

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 920 059

②① N° d'enregistrement national : **08 55446**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 B 9/06** (2006.01)

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 06.08.08.

③① Priorité : 06.08.07 US 60954156; 31.07.08 US
12183207.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.02.09 Bulletin 09/08.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *SERVICES PETROLIERS SCHLUM-
BERGER Société anonyme* — FR.

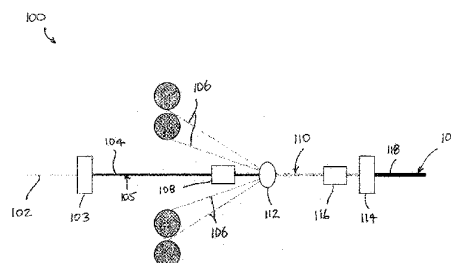
⑦② Inventeur(s) : VARKEY JOSEPH.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤④ **PROCEDE DE FABRICATION DE CABLES ELECTRIQUES.**

⑤⑦ Selon l'invention, un procédé pour former au moins
une partie d'un câble (101) comprend les étapes consistant
à disposer d'au moins un conducteur (102), à extruder au
moins une couche intérieure d'isolant polymère (104) sur
l'au moins un conducteur pour former un coeur conducteur
de câble, à encastrer une pluralité de conducteurs (106)
dans la couche intérieure du coeur conducteur de câble, et
à extruder une couche extérieure d'isolant polymère (118)
sur le coeur conducteur de câble et la pluralité de conduc-
teurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure
pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre la
couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure,
dans lequel l'encastrement comprend le chauffage de l'un
parmi la couche intérieure et les conducteurs avant encas-
trement des conducteurs dans la couche intérieure.



FR 2 920 059 - A1



PROCEDE DE FABRICATION DE CABLES ELECTRIQUES

CONTEXTE DE L'INVENTION

Les exposés de cette section offrent uniquement
5 des informations de fond liées à la présente
description et peuvent ne pas représenter l'art
antérieur. Des modes de réalisation de la présente
invention concernent d'une façon générale des câbles
pour puits de forage.

10 Dans les puits haute pression, le câble de forage
 (« wireline ») est déroulé sur une ou plusieurs
longueurs de tuyaux remplis de graisse pour sceller la
pression de gaz dans le puits tout en permettant au
câble de forage de se déplacer dans et hors du puits.
15 Des conducteurs toronnés isolés sont typiquement
constitués de plusieurs fils (typiquement en cuivre)
câblés à un angle de marge autour d'un fil central,
avec une ou plusieurs couches d'isolant polymère
extrudées sur les torons en faisceau. L'isolant ne peut
20 pas pénétrer dans les espaces entre les torons
conducteurs. Un espace additionnel est typiquement
laissé entre le toron central et la couche suivante de
fils toronnés, et entre l'isolant et la surface
extérieure des fils conducteur, créant un chemin
25 potentiel pour les gaz de fond sous pression élevée.
Quand le câble est tiré hors du puits de forage à une
vitesse élevée, ces gaz peuvent décompresser,
conduisant à un gonflement de l'isolant. Si les gaz
décompressent rapidement, ceci peut même provoquer
30 l'éclatement de l'isolant, par le phénomène de
décompression explosive.

Des problèmes avec la migration de gaz à travers des espaces interstitiels sont aussi observés dans les câbles coaxiaux et les conducteurs isolés individuels. Dans les câbles coaxiaux, un conducteur isolé central
5 est recouvert d'un blindage enroulé (« served shield ») constitué de fils individuels ayant un diamètre situé dans la plage allant d'environ 8 mm à environ 14 mm. Une gaine supplémentaire est placée sur le blindage enroulé, suivie de deux couches de fil d'armure
10 enroulé. Comme ces fils ne "s'ancrent" pas suffisamment dans l'isolant du conducteur central, les fils individuels peuvent devenir soulevés au-dessus des autres fils et "dépouillés" durant le procédé de fabrication, ce qui endommage le câble. Les fils
15 individuels peuvent aussi se croiser mutuellement, en provoquant des surépaisseurs localisées dans le blindage enroulé, qui peuvent conduire à un dommage similaire. Comme les fils enroulés ne sont pas fermement fixés au conducteur, une extrusion par
20 compression de la couche de gaine extérieure déplacerait les fils de blindage. Les procédés d'extrusion tubulaire qui sont compatibles avec des fils de blindage enroulés instables laissent des espaces entre le blindage enroulé et la gaine
25 extérieure, lesquels forment un chemin pour le gaz de fond pressurisé. Le câble peut être endommagé quand ce gaz pressurisé est libéré à travers les points de fragilité dans la gaine par l'intermédiaire d'une décompression explosive. Il compromet également la
30 séparation entre le blindage enroulé et les fils d'armure.

Comme les couches de fil d'armure ont des espaces annulaires non remplis, le gaz provenant du puits peut migrer dans et se déplacer à travers ces espaces, vers le haut en direction d'une pression plus basse. Ce gaz
5 tend à rester en place lorsque le câble de forage se déplace à travers le tuyau garni de graisse. Lorsque le câble de forage passe au-dessus de la poulie supérieure en haut du tuyau, les fils d'armure tendent à se disséminer légèrement, et le gaz pressurisé est libéré,
10 ce qui est désavantageux.

Dans les flûtes (« seismic cables ») utilisées en exploration offshore, les armures sont typiquement placées autour de la circonférence du câble selon une couverture de 50 à 60 % à un angle de marge (« lay
15 angle ») élevé (c'est-à-dire plus proche de la perpendiculaire au câble que d'autres câbles). En raison de l'espace entre les armures, les armures tendent à se dépouiller (« milk ») ou à se croiser mutuellement durant la fabrication, et ne sont pas
20 espacées uniformément. Un espacement non uniforme des armures peut conduire à des points de fragilisation dans les câbles terminés. Dans les câbles de perforateur (« gun cables »), qui transportent de l'air sous une pression extrêmement élevée, ceci est
25 particulièrement désavantageux.

Une stratégie potentielle pour sceller les fils d'armure et empêcher la migration de gaz à travers le câble est connue sous le nom de "encagement" (« caging »). Dans les conceptions d'encagement, une
30 gaine polymère est appliquée sur le fil d'armure extérieur. Une gaine appliquée directement sur une

couche extérieure standard de fil d'armure serait essentiellement un manchon ; ceci serait inacceptable dans des conditions de charge. Pour créer une meilleure connexion avec les couches intérieures, un espace est
5 créé dans la couche de fil d'armure extérieure par réduction de la couverture de fil d'armure de 98 % à entre 50 et 70 %.

Ce type de conception a plusieurs problèmes. Quand la gaine présente une coupure, des fluides de puits
10 potentiellement dangereux entrent et sont piégés entre la gaine et le fil d'armure, le faisant rouiller très rapidement, ce qui peut engendrer une défaillance si elle n'est pas notée et, même si elle est notée, n'est pas facile à réparer. Certains fluides de puits peuvent
15 ramollir le matériau de gaine et provoquer son gonflement. Ce gonflement affaiblit la connexion de la gaine avec la couche de fil d'armure extérieure. La gaine est ensuite susceptible d'être pelée du câble quand le câble est tiré à travers des garnitures
20 d'étanchéité (« packers »), ou joints, ou s'il atteint des obstructions de fond de puits. La gaine ne confère pas une protection adéquate contre une cassure. Une cassure permet à des fluides de puits corrosifs de s'accumuler dans les espaces annulaires entre le cœur
25 et la première couche de fils d'armure. Pour améliorer la liaison entre la gaine et les fils d'armure extérieure, la couverture de fil d'armure doit être significativement réduite. Ceci signifie l'utilisation de fils d'armure extérieure moins nombreux ou plus
30 petits. En résultat, la résistance du câble est également significativement réduite.

En raison des problèmes ci-dessus, les conceptions d'armure en encagement ne peuvent être actuellement utilisées que dans les systèmes de tuyaux/tubes enroulés. Même dans ces applications, les conceptions d'armure en encagement vont présenter plusieurs des problèmes mentionnés ci-dessus. Une stratégie actuelle de fabrication pour maintenir un espacement d'armure uniforme dans les flûtes consiste à placer des barres de remplissage (constituées de barres polymères ou de fils encastrés dans un polymère extrudé) entre les fils d'armure revêtus de polymère. Bien que ceci aide à maintenir les fils d'armure en place et à maintenir un espacement durant le procédé de fabrication, ceci crée aussi davantage d'espaces interstitiels entre les fils d'armure et les barres d'espacement.

RESUME DE L'INVENTION

Un procédé pour former au moins une partie d'un câble comprend les étapes consistant à disposer d'au moins un conducteur, à extruder au moins une couche intérieure d'isolant polymère sur l'au moins un conducteur pour former un cœur conducteur de câble, à encastrer une pluralité de conducteurs dans la couche intérieure du cœur conducteur de câble, et à extruder une couche extérieure d'isolant polymère sur le cœur conducteur de câble et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure, dans lequel l'encastrement comprend le chauffage de l'un parmi la couche intérieure et les

conducteurs avant encastrément des conducteurs dans la couche intérieure. En variante, le chauffage comprend l'extrusion de la couche intérieure sur l'au moins un conducteur et, presque immédiatement après, l'5 encastrément de la pluralité de conducteurs dans la couche intérieure fraîchement extrudée. En variante, le chauffage comprend le chauffage de la couche intérieure presque immédiatement avant l'encastrément. Le chauffage de la couche intérieure peut comprendre l'exposition de la couche intérieure à une source de 10 rayonnement électromagnétique. En variante, le procédé comprend en outre le refroidissement de la couche intérieure avant l'encastrément. En variante, le chauffage comprend le chauffage de la pluralité de conducteurs avant l'encastrément. Le chauffage de la pluralité de conducteurs peut comprendre l'utilisation d'un dispositif de mise en forme/induction de chaleur (« heat induction/shaping »). En variante, l'au moins un conducteur comprend un seul toron non isolé. En 20 variante, l'au moins un conducteur comprend une pluralité de conducteurs. En variante, la pluralité de conducteurs comprend l'un parmi des conducteurs électriques non isolés, des couches de blindage, et des couches de fil d'armure.

25 Dans un mode de réalisation, un procédé pour former un câble comprend les étapes consistant à disposer d'au moins un cœur de câble conducteur ayant au moins une couche intérieure d'isolant polymère disposée sur au moins un conducteur, à disposer d'une 30 pluralité de conducteurs, à chauffer l'une parmi la couche intérieure et la pluralité de conducteurs, à

encastrer la pluralité de conducteurs dans la couche intérieure du cœur conducteur de câble presque immédiatement après chauffage, et à extruder une couche extérieure d'isolant polymère sur le cœur conducteur de câble et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure. En variante, le chauffage comprend l'exposition de la couche intérieure à une source de rayonnement électromagnétique. En variante, le chauffage comprend le chauffage de la pluralité de conducteurs avant l'encastrement. Le chauffage de la pluralité de conducteurs peut comprendre l'utilisation d'un dispositif de mise en forme/induction de chaleur. En variante, la pluralité de conducteurs comprend l'un parmi des conducteurs électriques non isolés, des couches de blindage, et des couches de fil d'armure. En variante, le procédé comprend en outre le refroidissement de la couche intérieure avant l'encastrement.

En variante, le procédé comprend en outre les opérations consistant à disposer d'une deuxième pluralité de conducteurs, à chauffer l'une de la couche extérieure et de la deuxième pluralité de conducteurs, à encastrer la deuxième pluralité de conducteurs dans la couche extérieure du câble presque immédiatement après chauffage, et à extruder une deuxième couche extérieure d'isolant polymère sur le câble et la deuxième pluralité de conducteurs et à coller la couche extérieure à la deuxième couche extérieure pour former

le câble et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure, les deuxièmes conducteurs, et la deuxième couche extérieure.

- 5 Dans un mode de réalisation, un procédé pour former un câble comprend les étapes consistant à disposer d'un toron conducteur, à extruder une première couche d'isolant polymère sur le toron conducteur pour former un cœur conducteur de câble, à encastrer une
- 10 première pluralité de conducteurs dans la première couche du cœur conducteur de câble presque immédiatement après extrusion de la première couche, à extruder une deuxième couche d'isolant polymère sur le cœur conducteur de câble et la pluralité de conducteurs
- 15 et à coller la couche intérieure à la deuxième couche pour réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la deuxième couche, à disposer d'une deuxième pluralité de conducteurs, à chauffer l'une parmi la deuxième couche et la deuxième
- 20 pluralité de conducteurs, à encastrer la deuxième pluralité de conducteurs dans la deuxième couche presque immédiatement après chauffage, à extruder une troisième couche d'isolant polymère sur la deuxième couche et la deuxième pluralité de conducteurs, et à
- 25 coller la troisième couche à la deuxième couche pour réaliser une liaison contiguë entre la deuxième couche, les deuxièmes conducteurs, et la troisième couche, à disposer d'une troisième pluralité de conducteurs, à chauffer l'une parmi la troisième couche et la
- 30 troisième pluralité de conducteurs, à encastrer la troisième pluralité de conducteurs dans la troisième

couche presque immédiatement après chauffage, et à extruder une quatrième couche d'isolant polymère sur la troisième couche et la troisième pluralité de conducteurs et à coller la quatrième couche à la
5 troisième couche pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre chacun parmi les couches et les conducteurs.

En variante, le chauffage comprend l'extrusion des deuxième et troisième couches sur les deuxièmes et
10 troisièmes conducteurs et presque immédiatement après l'encastrement des conducteurs dans les deuxième et troisième couches fraîchement extrudées. En variante, le chauffage comprend l'exposition des deuxième et troisième couches à une source de rayonnement
15 électromagnétique. En variante, le chauffage comprend le chauffage des deuxième et troisième pluralités de conducteurs avant l'encastrement. Le chauffage des deuxièmes et troisièmes conducteurs peut comprendre l'utilisation d'un dispositif de mise en
20 forme/induction de chaleur. En variante, le toron conducteur comprend un seul toron non isolé.

En variante, la première pluralité de conducteurs comprend des conducteurs électriques non isolés. En variante, la première pluralité de conducteurs comprend
25 des couches de blindage. En variante, la deuxième pluralité de conducteurs comprend des couches de blindage. En variante, les deuxième et troisième pluralités de conducteurs comprennent des couches de fil d'armure. En variante, le procédé comprend en outre
30 le refroidissement des deuxième et troisième couches avant le chauffage.

Dans un mode de réalisation, un procédé pour former un câble comprend les étapes consistant à disposer d'au moins un cœur de câble conducteur, à extruder une couche intérieure d'isolant polymère sur le cœur de câble conducteur, à disposer d'une pluralité de conducteurs, à chauffer l'une parmi la couche intérieure et la pluralité de conducteurs, à encastrer la pluralité de conducteurs dans la couche intérieure du cœur conducteur de câble presque immédiatement après chauffage, et à extruder une couche extérieure d'isolant polymère sur la couche intérieure et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure. En variante, le chauffage comprend l'exposition de la couche intérieure à une source de rayonnement électromagnétique. En variante, le chauffage comprend le chauffage de la pluralité de conducteurs avant l'encastrement. Le chauffage de la pluralité de conducteurs peut comprendre l'utilisation d'un dispositif de mise en forme/induction de chaleur.

En variante, la pluralité de conducteurs comprend l'un parmi des conducteurs électriques isolés, des couches de blindage, et des couches de fil d'armure. En variante, l'au moins un cœur conducteur comprend l'un parmi un monocâble, un câble coaxial, un câble triple, un câble quadruple, un câble septuple, et une flûte. En variante, l'au moins un cœur conducteur comprend une couche en bande disposée sur une partie extérieure de celui-ci.

En variante, le procédé comprend en outre les étapes consistant à disposer d'une deuxième pluralité de conducteurs, à chauffer l'une parmi la couche extérieure et la deuxième pluralité de conducteurs, à

5 encastrer la deuxième pluralité de conducteurs dans la couche extérieure du câble presque immédiatement après chauffage, et à extruder une deuxième couche extérieure d'isolant polymère sur la couche extérieure et la

10 extérieure à la deuxième couche extérieure pour former le câble et réaliser un collage contigu entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure, les deuxièmes conducteurs, et la deuxième couche extérieure.

15 Des modes de réalisation de procédés mettent à disposition des câbles avec des couches polymères collées de manière continue, pratiquement sans espaces interstitiels, pour des applications allant des conducteurs toronnés aux conducteurs de blindage

20 enroulés, aux systèmes de fil d'armure pour monocâbles, câbles coaxiaux, câbles septuples et flûtes. Avec les systèmes de fil d'armure, ceci peut consister en une gaine continue, s'étendant du cœur de câble au diamètre extérieur du câble, tout en maintenant un fort

25 pourcentage de couverture par les couches de fil d'armure. Le système de gaine encapsule les fils d'armure et élimine sensiblement les espaces interstitiels entre les fils d'armure et la gaine (ou entre les torons conducteurs et l'isolant) qui

30 pourraient servir de conduits pour la migration de gaz. Des modes de réalisation de procédés permettent à des

composants métalliques câblés (tels que des torons conducteurs ou des fils d'armure) d'être appliqués sur et d'être partiellement encastrés dans des polymères légèrement fondus. Les procédés comprennent le câblage

5 des composants sur un polymère fraîchement extrudé et/ou extrudé semi-refroidi et/ou le passage du polymère à travers une source de chaleur telle que des infrarouges (IR) presque immédiatement avant le câblage, et/ou l'utilisation d'une induction de chaleur

10 pour chauffer les composants métalliques suffisamment pour leur permettre de fondre le polymère et d'être partiellement encastrés dans la surface du polymère, et/ou l'utilisation d'une source de chaleur électromagnétique (par exemple des ondes infrarouges)

15 pour fondre partiellement le matériau de gainage très peu de temps après que chaque toron conducteur ou couche de fil d'armure a été appliqué sur une couche de gainage. Ceci permet aux torons conducteurs ou aux fils d'armure d'être encastrés dans les matériaux polymères

20 d'isolation ou de gainage, de verrouiller les fils d'armure en place, et élimine virtuellement les espaces interstitiels. Des modes de réalisation comprennent aussi des machines pour mettre en pratique des modes de réalisation des procédés, comprenant, mais sans s'y

25 limiter, une machine d'armure comprenant un carter de machine d'armure ayant une entrée et une sortie de conducteur de câble et au moins une bobine disposée à l'intérieur du carter et ayant un approvisionnement de fil d'armure bobiné dessus pour délivrer le fil

30 d'armure pour le câblage, la bobine étant apte à fonctionner de manière à tourner par rapport au carter

pour permettre au conducteur de câble de passer à travers celui-ci.

Le procédé pour former un câble peut être utilisé pour des câbles de forage, tels que, mais sans s'y
5 limiter, les monocâbles, les câbles coaxiaux, les câbles septuples, quadruples, triples ou quintuples et toutes les différentes flûtes, les câbles de tubes à garnissage (« slickline cables ») qui incorporent des éléments métalliques enroulés ou toronnés, et n'importe
10 quels autres câbles. Le procédé peut aussi être appliqué à des conducteurs isolés pour conférer des capacités de blocage des gaz.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

15 Ces caractéristiques et avantages de la présente invention, ainsi que d'autres, seront mieux compris en référence à la description détaillée qui suit, prise en relation avec les dessins joints, dans lesquels :

La Figure 1 est une vue schématique d'un procédé
20 pour former un câble ;

Les Figures 2a-2e sont des vues radiales en coupe transversale, respectivement, d'un câble durant divers stades de formation au cours du procédé de la Figure 1 ;

25 La Figure 3 est une vue schématique d'un procédé pour former un câble ;

Les Figures 4a-4d sont des vues radiales en coupe transversale, respectivement, d'un câble durant divers stades de formation au cours du procédé de la Figure
30 3 ;

La Figure 5 est une vue schématique d'un procédé pour former un câble ;

Les Figures 6a-6e sont des vues radiales en coupe transversale, respectivement, d'un câble durant divers stades de formation au cours du procédé de la Figure 5 ;

La figure 6f montre une paire de rouleaux utilisables dans ce procédé ;

La Figure 7 est une vue schématique d'un procédé pour former un câble ;

Les Figures 8a-8e sont des vues radiales en coupe transversale, respectivement, d'un câble durant divers stades de formation au cours du procédé de la Figure 7 ; et

La Figure 9 est une vue schématique d'un procédé pour former un câble ;

La Figure 10 est une vue schématique d'un procédé pour former un câble ;

La Figure 11 est une vue schématique d'une machine d'armure de l'art antérieur ; et

La Figure 12 est une vue schématique d'une machine d'armure utilisable avec le procédé de la Figure 10.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Tout d'abord, il faut noter que, dans le développement d'un quelconque tel mode de réalisation réel, il faut prendre de nombreuses décisions, spécifiques de la mise en oeuvre, pour atteindre les buts spécifiques du développeur, comme une conformation avec des contraintes liées au système et liées à l'économie, qui vont varier d'une mise en oeuvre à une

autre. De plus, on appréciera le fait que cet effort de développement pourrait être complexe et demander du temps, mais serait néanmoins une entreprise de routine pour les personnes ayant une connaissance ordinaire de la technique tirant bénéfice de cette description.

Si l'on se réfère maintenant aux Figures 1 et 2a-2e, un procédé pour former un câble 101 est indiqué globalement en 100. Le procédé 100 commence par la disposition, par exemple, d'un toron revêtu central de cuivre 102, et l'extrusion (par exemple par extrusion par compression ou extrusion tubulaire à travers une extrudeuse 103) d'une couche d'isolant polymère 104 sur le toron central 102 pour former un cœur conducteur de câble 105. L'homme du métier appréciera le fait que le toron central 102 peut être, mais sans s'y limiter, un toron revêtu, un toron non revêtu, ou un cœur de câble préformé comprenant une pluralité de conducteurs (tel que, mais sans s'y limiter, un monocâble, un câble coaxial, un câble triple, un câble quadruple, un câble septuple, une flûte, ou leurs combinaisons) et revêtu d'une couche de bande (non représentée) tout en restant à l'intérieur du cadre de la présente invention. Le procédé 100 peut être mis en œuvre sur une ligne de production séparée, le toron central 102 étant bobiné pour être utilisé dans au moins une deuxième ligne de production qui complète le procédé, que l'on discute plus en détail ci-dessous. De préférence presque immédiatement avant qu'une pluralité de conducteurs ou de torons de cuivre de préférence hélicoïdaux 106 soit appliquée pour poursuivre la formation du câble 101, le cœur conducteur de câble 105 traverse une source de

chaleur 108, qui fond ou ramollit légèrement l'isolant 104. Le chauffage de l'isolant 104 avant application des torons ou conducteurs 106 est thermodynamiquement plus efficace que le chauffage de l'assemblage combiné de toron central 102, d'isolant 104, et des torons ou conducteurs 106. Ensuite, les torons de cuivre de préférence non isolés 106 sont câblés sur et partiellement encastrés dans l'isolant 104 du toron central 102 selon un angle de marge prédéterminé pour former un conducteur 110 comprenant le toron central 102, l'isolant 104, et les torons 106. Lorsque les torons 106 sont câblés, le conducteur 110 traverse un œillette de fermeture 112 pour assurer un profil circulaire pour le câble 101. Immédiatement avant d'entrer dans une extrudeuse 114, le conducteur 110 est exposé à une source de chaleur 116, qui fond légèrement l'isolant 104 pour faciliter un collage subséquent avec l'isolant 104. Ensuite, une couche finale d'isolant 118 est de préférence extrudée par compression sur les torons hélicoïdaux 106, en étant collée par l'intermédiaire des espaces entre les torons 106, l'isolant 104 se trouvant dessous. La connexion mécanique entre la couche d'isolant intérieure 104 et les torons extérieurs 106 permet à la couche d'isolant extérieure 118 d'être extrudée par compression sans causer de quelconque dommage aux torons extérieurs 106 ou dépouiller ceux-ci.

Si l'on se réfère maintenant aux Figures 3 et 4a-4d, un procédé pour former un câble 201 est indiqué globalement par 200. Le procédé 200 commence par la disposition, par exemple, d'un toron revêtu central de

cuivre 202, et l'extrusion (par exemple par extrusion par compression ou extrusion tubulaire à travers une extrudeuse 203) d'une couche d'isolant polymère 204 sur le toron central 202 pour former un conducteur 208.

5 L'homme du métier appréciera le fait que le toron central 202 peut être, mais sans s'y limiter, un toron revêtu, un toron non revêtu, ou un cœur de câble préformé comprenant une pluralité de conducteurs et revêtu d'une couche de bande (non représentée) tout en

10 restant à l'intérieur du cadre de la présente invention. Ensuite, peu de temps après l'extrudeuse 203, une pluralité de torons de cuivre de préférence non isolés 206 sont câblés sur et au moins partiellement encastrés dans le polymère fraîchement

15 extrudé, toujours chaud et mou, de l'isolant 204 du conducteur 208 selon un angle de marge prédéterminé, ce qui forme un conducteur comprenant le toron central 202, l'isolant 204, et les torons 206. De préférence, les torons 206 sont câblés sur le toron central 202 à

20 une courte distance prédéterminée de l'extrudeuse 203 pour permettre au polymère fraîchement extrudé de l'isolant 204 de conserver la chaleur du procédé d'extrusion et par conséquent faciliter l'encastrement des torons 206 dans l'isolant 204. Lorsque les torons

25 206 sont câblés, le conducteur traverse un œillette de fermeture 212 pour assurer un profil circulaire pour le câble 201. Immédiatement avant d'entrer dans une extrudeuse 214, le conducteur peut être exposé à une source de chaleur 216, qui fond légèrement l'isolant

30 204 pour faciliter un collage subséquent avec l'isolant 204. Ensuite, une couche finale d'isolant 218 est de

préférence extrudée par compression sur les torons hélicoïdaux 206, en étant collée par l'intermédiaire des espaces entre les torons 206, l'isolant 204 se trouvant dessous. La connexion mécanique entre la
5 couche d'isolant intérieure 204 et les torons extérieurs 206 permet à la couche d'isolant extérieure 218 d'être extrudée par compression sans causer de quelconque dommage aux torons extérieurs 206 ou dépouiller ceux-ci.

10 Si l'on se réfère maintenant aux Figures 5 et 6a-6f, un procédé pour former un câble 301 est indiqué globalement par 300. Le procédé 300 commence par la disposition, par exemple, d'un toron revêtu central de cuivre 302, et l'extrusion (par exemple par extrusion
15 par compression ou extrusion tubulaire à travers une extrudeuse 303) d'une couche d'isolant polymère 304 sur le toron central 302. L'homme du métier appréciera le fait que le toron central 302 peut être, mais sans s'y limiter, un toron revêtu, un toron non revêtu, ou un
20 cœur de câble préformé comprenant une pluralité de conducteurs et revêtu d'une couche de bande (non représentée) tout en restant à l'intérieur du cadre de la présente invention. Ensuite, après l'extrudeuse 303, une pluralité de torons de cuivre de préférence non
25 isolés 306 est câblée sur le toron central 302 selon un angle de marge prédéterminé pour former un conducteur 310 comprenant le toron central 302, l'isolant 304, et les torons 306. De préférence, immédiatement après que les torons ou composants métalliques hélicoïdaux 306
30 ont été appliqués, ils traversent un dispositif de mise en forme/induction de chaleur 312. Par exemple, une

induction de chaleur électromagnétique peut être appliquée par l'intermédiaire d'une paire de rouleaux de cuivre appariés 314. L'induction de chaleur chauffe rapidement les torons ou composants métalliques 306.

5 Les composants 306 chauffés fondent légèrement la surface polymère ou l'isolant 304 et s'encastrent partiellement dans l'isolant 304. Les roues appariées 314 pressent les composants métalliques chauffés 306 dans le polymère 304 et maintiennent un profil de câble circulaire. Lorsque les composants métalliques 306 sont

10 pressés dans le polymère 304, le diamètre autour duquel ils sont câblés diminue légèrement. La longueur de composants métallique en excès créée par ce changement de diamètre est transférée en retour aux bobines

15 alimentant le procédé avec les composants métalliques, que l'on décrit plus en détail ci-dessous dans des équations de longueur en excès et de couverture pour un monocâble hypothétique. Immédiatement avant d'entrer dans une extrudeuse 316, le conducteur 310 peut être

20 exposé à une source de chaleur 318, qui fond légèrement l'isolant 304 pour faciliter un collage subséquent avec l'isolant 304. Ensuite, une couche finale d'isolant 320 est de préférence extrudée par compression sur les torons hélicoïdaux 306, en étant collée par

25 l'intermédiaire des espaces entre les torons 306, l'isolant 304 se trouvant dessous. La connexion mécanique entre la couche d'isolant intérieure 304 et les torons extérieurs 306 permet à la couche d'isolant extérieure 320 d'être extrudée par compression sans

30 causer de quelconque dommage aux torons extérieurs 306 ou dépouiller ceux-ci.

Si l'on se réfère maintenant aux Figures 7 et 8a-8e, un procédé pour former un câble 401 est indiqué globalement par 400. Le procédé 400 commence avec un conducteur ou câble isolant 402, tel que le câble 101, 201 ou 301 représenté sur les Figures 1-6 et formé par les procédés 100, 200 ou 300, respectivement, et ayant une couche d'isolant 403 sur celui-ci. L'homme du métier appréciera le fait que le câble 402 peut être, mais sans s'y limiter, un toron revêtu, un toron non revêtu, ou un cœur de câble préformé comprenant une pluralité de conducteurs et revêtu d'une couche de bande (non représentée) tout en restant à l'intérieur du cadre de la présente invention. De préférence, presque immédiatement avant qu'une pluralité de fils de blindage 404 soit appliquée, le conducteur 402 traverse une source de chaleur 406 servant à fondre ou ramollir légèrement l'isolant 403. Les fils de blindage enroulés 404 sont ensuite câblés sur et légèrement encastrés dans l'isolant 403 du conducteur 402, en formant un câble ou conducteur 408. Lorsque les fils de blindage 404 sont appliqués, le conducteur 408 traverse un œillette de fermeture 410 pour qu'un profil circulaire soit maintenu. Immédiatement avant une extrudeuse 412, le câble 408 traverse une source de chaleur 414, qui fond et ramollit légèrement l'isolant 403, de manière à faciliter un collage subséquent avec l'isolant 403. L'extrudeuse 412 extrude par compression le polymère 416 sur les fils enroulés partiellement encastrés 404 (et de préférence le colle à l'isolant 403) pour compléter le cœur de câble ou câble coaxial 401. Le cœur de câble 401 complété n'a avantageusement

pratiquement pas d'espaces interstitiels non remplis. Le polymère ou matériau de gainage 416 peut être collé depuis le centre 402 jusqu'au diamètre extérieur de l'isolant 416, si nécessaire, ce qui assure
5 avantageusement une isolation fiable des fils enroulés 404 par rapport aux fils d'armure (non représentés), que l'on ne peut normalement pas obtenir dans des câbles coaxiaux de plus petit diamètre.

En variante, brièvement après une extrudeuse (non
10 représentée) extrudant la couche 403 d'isolant pour former le câble ou conducteur 402, la pluralité de fils de blindage 404 est câblée sur et au moins partiellement encastrée dans le polymère fraîchement extrudé, encore chaud et mou, de l'isolant 404 du câble
15 ou conducteur 402 selon un angle de marge prédéterminé pour former le conducteur 408 avant que soit mis en œuvre le reste des étapes du procédé 400 pour former le câble ou cœur de câble 401.

En variante, de préférence immédiatement que les
20 fils de blindage 404 ont été appliqués, le conducteur 408 traverse un dispositif de mise en forme/induction de chaleur (non représenté), tel que le dispositif de mise en forme/induction de chaleur 312 et la paire de rouleaux de cuivre appariés 314, représentés sur la
25 Figure 5. L'induction de chaleur du dispositif de mise en forme/induction de chaleur chauffe rapidement les fils de blindage 404 et les fils 404 chauffés fondent légèrement la surface polymère de l'isolant 403 et s'encastrant partiellement dans l'isolant 403. Les
30 roues appariées pressent les fils de blindage chauffés 404 dans le polymère 403 pour maintenir un profil de

câble circulaire et, lorsque les fils de blindage 404 sont pressés dans le polymère 403, le diamètre autour duquel ils sont câblés diminue légèrement, d'une manière similaire au procédé 300 indiqué ci-dessus, avant que soit mis en œuvre le reste des étapes du procédé 400 pour former le câble ou cœur de câble 401. La longueur de fil en excès créée par ce changement de diamètre est transférée en retour aux bobines alimentant le procédé avec les fils, que l'on décrit plus en détail ci-dessous dans des équations de longueur en excès et de couverture pour un monocâble hypothétique.

En variante, les procédés 100, 200, 300 ou 400 sont utilisés pour former un câble ayant une pluralité de couches de fil d'armure (non représentées) disposées autour d'un cœur de câble, tel que le câble 401 représenté sur les Figures 7-8e, par remplacement, par exemple, des fils de blindage 404 représentés sur les Figures 7-8e par des fils d'armure, et encastrement des fils d'armure dans le polymère par passage du polymère à travers une source de chaleur, par encastrement des fils d'armure dans le polymère fraîchement extrudé, ou par passage du conducteur à travers un dispositif de mise en forme/induction de chaleur, pour former un conducteur, tel que le conducteur 408, comme l'appréciera l'homme du métier. En outre, on peut utiliser des extrudeuses additionnelles pour former de multiples couches de fil d'armure et d'isolant et encastrent le fil d'armure dans l'isolant en utilisant au moins l'un parmi la source de chaleur, le polymère fraîchement extrudé et le dispositif de mise en

forme/induction de chaleur. Le ou les câbles, par exemple, peuvent être formés pour être utilisés dans le gainage extérieur d'un câble de projection utilisé en exploration sismique.

5 Si l'on se réfère maintenant à la Figure 9, un procédé pour former un câble 501 est indiqué globalement par 500. Le procédé 500 commence par la disposition, par exemple, d'un toron central de cuivre 502, et l'extrusion (par exemple par extrusion par
10 compression ou extrusion tubulaire à travers une extrudeuse 503) d'une couche d'isolant polymère 504 sur le toron central 502. L'homme du métier appréciera le fait que le toron central 502 peut être, mais sans s'y limiter, un toron revêtu, un toron non revêtu, ou un
15 cœur de câble préformé comprenant une pluralité de conducteurs et revêtu d'une couche de bande (non représentée) tout en restant à l'intérieur du cadre de la présente invention. Ensuite, peu de temps après l'extrudeuse 503, une pluralité de torons de cuivre de
20 préférence non isolés 506 sont câblés sur et au moins partiellement encastrés dans le polymère fraîchement extrudé, toujours chaud et mou, de l'isolant 504 du toron isolé central 502 selon un angle de marge prédéterminé, ce qui forme un conducteur 508 comprenant
25 le toron central 502, l'isolant 504, et les torons 506. De préférence, les torons 506 sont câblés sur le toron central 502 sur une courte distance prédéterminée par rapport à l'extrudeuse 503 pour permettre au polymère fraîchement extrudé de l'isolant 504 de conserver la
30 chaleur du procédé d'extrusion et par conséquent faciliter l'encastrement des torons 506 dans l'isolant

504. Lorsque les torons 506 sont câblés, le toron 502, l'isolant 504, et les torons 506 traversent un œillette de fermeture 510 pour assurer un profil circulaire pour le câble 501. Immédiatement avant d'entrer dans une
5 extrudeuse 512, le conducteur 508 est exposé à une source de chaleur 514, qui fond légèrement l'isolant 504 pour faciliter un collage subséquent avec l'isolant 504. Ensuite, une autre couche d'isolant 516 est de préférence extrudée par compression sur les torons
10 hélicoïdaux 506, en étant collée par l'intermédiaire des espaces entre les torons 506, l'isolant 504 se trouvant dessous pour former un conducteur 520. La connexion mécanique entre la couche d'isolant intérieure 504 et les torons extérieurs 506 permet à la
15 couche d'isolant extérieure 516 d'être extrudée par compression sans causer de quelconque dommage aux torons extérieurs 506 ou dépouiller ceux-ci.

Ensuite, de préférence immédiatement avant qu'une pluralité de fils d'armure de préférence hélicoïdaux
20 522 soit appliquée pour que soit poursuivie la formation du câble 501, le conducteur 520 traverse une source de chaleur 524, qui fond ou ramollit légèrement l'isolant 516. Ensuite, les fils d'armure 522 sont câblés sur ou partiellement encastrés dans l'isolant
25 516 du conducteur 520 selon un angle de marge prédéterminé pour former un conducteur 526 comprenant le conducteur 520 et les fils d'armure 522. Lorsque les fils d'armure 522 sont câblés, le conducteur 526 traverse un œillette de fermeture 528 destiné à assurer
30 un profil circulaire pour le câble 501. Immédiatement avant d'entrer dans une extrudeuse 530, le conducteur

526 est exposé à une source de chaleur 532, qui fond légèrement l'isolant 516 pour faciliter un collage subséquent avec l'isolant 516. Ensuite, une autre couche d'isolant 534 est de préférence extrudée par
5 compression à partir de l'extrudeuse 530 sur les fils d'armure 522, en étant collée par l'intermédiaire d'espaces entre les fils 522, l'isolant 516 se trouvant dessous, pour former un conducteur 536.

Ensuite, de préférence immédiatement avant qu'une
10 pluralité de fils d'armure de préférence hélicoïdaux 538 soit appliquée pour que soit poursuivie la formation du câble 501, le conducteur 536 traverse une source de chaleur 520, qui fond ou ramollit légèrement l'isolant 534. Ensuite, les fils d'armure 538 sont
15 câblés sur ou partiellement encastrés dans l'isolant 534 du conducteur 536 selon un angle de marge prédéterminé pour former un conducteur 542 comprenant le conducteur 536 et les fils d'armure 538. Lorsque les fils d'armure 538 sont câblés, le conducteur 542
20 traverse un œillette de fermeture 544 destiné à assurer un profil circulaire pour le câble 501. Immédiatement avant d'entrer dans une extrudeuse 544, le conducteur 542 est exposé à une source de chaleur 546, qui fond légèrement l'isolant 534 pour faciliter un collage
25 subséquent avec l'isolant 534. Ensuite, une autre couche d'isolant 548 est de préférence extrudée par compression à partir de l'extrudeuse 544 sur les fils d'armure 538, en étant collée par l'intermédiaire d'espaces entre les fils 548, l'isolant 534 se trouvant
30 dessous, pour former un câble 501.

Si l'on se réfère maintenant à la Figure 10, un procédé pour former un câble 601 est indiqué globalement par 600. Le procédé 600 commence par la disposition d'un cœur de câble préfabriqué 602 qui est
5 placé ou enroulé sur une bobine 604. Le cœur de câble 602 est délivré depuis la bobine 604 et passe à travers un rouleau fou de câble (« cable dancer ») 606 destiné à faciliter le maintien d'une tension constante durant le procédé ou méthode 600 de fil d'armure gainé.
10 Immédiatement avant d'entrer dans une machine d'armure (telle qu'une machine d'armure planétaire 608 représentée sur la Figure 10), le cœur de câble 602 traverse une extrudeuse 610 où une couche de Tefzel® 612 de préférence renforcé de fibres de carbone est
15 appliquée au cœur de câble 602. L'homme du métier appréciera le fait que la couche 612 peut être formée d'autres matériaux tels que, mais sans s'y limiter, des polymères fluorés renforcés ou non renforcés tels que MFA, PFA, FEP, ETFE ou analogue, ou des polyéthylènes,
20 PPEK, PEDS, PPS ou PPS modifié, ou leurs combinaisons.

La couche 612 peut être brièvement refroidie par air ou refroidie par eau avant d'entrer dans la machine d'armure 608 ou une machine d'armure tubulaire 640, représentée sur la Figure 12. Le procédé 600 peut
25 utiliser la machine d'armure tubulaire 640 qui comprend une pluralité de bobines 605 qui contiennent chacune un toron ou fil d'armure 614 ou 626 bobiné ou disposé dessus et sont disposées à l'intérieur de la machine d'armure 640 en étant de préférence adaptée de façon
30 que les bobines 605 puissent être tournées ou mises en rotation sur environ quatre-vingt-dix degrés par

rapport au carter de la machine d'armure 640 pour permettre au cœur de câble 602/612 de passer par le centre des bobines 605, comme le montre la Figure 12, en permettant ainsi l'utilisation de la machine 640

5 dans un certain nombre de différents procédés ou méthodes de formation de câble. Une machine d'armure tubulaire de l'art antérieur 609, représentée sur la Figure 11, comprend une pluralité de bobines de toron ou d'armure 605, chacune orientée approximativement à

10 angle droit par rapport à la longueur d'un carter de la machine 609, ce qui requiert que le cœur de câble 602/612 soit dirigé vers une partie extérieure ou vers l'extérieur de la machine 609 à distance des bobines, comme l'appréciera l'homme du métier. La machine

15 d'armure 640 peut être utilisée d'une manière similaire à la machine d'armure 609, grâce à quoi le cœur de câble 602/612 passe à l'extérieur de la machine 640, ou grâce à quoi le cœur de câble 602/612 traverse le centre de la bobine ou des bobines 605.

20 La couche 612 peut traverser une source de chaleur infrarouge ou par induction 613 servant à ramollir la couche 612. Alors que la couche 612 est encore molle, la première couche de fil d'armure 614 est appliquée sur et légèrement encastrée dans la couche polymère

25 612, en formant le conducteur 616. Après que les fils d'armure intérieurs 614 ont été appliqués, le conducteur 616 traverse un œillette de fermeture 618 pour que les fils d'armure 614 soient fermement encastrés dans la couche 612. Pour encastrer davantage

30 les fils d'armure 614 dans le polymère 612 et maintenir un profil circulaire pour le câble 601, le conducteur

616 passe à travers une paire de roues de façonnage 619. Immédiatement avant d'entrer dans une deuxième machine d'armure planétaire 620 (ou une deuxième machine d'armure tubulaire telle que le machine d'armure 640 représentée sur la Figure 12), le conducteur 616 traverse une extrudeuse 622 où est appliquée une couche 624 de Tefzel® de préférence renforcé par des fibres de carbone. La couche 624 peut être brièvement refroidie par air et/ou refroidie par eau avant d'entrer dans la deuxième machine d'armure tubulaire 620, de façon qu'elle puisse passer dans une machine d'armure tubulaire, telle que la machine d'armure tubulaire 609 représentée sur la Figure 11, pour permettre à la couche 624 de rester suffisamment stable pour traverser l'extérieur du tube en rotation sur la machine d'armure tubulaire 609.

La couche polymère 624 peut passer à travers une source de chaleur à infrarouges ou à induction 625 servant à ramollir la couche 624. Alors que la couche de Tefzel® de préférence renforcée de fibres de carbone 624 est encore molle, une deuxième couche de fil d'armure 626 est appliquée sur et légèrement encastrée dans le polymère 624 pour former un conducteur 628. Après que les fils d'armure extérieurs 626 ont été appliqués, le conducteur 628 traverse un œillette de fermeture 630 pour que les fils d'armure 626 soient fermement encastrés dans le Tefzel® renforcé de fibres de carbone 624. Pour encastrer davantage les fils d'armure extérieurs 626 dans le polymère 624 et maintenir un profil circulaire pour le câble 601, le conducteur 628 passe à travers une source de chaleur à

infrarouges ou à induction (non représentée), telle que les sources de chaleur 108, 116, 216, 318, 406, 414, 503, 514, 524, 532, 540, ou 546, avant de passer au travers d'une paire de roues de façonnage 634. Le

5 conducteur 628 passe ensuite dans une extrudeuse finale 636 où une gaine extérieure 638 en Tefzel® pur ou en Tefzel® renforcé de fibres de carbone est appliquée pour compléter le câble 601. En variante, le conducteur 628 peut être collecté sur une bobine (non représentée)

10 après être passé au travers des roues de façonnage 634 et la couche de gainage finale 638 peut être appliquée dans une opération de production séparée. Par conséquent, la Figure 10 illustre un procédé 600 qui peut être utilisé pour fabriquer, par exemple, un

15 monocâble avec blocage de gaz dans une seule ligne de production.

Les procédés 100, 200, 300, 400, 500 et 600 peuvent être utilisés pour produire des câbles, tels que les câbles 101, 201, 301, 401, 501 ou 601 pour

20 remplir des espaces interstitiels dans des éléments métalliques d'exploration pétrolière et d'autres câbles. Les procédés 100, 200, 300, 400, 500 et 600 peuvent être utilisés pour remplir des espaces interstitiels entre des conducteurs toronnés, des

25 conducteurs blindés enroulés, ou des éléments de renforcement de fil d'armure dans des monocâbles, des câbles coaxiaux, des câbles septuples, des flûtes, ou d'autres câbles.

L'isolation pour les couches 104, 204, 304 ou 504

30 pour les torons centraux 102, 202, 302 ou 502 peut être formée à partir de n'importe quel matériau isolant

convenable, y compris, mais sans s'y limiter, une polyoléfine (telle qu'un copolymère d'éthylène-polypropylène) ou des polymères fluorés (tels que MFA, PFA, Tefzel®). L'isolation pour les couches 118, 218, 320, 416 ou 516, sur les conducteurs toronnés hélicoïdaux peut être formée, mais sans s'y limiter, à partir d'un ou plusieurs des suivants : PEEK, PEK, Parmax B, PPS, PPS modifié, polyoléfine (telle qu'un copolymère d'éthylène-polypropylène), polymère fluoré (tel que MFA, PFA, Tefzel), et analogue. De façon similaire, pour les câbles coaxiaux enroulés, le matériau d'isolation pour la couche 403 sous le blindage enroulé peut être l'un quelconque de ceux spécifiés pour les conducteurs toronnés hélicoïdaux ci-dessus. De façon similaire, la couche 416 pour la gaine sur le blindage enroulé peut être du même matériau utilisé pour l'isolation ou peut être en un quelconque autre matériau compatible choisi parmi les matériaux listés pour les câbles coaxiaux. En fonction des matériels choisis, l'isolant et la gaine peuvent ou non être collés.

Pour les flûtes, les couches 104, 204, 304 ou 504 et les couches 118, 218, 320, 416 ou 516 peuvent être formées de nylon 11 ou 12, ou de n'importe quel autre nylon, polyuréthane, hytrel, santoprène, polysulfure de phénylène) (PPS), polypropylène (PP), ou copolymère d'éthylène-polypropylène (EPC) ou une combinaison d'un ou plusieurs polymères collés au moyen d'une couche de liaison.

Pour les câbles septuples, les matériaux de gaine peuvent être collés en continu depuis le cœur de câble

104, 204, 304 ou 504 jusqu'à la gaine la plus
extérieure 118, 218, 320, 416 ou 548 pour la résistance
à la déchirure. En commençant par la bande facultative
autour du cœur de câble 105, 205, 305 ou 505, tous les
5 matériaux peuvent être sélectionnés de façon qu'ils se
lient chimiquement les uns aux autres. Des fibres de
carbone courtes, des fibres de verre, ou d'autres
fibres synthétiques peuvent être ajoutées aux matériaux
de gaine 118, 218, 320, 416, 516, 534, 548, 601, 612 ou
10 624 pour renforcer le thermoplastique ou l'élastomère
thermoplastique et conférer une protection contre les
coupures. De plus, du graphite, de la céramique ou
d'autres particules peuvent être ajoutés à la matrice
polymère de la gaine extérieure 118, 218, 320, 416,
15 516, 534, 548, 601, 612 ou 624 pour augmenter la
résistance à l'abrasion.

Un revêtement polymère protecteur peut être
appliqué à chaque toron de fil d'armure 522, 538, 614
et 626 pour une protection contre la corrosion. On peut
20 utiliser les revêtements suivants, mais sans s'y
limiter : revêtement de polymère fluoré FEP, Tefzel®,
PFA, PTFE, MFA ; combinaison de PEEK ou PEK avec un
polymère fluoré ; combinaison de PPS et PTFE ;
revêtement de latex ou de caoutchouc. Chaque toron de
25 fil d'armure 522, 538, 614, et 626 peut aussi être
plaqué (par exemple) avec un revêtement métallique de
0,5 mm à 3,0 mm qui peut amplifier le collage des fils
d'armure aux matériaux polymères de gaine. Les
matériaux de placage peuvent comprendre, mais sans s'y
30 limiter : ToughMet® (un alliage de cuivre-nickel-étain
haute résistance fabriqué par Brush Wellman) ; le

laiton ; le cuivre ; un alliage de cuivre, le zinc, le nickel, leurs combinaisons ; et analogues.

Le matériau de gaine 118, 218, 320, 416, ou 516 et le matériau de revêtement de fil d'armure 522, 538, 614 ou 626 peuvent être sélectionnés de façon que les fils d'armure 522, 538, 614 ou 626 ne soient pas collés à et puissent se déplacer dans le matériau de gaine 118, 218, 320, 416 ou 516. Les matériaux de gaine 118, 218, 320, 516 ou 516 peuvent comprendre des polyoléfines (telles qu'EPC ou le polypropylène), des polymères fluorés (tels que Tefzel®, PFA, ou MFA), PEEK ou PEK, Parmax, et PPS. Dans certains cas, les polymères vierges n'ont pas des propriétés mécaniques suffisantes pour supporter 25 000 livres (11340 kg) de force de traction ou de compression lorsque le câble de forage 101, 201, 301, 401, 401, 501 ou 601 est tiré sur des poulies. Les matériaux peuvent être des polymères vierges additionnés de fibres courtes. Les fibres peuvent être de carbone, verre, céramique, Kevlar®, Vectran®, quartz, nanocarbone, ou n'importe quel autre matériau synthétique convenable. Le frottement pour les polymères additionnés de fibres courtes peut être significativement supérieur à celui du polymère vierge. Pour obtenir un frottement moindre, on peut ajouter une couche de matériau polymère vierge d'environ 1,0 mm à environ 15,0 mm sur l'extérieur de la gaine additionnée de fibres.

On peut ajouter des particules aux polymères fluorés ou à d'autres polymères pour améliorer la résistance à l'usure et d'autres propriétés mécaniques. Celles-ci peuvent être sous la forme d'une gaine

d'environ 1,0 mm à environ 15,0 mm appliquée sur l'extérieur de la gaine ou dans toute la matrice polymère de la gaine. Les particules peuvent comprendre : Ceramer™ ; nitrure de bore ; PTFE ;
5 graphite ; ou n'importe quelle combinaison des précédents. En alternative au Ceramer™, les polymères fluorés ou d'autres polymères peuvent être renforcés par des nanoparticules destinées à améliorer la résistance à l'usure et d'autres propriétés mécaniques,
10 telles que, mais sans s'y limiter, une gaine d'environ 1,0 mm à environ 10,0 mm appliquée sur l'extérieur de la gaine ou dans toute la matrice polymère de la gaine. Les nanoparticules peuvent comprendre des nano-argiles, de la nano-silice, des faisceaux de nano-carbone, ou
15 des fibres de nano-carbone.

Les matériaux et les propriétés de matériaux pour les couches et les fils d'armure peuvent être sélectionnés parmi les matériaux indiqués dans les brevets US attribués en commun N° 6 600 108, 7 170 007
20 et 7 188 406.

Les sources de chaleur 108, 116, 216, 318, 406, 414, 503, 514, 524, 532, 540, ou 546 peuvent être l'une parmi ou une combinaison d'une exposition à une source de rayonnement électromagnétique ou un chauffage
25 électromagnétique, qui peut être réalisé par utilisation d'un ou d'une combinaison quelconque de réchauffeurs à infrarouges émettant des ondes infrarouges courtes, moyennes ou longues, des ondes ultrasonores, des micro-ondes, des lasers, et d'autres
30 ondes électromagnétiques convenables, comme l'appréciera l'homme du métier.

Les fils d'armure 522, 538, 614, ou 626 ou les conducteurs 106, 206, 306, 505 ou 506 peuvent être chauffés avant encastrément dans les couches, par exemple, et sans s'y limiter, par chauffage par induction de métal, chauffage aux ultrasons, ou chauffage thermique utilisant un rayonnement ou une conduction, comme l'appréciera l'homme du métier.

Les procédés susmentionnés 100, 200, 300, 400, 500, et 600 sont des exemples de certaines approches, qui peuvent être utilisées seules, ou en combinaison, pour des éléments métalliques encastrés dans des gaines ou des couches isolantes pour câble ou pour un isolant, comme décrit ci-dessus.

Dans les procédés susmentionnés 100, 200, 300, 400, 500, et 600, des éléments de fils (tels que des torons conducteurs hélicoïdaux, des fils de blindage enroulés, ou des fils d'armure) sont câblés sur des éléments centraux incorporés dans un polymère (tels que des torons conducteurs centraux, des conducteurs isolés ou des cœurs de câble) à un taux de couverture donné dans un isolant légèrement fondu ou ramolli, permettant aux fils câblés d'être encastrés eux-mêmes dans l'isolant. Lorsque les fils câblés sont encastrés, ils atteignent une couverture plus importante avec une circonférence plus petite. De façon correspondante, une plus courte longueur d'éléments de fils câblés est nécessaire pour couvrir une circonférence plus petite.

Par exemple, sur un monocâble, les fils de blindage enroulés pourraient être câblés sur un conducteur isolé central avec une couverture comprise entre environ 80 % et environ 85 %. Sur une distance de

quelques pouces (1 pouce = 2,54 cm) ou pieds (1 pied = 30,48 cm), le câble traverse une source de chaleur électromagnétique servant à ramollir l'isolant, et les fils enroulés s'encastrent eux-mêmes dans l'isolant.

5 Comme les fils sont maintenant distribués autour d'une circonférence plus petite, la couverture augmente jusqu'à entre 93 et 98 %. Sur la longueur d'un câble de forage, le câblage au niveau du diamètre plus petit requiert aussi significativement moins de longueur.

10 On suppose un monocâble assemblé par application de fils d'armure de 0,0323 pouce (0,082 cm) selon un angle de marge de 22 degrés sur une gaine ayant un diamètre initial de 0,124 pouce (0,315 cm), comme le montrent les équations et calculs indiqués ci-dessous.

15 Le diamètre initial total est de 0,1866 pouce (0,474 cm). La gaine est ensuite ramollie pour que le fil d'armure puisse être partiellement encastré dans la gaine, si bien que le diamètre total résultant est de 0,1733 pouce (0,4402 cm). Comme le décrivent les
20 calculs ci-dessous, la longueur de fil d'armure nécessaire pour entourer le cœur avec un angle de marge de 22 degrés est 10,16 % plus courte au niveau du diamètre plus petit. Sur un monocâble de 24 000 pieds (7300 m), il y a une différence d'environ 2440 pieds
25 (745 mètres) pour chaque fil d'armure, comme le montrent les équations et calculs indiqués ci-dessous.

Les équations de longueur en excès et de couverture pour un monocâble hypothétique sont indiquées ci-dessous.

30 Pour les calculs, 1 in (1 pouce) = 2,54 cm et 1 ft (1 pied) = 30,48 cm.

D = diamètre du pas

$$D = D_c + d_w$$

D_c = diamètre du cœur

d_w = diamètre du fil d'armure

$$\begin{aligned} C_1 &= \text{circonférence totale au diamètre du pas} \\ &= \pi (D_c + d_w) \\ &= \pi D \end{aligned}$$

C_2 = circonférence du métal totale au diamètre du pas

m = nombre d'éléments métalliques

$$C_2 = m \times \frac{d_w}{\cos \alpha}$$

$C\%$ = couverture de métal au diamètre du pas

$$C\% = \frac{m d_w}{\pi D \cos \alpha} \times 100$$

D_a = diamètre initial

$$\begin{aligned} D_a &= 0,124 \text{ in.} + 0,0323 \text{ in.} \\ &= 0,1563 \text{ in.} \end{aligned}$$

λ_a = longueur d'un enroulement de fil d'armure à D_a

$$\begin{aligned} \lambda_a &= \frac{\pi \times 0,1563 \text{ in.}}{\tan 22} \\ &= 1,22 \end{aligned}$$

D_b = diamètre final

$$\begin{aligned} D_b &= 0,109 \text{ in.} + 0,0323 \text{ in.} \\ &= 0,141 \text{ in.} \end{aligned}$$

λ_b = longueur d'un enroulement de fil d'armure à D_b

$$\begin{aligned} \lambda_b &= \frac{\pi \times 0,141 \text{ in.}}{\tan 22} \\ &= 1,096 \text{ in.} \end{aligned}$$

λ_b = longueur d'un enroulement de fil d'armure à D_b

$$\begin{aligned} \lambda_b &= \frac{\pi \times 0,141 \text{ in.}}{\tan 22} \\ &= 1,096 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \lambda}{\lambda_a} &= \frac{\text{différence de longueur de}}{\text{marge sous la forme d'une}} \\ &= \frac{\text{fraction de } \lambda_a}{0,124} \\ &= \frac{1,22}{10,16 \%} \end{aligned}$$

$$L_a = 24\,000 \text{ ft.}$$

$$\begin{aligned} L_b &= (0,1016 \times 24\,000 \text{ ft.}) + 24\,000 \text{ ft.} \\ &= 26\,439 \text{ ft.} \end{aligned}$$

$$\Delta L = L_b - L_a$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= 26\,439 \text{ ft.} - 24\,000 \text{ ft.} \\ &= 2\,439 \text{ ft.} \end{aligned}$$

Cette longueur pourrait bien évidemment ne pas être retirée d'un câble de 24 000 pieds (7300 m) après que le fil d'armure a été terminé. Les procédés ou traitements décrits ici sont possibles uniquement parce
5 que la longueur en excès est récupérée par tension au niveau des bobines de fil d'armure lorsque le diamètre est réduit. La vitesse déroulement du fil d'armure à partir des bobines est diminuée pour prendre en compte la longueur en excès "revenant" aux bobines.

10 La description qui précède a été présentée par référence à des modes de réalisation actuellement préférés de l'invention. Les personnes ayant une bonne connaissance de la technique et de la technologie auxquelles appartient cette invention apprécieront le
15 fait que des modifications et changements dans les structures et procédés de fonctionnement décrits peuvent être mis en pratique sans s'écarter de façon significative du principe et du cadre de cette invention. Par conséquent, la description qui précède
20 ne devrait pas être lue de manière à concerner uniquement les structures précises décrites et représentées dans les dessins joints, mais plutôt devrait être lue en accord et en support des revendications qui suivent, qui doivent avoir la portée
25 la plus complète et la plus juste.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour former au moins une partie d'un
câble, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes
5 consistant :

à disposer d'au moins un conducteur ;

à extruder au moins une couche intérieure
d'isolant polymère sur l'au moins un conducteur pour
former un cœur conducteur de câble ;

10 à encastrer une pluralité de conducteurs dans la
couche intérieure du cœur conducteur de câble ; et

à extruder une couche extérieure d'isolant
polymère sur le cœur conducteur de câble et la
pluralité de conducteurs et à coller la couche
15 intérieure à la couche extérieure pour former le câble
et réaliser une liaison contiguë entre la couche
intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure,
dans lequel l'encastrement comprend le chauffage de
l'un parmi la couche intérieure et les conducteurs
20 avant encastrement des conducteurs dans la couche
intérieure.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel
le chauffage comprend l'extrusion de la couche
25 intérieure sur l'au moins un conducteur et, presque
immédiatement après, l'encastrement de la pluralité de
conducteurs dans la couche intérieure fraîchement
extrudée.

30 3. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel le chauffage

comprend le chauffage de l'une parmi la couche intérieure et la pluralité de conducteurs presque immédiatement avant l'encastrement.

5 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre le refroidissement de la couche intérieure avant l'encastrement.

10 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'au moins un conducteur comprend l'un parmi un toron non isolé unique et une pluralité de conducteurs.

15 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pluralité de conducteurs comprend l'un parmi des conducteurs électriques non isolés, des couches de blindage, et des couches de fil d'armure.

20 7. Procédé pour former un câble, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant :

à disposer d'au moins un cœur de câble conducteur ayant au moins une couche intérieure d'isolant polymère
25 disposée sur au moins un conducteur ;

à disposer d'une pluralité de conducteurs ;

à chauffer l'une parmi la couche intérieure et la pluralité de conducteurs ;

à encastrer la pluralité de conducteurs dans la
30 couche intérieure du cœur conducteur de câble presque immédiatement après chauffage ; et

à extruder une couche extérieure d'isolant polymère sur le cœur conducteur de câble et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure pour former le câble
5 et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure ;

à disposer d'une deuxième pluralité de conducteurs ;

à chauffer l'une parmi la couche extérieure et la
10 deuxième pluralité de conducteurs ;

à encastrer la deuxième pluralité de conducteurs dans la couche extérieure du câble presque immédiatement après chauffage ; et

à extruder une deuxième couche extérieure
15 d'isolant polymère sur le câble et la deuxième pluralité de conducteurs et à coller la couche extérieure à la deuxième couche extérieure pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche
20 extérieure, les deuxièmes conducteurs, et la deuxième couche extérieure.

8. Procédé pour former un câble, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant :

25 à disposer d'un toron conducteur ;

à extruder une première couche d'isolant polymère sur le toron conducteur pour former un cœur conducteur de câble ;

à encastrer une première pluralité de conducteurs
30 dans la première couche du cœur conducteur de câble

presque immédiatement après extrusion de la première couche ;

5 à extruder une deuxième couche d'isolant polymère sur le cœur conducteur de câble et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la deuxième couche pour réaliser une liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la deuxième couche ;

10 à disposer d'une deuxième pluralité de conducteurs ;

à chauffer l'une parmi la deuxième couche et la deuxième pluralité de conducteurs ;

15 à encastrer la deuxième pluralité de conducteurs dans la deuxième couche presque immédiatement après chauffage ;

20 à extruder une troisième couche d'isolant polymère sur la deuxième couche et la deuxième pluralité de conducteurs, et à coller la troisième couche à la deuxième couche pour réaliser une liaison contiguë entre la deuxième couche, les deuxièmes conducteurs, et la troisième couche ;

à disposer d'une troisième pluralité de conducteurs ;

25 à chauffer l'une parmi la troisième couche et la troisième pluralité de conducteurs ;

à encastrer la troisième pluralité de conducteurs dans la troisième couche presque immédiatement après chauffage ; et

30 à extruder une quatrième couche d'isolant polymère sur la troisième couche et la troisième pluralité de conducteurs et à coller la quatrième couche à la

troisième couche pour former le câble et réaliser une liaison contiguë entre chacun parmi les couches et les conducteurs.

5 9. Procédé selon la revendication 8, comprenant en outre le refroidissement des deuxième et troisième couches avant le chauffage.

10 10. Procédé pour former un câble, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant :

à disposer d'au moins un cœur de câble conducteur ;

à extruder une couche intérieure d'isolant polymère sur le cœur de câble conducteur ;

15 à disposer d'une pluralité de conducteurs ;

à chauffer l'une parmi la couche intérieure et la pluralité de conducteurs ;

20 à encastrer la pluralité de conducteurs dans la couche intérieure du cœur conducteur de câble presque immédiatement après chauffage ; et

à extruder une couche extérieure d'isolant polymère sur la couche intérieure et la pluralité de conducteurs et à coller la couche intérieure à la couche extérieure pour former le câble et réaliser une
25 liaison contiguë entre la couche intérieure, les conducteurs, et la couche extérieure.

30 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'au moins un cœur conducteur comprend l'un parmi un monocâble, un câble coaxial, un câble triple, un câble quadruple, un câble septuple, et une flûte.

12. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'au moins un cœur conducteur comprend une couche de bande disposée sur une partie extérieure de
5 celui-ci.

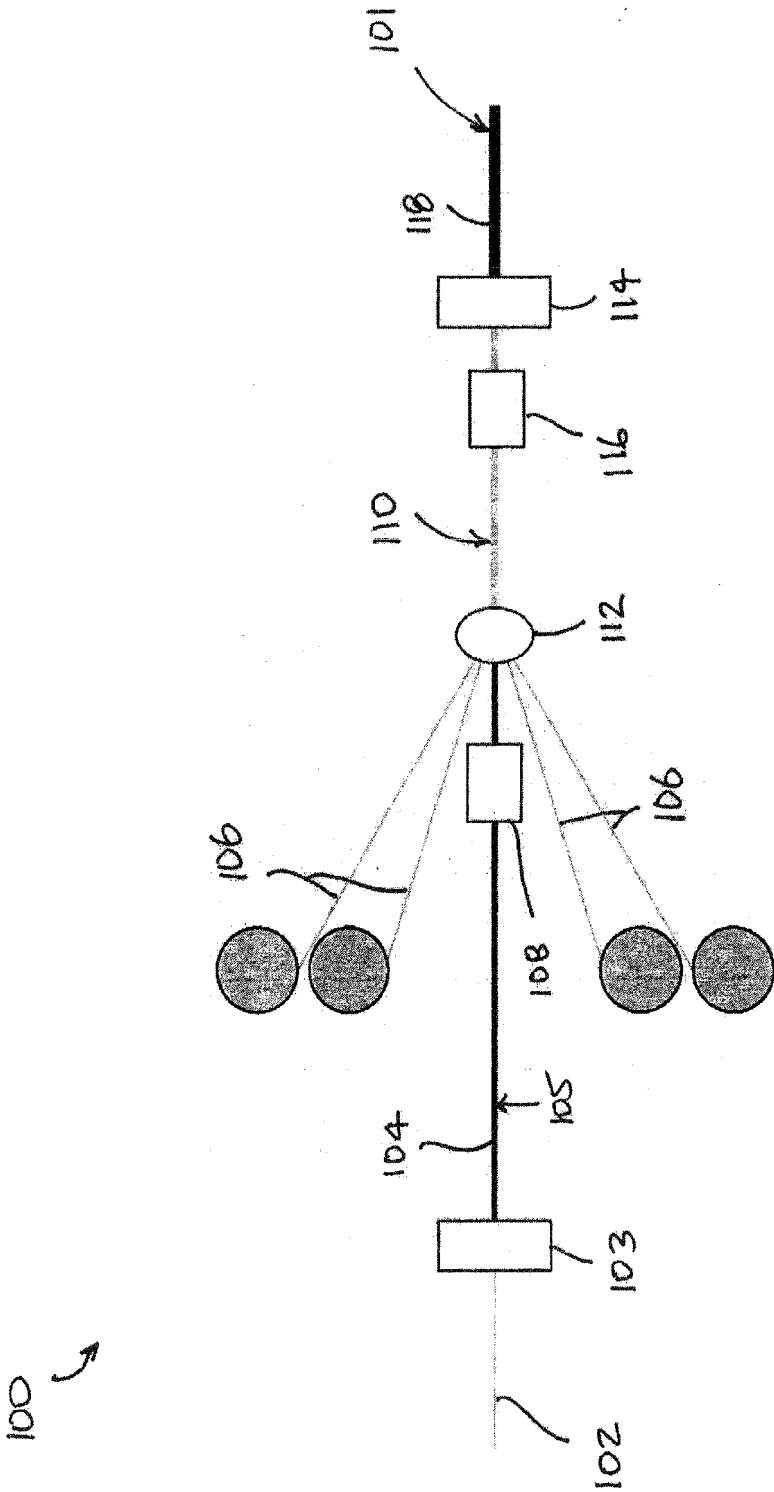
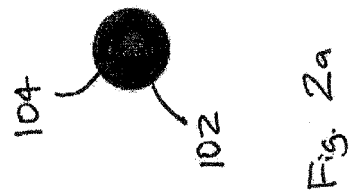
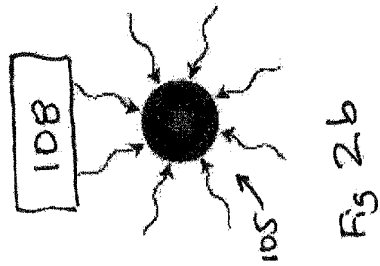
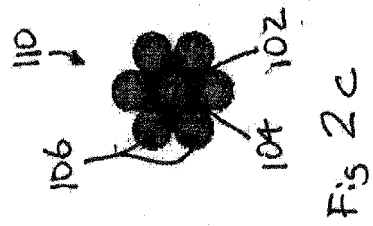
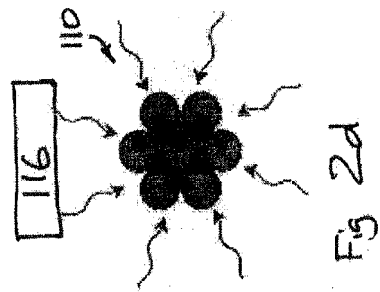
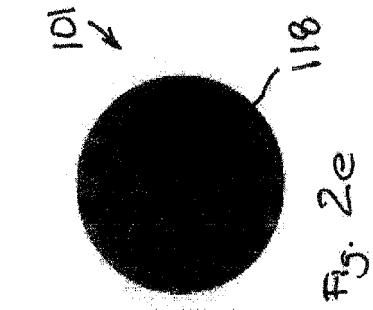


Fig. 1

100



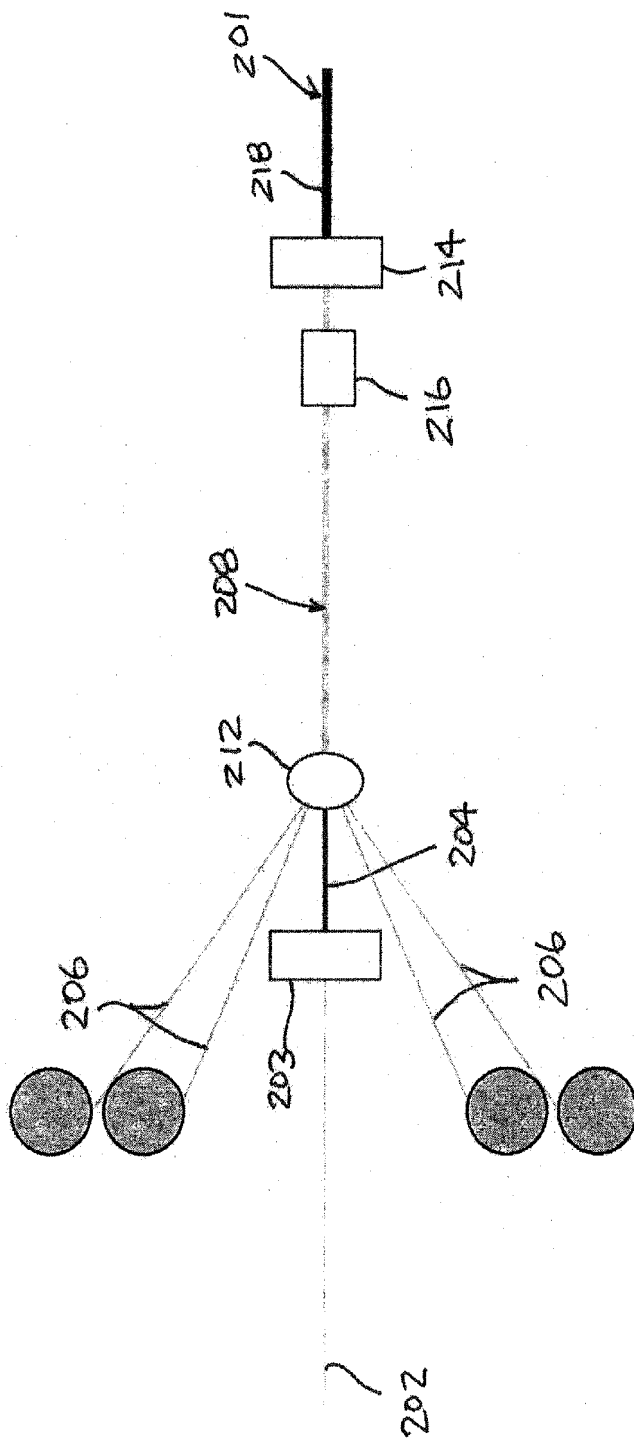
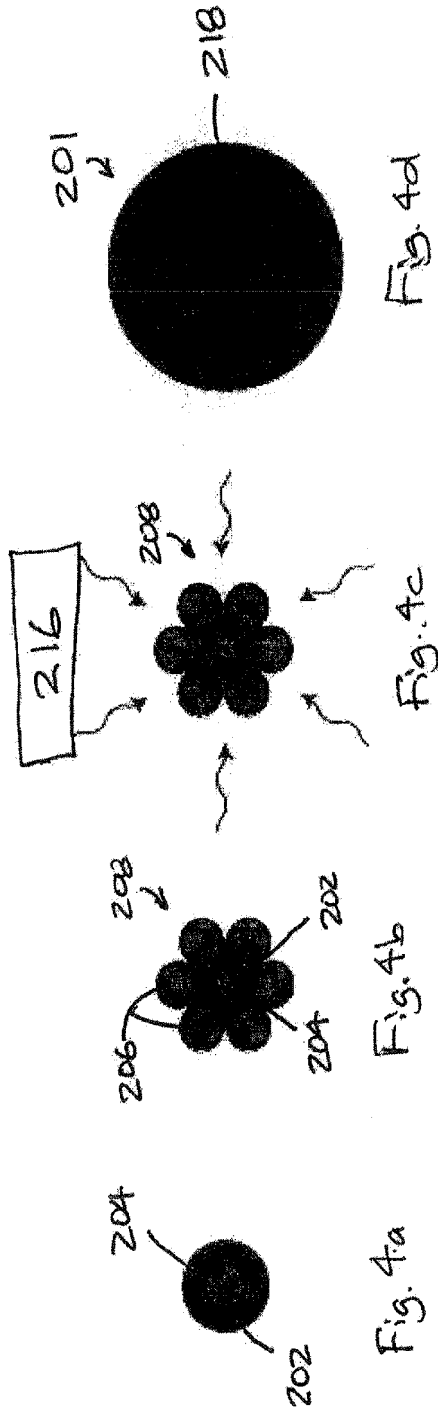
200
→

Fig. 3

200



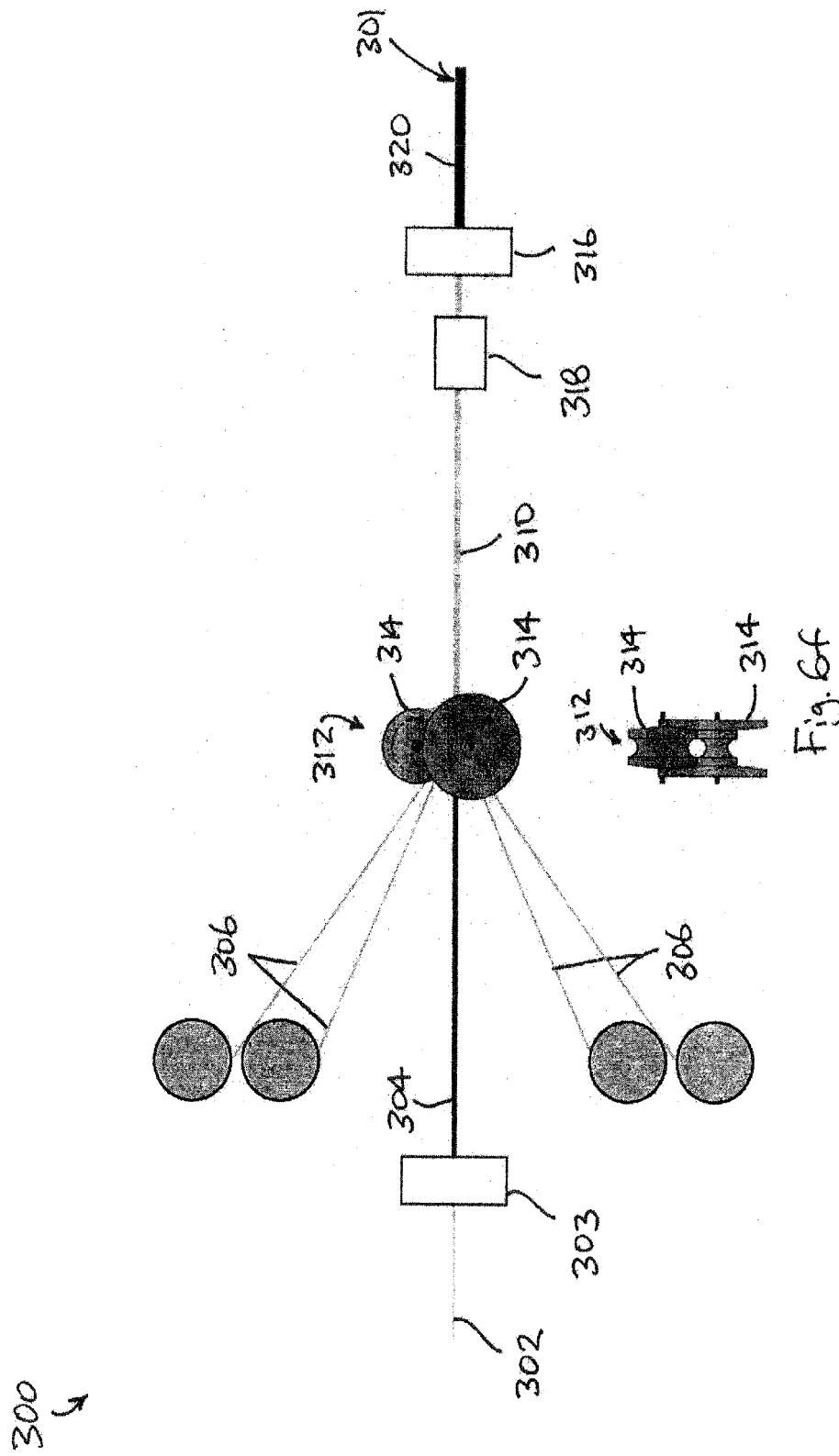


Fig. 5

300 ↘

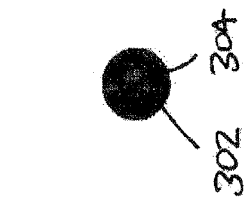


Fig. 6a

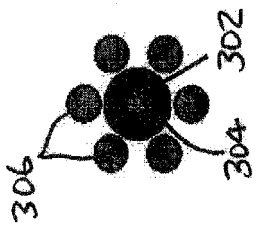


Fig. 6b

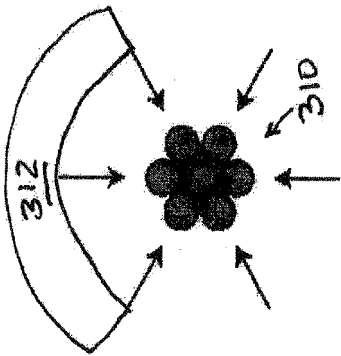


Fig. 6c

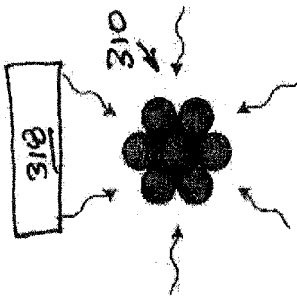


Fig. 6d

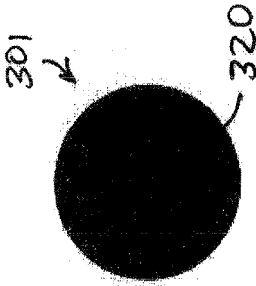


Fig. 6e

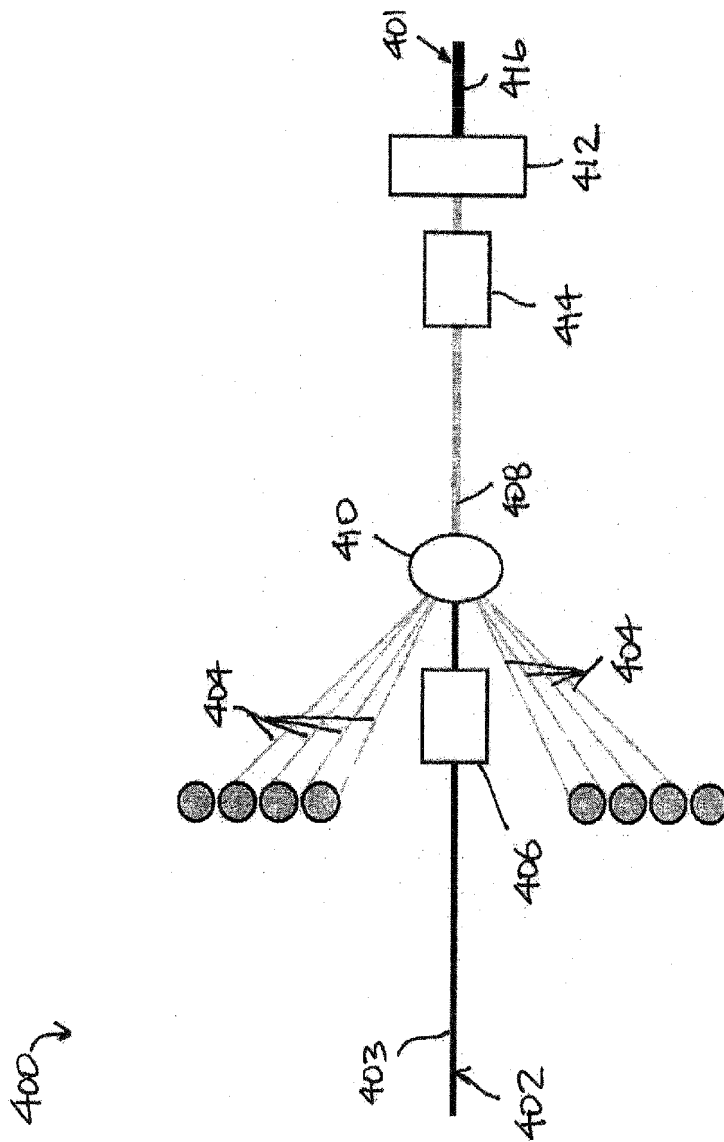


Fig. 7

400

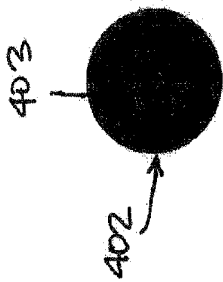


Fig. 8a

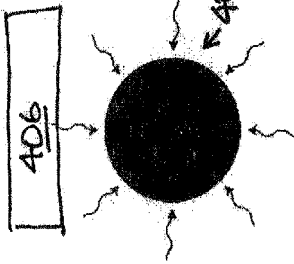


Fig. 8b

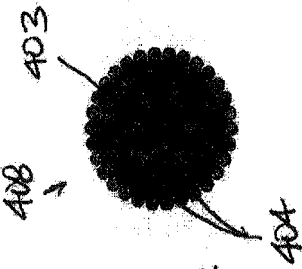


Fig. 8c

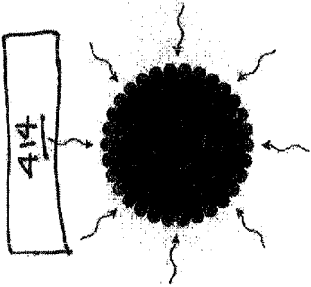


Fig. 8d

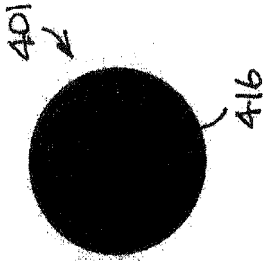


Fig. 8e

9/11

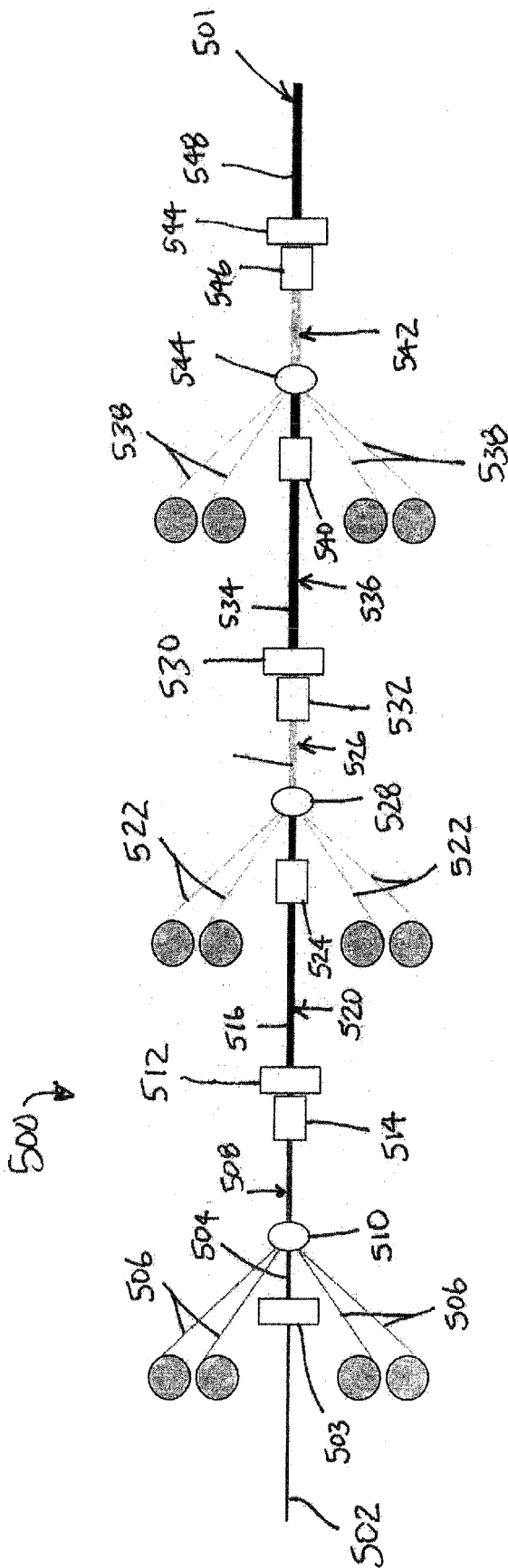


Fig. 9

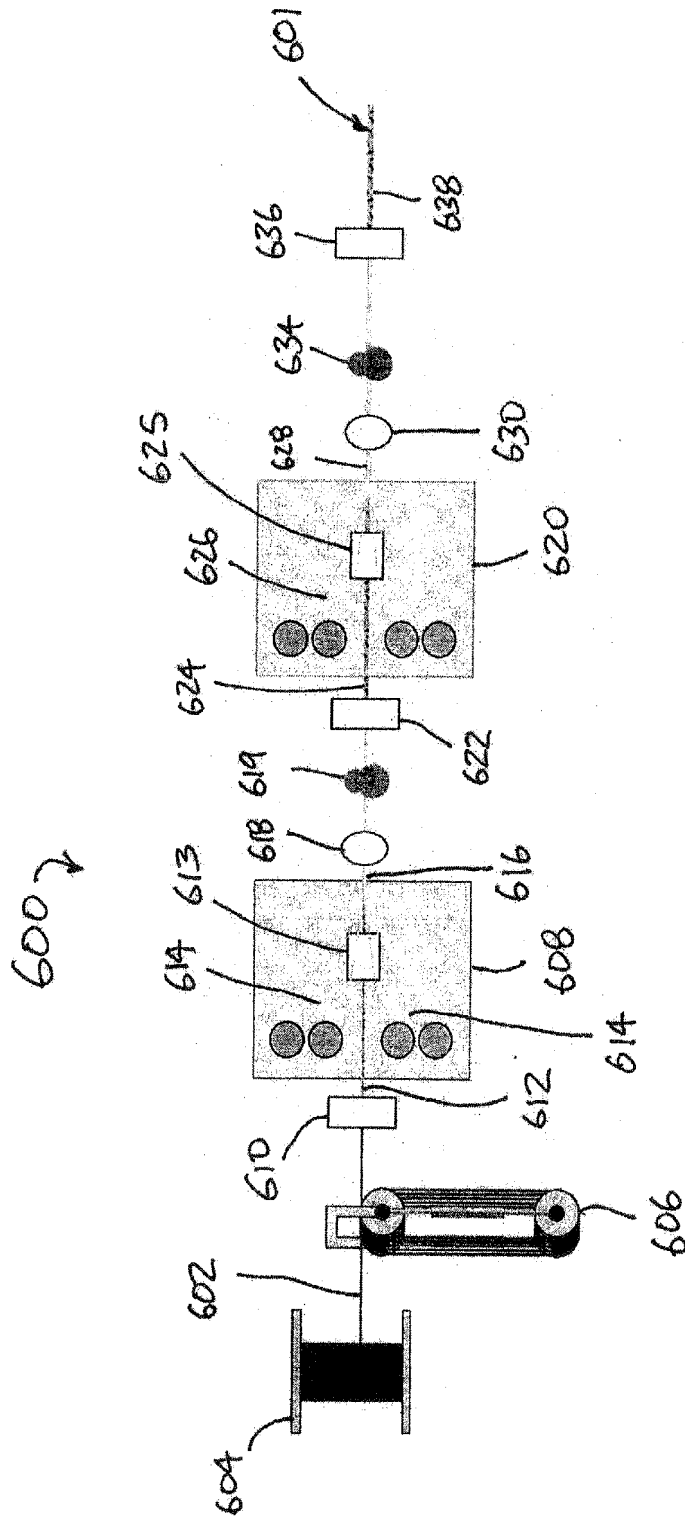


Fig. 10

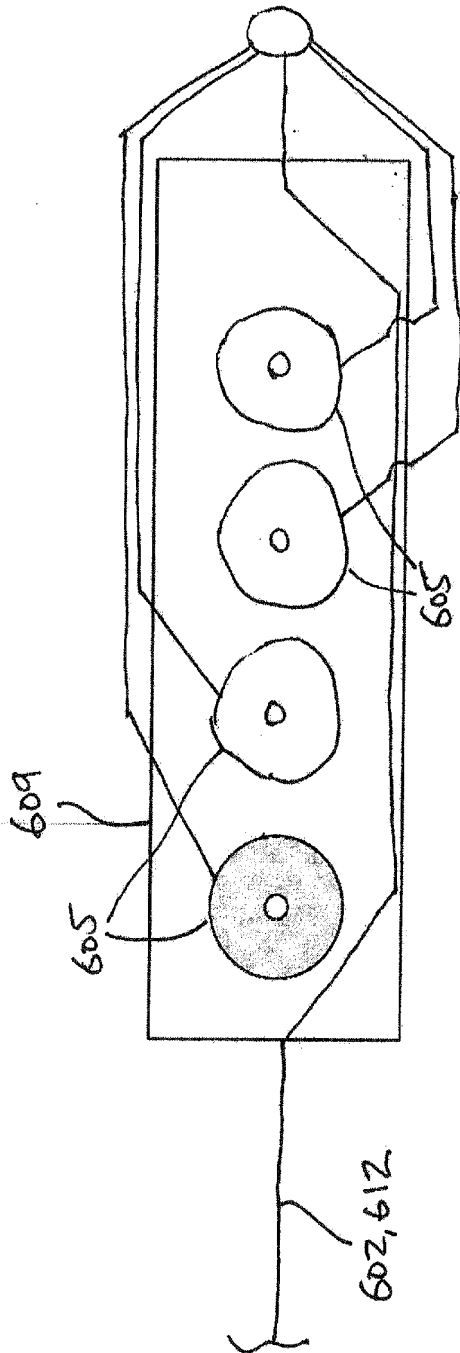


Fig. 11

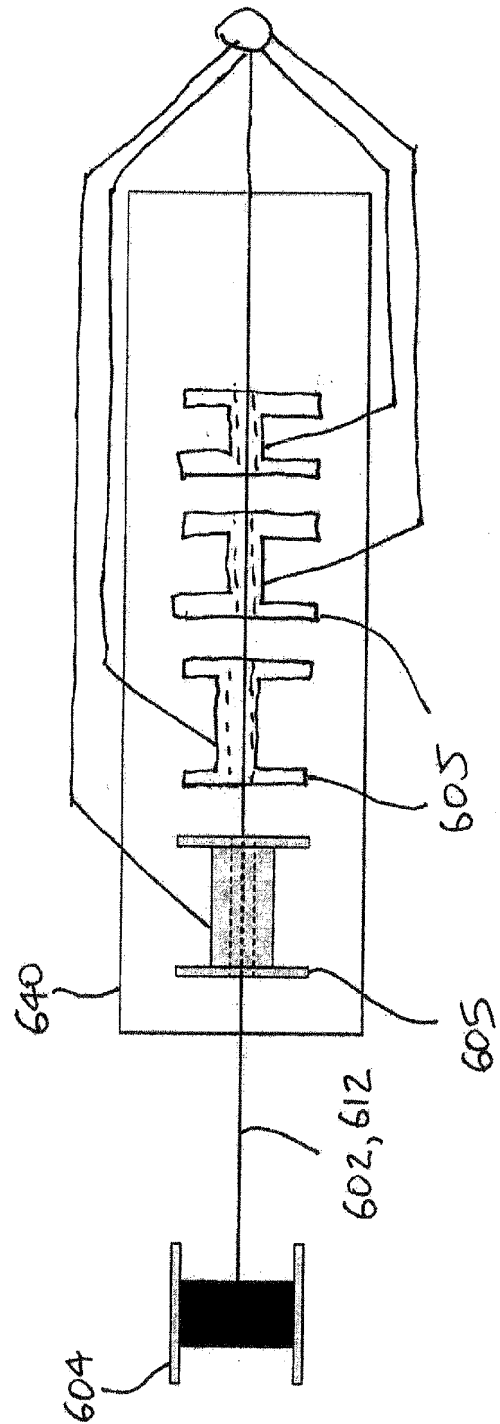


Fig. 12