichtung für die Induktionswärmebehandlung von Werkstücken, insbesondere zum Gelieren und Entzünden von geflanschten Bereichen von Karosseriebauteilen. Die Wärmebehandlung wird mit Hilfe eines Induktors durchgeführt, der aus mehreren Induktorelementen besteht, die miteinander verbunden werden können, verformbar sind, um sich an die Umrisse des zu erwärmenden Werkstücks anzupassen, und separat verformt und/oder angeordnet werden können, um lokale Variationen der Wärmeeingabe zu erlauben. Die Wärmebehandlung wird mit einem Wechselstrom von mittlerer Frequenz von vorzugsweise zwischen 4 kHz und 15 kHz durchgeführt.

[0008] US-A-5 847 370 beschreibt eine Seitennaht einer Dose, die beschichtet und durch Induktion erwärmt wird, indem sie ein oszillierendes Magnetfeld mit mittlerer Frequenz passiert, das durch eine Induktionsspule erzeugt wird, die um einen Kern gewickelt ist. Der Kern ist derart geformt und ausgerichtet, dass zwei magnetisch entgegengesetzte Pole in einer konzentrierten Weise einen magnetischen Fluss von der Spule in die Seitennahten von Dosen lenken, die sich entlang einem Fortbewegungsweg bewegen. Die Kerne sind mit Hilfe von einzelnen Laminierungen aus Hochfrequenzkernmaterial aufgebaut, wobei jede dünner ist als etwa 0,006 Zoll (1 Zoll = 2,54 cm), und die einzeln voneinander isoliert und miteinander verbunden sind, um einen U- oder E-förmigen Kern zu bilden, der einen Fluss auf das Werkstück richtet. Die Induktionsspule ist mit Hilfe einer Art von Litzendraht aufgebaut, und die Spule und der Kern sind luftgekühlt.

[0009] DE-A-4 428 565 betrifft ein Verfahren, das das Induktionsschweißen von Stoßfugen von muschelförmigen Blechmetallkomponenten behandelt, um eine geschlossene hohle Komponente zu bilden. Die Fugenkantenregionen von beiden Komponenten in ihrer montierten Position werden gemeinsamen entlang der Naht mit Hilfe eines Induktors erwärmt, dessen Form eng der Nahtanordnung folgt, und der in einem Frequenzbereich von 200 kHz arbeitet.

KURZDARSTELLUNG DER ERINDUNG

[0010] Die vorliegende Erfindung ist in den Merkmalen der Ansprüche definiert und stellt eine induktive Heizeinrichtung und ein Verfahren zum Erwärmen einer im Wesentlichen kontinuierlichen Verbindungslinie bereit, die durch eine Länge von auf Wärme ansprechendem Verbindungsmaterial definiert ist, das zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil angeordnet ist. Das erste Teil oder das zweite Teil ist aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt, oder benachbart zu elektrisch leitendem Material angeordnet. Die induktive Heizeinrichtung weist eine flexible, umformbare Kabelanordnung auf, die benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie positionierbar ist. Die flexible, umformbare Kabelanordnung ist dazu in der Lage, manuell zu einer ersten Form geformt zu werden, und ist dazu in der Lage, manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umgeformt zu werden, die sich von der ersten Form der ersten Verbindungslinie unterscheidet. Eine Wechselstromversorgung ist elektrisch an die flexible, umformbare Kabelanordnung ange-

schlossen. Wenn die Wechselstromversorgung aktiviert wird, arbeitet die umformbare Kabelanordnung, um das elektrisch leitende Material zum direkten Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials im wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie induktiv zu erwärmen.

[0011] Die flexible, umformbare Kabelanordnung ist in einer Nicht-Dipol- oder Dipolkonfiguration benachbart zu der ersten Verbindungslinie positionierbar. In einem Aspekt ist die flexible, umformbare Kabelanordnung benachbart zu dem zweiten Teil entlang der ersten Verbindungslinie positionierbar.

[0012] In einem Aspekt weist die flexible, umformbare Kabelanordnung mehrere Litzendrähte auf. Die Kabelanordnung kann außerdem eine erste Isolierschicht aufweisen, die jeden Draht bedeckt und einen isolierten Draht bildet, und eine Hüllschicht, welche alle isolierten Drähte bedeckt. In einem Aspekt ist die erste Isolierschicht aus einem polymerischen Material hergestellt. In einem Aspekt ist die Hüllschicht aus einem polymerischen Material hergestellt. In einem bevorzugten Aspekt ist die flexible, umformbare Kabelanordnung ein Litzendraht.

[0013] Die Wechselstromversorgung ist eine Hochfrequenzstromversorgung mit einer Ausgangsfrequenz von über 1 Kilohertz. In einem Aspekt liegt die Ausgangsfrequenz zwischen 10 Kilohertz und 400 Kilohertz.

[0014] Die induktive Heizeinrichtung kann außerdem eine Steuerung aufweisen, die an die Stromversorgung gekoppelt ist, um die Aktivierung der Stromversorgung zu steuern. Die Steuerung kann außerdem einen Zeitgeber aufweisen, um die Dauer des Anlegens von Strom über die Stromversorgung zu steuern. Die Steuerung kann außerdem einen Frequenzsteuermechanismus zum Ändern der Ausgangsimpulsfrequenz aufweisen.

[0015] Ein Sicherungsmechanismus ist zum Sichern der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung an dem ersten Teil vorgesehen. In einem Aspekt ist der Sicherungsmechanismus ein Band. In einem anderen Aspekt weist der Sicherungsmechanismus eine magnetische Materialform auf, die die Kabelanordnung magnetisch an das erste Teil koppelt. In einem anderen Aspekt ist der Sicherungsmechanismus eine Befestigungsklemme.

[0016] In einem Aspekt ist das erste Teil ein Blech, und die flexible, umformbare Kabelanordnung wird manuell im Wesentlichen zu einer Umfangsform des Blechs geformt. Die flexible, umformbare Kabelanordnung weist eine dreidimensionale Verformbarkeit auf. Die flexible, umformbare Kabelanordnung ist im Wesentlichen nicht elastisch.

[0017] In einer anderen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Verbinden von zwei nebeneinander liegenden Teilen bereit. Das Verbindungsverfahren weist ein Reduzieren der Härtungsdauer zum Erreichen der Handhabungsfestigkeit eines auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials auf, das zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil angeordnet ist, das eine im Wesentlichen kontinuierliche Verbindungslinie definiert. Das erste Teil oder das zweite Teil ist aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt, oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet. Das Verfahren weist Schritte zum Bereitstellen einer flexiblen, umformbaren Kabelanordnung auf. Die flexible, umformbare Kabelanordnung wird benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie angeordnet, einschließlich des manuellen Formens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie. Die flexible, umformbare Kabelanordnung wird an eine Wechselstromversorgung angeschlossen. Die Wechselstromversorgung wird aktiviert, um das elektrisch leitende Material zum direkten Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie induktiv zu erwärmen.

[0018] In einem Aspekt ist die flexible, umformbare Kabelanordnung als mehrere Litzendrähte aufweisend definiert. Der Schritt des Definierens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung weist eine Isolierschicht auf, die jeden Draht bedeckt und einen isolierten Draht bildet, und eine Hüllschicht, die alle isolierten Drähte bedeckt. In einem Aspekt ist die flexible, umformbare Kabelanordnung ein Litzendraht. Das Verfahren weist außerdem den Schritt auf, die Wechselstromversorgung als Hochfrequenzstromversorgung mit einer Ausgangsfrequenz von über 1 Kilohertz zu definieren. In einem Aspekt liegt die Ausgangsfrequenz zwischen 10 Kilohertz und 400 Kilohertz.

[0019] Das Verfahren kann außerdem den Schritt aufweisen, eine Steuerung an die Stromversorgung zu koppeln, und die Aktivierung der Stromversorgung mit Hilfe der Steuerung zu steuern. Das Verfahren kann außerdem den Schritt aufweisen, die flexible, umformbare Kabelanordnung an dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie zu sichern. Das Verfahren kann außerdem den Schritt aufweisen, die flexible, umformbare Kabelanordnung von der ersten Verbindungslinie zu entfernen, und die flexible, umformbare Kabelanordnung

manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umzuformen, die verschieden ist von der Form der ersten Verbindungslinie.

[0020] In einem Aspekt weist die erste Verbindungslinie eine dreidimensionale Form auf. Eine flexible, umformbare Kabelanordnung passt sich entlang der ersten Verbindungslinie der dreidimensionalen Form an. Der Schritt des Anordnens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung benachbart zu dem ersten Teil weist den Schritt auf, die flexible, umformbare Kabelanordnung benachbart zu dem zweiten Teil entlang der ersten Verbindungslinie anzuordnen. Die flexible, umformbare Kabelanordnung ist benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie in einer nicht dipoligen Art und Weise positionierbar.

[0021] In einer anderen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung eine induktive Heizeinrichtung zum Erwärmen einer im Wesentlichen kontinuierlichen ersten Verbindungslinie auf, die durch eine Länge von auf Wärme ansprechendem Verbindungsmaterial definiert ist, das benachbart zu einem ersten Teil angeordnet ist, wobei das erste Teil aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist, oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet ist. Die induktive Heizeinrichtung weist eine flexible, umformbare Kabelanordnung auf, die wirksam benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinien angeordnet ist. Die flexible, umformbare Kabelanordnung ist dazu in der Lage, manuell zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie geformt zu werden, und ist dazu in der Lage, manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umgeformt zu werden, die verschieden ist von der ersten Form der ersten Verbindungslinie. Eine Stromversorgung ist elektrisch an die flexible, umformbare Kabelanordnung angeschlossen. Wenn die Stromversorgung aktiviert wird, arbeitet die flexible, umformbare Kabelanordnung, um das elektrisch leitende Material zum direkten Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie induktiv zu erwärmen.

[0022] In einer anderen Ausführungsform stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Lösen von einem oder mehreren Teilen bereit. Das erste Teil ist aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt, oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet. Das Verfahren weist den Schritt auf, eine flexible, umformbare Kabelanordnung bereitzustellen. Die flexible, umformbare Kabelanordnung wird benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie angeordnet, einschließlich des manuellen Formens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie. Die flexible, umformbare Kabelanordnung wird an eine Stromversorgung angeschlossen. Die Stromversorgung wird aktiviert, um das elektrisch leitende Material zum direkten Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie induktiv zu erwärmen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0023] Die begleitenden Figuren dienen dazu, ein tieferes Verständnis der vorliegenden Erfindung zu ermöglichen, und sind in diese Beschreibung aufgenommen und bilden einen Teil derselben. Die Figuren zeigen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, und dienen zusammen mit der Beschreibung dazu, die Grundgedanken der Erfindung zu erläutern. Andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, und viele der Vorteile der vorliegenden Erfindung werden schnell deutlich werden, indem sie durch Bezugnahme auf die folgende genaue Beschreibung besser nachvollziehbar werden, wenn diese unter Berücksichtigung der begleitenden Figuren gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen auf gleiche Bauteile in allen Figuren hinweisen.

[0024] [Fig. 1](#) ist eine erhöhte Vorderansicht einer induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, gezeigt in einer Betriebsposition.

[0025] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittansicht entlang der Linie 2-2 aus [Fig. 1](#).

[0026] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittansicht, die ein Ausführungsbeispiel einer anderen Anwendung der induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0027] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittansicht, die ein Ausführungsbeispiel einer anderen Anwendung der induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0028] [Fig. 5](#) ist eine Querschnittansicht, die ein Ausführungsbeispiel einer anderen Anwendung der induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0029] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm, das eine alternative Ausführungsform einer induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0030] [Fig. 7](#) bis [Fig. 11](#) zeigen Ausführungsbeispiele einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Anordnung einer manuell umformbaren Kabelanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0031] [Fig. 12](#) ist ein Ablaufdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Beschleunigen des Aushärtens von verbundenen Teilen mit Hilfe der induktiven Heizvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0032] In [Fig. 1](#) ist eine induktive Heizvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung allgemein mit **20** bezeichnet. Die induktive Heizeinrichtung **20** ist in einer Betriebsposition benachbart zu einer Blechanordnung (z.B. einer Automobilblechanordnung) **22** gezeigt. Im Betrieb arbeitet die induktive Heizeinrichtung **20**, um die Härtungsdauer einer geformten, im Wesentlichen kontinuierlichen Verbindungslinie (d.h. eine Verbindungslinie muss nicht vollkommen kontinuierlich sein) zu reduzieren, die von einem auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterial definiert ist, das zwischen zwei Teilen angeordnet ist, wobei die induktive Heizeinrichtung **20** eine manuell umformbare Kabelanordnung aufweist, die benachbart zu der geformten Verbindungslinien entlang ihrer Längserstreckung positionierbar ist. Die induktive Heizeinrichtung **20** stellt ein gesteuertes gleichmäßiges Erwärmen der geformten Verbindungslinie entlang ihrer Längserstreckung bereit, einschließlich einer gleichmäßigen Erwärmung von Verbindungslinien in einem zweidimensionalen und dreidimensionalen Raum. Die umformbare Kabelanordnung ist in einer Nicht-Dipol- (wie dargestellt) oder einer Dipolkonfigurierung benachbart zu der Verbindungslinie positionierbar. Die induktive Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist viele Anwendungsweisen auf, darunter Autoreparatur, Heimreparatur, Flugzeugindustrie, Landwirtschafts- und Industriemaschinen usw., einschließlich der Nutzung mit Klebstoffen, Dichtungsmitteln, oder zum gesteuerten, gleichmäßigen Schmelzen von anderen Materialien. Andere Nutzungsweisen werden Fachleuten nach der Lektüre der vorliegenden Anmeldung deutlich werden.

[0033] Die induktive Heizeinrichtung **20** weist eine Wechselstromversorgung **24** auf, die elektrisch an eine flexible, umformbare Kabelanordnung **26** angeschlossen ist. Blechanordnung **22** weist eine erste Verbindungslinie **28** auf, die eine erste Form aufweist. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel entspricht die erste Form der ersten Verbindungslinie **28** der Form der Umfangskante der Blechanordnung **22**.

[0034] Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** ist entlang der ersten Verbindungslinie **28** angeordnet. Insbesondere ist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** manuell zu der ersten Form der ersten Verbindungslinie verformbar. Außerdem ist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** dazu in der Lage, manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umgeformt zu werden, die verschieden ist von der ersten Form der ersten Verbindungslinie. Ein Sicherungsmechanismus **30** ist zum lösbaren Sichern der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** an der Blechanordnung **22** vorgesehen. In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Sicherungsmechanismus **30** metallische oder nichtmetallische Klammern oder Befestigungsklemmen auf. Andere Sicherungsmechanismen können benutzt werden, wie z.B. klebstoffverstärkte Elemente (z.B. Klebeband), oder ein magnetisches Element zum magnetischen Sichern (d.h. Koppeln) der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** an der Blechanordnung **22**. Andere geeignete Sicherungsmechanismen werden Fachleuten nach der Lektüre der Offenbarung der vorliegenden Erfindung deutlich werden.

[0035] Die Stromversorgung **24** ist eine Wechselstromversorgung. Die Stromversorgung **24** ist eine Hochfrequenzstromversorgung, vorzugsweise mit einer Ausgangsfrequenz von über 1 Kilohertz. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die Ausgangsfrequenz der Stromversorgung **24** zwischen 10 Kilohertz und 400 Kilohertz.

[0036] Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** ist ein einzelnes Kabel, das entlang der Verbindungslinie **28** angeordnet ist, und das, wie dargestellt, in einer einfachen, nicht dipoligen Art und Weise angeordnet ist. Eine solche Konfigurierung ermöglicht eine gleichmäßige Erwärmung der Verbindungslinie **28** entlang ihrer Längserstreckung. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel erfordert das gesteuerte, gleichmäßige Erwärmen keinen zusätzlichen Kühlmechanismus, sondern kühlt auf natürliche Weise. Bei höheren Temperaturen wäre eine zusätzliche Kühlung nötig. In einer Ausführungsform weist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** mehrere Drähte auf, und vorzugsweise einen Litzendraht. Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** soll an späterer Stelle der Beschreibung detailliert beschrieben werden. Alternativ ist die Kabelanordnung **26** wirksam in einer Dipolkonfigurierung entlang der Verbindungslinie **28** positionierbar.

[0037] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittansicht entlang der Linie 2-2 aus [Fig. 1](#), die ein Ausführungsbeispiel einer Anwendung einer flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** zeigt, die betriebsfähig benachbart zu der ersten

Verbindungsline **28** der Blechanordnung **22** angeordnet ist. Die Blechanordnung **22** weist ein auf Wärme ansprechendes Material **40** auf, das zwischen einem ersten Teil **42** und einem zweiten Teil **44** angeordnet ist. Das erste Teil **42** oder das zweite Teil **44** sind aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt (z.B. Metallblech). In einer Anwendung ist das erste Teil **42** Bestandteil einer Automobilstruktur, und das zweite Teil **44** ist ein Außenblechteil eines Automobils. Elektrisch leitendes Material, wie hier benutzt, kann auch Klebstoffe aufweisen, die stark beladen sind, so dass sie über eine kontinuierliche Gleichstrom-Leitfähigkeit verfügen, oder beladene Klebstoffe, die Elektrizität bei höheren Frequenzen leiten.

[0038] Auf Wärme ansprechendes Verbindungsmaterial **40** ist ein Verbindungsmaterial, bei dem die Härtungsdauer reduziert wird (d.h. die Härtungsrate beschleunigt wird), wenn es erwärmt wird. Verbindungsmaterial **40** kann ein Einkomponenten- oder Zweikomponentenverbindungsmaterial (z.B. Klebstoff) sein, wie Fachleuten bekannt. Ein Ausführungsbeispiel eines Zweikomponentenverbindungsmaterials ist unter dem Handelsnamen 3M Automix Panel Bonding Adhesive erhältlich, verfügbar von der 3M Company aus St. Paul, Minnesota. Wie hier benutzt, bezeichnet der Begriff auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterialien auch Dichtungsstoffe, derart, dass die vorliegende Erfindung benutzt werden kann, um die Verteilung von „Schmelzklebstoff“-Dichtungsstoffen zu unterstützen. Andere auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterialien sind thermally setzbare Polymere, darunter Kunstharze, Polyester, Akrylate, Urethane oder andere nützliche auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterialien oder Materialmischungen. Solche Materialien können auch wärmeaktivierte Härtungsmittel aufweisen, die in den Zusammensetzungen enthalten sind. Außerdem können solche Verbindungsmaterialien einen Beschleuniger aufweisen, welcher der Zusammensetzung hinzugefügt ist, damit sie bei einer niedrigeren Temperatur vollständig aushärtet oder Handhabungsfestigkeit erreicht, oder um die Härtungsdauer zu reduzieren, wenn sie Wärme über kürzere Zeit ausgesetzt sind. Andere auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterialien werden Fachleuten nach der Lektüre der Offenbarung der vorliegenden Anmeldung deutlich werden.

[0039] Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** ist benachbart zu der ersten Verbindungsline **28** der Blechanordnung **22** entlang ihrer Längserstreckung angeordnet gezeigt. In einer Ausführungsform weist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** mehrere Drähte **50** auf (z.B. 600 Drähte, wobei nur 7 dargestellt sind), und insbesondere ist sie ein Litzendraht mit 100 bis 1000 oder mehr Drähten **50**. In einer Anwendung weist jeder Draht einen Durchmesser zwischen 0,03 und 0,15 mm auf. In einer Anwendung weist jeder Draht **50** eine isolierte Abdeckschicht **52** auf, um einen isolierten Draht zu begrenzen. In einem Aspekt ist die isolierte Abdeckschicht **52** aus einem polymerischen Material hergestellt (z.B. einem wärmeverformbaren Kunstharzlack). Optional umgibt eine Hülle oder eine zweite Isolierschicht **54** die Drähte **50**. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Hüllschicht **54** aus einem polymerischen Material hergestellt.

[0040] Mehrere isolierte Drähte bilden bevorzugt die flexible, umformbare Kabelanordnung **26**, um die Strom führende Oberfläche der Kabelanordnung zu maximieren. Insbesondere führt die Benutzung einer Anzahl kleiner isolierter Drähte zu einer größeren Gesamtleitfläche, die mehr Strom führen kann als ein einzelner Draht oder eine einzige Leitung, da Leiter die Elektronen (d.h. den Strom) nahe ihrer Oberfläche mit höherer Frequenz führen. Auf diese Weise erhöht sich der Widerstand der Kabelanordnung nicht in unerwünschter Weise für Hochfrequenzanwendungen. Dies ist insbesondere wünschenswerter als die Benutzung eines üblichen steifen Kupferdrahts oder einer steifen Kupferleitung.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** eine Litzendrahtkabelanordnung. Litzendraht ist von mehreren Quellen erhältlich, darunter WireTronic, Inc. aus Calabarra, Kalifornien, USA.

[0042] Ein Litzendrahtaufbau ist dazu ausgelegt, die Leistungsverluste zu minimieren, die bei massiven Leitern aufgrund des „Hauteffekts“ (zuvor oben beschrieben) auftreten. Der Hauteffekt ist die Tendenz von Funkfrequenzstrom, sich an der Oberfläche des Leiters zu konzentrieren. Der Litzendrahtaufbau wirkt diesem Effekt entgegen, indem die Oberfläche vergrößert wird, ohne dabei die Größe des Leiters wesentlich zu erhöhen. Im Allgemeinen sind Litzendrahtkonstruktionen, die aus vielen Strängen feinerer Drähte aufgebaut sind, am besten für Hochfrequenzanwendungen geeignet. Polyurethan-Nylon ist die Beschichtung, die am häufigsten zum Isolieren einzelner Stränge benutzt wird, da sie lötlöslich ist. Allerdings wird man verstehen, dass andere Isolierungen für höhere Temperaturen ebenfalls benutzt werden können.

[0043] Jeder Drahtstrang ist elektrisch mit einer Isolierbeschichtung isoliert, die allgemein für Magnetdraht benutzt wird. Die üblichsten Isolierungen für Litzendrahte sind massives Heavy-Build-Polyurethan-Nylon, das dem Industriestandard NEMA MW 80-C (Wärmeklasse 155°C) für Magnetdraht entspricht. Andere geeignete Isolierungstypen und -bauarten können benutzt werden. Litzendraht kann als „umwickelt“ und „nicht umwickelt“

beschrieben werden. Umwickelter Litzendraht bedeutet, dass der gesamte Litzendrahtaufbau für zusätzliche Festigkeit und Schutz mit einem Nylogewebe oder -garn umwickelt ist. Eine andere Option ist es, dass der Litzendrahtaufbau mit FEP Teflon® oder PVC anstelle von Nylon umhüllt ist. Die übliche Teflon®-Stärke liegt zwischen 0,005 Zoll und 0,015 Zoll. Teflon ist eine Handelsmarke der Dupont Corporation.

[0044] Übliche Frequenzspannen für die Litzendrahtstranggröße sind wie folgt:

Frequenz in Kilohertz	AWG Stranggröße
1 - 10,0	30
10 - 50	33
50 - 100	36
100 - 200	38
200 - 400	40
400 - 800	42
800 - 1600	44
1600 - 3200	46
3200 - 5000	48

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** eine 661-Leiter-Litzendrahtanordnung aus 34 AWG-Kupferdrähten, einer Single-Build-Polyurethan-Nylon-Isolierung (Wärmeklasse 155°C), mit einer Teflon®-Hülle. Der Außendurchmesser der Kabelanordnung liegt zwischen etwa 0,21 Zoll und 0,23 Zoll.

[0046] Im Betrieb erzeugt die Aktivierung der Stromversorgung **24** einen Hochfrequenzstrom, der von der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** geführt wird. Die bestromte flexible, umformbare Kabelanordnung **26** erzeugt ein Magnetfeld, das über einen Bereich verteilt wird, der durch Magnetfeldlinien **60** angezeigt ist, was zu einer Erwärmung des benachbarten elektrisch leitenden Materials (z.B. eines Blechmaterials) in unmittelbarer Nähe zu der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** führt. Die resultierende induktive Erwärmung des elektrisch leitenden Materials wird durch starke Wirbelströme verursacht, die durch die Magnetfelder in dem elektrisch leitenden Material induziert werden. Das induktiv erwärmte elektrisch leitende Material (z.B. das zweite Teil **44**) arbeitet, um das auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterial **40** direkt zu erwärmen, und so die Härtungsdauer des Verbindungsmaterials **40** zu beschleunigen, vorzugsweise wenigstens bis auf Handhabungsfestigkeit. In einer bevorzugten Ausführungsform sind das erste Teil **42** oder das zweite Teil **44** aus einem elektrisch leitenden Material (z.B. Blechmaterial) hergestellt. Alternativ ist ein äußeres Teil **45** nichtmetallisch, und Teil **46**, das benachbart zu dem zweiten Teil **45** hergestellt ist, ist aus einem elektrisch leitenden Material (z.B. Blechmaterial) hergestellt.

[0047] In [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) sind Querschnittsansichten dargestellt, die alternative Ausführungsbeispiele von Anwendungen der induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen. Insbesondere ist in [Fig. 3](#) die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** benachbart zu dem ersten Teil **42** angeordnet, und ist auch benachbart zu dem zweiten Teil **44** angeordnet, was ein induktives Erwärmen von beiden Seiten erlaubt. In [Fig. 4](#) ist ein nicht leitendes Teil (z.B. ein Glasfasertürelement) mit dem ersten Teil **42** verbunden. Obwohl es sich versteht, dass die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** arbeitet, um effektiver induktiv zu erwärmen, wenn sie an Metall oder nahe an einem metallischen Element angeordnet ist, kann die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** betriebsfähig benachbart zu dem ersten Teil **42** und/oder benachbart zu dem elektrisch nicht leitenden Teil **45** angeordnet sein. In [Fig. 5](#) ist ein metallisches Teil **46** benachbart zu der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** vorgesehen, um das Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials **40** zu unterstützen. In einer gezeigten Anwendung ist das metallische Teil **46** zwischen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** und dem elektrisch nicht leitenden Teil **45** angeordnet. Im Betrieb wird das metallische Teil **46** induktiv durch die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** erwärmt, und Wärme wird direkt an das auf Wärme ansprechende Material **40** übertragen.

[0048] Die induktive Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist sowohl in einer Reihe von Anwendungen zum Verbinden als auch zum Lösen nützlich. In einer Löseanwendung wird die flexible, umformbare Kabelanordnung benachbart zu einer Verbindungslinie angeordnet, um die Verbindungslinie auf eine Tempe-

ratur zu erwärmen, die ausreicht, um die Verbindung „aufzubrechen“, oder verbundene Werkstücke zu trennen. Ebenso ist die induktive Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, einschließlich der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** nützlich, um ein auf Wärme ansprechendes Material (z.B. einen Klebstoff oder Dichtungsstoff) zu erwärmen, das benachbart zu einem ersten Teil angeordnet ist, das aber nicht zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil angeordnet ist. Eine solche Anwendung ist sehr nützlich bei Dichtungsmitteln, die auf einem Substrat angeordnet sind, und die nicht zwischen zwei Teilen angeordnet sind. Andere Anwendungen der induktiven Heizeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung einschließlich der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung werden Fachleuten nach der Lektüre der vorliegenden Anmeldung deutlich werden.

[0049] In [Fig. 6](#) ist ein anderes Ausführungsbeispiel einer induktiven Heizeinrichtung **20** gemäß der vorliegenden Erfindung unter **70** gezeigt. Die induktive Heizeinrichtung **70** ähnelt der induktiven Heizeinrichtung **20**, die zuvor beschrieben wurde. In dieser Ausführungsform weist die induktive Heizeinrichtung **20** eine Steuerung **72** zur gesteuerten Aktivierung der Wechselstromversorgung **24** auf. In einer Ausführungsform ist die Wechselstromversorgung **24** ein AC-DC-AC-Hochfrequenzwechselrichter mit einem gepulsten Hochfrequenzausgang (z.B. Impulsrate von 2,5 Kilohertz bis 20 Kilohertz). In einem Aspekt weist die Steuerung **72** einen Zeitgeber **74** und einen Frequenzsteuermechanismus (FSM) **76** auf. Der Zeitgeber **74** ist elektrisch an die Stromversorgung **24** angeschlossen, um die Stromversorgung **24** zeitgesteuert zu aktivieren, wodurch die Dauer der induktiven Erwärmung über die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** gesteuert wird. Andere geeignete Verfahren können zur Steuerung der Stromversorgung **24** benutzt werden, wie z.B. in einem Arbeitszyklus (d.h. gewählte Ausschaltzeit und Einschaltzeit). Solche Verfahren können das Anlegen von Strom für zeitlich begrenzte Perioden oder einen voreingestellten, vom Betreiber einstellbaren Arbeitszyklus aufweisen.

[0050] Der Frequenzsteuermechanismus **76** ist an die Stromversorgung **24** angeschlossen, und erlaubt es einem Nutzer, den Leistungsausgang der Stromversorgung **24** zu steuern. In einem Aspekt arbeitet der Frequenzsteuermechanismus **76** in Kombination mit der Stromversorgung **24**, um bei einer feststehenden Ausgangsfrequenz eine variable Impulsfrequenz oder -Impulsrate bereitzustellen (z.B. eine Impulsrate von 2,5 Kilohertz bis 20 Kilohertz). Der Betrieb des Frequenzsteuermechanismus **76** zum Erhöhen der Impulsrate erhöht den Leistungsausgang der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26**. Die Steuerung **72** kann andere Steuermechanismen zum Steuern des Betriebs der induktiven Heizeinrichtung **70** aufweisen. Die Steuerung **72** kann einen Computer, einen Mikroprozessor, logische Gatter, oder andere Komponenten aufweisen, die in der Lage dazu sind, eine Sequenz von logischen Operationen zur selektiven Steuerung der induktiven Heizeinrichtung **20** durchzuführen, und es der induktiven Heizeinrichtung **70** zu ermöglichen, mit anderen Systemen zu kommunizieren.

[0051] In [Fig. 7](#) bis [Fig. 11](#) sind Ausführungsbeispiele dargestellt, die die zweidimensionale und dreidimensionale Verformbarkeit der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** zeigen. Die Kabelanordnung **26** ist außerdem, wenn sie einmal manuell in eine gewünschte Form gebracht wurde, im Wesentlichen unelastisch, und behält so die gewünschte Konfiguration bei, bis sie umpositioniert und zu einer zweiten Form umgeformt wird. Beispielsweise ist die Kabelanordnung **26** in [Fig. 7](#) im dreidimensionalen Raum um ein rechteckig geformtes Objekt herum positionierbar, um eine dreidimensionale Verbindungslinie zu härten. In [Fig. 8](#) ist die Kabelanordnung **26** im dreidimensionalen Raum entlang einer gekrümmten Fläche eines kegelförmigen Objekts positionierbar, um eine dreidimensionale Verbindungslinie zu härten. In [Fig. 9](#) ist die Kabelanordnung **26** im dreidimensionalen Raum um ein zylinderförmiges Objekt herum angeordnet, um eine dreidimensionale Verbindungslinie zu härten. In [Fig. 10](#) ist die Kabelanordnung **26** entlang einer Verbindungslinie in einem zweidimensionalen Raum in einer im Wesentlichen bogenförmigen Art und Weise angeordnet, wobei der Bogen sich über mehr als 180° erstreckt. Ebenso ist die Kabelanordnung **26** in [Fig. 11](#) in einem zweidimensionalen Raum angeordnet gezeigt.

[0052] In [Fig. 12](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Verbinden oder Lösen von zwei nebeneinander angeordneten Teilen gemäß der vorliegenden Erfindung unter **100** dargestellt. Das Verfahren reduziert die Härtungsdauer eines auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials, das zwischen einem ersten Teil und einem zweiten Teil angeordnet ist, und eine im Wesentlichen kontinuierliche Verbindungslinie definiert, wobei das erste Teil oder das zweite Teil aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist, oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet ist. Das Verfahren ist auch nützlich zum Erwärmen eines auf Wärme ansprechenden Materials (z.B. eines Klebstoffs oder Dichtungsstoffs). In Schritt **102** wird eine flexible, umformbare Kabelanordnung **26** bereitgestellt. In einem Aspekt ist die flexible, umformbare Kabelanordnung als mehrere Drähte definiert, die verseilt sind. Eine Isolierschicht deckt jeden Draht ab und bildet einen isolierten Draht. Eine Hüllschicht bedeckt alle isolierten Drähte. Insbesondere ist die Kabelanordnung ein Litzen-draht.

[0053] In Schritt **104** wird die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** benachbart zu dem ersten Teil entlang der ersten Verbindungslinie angeordnet, einschließlich des manuellen Formens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung **26** zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie. Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** behält die Form der ersten Form, ist jedoch manuell zu einer unterschiedlichen Form umformbar. In Schritt **106** wird die flexible, umformbare Kabelanordnung an eine Wechselstromversorgung **24** angeschlossen. Die Wechselstromversorgung **24** ist eine Hochfrequenzstromversorgung mit einer Ausgangsfrequenz, die höher ist als 1 Kilohertz. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die Ausgangsfrequenz zwischen 25 und 400 Kilohertz. Eine Steuerung **72** kann an die Stromversorgung angeschlossen werden, um die Aktivierung der Stromversorgung zu steuern. In Schritt **108** wird die Wechselstromversorgung aktiviert, um das elektrisch leitende Material induktiv zu erwärmen, um das auf Wärme ansprechende Material gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie direkt zu erwärmen.

[0054] Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** kann an der ersten Verbindungslinie entlang ihrer Längserstreckung gesichert sein. Die flexible, umformbare Kabelanordnung **26** kann von der ersten Verbindungslinie entfernt werden, und manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umgeformt werden, die verschieden ist von der ersten Form der ersten Verbindungslinie.

[0055] Ein Beispiel, das eine spezifische Benutzung der induktiven Heizeinrichtung **20** gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, ist in den folgenden Abschnitten dargestellt. In dieser Anwendung wurde die induktive Heizeinrichtung **20** zum Reduzieren der Härtungsdauer eines auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials eingesetzt, das zum Verbinden eines Außenmetallblechs eines Fahrzeugs an einer Fahrzeugstruktur benutzt wurde. Das eingesetzte auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterial ist 3M Panel Bonding Adhesive 8115. Zunächst werden die Flächen, die verbunden werden sollen, mit Hilfe einer Schleifscheibe mit Körnung **36** oder **50** von Farbe und Rost befreit. Das Ersatzblech wird „trocken“ an der Fahrzeugstruktur angeordnet, teilweise festgeklemt, und auf Passung und Ausrichtung überprüft. Das Ersatzblech wird dann von dem Fahrzeug entfernt. Die zu verbindenden Flächen werden mit Seife und Wasser gereinigt.

[0056] 3M General Purpose Adhesive Cleaner, oder 3M Super Fast Adhesive Cleaner werden benutzt, um Fett, Wachs und/oder Teer von der Verbindungsfläche zu entfernen.

[0057] Klebstoff (d.h. das auf Wärme ansprechende Verbindungsmaterial) wird auf alle Flächen aufgebracht, die verbunden werden sollen. Ein Kunststoffspachtel wird benutzt, um den Klebstoff zu verteilen, der benutzt werden kann, um eine Grundlage für einen weiteren Klebstofftropfen bereitzustellen. Ein Klebstofftropfen wurde etwa einen Viertel Zoll von der Kante des Ersatzblechs aufgebracht. Das Ersatzblech wurde dann in richtiger Ausrichtung zu der Fahrzeugstruktur angebracht und mit Hilfe von Klemmen befestigt, um jegliche Bewegung zu verhindern.

[0058] Ein Litzendraht von 7,37 mm (0,29 Zoll) mal 10,06 m (33 Fuß) wird für die flexible, umformbare Kabelanordnung benutzt. Die Kabelanordnung wird an eine Stromversorgung von 1500 Watt, 120 VAC und Variabilität zwischen 25 und 50 Kilohertz angeschlossen. Die Kabelanordnung wurde in einer nicht dipoligen Weise an der im Wesentlichen kontinuierlichen Verbindung entlang ihrer Längserstreckung angeordnet, und die Stromversorgung wurde aktiviert. Die Stromversorgung weist einen Regelwiderstand auf, um den Strom in der Kabelanordnung zu steuern, und dadurch das Erwärmen des Verbindungsklebstoffs zu steuern. Der Regelwiderstand wurde auf 85 eingestellt, und das Metalleersatzblech erreichte eine Temperatur von 93,33°C (200°F) in 10 Minuten. Die Temperatur hatte noch keinen Dauerzustand erreicht, aber der herausgepresste Klebstoff hatte sich erhärtet, was anzeigte, dass eine ausreichende Härtung erfolgt war, um die Bauteile ohne Befestigungsklemmen zusammenzuhalten (d.h., die Handhabungsfestigkeit war erreicht). Die Leistung an die Stromversorgung wurde ausgeschaltet, und das Ersatzblech kühlte auf unter 37,78°C (100°F) ab, was etwa 10 Minuten dauerte. Die Klemmen wurden entfernt. Die Gesamtzeit zum Auftragen des Klebstoffs, die Wärmehärtung und das Kühlen betrug weniger als 30 Minuten. Das Erwärmen war nur nötig, um schnell eine Handhabungsfestigkeit zu erreichen, um das Entfernen der Klemmen zu erlauben. Die induktive Heizeinrichtung reduzierte die Zeit bis zum Erreichen der Handhabungsfestigkeit um über 3 1/2 Stunden.

[0059] Zahlreiche Merkmale und Vorteile der Erfindung wurden in der vorangehenden Beschreibung erläutert. Man wird natürlich verstehen, dass diese Offenbarung nur erklärender Natur, und das in vielerlei Hinsicht. Änderungen an Details können vorgenommen werden, insbesondere hinsichtlich der Form, Größe, und Anordnung der Bauteile, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Der Umfang der Erfindung ist in den beiliegenden Ansprüchen definiert.

Patentansprüche

1. Induktive Heizeinrichtung (20) zum Erwärmen einer im Wesentlichen kontinuierlichen ersten Verbindungslinie (28), welche durch eine Länge eines auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials (40) definiert ist, welches entweder (i) zwischen einem ersten Teil (42) und einem zweiten Teil (44) angeordnet ist, wobei das erste Teil (42) oder das zweite Teil (44) aus einem elektrisch leitenden Material angefertigt ist oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet ist; oder (ii) einem ersten Teil (42) benachbart angeordnet ist, wobei das erste Teil (42) aus einem elektrisch leitenden Material angefertigt ist oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet ist, wobei die induktive Heizeinrichtung (20) das Folgende aufweist: eine flexible, umformbare Kabelanordnung (26), aufweisend:

(a) mehrere Litzendrähte (50);

(b) eine erste Isolierschicht (52), welche jeden Draht bedeckt, wobei ein isolierter Draht gebildet wird; und

(c) eine Hüllschicht (54), welche alle isolierten Drähte bedeckt;

wobei die Kabelanordnung (26) dem ersten Teil (42) benachbart entlang der ersten Verbindungslinie (28) betriebsfähig positionierbar ist, wobei die flexible, umformbare Kabelanordnung (26) in der Lage ist, manuell zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie (28) geformt zu werden, und in der Lage ist, manuell zu einer zweiten Form einer zweiten Verbindungslinie umgeformt zu werden, welche von der ersten Form der ersten Verbindungslinie (28) verschieden ist; und

eine Wechselstromversorgung (24), welche elektrisch an die flexible, umformbare Kabelanordnung (26) angeschlossen ist, wobei, wenn die Wechselstromversorgung (24) aktiviert wird, die umformbare Kabelanordnung (26) arbeitet, um das elektrisch leitende Material für ein direktes Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials (40) im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie (28) induktiv zu erwärmen.

2. Verfahren zum Verbinden von zwei nebeneinander liegenden Teilen, welches ein Reduzieren der Härtungsdauer eines auf Wärme ansprechenden Verbindungsmaterials (40) aufweist, welches zwischen einem ersten Teil (42) und einem zweiten Teil (44) angeordnet ist und welches eine im Wesentlichen kontinuierliche erste Verbindungslinie (28) definiert, wobei das erste Teil (42) oder das zweite Teil (44) aus einem elektrisch leitenden Material angefertigt wird oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet wird, die folgenden Schritte aufweisend:

Bereitstellen einer flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26), aufweisend:

(a) mehrere Litzendrähte (50);

(b) eine erste Isolierschicht (52), welche jeden Draht bedeckt, wobei ein isolierter Draht gebildet wird; und

(c) eine Hüllschicht (54), welche alle isolierten Drähte bedeckt;

Anordnen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) benachbart zum ersten Teil (42) entlang der ersten Verbindungslinie (28), welches ein manuelles Formen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie (28) aufweist;

Anschließen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) an eine Wechselstromversorgung (24); und

Aktivieren der Wechselstromversorgung (24), um das elektrisch leitende Material für ein direktes Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials (40) im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie (28) induktiv zu erwärmen.

3. Verfahren zum Trennen eines oder mehrerer Teile, wobei das erste Teil (42) aus einem elektrisch leitenden Material angefertigt wird oder benachbart zu einem elektrisch leitenden Material angeordnet wird, die folgenden Schritte aufweisend:

Bereitstellen einer flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26), aufweisend:

(a) mehrere Litzendrähte (50);

(b) eine erste Isolierschicht (52), welche jeden Draht bedeckt, wobei ein isolierter Draht gebildet wird; und

(c) eine Hüllschicht (54), welche alle isolierten Drähte bedeckt;

Anordnen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) benachbart zum ersten Teil (42) entlang der ersten Verbindungslinie (28), welches ein manuelles Formen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) zu einer ersten Form der ersten Verbindungslinie (28) aufweist;

Anschließen der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (26) an eine Stromversorgung (24); und

Aktivieren der Stromversorgung (24), um das elektrisch leitende Material für ein direktes Erwärmen des auf Wärme ansprechenden Materials (40) im Wesentlichen gleichmäßig entlang der ersten Verbindungslinie (28) induktiv zu erwärmen.

4. Induktive Heizeinrichtung (20) nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die flexible, umformbare Kabelanordnung (26) in einer Nicht-Dipol- oder in einer Dipolkonfiguration benachbart der ersten Verbindungslinie (28) positionierbar ist.

5. Induktive Heizeinrichtung (**20**) nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die flexible, umformbare Kabelanordnung (**26**) ein Litzendraht ist.

6. Induktive Heizeinrichtung (**20**) nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, ferner aufweisend einen Sicherungsmechanismus (**30**) zum Sichern der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (**26**) an dem ersten Teil (**42**).

7. Induktive Heizeinrichtung (**20**) nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die flexible, umformbare Kabelanordnung (**26**) im Wesentlichen nicht elastisch ist.

8. Induktive Heizeinrichtung (**20**) nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei der Durchmesser jedes Drahts im Bereich zwischen 0,03 und 0,5 Millimeter liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, ferner aufweisend den Schritt des Sicherns der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (**26**) an dem ersten Teil (**42**) entlang der ersten Verbindungslinie (**28**).

10. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, ferner aufweisend die Schritte des Entferns der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (**26**) von dem ersten Teil (**42**) und des manuellen Umformens der flexiblen, umformbaren Kabelanordnung (**26**) zu einer zweiten Form einer im Wesentlichen kontinuierlichen zweiten Verbindungslinie, welche von der ersten Form der ersten Verbindungslinie (**28**) verschieden ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

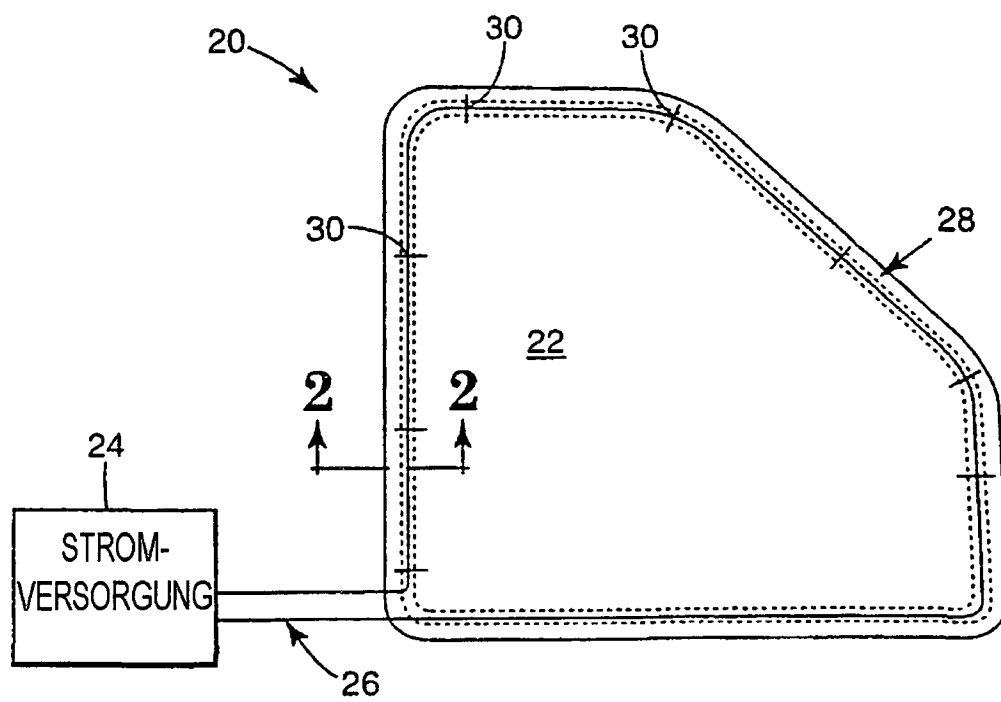
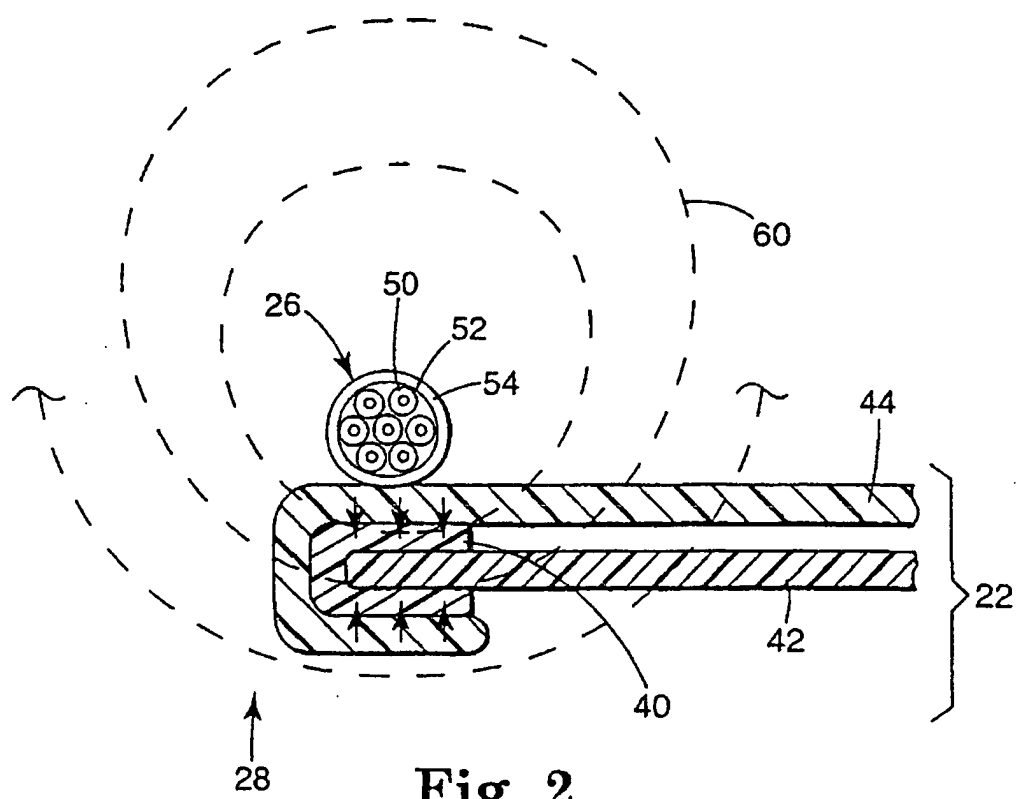


Fig. 1



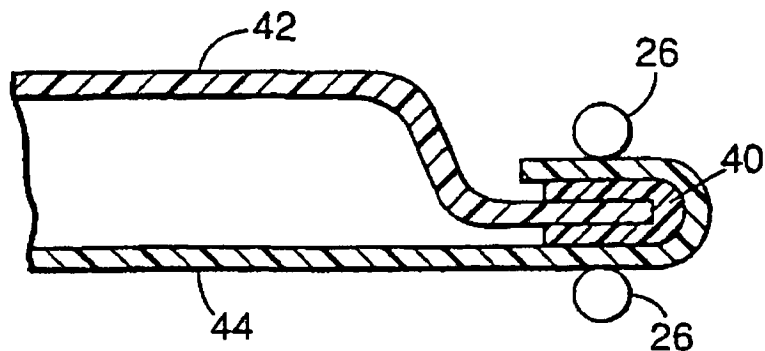


Fig. 3

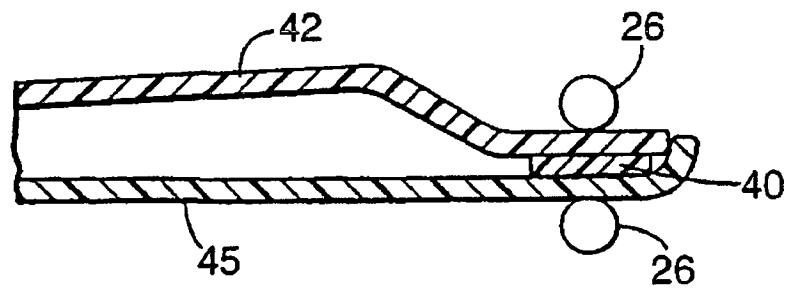


Fig. 4

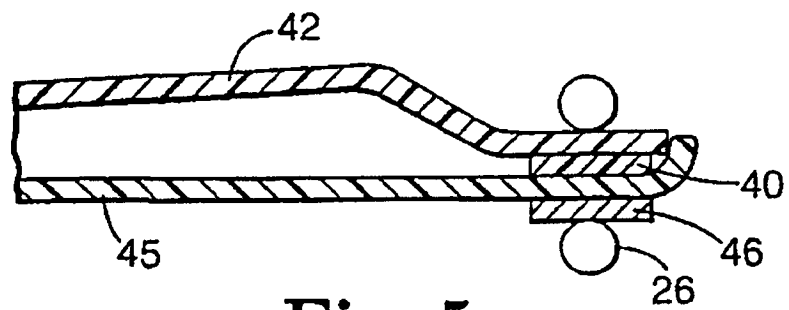


Fig. 5

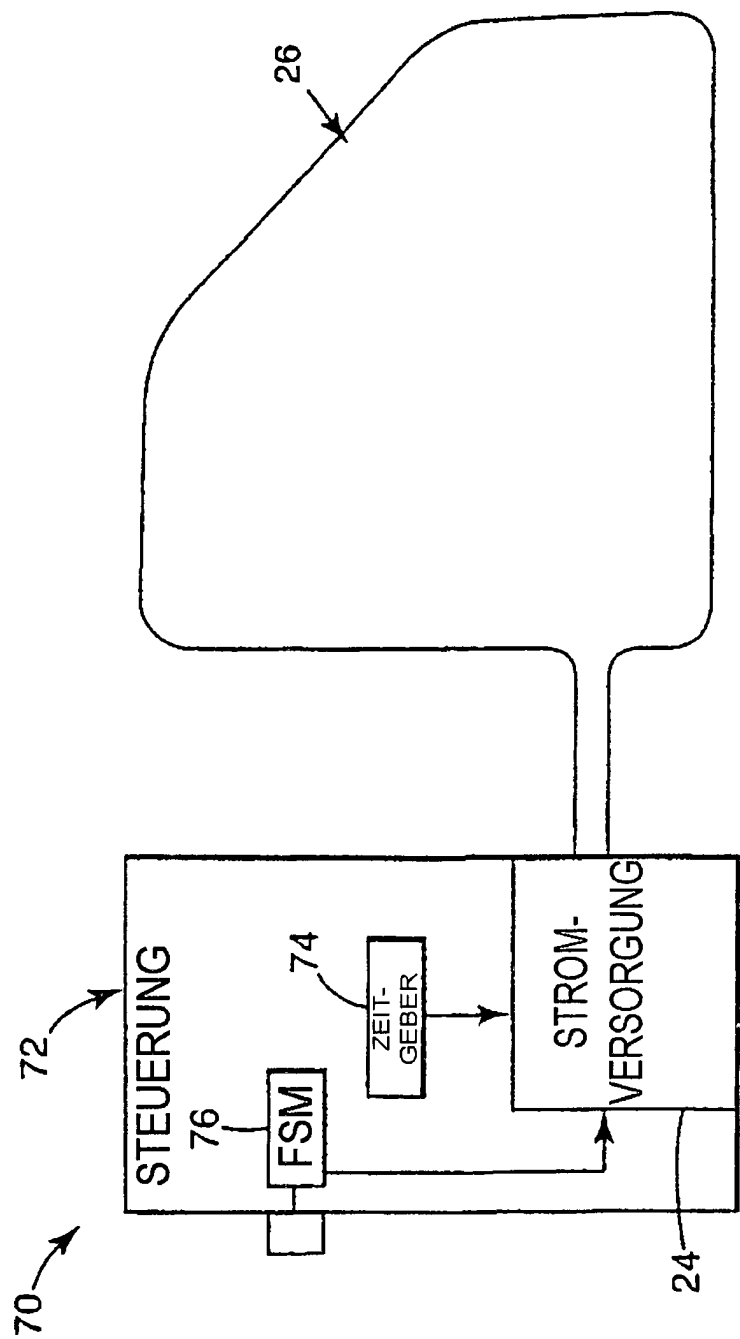
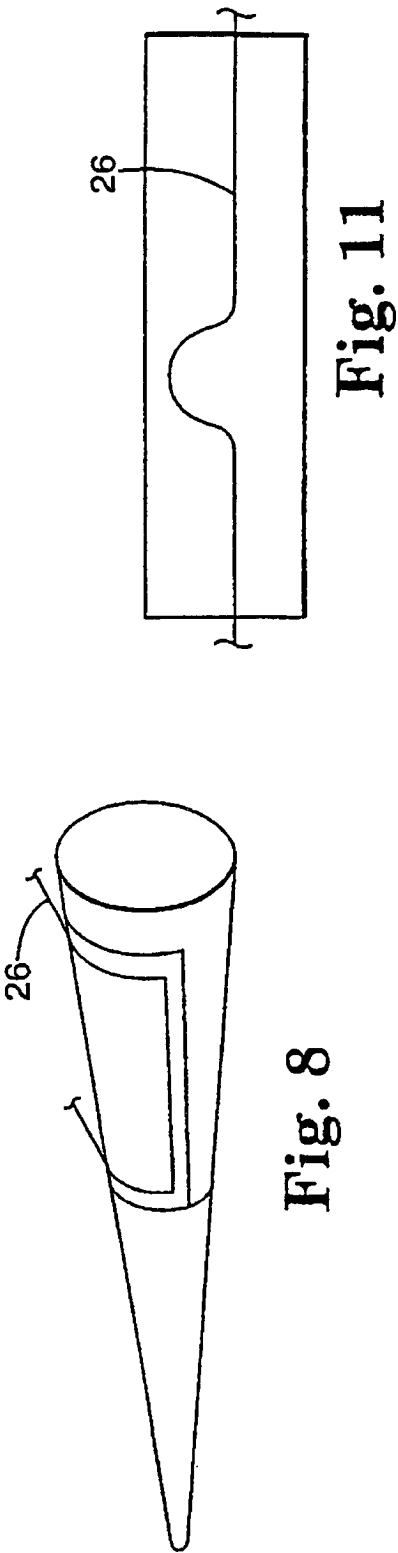
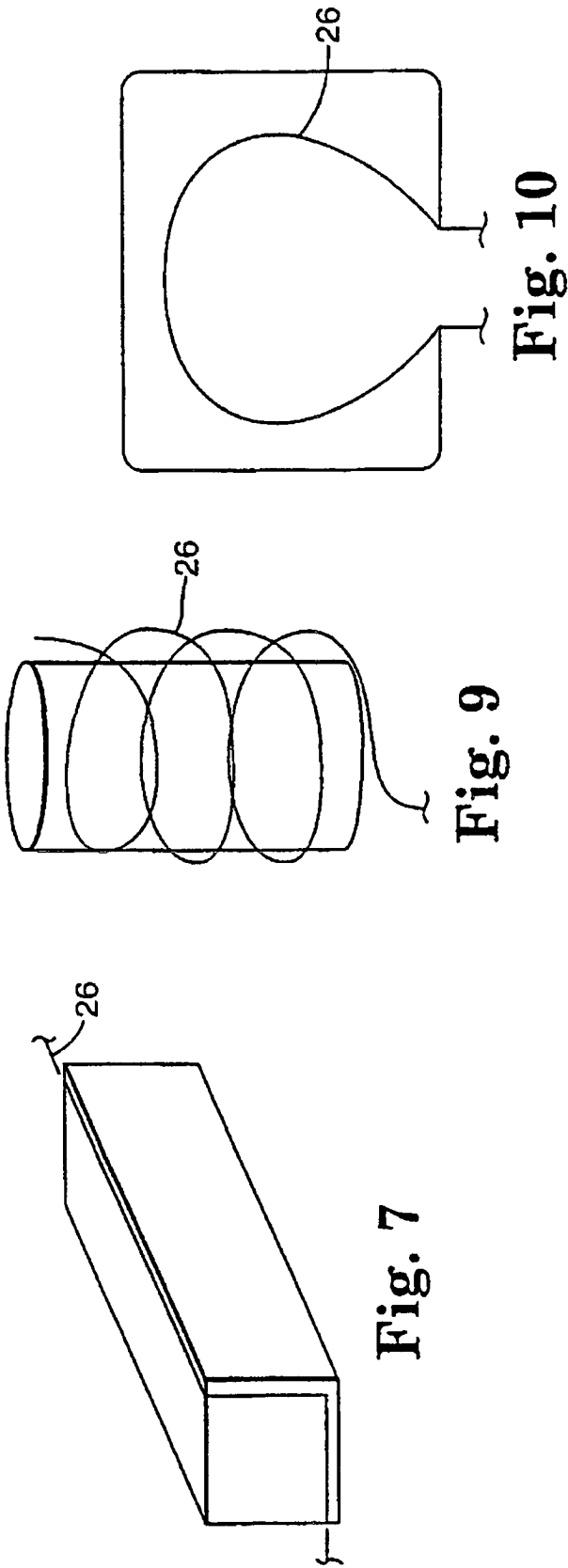


Fig. 6



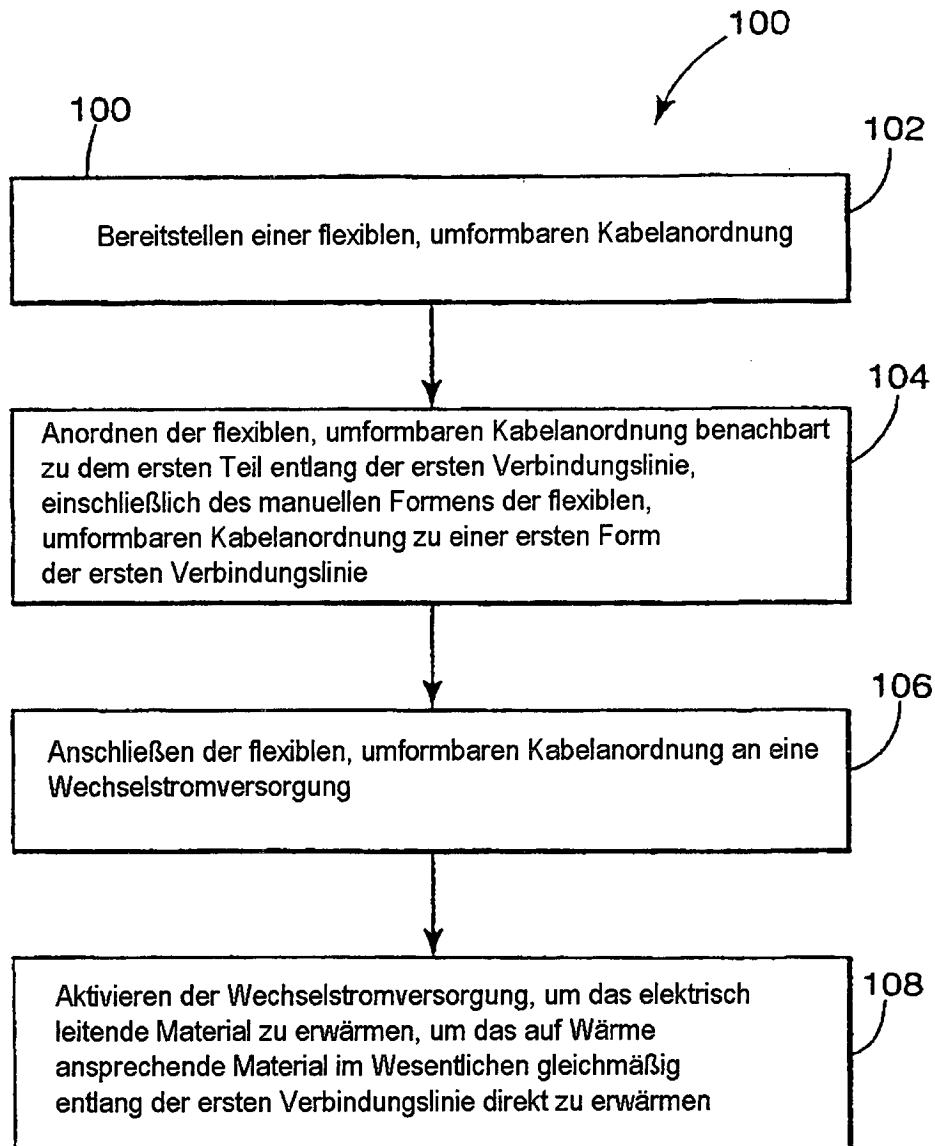


Fig. 12