



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 012 081 A1** 2005.09.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 012 081.1**

(22) Anmeldetag: **12.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.09.2005**

(51) Int Cl.7: **B23K 26/38**
B26F 1/31

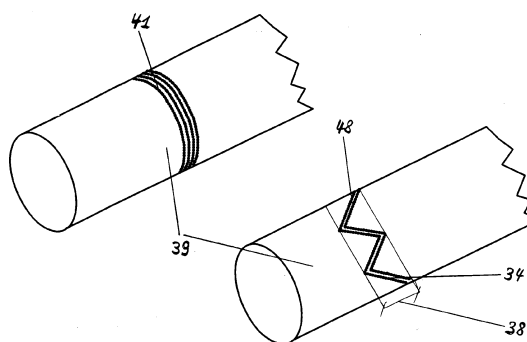
(71) Anmelder:
Grosse, Werner, 45657 Recklinghausen, DE

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Mikro Laser Linien Perforation**

(57) Zusammenfassung: Für die Mikro-Laser-Linienperforation von Materialbahnen 11 wie Mundstückbelagpapiere, Verpackungsbahnen usw., werden Verfahren und Vorrichtungen angegeben, mit denen es nunmehr möglich ist, bei großen Freiheitsgraden verschiedene Perforationsmuster 34 in Form von Wellenlinie 47, zickzack-Linien 48 oder andere Formen zu erzeugen, welche innerhalb des Filterbereiches 39 von Zigaretten deutlich verbesserte Luftverteilungseigenschaften aufweisen. Die speziellen Ausführungen der Mikro-Laser-Linienperforation schaffen grundlegend neue Produkteigenschaften, die sich als Endprodukt auf dem Mundstückbelagpapierblättchen 36, 37 eines jeden Zigarettenfilters 39 und Zigarette oder anderen Produkten dieser Art als ein ganz spezifisches Markenzeichen wiederfindet und für jedermann erkennbar ist. Technologisch wird dies durch Laserstrahlauslenkungen 24, 25 mittels Piezo-Schwingern 13 als Aktuatoren mit aufgesetzten Metalloptiken oder unsymmetrisch aufgebauten, rotierenden Reflektionskegeln 18 erreicht, deren funktionale und zeitliche Abläufe mit der Bahngeschwindigkeit der Materialbahn 11 gekoppelt sind. Die Hüllkurvenpunkte der gewählten Perforationsform 48 werden für die Einzellochreihen 33 und Lochreihengruppe 34 zuvor berechnet und während des laufenden Perforationsverfahrens von der freiprogrammierbaren Steuerung ausgeführt und überwacht.



Beschreibung**Stand der Technik**

[0001] Die Erfindung beschreibt und umfasst Verfahren, Vorrichtungen und Produkteigenschaften zur Mikro Laser Linien Perforation in bis zu 600 m/min bewegten Warenbahnen, wobei die erzeugten Laserlochreihen oder Lochreihengruppen im Wesentlichen nicht in geradliniger Weise und stetig parallel zur Transportrichtung der Bahn angeordnet sind.

[0002] Unter Warenbahnen sind im Zusammenhang dieser Erfindung Papier- oder anderweitig veredelte Bahnen zu verstehen, wie z.B. Zigaretten-, Mundstückbelag- und Kaffeefilterpapiere, Filterumhüllungspapiere so genannte Plug-Wraps, Sicherheitspapiere, holographisch bedruckte, foliengepresste, beschichtete oder metallisierte Papier- oder Verpackungs- oder auch bestimmte Kunststoffbahnen wie BOPP, LDPE, HDPE, Spinvliese usw. die im Bereich der Perforationen ein gewisses Maß an Gas- oder Wasserdurchlässigkeit aufweisen.

[0003] Diese Materialien werden für verschiedene Weiterverarbeitungsprozesse im Format von 50–2000 mm als Bobienen oder Jumbo Rollen in Längen von 3.000 bis zu 25.000 Metern und Rollendurchmessern von 400 mm bis 1500 mm ab- und aufgerollt.

[0004] In dieser Erfindung wird die Mikro Laser Linien Perforation, mit Lochgrößen im Bereich von 50 µm bis 200 µm und Lochsequenzen von 10–30 Löchern/cm einer jeden Lochlinie und bis zu 8 Lochlinien pro Liniengruppe, als Offline Perforation definiert, und grenzt sich somit eindeutig zur Online Laserperforation an Zigarettenherstellungs-, Filteransetzmaschinen oder auch Verpackungsmaschinen ab.

[0005] Die mit dem menschlichen Auge normalerweise nicht sichtbaren, oder wenn gewünscht sichtbaren, Perforationen sind mit fokussierbaren Laserstrahlen sehr präzise hinsichtlich ihrer Lochgröße und Lochposition erzeugbar. Aufgrund der physikalischen Bedingungen und thermischen Eigenschaften und damit verbundenen Absorptionen der vorzugsweise verwendeten Warenbahnen kommen CO₂-Leistungslaser im Wellenbereich von 10.4–10.8 µm und optischen Leistungen von 500–2000 Watt zum Einsatz.

[0006] Der Stand der Technik für das Auslenken, Umlenken, Weiterführen und Pulsen von CO₂ Laserstrahlen ist in einer Vielzahl von internationalen und nationalen Patenten beschrieben, so dass an dieser Stelle die Schutzrechte mit dem Stand der Technik angegeben werden, die unmittelbar oder mittelbar mit dem Perforieren der Warenbahnen aus den o.g. Anwendungsbereichen im Zusammenhang stehen

[0007] In den Patenten DE 29.18.283 C2, DE 195.11.393A1, FR 21.30.698 und US 41.18.619 sind grundlegende Verfahrensweisen und Vorrichtungen angegeben und ausführlich beschrieben, mit denen Laserstrahlen durch Drehspiegel, Polygone oder diffraktive-optische-Elemente auch DOE's genannt, in einem Winkel meist unter 90 Grad ausgelenkt und/oder verdoppelt auf durchlaufende Papierbahnen zur Perforation benutzt werden. Diese Verfahrens- und Vorrichtungstechniken sind für viele Offline Laserperforationsmaschinen, als mehrfach Bobienenperforationsanlagen mit bis zu vier simultanen Bobienen, Bobienenlängen bis 4000 Metern, von 16–32 Einzelstrahlkanälen, Bahnbreiten bis zu 400 mm, Bahngeschwindigkeiten bis 600 m/min und Lochsequenzen bis zu 500.000 Löchern/Sek. konvertiert worden.

[0008] In einer noch nicht veröffentlichten Patentanmeldung 10.2004.001.327.6 ist ein neues Offline Laserperforationsverfahren und deren Vorrichtung beschrieben, mit denen sehr breite Warenbahnen bis zu 2000 mm und simultan bis zu 20 Bobienen als Non-Stop Jumborollen bis zu 25.000 Metern Länge perforiert werden können, aber deren Laserlinienverläufe auch stets parallel zur Transportrichtung verlaufen.

[0009] Aus den Patenten zur Online Perforation an Zigarettenherstellungs- oder Filteransetzmaschinen, z.B. der US 5.404.889, US 5.746.229, JP 100.34.365A, US 6.229.115, US 6.064.032, US 200.100.38.068, US 200.301.31.856 und US 200.201.580.50 sind technologisch sehr hochwertige Lösungen zur Laserstrahlum- und Auslenkung mit oszillierenden Spiegeln und speziellen, optischen Teilungselementen vertieft beschrieben.

[0010] Diese beziehen sich ausschließlich auf maximal zwei Bobienen- bzw. zwei Bobienenstreifen, wobei die Laserperforation häufig durch die Mundstückbelagpapiere hindurch in den Filter eintritt, um die Nikotin- und Schadstoffanteile der unmittelbar danach hergestellten Zigaretten gesteuert abzusenken.

[0011] In weiteren Patenten der PCT WO-99/58006 und EP 0.624.424 B1 sind ebenfalls Online Laserperforationsverfahren und Vorrichtungen beschrieben, welche spezielle optische Elemente, z.B. akusto-optische Wandler, Prismenstrahlumlenkungen bei spezieller Papierbahnführung benutzen, um einen Mundstückbelagstreifen direkt vor der Herstellung der Zigaretten zu perforieren.

[0012] Aktuelle Patentschriften wie die DE 101.05.878 A1, DE 102.25.387 A1, DE 101.54.508 A1, DE 199.37.267A1, DE 101.20.923 A1, WO 03/039803 A3, WO 99/58006, DE 101.52.526A1 DE

197.13.826 A1, EP 0.761.376 A1, DE 42.05.658 A1, US 5.150.725 und US 2002.01.580.50 beschreiben in vielfältiger Weise den Einsatz der Laserperforation für verschiedene Materialbahnen, Strahlführungssysteme und Perforationslochanordnungen, deren erzeugten Löcher explizit parallel zur Transportrichtung angeordnet sind.

[0013] Eine Ausnahme hierzu bildet das Online Laserperforationsverfahren der DE 102.00.402 A1 mit deren schraubenförmigem Strahlauslenkspiegel eine Strahlbewegung zur Perforation einer Lochreihe bei der Herstellung der Zigarette erfolgt, deren Lochlinie aber im Überlappungsbereich der Leimung unterbrochen ist.

[0014] Zur weiteren Ergänzung und im direkten Zusammenhang dieser Erfindung seien noch aktuelle Publikationen wie: Rofin Baasel Lasertech GmbH: press-release Perfolite and high-end-Perfolas, 2001–2003; Micro Laser Technology GmbH: Produkte der MLP-10 und MLP-50; H.Siemon, M.Kauf, A.Otto, Laser Magazin 3/97: Regelung der Laserstrahlparameter von CO₂ Hochleistungslaseranlagen mit hoher Dynamik, angeführt.

[0015] Zum Stand der Technik und angeführten Patentschriften zeigt eine erste Betrachtung, dass die Laserlochlinien oder Lochreihen ausnahmslos parallel zur Transportrichtung erzeugt werden, was prinzipiell durch die festen optischen Anordnungen, Laserstrahlführungen und Einzelfokussierungen vorgegeben ist. Für sehr viele Anwendungen ist dies absolut gewünscht, wobei die Geometrien der Laserlochlinien im engen Toleranzbereich zu halten sind.

[0016] Aus der Literatur, Patenten und vielen Untersuchungen, welche sich auf die Konstruktion, den Aufbau und die Strömungsmechanismen von Zigarettenfiltern oder anderen dieser Art beziehen, wie z.B. die DE 42.05.658 A1 oder die US 5.150.725, ist bekannt, dass sich deutlich verbesserte Lufteströmungen und Luftverteilungen innerhalb des Zigarettenfilters erzielen lassen, wenn der Lufteinlassbereich durch die Perforationen und im Umfang des Zigarettenfilters sich flächenmäßig vergrößert und besser verteilt, aber die Porosität der Perforation beibehalten wird.

[0017] Des weiteren wird bei dieser Methode der Zigarettenfilterbereich effektiver und volumengleichmäßiger beim Rauchvorgang ausgenutzt, um die Schadstoffanteile wie Nikotin und Kondensat auf geforderte Minimalwerte abzusenken.

[0018] Die elektrostatische Perforation mit stochastisch unregelmäßig und innerhalb einer Zonenbreite von z.B. 2.0–6.0 mm im Umfang des Zigarettenfilters verteilten Mikrolöchern beinhaltet den Vorteil der besseren Luftverteilung innerhalb des Zigarettenfilters.

Ist aber theoretisch und praktisch auf die Porositätsbereiche von z.B. 80–500 C.U. beschränkt.

[0019] Diese Erkenntnisse führen zwangsweise zu den Überlegungen, die Vorteile der besseren Strömungsverteilung und Filtervolumennutzung auch auf die Laserperforation mit höheren Porositätsbereichen von z.B. 150 C.U. bis zu 2500 C.U. zu übertragen. Und dies explizit bei der Offline Perforation der eingangs genannten Warenbahnen.

Aufgabenstellung

[0020] Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die aufgezeigten Nachteile zu kompensieren und neue Lösungen anzugeben, mit der durch die Offline Laserperforation vergleichbare Vorteile der vorangestellten Art erzielbar sind.

[0021] Hierzu sind in der nachstehenden Erfindungsbeschreibung verschiedene Konzeptionslösungen angeführt und deren Verfahrens- und Vorrichtungsdetails sowie verschiedene Produktvorteile erläutert.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren und Vorrichtung zur Mikro Laser Linien Perforation löst die vorangestellte Aufgabe durch die Hauptmerkmale der Patentansprüche 1–15.

[0023] Danach bieten sich grundsätzlich zwei Lösungsmöglichkeiten an, deren erste Konzeption darauf basiert, dass nach dem hoch rotierendem Spiegelement, wie z.B. ein Polygonrad mit n-Anzahl von geneigten oder geraden Facetten, mit gepulsten oder kontinuierlichen Laserstrahlen bei der letzten Strahlumlenkung und direkt vor der Endfokussierung zur durchlaufenden Warenbahn eine gesteuerte Veränderung des Umlenkspiegels mit einem Piezo-Schwinger durchgeführt wird. Die so erzwungene Strahlrichtungsänderung in der X-Achse gegenüber der Y-Achse der Bahnvorschubsrichtung bestimmt die geometrische Positionierung der Laserlochlinien und ermöglicht somit bestimmte Perforationsmuster.

[0024] Die zweite Konzeptionsvariante benutzt anstelle des Piezo-Aktuators mit aufgesetztem Umlenkspiegel einen unsymmetrischen, hoch rotierenden Reflektionskegel, welcher ebenfalls über die Veränderung des Winkels des Laserstrahles zur Fokussierlinse und damit auf die durchlaufende Warenbahn kontinuierlich verändert.

[0025] Somit werden bei dieser Erfindungsvariante gegenüber der bisherigen Technik zwei neue Umlenkelemente verwandt, mit denen eine direkt gesteuerte Laserstrahlpositionierung vor und nach der Endfokussierung möglich wird.

[0026] Deren erfinderische Aufgabe besteht im wei-

teren darin, dass eine bestimmte Synchronisation zwischen der Bahngeschwindigkeit, dem geometrischen Abstand der Einzelstrahlführungen in der Y-Achse der Bahnlaufrichtung sowie dem Umfang der Einzelzigarette eingehalten wird, um so die vorgegebenen Perforationsausführungen zu erzeugen.

[0027] Im Zusammenhang der Erfindungserläuterungen und Beschreibungen wird darauf hingewiesen, dass die Strahlaufflächerung über Polygone oder andere rotierende Spiegelemente und im weiteren auch die Generation von Mikro Laser Löcher und Linien in vielfältiger Weise und technologisch aus einem sehr hohen Niveau den zuvor zitierten Patentschriften in ausführlicher Weise entnommen werden kann, und somit an dieser Stelle keiner weiteren Erklärungen bedarf. Dies gilt gleichermaßen für die fast ausschließlich festen Strahlführungen direkt vor und nach der Fokussierung zur durchlaufenden Warenbahn.

[0028] Erfindungsgemäß ist erkannt und durch Untersuchungen und praktischen Tests bestätigt worden, dass mit beiden Elementen des Piezo-Aktuators oder unsymmetrischen, rotierenden Reflektionskegels Veränderungen des Umlenkungswinkels zwischen z.B. 40–50 Grad und im festen Abstand zur letzten Fokussierlinse Positionsauslenkungen aus der bisherigen, festen Y-Achse von z.B. +/- 3 mm der Perforationslaserlinien auf der Warenbahn erreichbar sind.

[0029] Des weiteren ist es technologisch und produktionstechnisch ein großer Vorteil, dass sich beide Lösungsvorschläge auf vorhandene Laserperforationsanlagen problemlos übertragen und adaptieren lassen, um auf diese Weise die angeführten Produktvorteile hinsichtlich der speziellen Perforationsausführungen auf dem Mundstückbelagpapier und letztlich auf dem Endprodukt der Zigarette anwendbar sind. Darüber hinaus werden alle anderen Produktionsparameter wie Lochgrößen, Lochanzahl pro cm, Lochform, Perforationsleistung und letztlich die eng vorgegebenen Porositätsbereiche weitgehend eingehalten.

[0030] Diese Merkmale lassen sich in gleicher oder ähnlicher Weise auf andere Produkte und Materialarten der eingangs genannten Art übertragen, wo ähnliche Verfahrens- oder Produktanforderungen aufgestellt sind.

[0031] Weitere Verfahrens- und Vorrichtungsvorteile dieser Erfindung sind in der technisch einfachen Machbarkeit der Erfindungslösungen sowie in der kompakten Integration für die Einzelstrahlkanäle an den Perforationseinrichtungen zu sehen, die aus bis zu **32** optischen Strahlkanälen und Perforationsköpfen bestehen können, und deren Offline Laserperforationsanlagen von verschiedenen Firmen in den Pu-

blikationen zum Stand der Technik angeführt sind.

[0032] Somit ist der investive Aufwand für die mechanisch-optische Integration der Erfindungslösungen im Vergleich zum Gesamtwert der Laserperforationsanlage relativ gering, was ein nicht zu unterschätzender Faktor ist.

[0033] Nachstehend einige Berechnungsbeispiele die zum weiteren Verständnis der Erfindung, deren Ausführungen, Steuer- und Synchronisationsmechanismen beitragen und die beispielhaft für Mundstückbelagpapiere als Endprodukt angegeben sind.

[0034] Damit lassen sich die Berechnungsbeispiele auch auf andere Materialbahnarten, Perforationsanforderungen und Produkte übertragen.

Diagonaler Querversatz der Lochreihen in Vorschubsrichtung der Materialbahn

- beim Polygonbetrieb mit z.B. 24 Facetten, einer Drehzahl von 500 Sek.⁻¹ und Materialbahngeschwindigkeiten von $v_a = 2000 \text{ mm/Sek.} = 120 \text{ m/min}$ – $v_b = 10.000 \text{ mm/Sek.} = 600 \text{ m/min}$
- Strahlverweilzeit über alle optischen Einzelkanäle (z.B. 16 oder 32) innerhalb eines Polygon-Scann-Zyklus mit einer Facette = $1/(500 \text{ Sek.} \cdot 1/24 \text{ Facetten})$ $t_s = 83 \mu\text{s}$
- Relativbewegung der Materialbahn in der X-Achse gegenüber dem Polygon Scann-Zyklus und sich daraus ergebendem Lochreihenversatz in Bahnquerrichtung der Y-Achse für alle Lochreihen (z.B. 16 oder 32)

$$s_a = v_a \cdot t_s = 2.000 \text{ mm/Sek.} \cdot 83 \text{ E-6 Sek.}^{-1} = 0.172 \text{ mm (120 m/min)}$$

$$s_b = v_b \cdot t_s = 10.000 \text{ mm/Sek.} \cdot 83 \text{ E-6 Sek.}^{-1} = 0.860 \text{ mm (600 m/min)}$$

- Diagonalversatz einer jeden Lochreihe zueinander bei 16 Einzelstrahlen $D_a = 0.172 \text{ mm} / 16 = 10.75 \mu\text{m}$ $D_b = 0.860 \text{ mm} / 16 = 53.75 \mu\text{m}$

[0035] Der mathematische Zusammenhang zwischen Polygonfrequenz, Anzahl der Facetten, Rotationsgeschwindigkeit, Bahngeschwindigkeit und Anzahl der Perforationslöcher pro cm Materialbahn für jeden optischen Perforationskanal lässt sich wie folgt angeben.

$$\text{Polgonfrequenz in Hz} \quad \text{----} \quad F_p = ((v \text{ min}/60) \cdot 1000) \cdot L/N_f \cdot 10$$

V = Materialbahngeschwindigkeit in m/min
 L = Perforationslöcher pro cm Materialbahn
 Nf = Anzahl der Facetten des Polygons

- nach Umstellung der Formel erhält man die Anzahl der Perforationslöcher

$$L(\text{cm}) = F_p \cdot N_f / ((v \text{ min}) / 60) \cdot 100$$

- bei $V = 300 \text{ m/min}$, 24 Facetten ergeben sich danach für $F_p = 450 \text{ Hz} = 21.6 \text{ Löcher/cm}$ und bei $350 \text{ Hz} = 16.8 \text{ Löcher/cm}$ usw. bei $F_p = 404$ oder $429 \text{ Hz} (+/- 3 \%) = 19.39$ oder 20.59 Löcher/cm

[0036] Nach diesen Berechnungsbeispielen ist leicht einzusehen, dass die Polygonfrequenz zur Bahngeschwindigkeit oder reziproke hierzu in einem sehr engen Bereich konstant zu halten sind, um die Anzahl der Laserperforationslöcher pro cm Materiallänge nicht variieren zu lassen. Dies ist im Zusammenhang mit der Erfindung und bei der Synchronisation von besonderer Bedeutung.

[0037] Der Einfachheit ist die Umfangsberechnung für das Mundstückbelagblättchen um den Zigarettenfilter mit angegeben.

- $Bl = (D \cdot 3.14) + 2.0 \text{ mm} - 2.0 \text{ mm}$ zur Umleimung eines jeden Filters
- Beispiel: $D = 8.0 \text{ mm} - \text{Belagblättchenlänge } Bl = 27.12 \text{ mm}$

[0038] Danach lässt sich die Auslenkfrequenz des Laserstrahles für jede volle Umfangslänge des Mundstückbelagblättchens für die Off-line Laserperforation ermitteln.

- Materialbahngeschwindigkeiten $v_a = 200 \text{ m/min}$, $v_b = 600 \text{ m/min}$
- Belagblättchenlänge $Bl = 27.12 \text{ mm}$
- $fg_1 = v_a / Bl = 123 \text{ Hz}$ – bei 10 Löcher pro cm = 1230 Hz pro Lochauslenkung
- $fg_2 = v_b / Bl = 370 \text{ Hz}$ – bei 10 Löcher pro cm = 3700 Hz pro Lochauslenkung

[0039] Abschließend sein noch auf die Relation zwischen den in Bahnaufrichtung, also der Y-Achse, räumlich versetzten Perforationsköpfen und meist aus 16 Einzeleinheiten bestehend, und der Länge des Mundstückbelagblättchens hingewiesen, die in einem festen Abstand in den Laserperforationsanlagen der Publikationsnennung angeordnet sind.

- fester geometrischer Abstand der Perforationsköpfe = 39 mm
- Relation $Rl = 39.00 \text{ mm} / 27.12 \text{ mm} = 1.4380$

[0040] Auf Basis dieser Berechnungsgrundlagen und deren Umsetzung wird in der nachfolgenden Erfindungsbeschreibung näher eingegangen und verwiesen.

[0041] Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten, weiterzubilden und anzugeben.

[0042] Dazu ist einerseits auf die in den Patentan-

sprüchen 1–15 beschriebenen Ausführungen, und andererseits auf die Erläuterungen mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung mit den Zeichnungen 1–8 zu verweisen.

[0043] In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung und mittels der Zeichnungen werden auch im allgemein bevorzugten Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert.

[0044] Dies insbesondere für Materialbahnen wie Mundstückbelagpapiere wie aber auch Verpackungsbahnen jeglicher Art und Ausführung.

[0045] Die Zeichnungen zeigen im einzelnen:

[0046] [Fig. 1](#): schematische Seitenansicht der Laserstrahlauslenkung mit dem Polygon und fester Umlenkung und Zuführung zum Perforationskopf und zur Materialbahn

[0047] [Fig. 2](#): schematische Seitenansicht der Laserstrahlführung mit gesteuerter Veränderung des Strahlumlenkungswinkels

[0048] [Fig. 3](#): Seiten- und perspektivische Ansicht des unsymmetrischer Reflektionskegels

[0049] [Fig. 4](#): schematische Seitenansicht der Laserstrahlführung mit Veränderung des Strahlumlenkungswinkels durch einen unsymmetrischen Reflektionskegel

[0050] [Fig. 5](#): schematische Draufsicht auf einen Mundstückbelag – Bobienenabschnitt mit erzeugten Laserlochlinienprofilen in Wellenform

[0051] [Fig. 6](#): perspektivische Ansicht eines Zigarettenfilters mit der Mundstückbelags-Umhüllung und dem Standard-Koaxial-Perforationsmuster als Gegenüberstellung des neuen Mikro-Laser-Wellen-Liniemuster

[0052] [Fig. 7](#): perspektivische Ansicht eines Zigarettenfilters mit der Mundstückbelags-Umhüllung und dem Standard-Koaxial-Perforationsmuster zur Gegenüberstellung der neuen Mikro-Laser-Linienperforation als Zick-Zack-Muster

[0053] [Fig. 8](#): schematische Draufsicht einer Vergrößerung einer realen Offline Laserperforation mit vier Lochlinien und dem deutlich erkennbaren Diagonalversatz zur Bahnquerrichtung

Ausführungsbeispiel

[0054] [Fig. 1](#) zeigt die schematische Seitenansicht der Laserstrahlauslenkung mit dem Drehspiegel als Polygon und fester Umlenkung und Zuführung zum

Perforationskopf und zur Materialbahn, wie dies bei den meisten Laserperforationsanlagen, deren Hersteller in der Publikation genannt sind, ausgeführt ist. Weitere Beschreibungsdetails umfangreich und qualifizierter Weise in den Patentschriften DE 29.18.283 und DE 195.11.393 manifestiert. Der einfallende, vorkonvergente Laserstrahl **1** wird vom Polygon **3** und dem geneigten Polygonrad **2**, mit zwischen 10–30 Facetten, über die Einzelstrahlkanäle **6**, meist **16** an der Zahl und in waagerechter Achse **49**, aufgefächert. Der hier dargestellte optische Lasereinzelnkanal **6** mit seiner Zylinder- oder sphärischen Eintrittslinse **5**, dem festen Umlenkspiegel **7** als Metalloptik und Führungsschutz **6** führt den abgelenkten Laserstrahl **8** in seiner vertikalen Mittenachse **12** über die Fokussierlinse **9** zum Perforationsfokus **10** direkt auf die durchlaufende Materialbahn **11**, wo die Perforationslöcher sequenziell in Bahnlaufrichtung erzeugt werden.

[0055] Die Fokussierlinse **9** kann hierbei eine Plan-, Bikonvexe- oder auch nicht gekrümmte, sphärische Linse sein. Angaben zu optischen Details und Laserstrahlführungen sind in den o.g. Patentschriften umfangreich ausgeführt.

[0056] In Weiterführung der ersten Ansicht zeigt **Fig. 2** die schematische Seitenansicht der Laserstrahlführung mit gesteuerter Veränderung des Strahlumlenkungswinkels mittels eines Piezo-Schwingers **13**, auf denen die Metalloptik des Umlenkspiegels aufgebracht ist und diese somit den Schwingungen des Piezo-Aktuators mechanisch fest gekoppelt folgen kann. Mit diesem Element und den Schwingung in den Richtungen **16** wird die Strahlauslenkung zur vertikalen Mittenachse **12** in beiden X-Richtungen **14** erzwungen, was gleichermaßen die Fokussierichtung des Perforationsstrahles zur durchlaufenden Materialbahn **11** verändert.

[0057] Ein in seiner Breite dargestellter Bobienensegmentabschnitt, es sind an den genannten Laseranlagen bis zu vier Bobienensegmenten möglich, ist in seiner Breite mit **17** gekennzeichnet. So ist es z.B. möglich, mit bestimmten Piezo-Schwingern Frequenzbereiche bis zu 8000 Hz bei Stellwegen bis 800 μm , und durch eine relativ lange Vertikalstrahlführung und damit verbundene Winkelauslenkung $\tan \gamma$ eine z.B. bis zu ± 3 mm variierende X-Positionsverschiebung der Perforationslochreihe zu realisieren.

[0058] Jeder optische Strahlenkanal und angekoppelte Perforationskopf, in der Regel sind es an einer Perforationsanlage bis zu **16** dieser Köpfe auf der horizontalen Achse **49** aufgereiht, erhält diesen Piezoaufsatz.

[0059] Weitere Strahldetails bedürfen an dieser Stelle keiner zusätzlichen Erläuterung, da sie in den eingangs genannten Patentschriften ausführlich er-

klärt sind.

[0060] Unter **Fig. 3** ist die Seiten- und perspektivische Ansicht eines unsymmetrischen Reflektionskegels **18** zu sehen, der die Besonderheit aufweist, dass seine umlaufenden und für CO₂-Laserstrahlen beschichteten Reflektionsflächen bei einer vollen 360 Grad Drehung Veränderungen des Umlenkungswinkels von z.B. 40–50 Grad ausführen.

[0061] Bezogen auf die Mittenachse **15'** und Aufnahmebohrung **20** ergeben sich kontinuierliche Veränderungen im für jeweils eine 180 Grad Drehung gekennzeichneten Abschnitt für den Winkel α_1 , hier mit **21** und α_2 mit **22** gekennzeichnet.

[0062] Beim Einsatz des unsymmetrischen, rotierenden Reflektionskegels haben sich bei praktischen Tests an der Produktionsmaschine keine nachteiligen Strahldivergenzen eingestellt, da die Strahlvorfokussierung einen relativ kleinen Strahldurchmesser von z.B. 200 μm bis 2.0 mm Durchmesser im Umlenkungsbereich beinhaltet.

[0063] In **Fig. 4** ist die beispielhafte Konzeptionslösung mit der schematischen Seitenansicht der Laserstrahlführung und Veränderung des Strahlumlenkungswinkels durch den unsymmetrischen Reflektionskegel **18** dargestellt, deren Abtrieb zur Vereinfachung nicht gezeichnet ist.

[0064] Der einfallende, vorkonvergente Laserstrahl **4** wird durch die Rotation **26** des Reflektionskegels **18** außerhalb des ursprünglichen 45 Grad Umlenkungswinkels im Winkelbereich α_1 , hier mit **21** und α_2 mit **22** gekennzeichnet, aus der vertikalen Mittenachse **12** ausgelenkt, was zur geometrischen Variation des fokussierten Laserstrahles **10** in Richtung der Achsen **29** und **30** führt und dabei die Positionen der Perforationslinien im Bereich zwischen **27** und **28** parallel zur Warenbahn **11** ändert.

[0065] Auch hier erhält jeder optische Strahlenkanal **6** und angekoppelte Perforationskopf, von denen in der Regel an einer Perforationsanlage bis zu **16** dieser Köpfe in Richtung der horizontalen Achse **49** vorhanden sein können, jeweils einen Reflektionskegel zur variierenden Laserstrahlumlenkung.

[0066] Es ist daher leicht einzusehen, dass mit der präzise gesteuerten Rotation **26** des Reflektionskegels und der damit verbundenen Änderung des Umlenk- bzw. Auslenkungswinkels **29**, **30** gezielte Änderungen der Laserlochlinien ausführbar sind.

[0067] Ein weiterer Vorteil ist hierbei, dass es sich um ein Rotationselement handelt, was fast trägheitslos den Zeitanforderungen und der festen Synchronisation zur Bahngeschwindigkeit folgt.

[0068] Anzumerken ist noch, dass die Fokussierlinse **9**, wie schon ausgeführt, eine Plan-, Bikonvexe- oder auch sphärische Linse sein kann. In der Praxis haben sich zur besseren Erhaltung der Strahldivergenz nicht gekrümmte, sphärische Linsen bewährt. So genannte DOE's diffraktive optische Elemente zur Multistrahlerzeugung, um z.B. zwei Perforationslochreihen aus einer Laserstrahlzuführung zu generieren und wie in den o.g. Patentschriften ausgeführt, sind zum Einsatz ebenfalls denkbar, haben sich aber aus energetischen und praktischen Gründen beim erfinderischen Verfahren und Vorrichtungen nicht vorteilhaft bewährt.

[0069] Die Synchronisation zwischen der Einzellochlocherzeugung eines jeden Perforationskanals zur festen Polygonfrequenz und Bahngeschwindigkeit lässt sich wie folgt beschreiben.

- Mit einer freiprogrammierbaren Steuerung, die der Einfachheit nicht dargestellt ist, wird zunächst die Reihenfolge der Perforationskanäle **6** auf der Ebene **49** in Bahnaufrichtung der Y-Achse **32** festgelegt, die den Perforationsköpfen entsprechen und durch deren Größe diese nicht direkt hintereinander, sondern seitlich in der X-Achse, also über die Bahnbreite, versetzt zur Erzeugung der Einzellochreihen **33** zusammenzustellen sind. Dies wären beispielsweise die an der Maschine nummerierten Perforationsköpfe **1, 5, 9, 13** für die erste Vierer-Lochreihengruppe **34** und in Bahnaufrichtung **32** gezählt. Diese Zusammenstellung ist übertragbar auf die weiteren Lochreihengruppen.
- Nach dieser festen Zuordnung der Perforationsköpfe **6** zu den Lochlinien **33** und jeweiligen Lochliniengruppe **34** wird jetzt der feste Abstandsfaktor, als geometrischer Abstand der Perforationsköpfe **6** in der Ebene **49** zur Belagpapierlänge **36 + 37**, z.B. 1.4380, intern berücksichtigt.
- Die Polygonfrequenz und nominale Bahngeschwindigkeit wird hinsichtlich der Lochdichte pro cm und Perforationsleistung, z.B. Löcher/sek. oder Porosität pro Loch, auf Basis der Formeln dem Steuerungssystem vorgegeben bzw. von dieser intern berechnet.
- Im weiteren erfolgt die Auswahl und Eingabe des jeweiligen Perforationsmusters, z.B. Wellen- oder Zick-Zackform mit einem halben oder vollen Filterumfang für die Belagblättchenlänge **36 + 37**, abhängig von der jeweiligen Zigarettenmarke und unterschiedlichen Filterdurchmessern, in das Steuerungssystem.
- Aus allen Daten ermittelt das Steuerungssystem dann die Auslenkfrequenz und den Auslenkhub für die Mikro-Laser-Linien über die gesamte Belagblättlänge, was einem Viertel, einen Halben oder vollen Umfang des Zigarettenfilters entsprechen kann.
- Das Steuerungssystem übernimmt sowohl in der Hochlaufphase wie auch nach Erreichen der No-

minalgeschwindigkeit, dann allerdings mit konstanter Bahngeschwindigkeit wie dies das o.g. Berechnungsbeispiel zur Einhaltung der Lochanzahl pro cm zeigt, alle Steuerparameter der Perforationsmaschine, so dass die dynamischen Abläufe der vorgegebenen Konfiguration funktional und zeitlich strikt folgen können.

- Mit den Piezo-Aktuatoren **13** als eine erfinderische Lösungsvariante wird die Strahlauslenkung im Frequenz- und Hubbereich der angegeben Formeln ausgeführt. Hierbei ist es leicht einzusehen, dass bei einer Lochanzahl von z.B. **10** Löcher pro cm die entsprechenden Schwingungsfrequenzen im Bereich bis zu 4000 Hz auszuführen sind.
- Durch die Piezo-Aktuatoren **13** oder unsymmetrischen, rotierenden Reflektionskegeln **18** lassen sich Strahlauslenkungen **27, 28** durch Veränderung des Umlenkswinkels **24, 25** in der Weise bestimmen und während des Perforationsprozess ausführen, dass zum Einem die Perforationsform vorgewählt und deren Hüllkurvenpunkte durch die Anzahl der Löcher pro cm vorbestimmt sind und zum Anderen die realen Strahlauslenkungen **29, 30** und damit verbundenen Perforationsauslenkungen **27, 28** bis zu z.B. +/- 3 mm außerhalb der vertikalen Mittenachse **12** betragen können.
- Dies hat sich durch praktische Vortests und danach an Produktionsmaschinen vielfach bestätigt.

[0070] Nach den Erläuterungen der technischen Ausführungen der [Fig. 1-Fig. 4](#) ist in [Fig. 5](#) nunmehr die schematische Draufsicht auf einen Mundstückbelag – Bobienenabschnitt **31** für eine Bobiene mit zwei Perforationsbereichen, wobei die Bobienenmitte mit **35** markiert ist, mit Laserlochlinienprofilen in Wellenform **47** zu sehen, die mit dem erfinderischen Verfahren und deren Vorrichtung erzeugbar sind.

[0071] Die in Richtung **32** der Y-Achse bewegte Materialbahn **31** erfährt durch die zuvor beschriebene Perforationslochauslenkung jeder Einzellochreihe **33**, synchronisiert mit der Bahngeschwindigkeit und unter Berücksichtigung des geometrischen Abstandsfaktors der Perforationsköpfe **6** in Bahnaufrichtung **32**, eine hier beispielhaft dargestellte Wellenform **47** der kompletten Perforationslochreihengruppe **34**.

[0072] Hierbei ist der jeweils hälftige Umfangsabschnitt des Belagblättchens mit **36** und **37** gekennzeichnet. Bei diesem Perforationsbeispiel bilden zwei Wellenzüge mit den Abschnitten **36** und **37** den vollen Umfang des Mundstückbelagblättchens um den Zigarettenfilter, was im angeführten Rechenbeispiel einer Länge von 27.12 mm entspricht.

[0073] Vier Lochreihengruppen **34** bilden innerhalb eines bestimmten Perforationsbereiches **38** die zuvor erwähnte, vorteilhafte Filterausnutzung in einem wei-

teren Bereich, als dies rein koaxial umlaufende Lochreihen ermöglichen.

[0074] In der Praxis bestehen die Mikro-Laser-Lochreihen aus 10–30 Löcher pro cm bei Lochgrößen von 50–100 µm Durchmesser, wobei sehr kleine Lochgrößen im Bereich von 50 µm bis 70 µm sowie enge Lochreihenmittenabstände im Bereich von 0.3–1.0 mm die erfinderischen Vorteile hinsichtlich des Perforationsbereiches **38** auf dem Zigarettenfilter deutlich verstärken. Somit lassen sich mit dem erfinderischen Lösungen Perforationsbereiche, wie dies bisher nur von elektrostatischen Perforationen bekannt ist, für so genannte Zonenbreiten von z.B. 2.0–6.0 mm erzielen.

[0075] Bei bestimmten im Markt befindlichen Laserperforationsanlagen sind diese Lochgrößen ohne größere Schwierigkeiten in der Produktionspraxis erzielbar.

[0076] Die vorteilhafte Ausgestaltung der Perforationen **34** ist in [Fig. 6](#) mit der perspektivischen Ansicht eines Zigarettenfilters **39** mit der Mundstückbelags-Umhüllung **40** sowie mit dem Standard-Koaxial-Perforationsmuster als Gegenüberstellung des neuen Mikro-Laser-Wellen-Linienmusters **47**, wobei vier dieser Einzellinien **33** eine Gruppe **34** bilden, oder anderer Formen als Anschauungsbeispiel dargestellt sind.

[0077] In der Vergleichsdarstellung sind die markanten Unterschiede im Verlauf einer einzelnen Lochlinie **33**, der Lochreihengruppe **34** sowie deren geometrischen Verlauf um den Zigarettenfilterumfang für sich selbstredend, was keiner weiteren Erklärungen bedarf.

[0078] Eine weitere Ausführungsvariante zum Perforationsbeispiel der Mikro-Laser-Linienperforation ist in [Fig. 7](#) als Zick-Zack Perforationsmuster **48** mit zwei Einzellochlinien **33** zu einer Gruppe **34** von zwei Linien aufgezeigt, in denen eine noch bessere Luftverteilung innerhalb des Perforationsbereiches **38** im Zigarettenfilter **39** möglich ist.

[0079] Bei der Offline Mikro-Laser-Linienperforation und nicht vorhandenen Synchronisation zwischen dem realen Belagblättchenbeginn und Ende auf der späteren Zigarette, siehe obige Formel, ergeben sich zwangsweise feste Differenzen zum Beginn und Ende des jeweiligen Perforationsmusters bezogen auf den vollen Zigarettenumfang. Dies bedeutet, dass der Perforationsmusterbeginn nicht immer deckungsgleich mit dem Beginn oder dem Ende des realen Belagblättchens ist. Dies hat weder einen Perforations- oder Designnachteil und auch keine negativen Auswirkungen auf den vorteilhaften Lufteinlass und deren breiteren Verteilung im Zigarettenfilter, solange bei der Offline Mikro-Laser-Linienperforation zu

jeder Belagblättchenlänge das Perforationsmuster mit fester Differenz beibehalten wird.

[0080] Zur Ergänzung aller Figuren ist in [Fig. 8](#) die dem Stand der Technik entsprechende Perforationsart, Lochverteilung **42**, Lochlinienposition **44** und festem Lochreihenabstand **46** als schematische Draufsicht einer Vergrößerung mit vier Lochlinien und dem deutlichen Diagonalversatz **45** zur Bahnquerrichtung aufgezeichnet. Die Berechnungsgrundlage zum diagonalen Querversatz der Lochreihen in Vorschubrichtung **32** der Materialbahn **11** ist eingangs angegeben.

[0081] Gleichermaßen, und dies gilt für alle hier beispielhaft und auch nicht genannten Ausführungsformen dieser Perforationsmuster und Formen, spiegelt die markante Mikro-Laser-Linienperforation die Einmaligkeit des Herstellungsverfahrens und deren Vorrichtung auf dem Zigarettenfilter **39** wieder und ist somit ein eindeutiger Indikator des Herstellers von Laserperforiertem Mundstückbelagpapier **11** oder auch anderen Materialarten.

[0082] Somit beinhaltet die erfinderische Lehre mit den speziellen Ausführungen der Mikro-Laser-Linienperforation grundlegend neue Produkteigenschaften, die sich als Endprodukt auf dem Mundstückbelagpapierblättchen eines jeden Zigarettenfilters und der Zigarette als ein ganz spezifisches Markenzeichen wieder findet, und für jedermann mit einer Lupe erkennbar ist.

[0083] Zum Abschluss sei hervorgehoben, daß die erfinderische Lehre durch die Ausführungsbeispiele lediglich erläutert, jedoch keinesfalls eingeschränkt ist. Vielmehr lässt die erfindungsgemäße Lehre auch weitere Verfahrensschritte, Vorrichtungsvarianten und Produkteigenschaften Mikro-Laser-Linienperforation von Warenbahnen zu, die andere bzw. weitere konstruktive Merkmale aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Mikro-Laser-Linienperforation für Materialbahnen (**11**), wie z.B. Zigaretten, Mundstückbelag- oder Kaffeefilterpapiere, Filterumhüllungspapiere so genannte Sicherheitspapiere, holographisch bedruckte, foliengepresste, beschichtete oder metallisierte Papier- oder Verpackungspapiere oder auch bestimmte Kunststoffbahnen wie BOPP, LDPE, HDPE oder Spinvliese mit sichtbaren oder unsichtbaren Laserstrahlen, deren Lochreihen (**33**) und Muster (**47**, **48**) im wesentlichen nicht parallel zur Transportrichtung (**32**) der Bahn (**11**) ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Bahngeschwindigkeit synchron gekoppelte und für jeden optischen Kanal (**6**) separierte Laserstrahlauslenkungen (**27**, **28**) Perforationen (**42**) erzeugen, die als Wellenform (**47**), Zick-Zack (**48**) oder in anderer Wei-

se als Einzel- (33) oder Mehrfachperforationslinien (34) über eine bestimmte Materiallänge (36,37) und als ein sich wiederholendes, signifikantes Muster (47, 48) ausgebildet sind und nicht parallel zur Transportrichtung (32) der Materialbahn (11) verlaufen.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass schwingende oder unsymmetrisch rotierende Strahlumlenkelemente (13,18) den Laserstrahl (4) in der Weise gesteuert auslenken, dass dieser aus seiner Mittenachse (12) heraus und nach der Endfokussierung (9) Änderungen der geometrischen Lage der Perforationslinien (27, 28) parallel zur Transportrichtung erzeugen.

3. Verfahren nach Anspruch 1–2 dadurch gekennzeichnet, dass der unsymmetrische Reflektionskegel (18) bei seiner 360 Grad Drehung eine kontinuierliche Änderung des Umlenkwinkels (23, 24, 25) für den ein- ausfallenden Laserstrahl (4) herbeiführt.

4. Verfahren nach Anspruch 1–3 dadurch gekennzeichnet, dass der Beginn und das Ende eines jeden sich wiederholenden, und sich abgeschlossenen Perforationsmusters (47, 48) aufgrund des Off-Line Perforationsverfahrens nicht immer mit dem realen Beginn und dem Ende des Materialabschnittes (36, 37) deckungsgleich ist, aber stets relativ zu seiner Anfang- und Endposition verbleibt.

5. Verfahren nach Anspruch 1–4 dadurch gekennzeichnet, dass die Perforationsmuster (47, 48) einen hohen Freiheitsgrad hinsichtlich der Linienanzahl und Formen haben, deren Hüllkurve in der frei-programmierbaren Steuerung vorausberechnet und während der Perforation (42) die einzelnen Steuerelemente zur Strahlauslenkung (13, 18) damit gesteuert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–5 dadurch gekennzeichnet, dass die von einer Lochreihengruppe (34) für das Perforationsmuster (47, 48) zusammengefassten und in Bahnlaufrichtung (32) angeordneten Perforationsköpfe (6) nicht direkt auf gleicher horizontalen Ebene 49 hintereinander angeordnet sind, sondern über die Bahnbreite seitlich versetzt und steuerungstechnisch Strahl ausgelenkt sowie synchron betrieben werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–6 dadurch gekennzeichnet, dass der feste geometrische Abstand der Perforationsköpfe (6) in Bahnlaufrichtung (32) in Korrelation zum Perforationsmusterabschnitt (36, 37) mittels der frei-programmierbaren Steuerung berechnet und vom dynamisch-zeitlichen Ablauf der Perforationsmuster (47, 48) berücksichtigt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–7 dadurch gekennzeichnet, dass sich

mit den beispielhaften Wellen- (47) oder Zick-Zack-Perforationsmuster (48) eine optimierte Ausnutzung des Filterflächenbereiches (39) und damit verbundene, deutlich verbesserte Luftzuführung und Luftvermischung innerhalb des Zigarettenfilters oder anderer Produkte, im Vergleich gegenüber den koaxialen Perforationslochlinienanordnungen (41), erzielen lässt.

9. Verfahren nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–8 dadurch gekennzeichnet, dass sich mit den beispielhaften Wellen- (47) oder Zick-Zack-Perforationsmuster (48) eine über die Länge des Zigarettenfilters oder anderer Produkte ausgedehnte Laserperforation (38) gegenüber den koaxialen Perforationen (41) ergibt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–9 dadurch gekennzeichnet, dass zur Strahlauslenkung (29, 30) Piezoschwinger (13) eingesetzt werden, auf denen die Umlenkspiegel (7) aufgesetzt sind.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–10 dadurch gekennzeichnet, dass zur Strahlauslenkung (29, 30) unsymmetrische, rotierenden Reflektionskegel (18) verwandt werden.

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–11 dadurch gekennzeichnet, dass vor und nach den Strahlumlenkungselementen (13, 18) Zylinder- (5) oder sphärisch ungekrümmte CO-2 Linsen (9) eingesetzt sind.

13. Produktmerkmal mit Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–13 dadurch gekennzeichnet, dass die Mikro-Laser-Linien Perforationsmuster (47, 48) auf dem Mundstückbelagpapier (11) als Umhüllung des Zigarettenfilters (39) eine wellenförmige (47), Ein- (33) oder Multilinienausführung (34) im Umfang des Filters (39) oder anderer Produkte aufweisen.

14. Produktmerkmal mit Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–13 dadurch gekennzeichnet, dass die Mikro-Laser-Linien Perforationsmuster (47, 48) auf dem Mundstückbelagpapier (11) als Umhüllung des Zigarettenfilters (39) eine Zick-Zack-förmige (48), Ein- (33) oder Multilinienausführung (34) im Umfang der Filters (39) oder anderer Produkte aufweisen.

15. Produktmerkmal mit Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder mehrerer der Ansprüche 2–14 dadurch gekennzeichnet, dass die Mikro-Laser-Linien Perforationsmuster (47, 48) auf dem Mundstückbelagpapier als Umhüllung des Zigarettenfilters (39) eine nicht stetige, koaxial umlaufende

Ein- **(33)** oder Multilinienausführung **(34)** im Umfang
der Filters **(39)** oder anderer Produkte aufweisen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

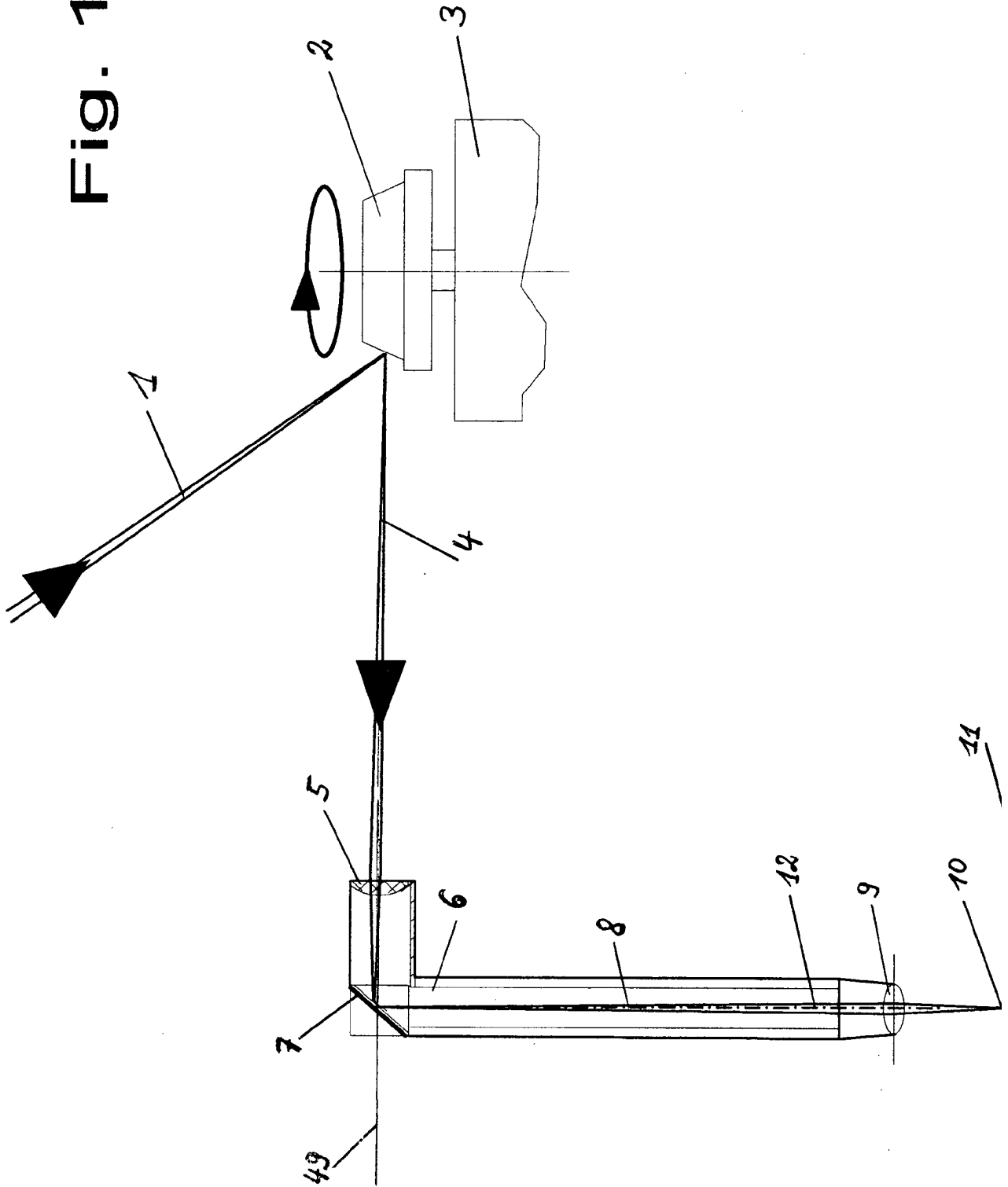


Fig. 2

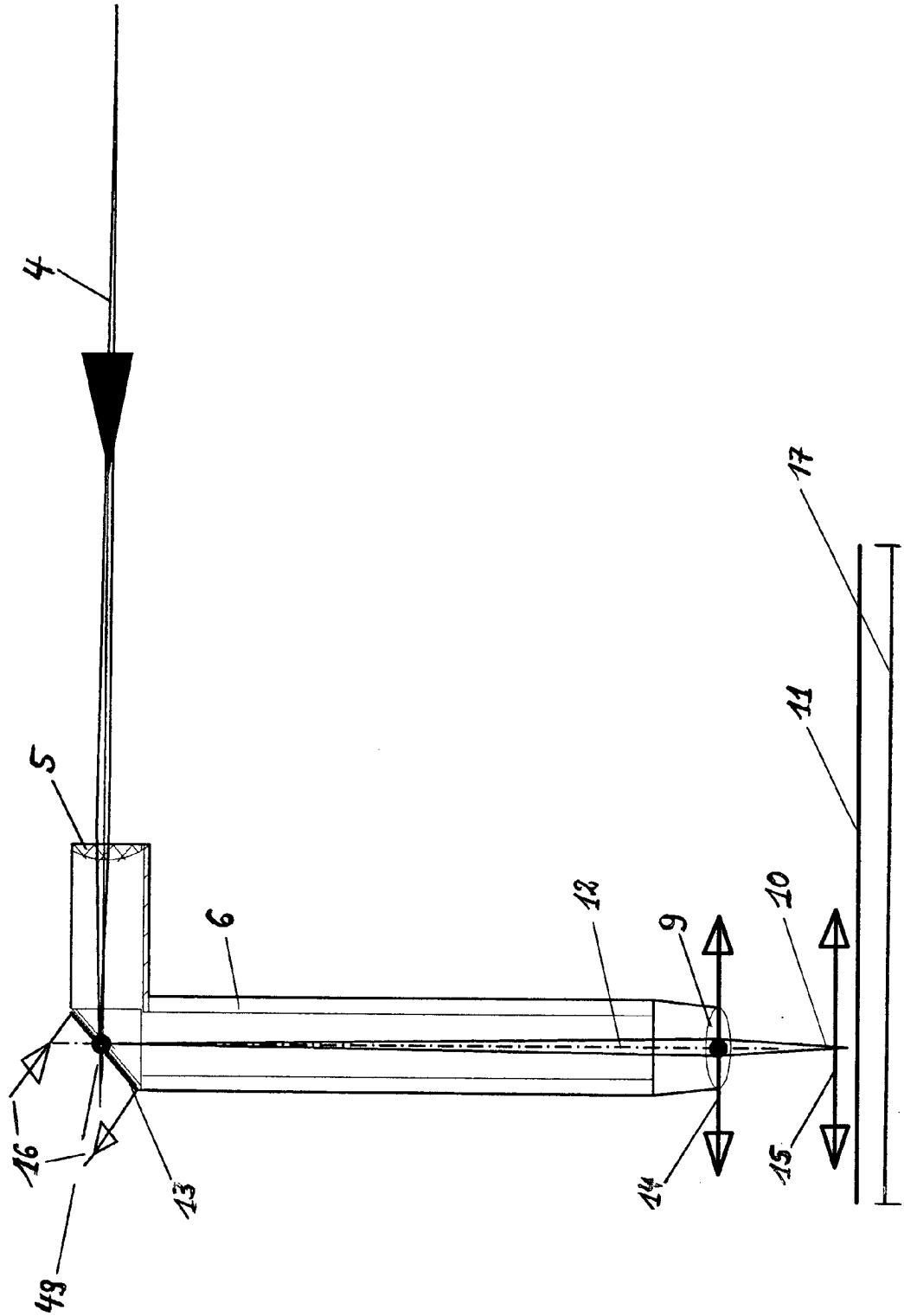


Fig. 3

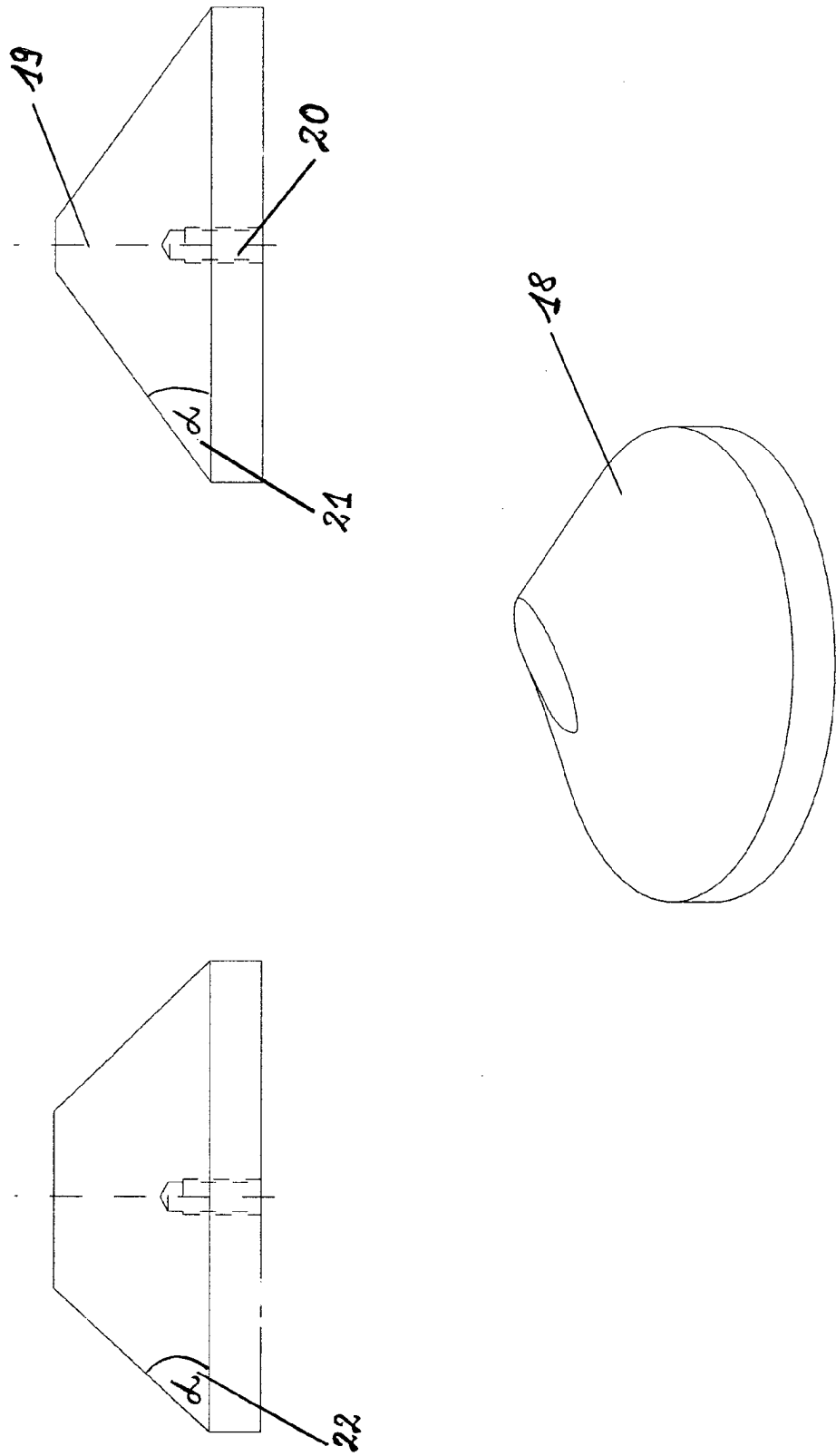


Fig. 5

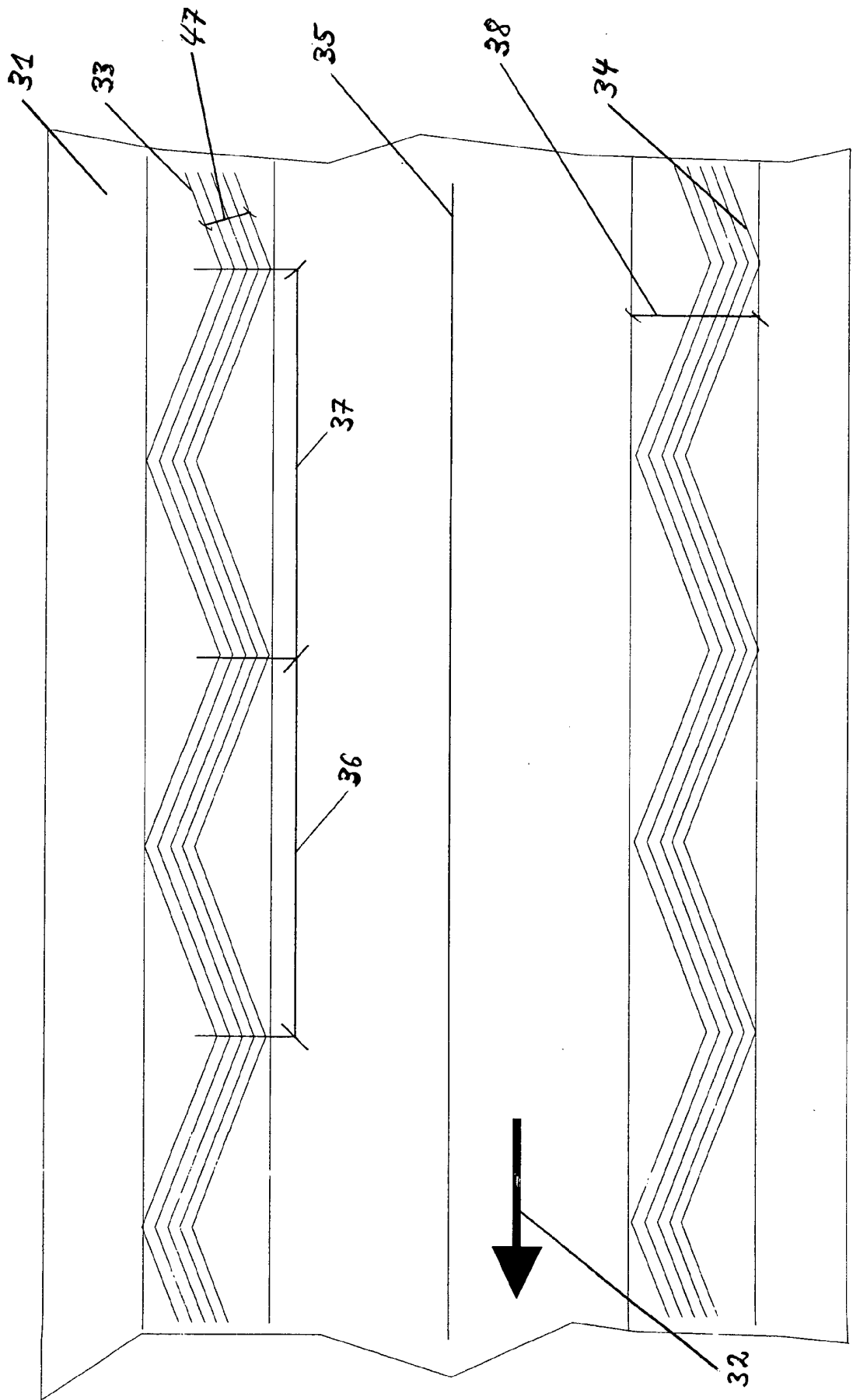


Fig. 6

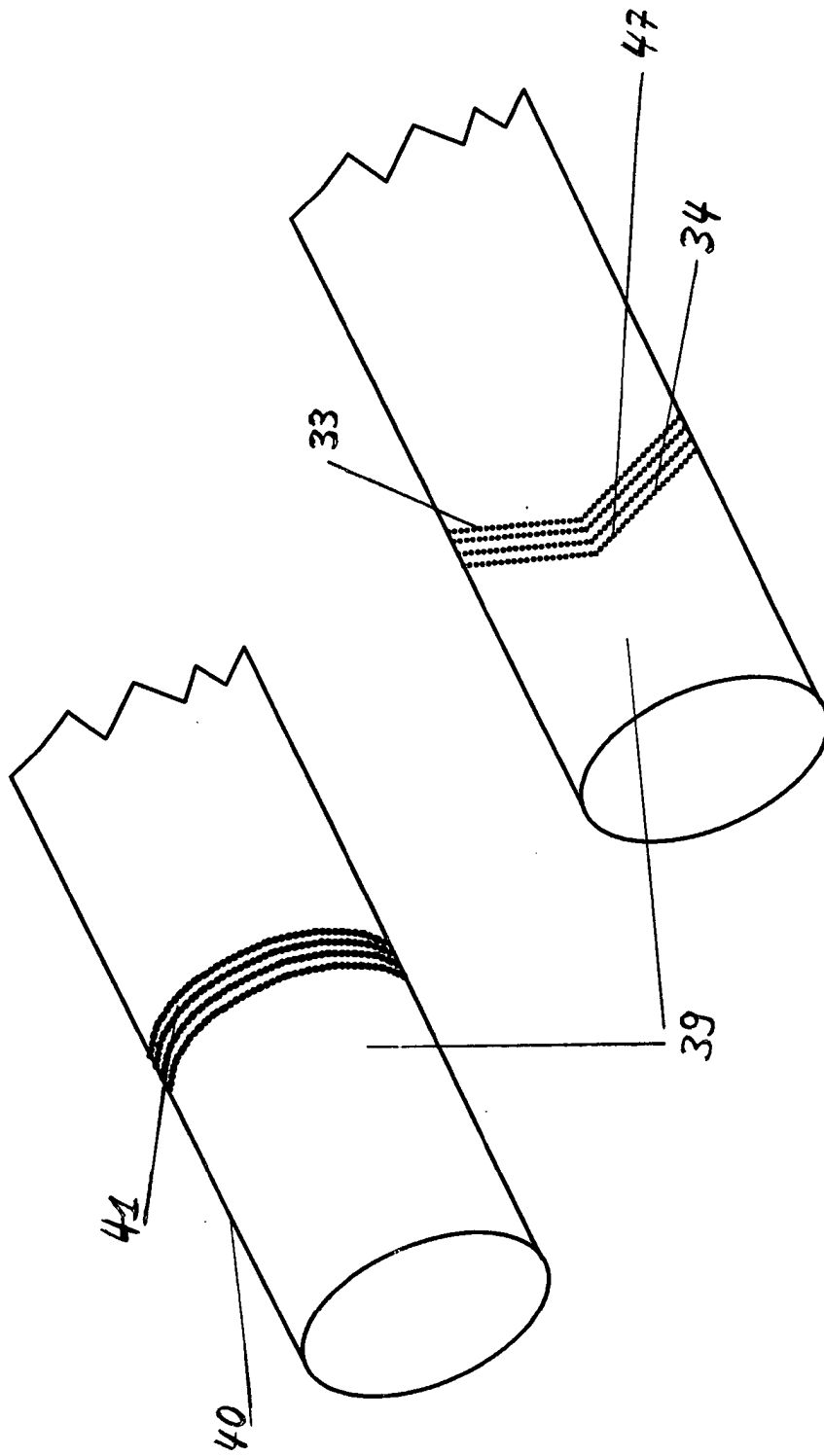


Fig. 7

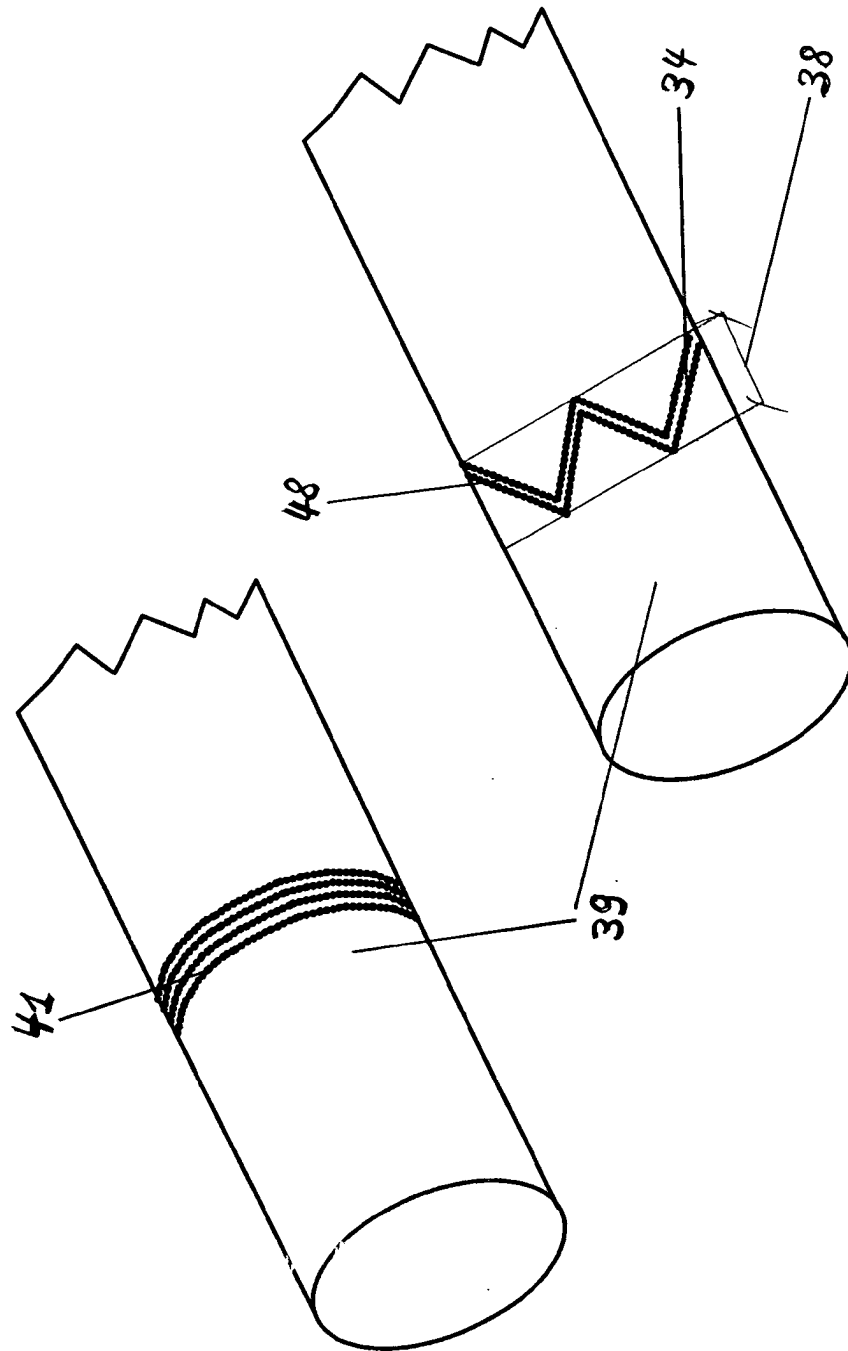


Fig. 8

