

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 058 914**

②1 N° d'enregistrement national : **16 61199**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 05 D 1/28 (2017.01), B 05 D 7/20, H 01 B 13/16, 7/17**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.11.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 25.05.18 Bulletin 18/21.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions — FR et MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme — CH.*

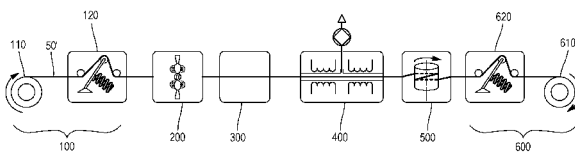
⑦2 Inventeur(s) : SAVIO CEDRIC.

⑦3 Titulaire(s) : *COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions, MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A. Société anonyme.*

⑦4 Mandataire(s) : *MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN.*

⑤4 **CHAUFFAGE D'UN FIL EN MOUVEMENT CONTINU.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de faire un cycle de dépôt de polymère comprenant un processus de chauffage d'un fil (50') en mouvement ayant des propriétés de conducteur électrique. Le procédé comprend l'étape de déposer une couche d'une solution de polymère sur la surface du fil (50'). Le fil (50') est chauffé pour élever la température du fil (50') à une température de consigne prédéterminée. La température du fil (50') est régulée à la température de consigne prédéterminée pour permettre l'évaporation d'un solvant avant la polymérisation de la solution de polymère.



FR 3 058 914 - A1



## **CHAUFFAGE D'UN FIL EN MOUVEMENT CONTINU**

### **DOMAINE TECHNIQUE**

L'invention concerne de manière générale un procédé de faire un cycle de  
5 dépôt de polymère comprenant un processus de chauffage d'un fil en mouvement  
ayant des propriétés de conducteur.

### **CONTEXTE**

Le revêtement de la surface d'un fil par un matériau de nature différente  
10 pour en modifier ou en améliorer certaines propriétés est connu et largement utilisé  
dans l'industrie. Selon la nature et l'utilisation du fil, le revêtement peut servir par  
exemple à améliorer la résistance à la corrosion, à assurer une isolation électrique,  
à modifier les propriétés tribologiques, à permettre l'adhésion à un autre matériau  
ou simplement à la décoration. Dans certains cas, le matériau de revêtement est  
15 déposé à l'état liquide et subit ensuite un traitement ou une transformation destiné  
à le faire passer à l'état solide comme, par exemple, un changement de  
température, une polymérisation, l'évaporation d'un solvant ou autre.

Dans le cas d'un traitement ou d'une transformation du revêtement qui  
nécessite une augmentation de la température, il est parfois préférable d'augmenter  
20 la température du fil plutôt que la température ambiante autour du fil pour  
augmenter la température du revêtement déposé sur le fil et ainsi provoquer la  
polymérisation. Dans ce cas, le problème à résoudre est de transmettre l'énergie  
nécessaire pour augmenter sa température à un fil en mouvement continu et  
pouvant être, dans certains cas, recouvert d'une couche fine d'un matériau à l'état  
25 liquide. Pour l'invention décrite ici, le terme « fil » s'applique à des fils ayant des  
propriétés de conducteurs électriques.

### **RÉSUMÉ**

L'invention concerne un procédé de faire un cycle de dépôt de polymère  
30 comprenant un processus de chauffage d'un fil en mouvement ayant des propriétés  
de conducteur électrique. Le procédé comprend les étapes suivantes : déposer une  
couche d'une solution de polymère sur la surface du fil; chauffer le fil pour élever  
la température du fil à une température de consigne prédéterminée ; et réguler la  
température du fil à la température de consigne prédéterminée pour permettre

l'évaporation d'un solvant avant la polymérisation de la solution de polymère.

Dans certains modes de réalisation, les étapes de chauffer le fil et de réguler la température du fil comprennent les étapes suivantes: fournir un circuit de chauffage comprenant une bobine d'induction et un condensateur branchés en  
5 parallèle et qui constituent un circuit résonnant ; alimenter le circuit de chauffage par une tension d'alimentation continue; mesurer le courant consommé par l'alimentation du circuit de chauffage; calculer la puissance fournie par l'alimentation du circuit de chauffage; estimer la température du fil; et établir une période de régulation afin d'asservir la température de l'élément à la température  
10 de consigne prédéterminée. Dans certains modes de réalisation, cette période de régulation est établie toutes les 100ms.

Dans certains modes de réalisation, la puissance correspondante à la mesure du courant consommé par l'alimentation du circuit de chauffage représente la puissance électrique consommée pour chauffer l'élément.

15 Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend aussi l'étape de varier un temps de chauffe qui est calculé pendant la période de régulation.

Dans certains modes de réalisation, la tension d'alimentation continue est hachée par des transistors électroniques afin de constituer une tension alternative aux bornes de la bobine d'induction et du condensateur. La tension appliquée à la  
20 bobine d'induction est sinusoïdale.

Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend aussi l'étape d'entraîner l'élément à une vitesse constante prédéterminée en passant l'élément par l'intérieur de la bobine d'induction.

Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend aussi l'étape de  
25 réaliser un traitement de surface du fil par plasma avant l'étape de déposer une couche de la solution de polymère sur la surface du fil.

Dans certains modes de réalisation, le procédé comprend aussi l'étape de créer un vide partiel pendant l'étape de chauffer le fil.

L'invention concerne également un système de régulation de la  
30 température de fils en mouvement qui effectue un procédé come décrit. Le système comprend une installation d'imprégnation qui effectue un processus continu de déposition uniforme de la solution de polymère sur la surface du fil. Le système comprend aussi une installation de chauffage qui effectue un processus de chauffage comprenant le chauffage du fil et la régulation de sa température.

Dans certains modes de réalisation, le système comprend aussi une installation de déroulage et réglage qui réalise des processus de déroulage et réglage du fil; un système d'entraînement qui entraîne le fil à une vitesse constante donnée ; et une installation de rembobinage et réglage qui réalise un processus de rembobinage et réglage de la tension du fil.

Dans certains modes de réalisation, le système comprend aussi une installation de traitement par plasma qui effectue un traitement par plasma de surface du fil.

L'invention concerne également un fil formé par le système.

D'autres aspects de la présente invention vont devenir évidents grâce à la description détaillée suivante.

### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

La nature et les divers avantages de la présente invention seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui suit, conjointement avec les dessins annexés, sur lesquels les mêmes numéros de référence désignent partout des parties identiques, et dans lesquels :

La figure 1 représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'un système pour le chauffage d'un fil en mouvement ayant des propriétés de conducteur électrique.

La figure 2 représente un mode de réalisation de la bobine d'induction du système de chauffage de la figure 1.

La figure 3 représente un mode de réalisation d'un circuit de chauffage comprenant la bobine d'induction de la figure 2 et un condensateur et qui est utilisé pour chauffer un fil et pour mesurer sa température.

La figure 4 représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'un système ayant une série d'installations qui définissent ensemble un cycle de dépôt de polymère.

La figure 5 représente une vue en perspective et la figure 6 représente une vue de côté d'un exemple d'intégration de la bobine d'induction de la figure 2 pour le chauffage d'un fil recouvert d'une couche fine d'un matériau à l'état liquide.

### **DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DESSINS**

En se référant maintenant aux figures, sur lesquelles les mêmes numéros

identifient des éléments identiques, la figure 1 représente une réalisation d'un système 10 qui comprend une série d'installations qui permettent de réaliser la chauffe d'un fil en mouvement continu à vitesse constante (par exemple, dans le sens de la flèche A de la figure 1) pour que le fil présente les propriétés souhaitées à sa sortie de l'installation. Le fil pourrait être en mouvement dans d'autres systèmes non représentés.

Le système 10 comprend une installation de déroulage et réglage 100 qui réalise des processus de déroulage et réglage d'un fil 50. Le fil 50 comprend un matériau conducteur pour que le fil soit un élément ayant des propriétés de conducteur électrique. Le fil 50 peut être un fil métallique ayant un diamètre faible (par exemple, un diamètre de l'ordre de 0.2 mm à 1 mm).

Le fil 50 est fourni sur une bobine de fil 110 à l'installation 100. Ce fil peut être rond ou de forme simple (par exemple, carrée, ovale, rectangulaire, etc.) pour que le chauffage soit homogène. A l'installation 100, un régulateur de tension 120 régule une tension de déroulage constante du fil 50. La bobine de fil 110 et le régulateur de tension 120 peuvent être sélectionnés parmi divers appareils disponibles dans le commerce et les processus de déroulage et réglage sont connus de l'homme du métier.

A la sortie de l'installation de déroulage et réglage 100, le fil 50 est transporté vers une installation de chauffage 400 qui permet d'élever la température du fil à une valeur appropriée par rapport aux propriétés souhaitées du fil en sortie de l'installation. A l'installation de chauffage 400, le fil 50 défile à une vitesse rapide, et il est chauffé à l'aide d'un chauffage par induction.

En se référant aux figures 2 et 3, le chauffage à induction est composé d'une carte électronique de pilotage alimentant une bobine d'induction 412 et un condensateur 411. La température du fil 50 est augmentée par l'intermédiaire de la bobine d'induction 412 placée autour du fil 50. Le matériau du fil 50 a une conductivité électrique et une résistance qui sont dépendantes de la température. La résistance du matériau peut être calculée par l'intermédiaire de la conductivité électrique étant donné que la résistance et la conductivité sont inversement proportionnelles.

Lorsque la bobine d'induction 412, à l'intérieur de laquelle passe le fil 50 à chauffer, est alimentée par un courant électrique, elle crée un champ magnétique. Ce champ magnétique induit des courants de Foucault dans le fil métallique 50.

C'est l'effet Joule, dû aux courants de Foucault, qui est responsable de l'augmentation de la température de l'objet à chauffer (c.-à-d., le fil 50).

La puissance électrique consommée pour chauffer un élément qui est un cylindre de matière peut être décrite comme :

$$P = \pi \cdot d \cdot h \cdot H^2 \cdot \sqrt{\pi \cdot \rho \cdot \mu_0 \cdot \mu_r \cdot f} \cdot C \cdot F$$

5 où :

- d : Diamètre du cylindre [m]
- h : Hauteur du cylindre [m]
- H : Intensité du flux magnétique [A/m]
- 10  $\rho$  : Résistivité [ $\Omega \cdot m$ ] du matériau conducteur de l'élément
- $\mu_0$  : Perméabilité magnétique du vide ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m)
- $\mu_r$  : Perméabilité relative du matériau conducteur de l'élément
- f : Fréquence [Hz]
- C : Facteur de couplage qui diminue avec la longueur de l'inducteur
- 15 F : Facteur de transmission de puissance

On constate que la puissance de chauffe dépend de la résistance de la section de l'élément à chauffer (c.-à-d., le fil 50).

La figure 3 représente le schéma électrique du four à induction qui est  
 20 représenté par un circuit de chauffage 402. Le circuit de chauffage 402 est alimenté par une tension d'alimentation continue (Ubus). La tension alimentation continue est ensuite hachée par des transistors électroniques 408 afin de constituer une tension alternative aux bornes de la bobine 412 (c.-à-d., une self idéale 404 et une résistance self 410) et du condensateur 411(c.-à-d., un condensateur idéal 406  
 25 et une résistance condensateur 407), et cette tension est mesurée par une mesure de tension (V) 414. La tension d'alimentation du circuit de chauffage est bien continue, celle de la bobine est alternative et de fréquence proche de la fréquence de résonance.

La tension d'alimentation du four à induction est pilotée par la carte  
 30 électronique et son amplitude est donc connue. La puissance fournie par le chauffage peut être donc connue par la mesure du courant qui traverse le circuit grâce à un capteur de courant (voir la mesure du courant (A) 413 à la figure 3) et en multipliant ce courant par l'amplitude de la tension d'alimentation du circuit de chauffage. Le fait de se placer à une fréquence proche de la fréquence de  
 35 résonance permet de minimiser la puissance d'alimentation.

En effet, au premier ordre, l'alimentation du four à induction n'a besoin que de compenser les pertes du système. Ces pertes sont principalement les pertes par courant de Foucault dans l'élément à chauffer. Les pertes par courant de Foucault dépendent de la résistance du fil à chauffer, une résistance qui augmente avec  
5 l'augmentation de sa température. En augmentant la température du fil, les pertes et donc la puissance à fournir par l'alimentation sont augmentées.

En mesurant la puissance fournie par le chauffage, on arrive donc par correspondance à connaître la température du fil 50. On peut ainsi par une régulation appropriée maîtriser précisément la température du fil 50 afin, par  
10 exemple, de ne pas dégrader les propriétés mécaniques du fil.

Le circuit de chauffage 402 est alimenté, de manière permanente, par une tension continue ( $U_{bus}$ ). Pendant une première phase de chauffage, la bobine (412) et le condensateur (411) sont alimentés, durant un temps prédéterminé, par une tension sinusoïdale issue du hachage de la tension continue par les transistors  
15 408. Ce temps est prédéterminé par le régulateur de chauffe, et ce temps dépend, entre autre, de l'erreur de température (consigne-mesure). Pendant cette phase, on mesure le courant consommé par le circuit de chauffage 402. Grâce à la connaissance de la tension d'alimentation ( $U_{bus}$ ) du circuit de chauffage (412), on en déduit la puissance consommée par le circuit de chauffage et donc on en déduit  
20 la température du fil 50.

Ensuite, on coupe l'alimentation de la bobine d'induction 412 et du condensateur 411. Après cette coupure, la partie du circuit de chauffage 402 qui comprend un circuit self-condensateur (412 et 411) continue d'osciller à la fréquence de résonance du circuit. C'est à ce moment qu'on mesure la fréquence  
25 de résonance grâce à la mesure de tension 414, principalement pour des contrôles de procédé.

Enfin, en connaissant la température du fil, un régulateur détermine le temps de chauffage pour une période de régulation afin d'asservir la température du fil 50 à celle de consigne. Dans un mode de réalisation, une période de  
30 régulation est établie toutes les 100ms. La valeur de la période de régulation peut être différente, de même, dans le cas cité ici, le temps de conduction varie entre 5 et 95ms. Dans une autre réalisation, la période de régulation est établie toutes les 250ms, et le temps de conduction varie entre 5 et 245ms. Si on choisit une période de régulation différente, le temps de conduction variera.

La régulation de température du fil 50 se fait en variant le temps de chauffe calculé par le régulateur pendant la période de régulation (par exemple, le temps de chauffe calculé par le régulateur toutes les 100ms, toutes les 250ms, etc.). Le fil 50 (ou une portion de fil considéré) entre dans la bobine 412 avec une température égale à la température ambiante. Chaque portion de fil considéré se déplace en avançant dans la bobine 412, et chaque portion subit le chauffage A la sortie 412b de la bobine 412, la température du fil 50 a atteint la température de consigne.

On maintient la température sur toute la longueur du fil, ou durant tout le temps nécessaire au procédé. Le régulateur de température va calculer toute les périodes de régulation (par exemple, toutes les 100ms) le temps de chauffe qui sera dépendant de l'erreur de température. Dans quelques réalisations, il s'est passé plusieurs périodes de régulation avec à chaque fois un temps de chauffe différent et une erreur de température diminuante. La régulation fonctionne tout le temps, et on est tout le temps en train de maintenir la température. On chauffe un peu si la température est proche de la consigne, et on chauffe plus si la température est éloignée de la consigne.

La vitesse de défilement doit être constante pour pouvoir mesurer la température. La géométrie du fil 50 doit aussi être constante, c'est-à-dire que la section transversale du fil doit être constante le long de sa longueur. La résistivité électrique et la perméabilité magnétique du fil 50 doivent être stables pour une température donnée.

En se référant encore à la figure 1, un fil 50 est entraîné par une installation d'entraînement 500 qui entraîne le fil 50 à une vitesse constante donnée. Dans certaines réalisations, le fil peut se déplacer à une vitesse d'environ 5 m/min. Dans certaines réalisations, le procédé de dépôt permet le dépôt à une vitesse d'avancement du fil de quelques mètres par minute jusqu'à 100 m/min. L'installation d'entraînement 500 peut être sélectionnée parmi une variété d'appareils disponibles dans le commerce.

L'installation d'entraînement 500 transporte le fil 50 à partir de l'installation de chauffage 400 (par le passage au travers de la bobine d'induction 412 dans le sens de la flèche A) vers une installation de rembobinage et réglage 600. L'installation de rembobinage et réglage 600 réalise un processus de rembobinage et réglage de la tension du fil 50 qui alimente une bobine réceptrice 610 de l'installation 600. A l'installation 600, un régulateur de tension 620 régule



une tension de rembobinage constante du fil 50. La bobine réceptrice 610 et le régulateur de tension 620 peuvent être sélectionnés parmi divers appareils disponibles dans le commerce. Les processus de rembobinage et réglage sont connus par l'homme du métier.

5           Le dépôt d'un revêtement à la surface d'éléments (comme le fil 50) étant bien connu dans la fabrication de produits variés, la figure 4 présente une réalisation d'un système 10' qui comprend une série d'installations qui permettent de réaliser ensemble un cycle de dépôt d'un polymère ou d'une solution de polymère dans un solvant. Le système 10' comprend une installation de déroulage et réglage 100, une installation de chauffage 400, une installation d'entraînement 10 500 et une installation de rembobinage et réglage 600 comme décrit par rapport au système 10 de la figure 1. Chaque installation permet l'exécution d'au moins un processus pendant le cycle de dépôt de polymère pour effectuer la production des éléments avec une couche fine de polymère, y compris des éléments ayant des 15 propriétés de conducteur électrique.

Un fil métallique 50' est obtenu et dirigé de manière continue pour que le fil résultant présente les propriétés souhaitées, lesquelles propriétés sont variables et adaptables en fonction du produit auquel est destiné le fil. L'invention divulguée décrit un processus continu, ce qui signifie que toutes les étapes peuvent 20 être effectuées sans interruption. Des procédés continus éliminent le besoin d'étapes intermédiaires de traitement au cours du processus de formation du revêtement choisi sur le fil sélectionné. Les procédés continus permettent également le revêtement des fils ayant des longueurs plus longues au lieu de morceaux de fil. En fournissant un système capable de revêtir et de produire de 25 grandes longueurs de fil en continu, l'utilisation de fils dans des divers procédés industriels est autorisée (par exemple, tels que l'incorporation dans du caoutchouc pour une utilisation dans des pneumatiques). Le procédé global de dépôt d'un revêtement peut être effectué relativement plus rapidement, avec moins de variation en termes d'épaisseur, d'homogénéité et d'intégrité du revêtement.

30           Le cycle de dépôt de polymère comprend la réalisation d'un processus de chauffage, comprenant le chauffage du fil 50' et la régulation de sa température, comme décrit par rapport au système 10. Le fil 50' doit comprendre un matériau conducteur pour que le fil soit un élément ayant des propriétés de conducteur électrique, mais il est entendu que des autres éléments que des fils métalliques

pourraient être utilisés.

Les propriétés du polymère sont déterminées par les ingrédients sélectionnés pour un mélange d'un polymère dissout dans un solvant (c.-à-d. une solution). Le mélange du polymère et du solvant est ajusté pour obtenir les

5 conditions de dépôt qui permettent un revêtement complet sur le fil (par exemple, pour avoir un taux de viscosité souhaité). Le fil 50' peut avoir un revêtement d'un polymère déposé à partir d'une solution aqueuse, alcoolique ou organique qui est réticulable avec un matériau élastomère à renforcer (par exemple, du caoutchouc).

En se référant encore à la figure 4, un fil 50' obtenu à partir de l'installation de déroulage et réglage 100 est transporté vers une installation de traitement par plasma 200. L'installation de traitement par plasma 200 est une installation optionnelle d'un cycle de dépôt de polymère qui réalise un traitement de surface du fil 50'. Au cours de ce processus, le traitement plasma modifie les propriétés de surface du fil 50' pour améliorer l'adhérence entre le fil et le polymère.

15 L'installation peut utiliser toutes les solutions plasma connues, y compris les solutions par l'air, par la flamme et par les produits chimiques. Les traitements par plasma sont connus de l'homme du métier.

En se référant encore à la figure 4 et aux figures 5 à 10, le fil 50' obtenu à partir de l'installation de traitement par plasma 200 est transporté vers une

20 installation d'imprégnation 300 pour la réalisation d'un processus continu de déposition uniforme de la solution de polymère sous forme liquide sur la surface du fil 50'. L'installation d'imprégnation 300 est une installation d'un cycle de dépôt de polymère qui permet la dépose uniforme d'une couche fine (environ 10  $\mu\text{m}$ ) de solution de polymère sur un fil métallique ayant un diamètre faible (par

25 exemple, un diamètre de l'ordre de 0.2 mm à 1 mm).

Une épaisseur de revêtement uniforme est obtenue sur le fil 50' par les effets combinés de la tension superficielle et la viscosité de la solution de polymère d'une part, et l'énergie de surface du fil d'autre part. L'épaisseur de la couche de polymère mesurée sur le fil 50', à la fin du processus de déposition de la solution

30 de polymère, dépend principalement de la viscosité de la solution de polymère et de la vitesse de défilement du fil 50'. Il est préférable que l'épaisseur soit très fine (par exemple, environ 10 $\mu\text{m}$ ), mais l'épaisseur de la solution dépend de la recette de caoutchouc qui est choisie pour le pneumatique et l'architecture du pneumatique.

En se référant à la figure 4 et aux figures 5 et 6, un fil 50' obtenu à partir de l'installation d'imprégnation 300 est transporté vers l'installation de chauffage 400 pour la réalisation d'un processus de chauffage, comprenant le chauffage du fil 50' et la régulation de sa température. A l'installation de chauffage 400, l'évaporation du solvant est obtenue par la mise en œuvre conjointe d'une augmentation de la température du fil 50' et d'une diminution de pression dans l'espace entourant le fil. Pour évaporer le solvant du fil 50' de faible diamètre (par exemple, environ 0.2 à 1 mm) qui défile à une vitesse rapide (par exemple, d'au moins 5 m/min), le fil est chauffé à l'aide d'un chauffage par induction comme décrit par rapport au système 10. L'installation de chauffage 400 élève la température du fil métallique donc permettant d'atteindre une température suffisante pour évaporer un solvant et augmenter la viscosité de la solution de polymère avant sa polymérisation.

Ce moyen de chauffage permet d'augmenter la température du fil 50 sans contact physique avec lui, ce qui est important en particulier lorsque le fil est, par exemple, recouvert d'un matériau à l'état liquide. C'est la raison pour laquelle le principe de chauffage à induction a été choisi.

En se référant à la figure 4, dans un exemple de fonctionnement du chauffage, le fil 50' est un fil en acier de diamètre 0.35 mm enrobé d'une solution liquide contenant un solvant et un polymère. Dans cet exemple, le fil 50' a été enrobé d'une couche de solution de polymère liquide dans un appareil 300 et se déplace à l'intérieur d'un tube en verre 418 dans lequel un vide partiel a été réalisé. Le fil est chauffé pour vaporiser le solvant contenu dans la solution pour qu'il ne reste à la fin que le polymère à la surface du fil. Le cycle de chauffage est cadencé sur une période de 100 ms. Sur cette période, on peut chauffer de 5 à 95% du temps. Plus le temps de chauffe est long, plus l'énergie injectée dans le fil est grande.

Dès qu'elle quitte la bobine d'induction 412, une section donnée du fil 50' commence à se refroidir, par rayonnement et par convection avec l'atmosphère ambiante. La longueur totale  $L_{412}$  de la bobine d'induction est donc proportionnelle au temps nécessaire pour évaporer complètement le solvant de la couche de polymère déposée à la surface du fil 50' et à sa vitesse d'avancement. La vitesse de défilement doit être constante pour pouvoir mesurer la température. La géométrie du fil 50' doit être constante, c'est-à-dire que le diamètre du fil 50' doit être constant pour une section ronde ou que géométrie de la section soit

identique pour les autres formes. La résistivité électrique et la perméabilité magnétique du fil 50' doivent être stables pour une température donnée.

La mesure de température du fil 50' n'est pas affectée par le revêtement pour autant que ce revêtement ne conduise pas électriquement ni magnétiquement.

5 La mesure de fréquence de résonance combinée à la mesure de résistance de la partie chauffée peut donner une information sur la présence de la partie à chauffer ou de la dégradation du circuit résonnant. La surchauffe du condensateur fait varier la valeur de la capacité. Cette variation se traduit par une variation de fréquence de résonance, cette variation peut être détectée pour prévenir une panne  
10 du circuit de chauffage.

Un ou plusieurs capteurs et/ou types de capteurs peuvent être éventuellement utilisés, y compris, mais sans limitation, les capteurs environnementaux (par exemple, pour détecter les conditions atmosphériques telles que la température, la pression et/ou l'humidité pendant le déroulement du  
15 procédé) et des capteurs de vérification (par exemple, pour détecter une déviation par rapport à une recette prescrite). De cette manière, l'invention permet de traiter une grande variété de fils en fonction du produit à fabriquer.

Au moins certaines des diverses techniques peuvent être mises en œuvre en relation avec un matériel ou un logiciel ou, si cela se justifie, avec une  
20 combinaison des deux. Tel qu'utilisé ici, le terme « méthode » ou « procédé » peut englober une ou plusieurs étapes effectuées au moins par un appareil électronique ou basé sur un ordinateur ayant un processeur servant à exécuter des instructions qui réalisent les étapes.

Les termes « au moins un(e) » et « un(e) ou plusieurs » sont utilisés de  
25 façon interchangeable. Les gammes qui sont présentées comme se situant « entre a et b » englobent les valeurs de « a » et « b ».

Bien que des modes de réalisation particuliers de l'appareil révélé aient été illustrés et décrits, on comprendra que divers changements, additions et  
modifications peuvent être pratiqués sans s'écarter de l'esprit ni de la portée du  
30 présent exposé. Par conséquent, aucune limitation ne devrait être imposée sur la portée de l'invention décrite à l'exception de celles exposées dans les revendications annexées.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de faire un cycle de dépôt de polymère comprenant un processus de chauffage d'un fil (50') en mouvement ayant des propriétés de conducteur électrique, dans lequel le procédé comprend les étapes suivantes :
- 5 déposer une couche d'une solution de polymère sur la surface du fil (50') ;  
chauffer le fil (50') pour élever la température du fil (50') à une température de consigne prédéterminée ; et  
réguler la température du fil (50') à la température de consigne
- 10 prédéterminée pour permettre l'évaporation d'un solvant avant la polymérisation de la solution de polymère.
2. Procédé de la revendication 1, dans lequel les étapes de chauffer le fil (50') et de réguler la température du fil (50') comprennent les étapes suivantes:
- 15 fournir un circuit de chauffage (402) comprenant une bobine d'induction (412) et un condensateur (411) branchés en parallèle et qui constituent un circuit résonnant ;  
alimenter le circuit de chauffage (402) par une tension d'alimentation continue (Ubus);
- 20 mesurer le courant consommé par l'alimentation du circuit de chauffage (402) ;  
calculer la puissance fournie par l'alimentation du circuit de chauffage (402);  
estimer la température du fil (50'); et
- 25 établir une période de régulation afin d'asservir la température du fil (50) à la température de consigne prédéterminée.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la période de régulation est établie toutes les 100ms.
- 30
4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel la puissance correspondante à la mesure du courant consommé par l'alimentation du circuit de chauffage (402) représente la puissance électrique consommée pour chauffer le fil (50').

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, comprenant en outre l'étape de varier un temps de chauffe qui est calculé pendant la période de régulation.

5           6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans lequel la tension d'alimentation continue ( $U_{bus}$ ) est hachée par des transistors électroniques (408) afin de constituer une tension alternative aux bornes de la bobine d'induction (412) et du condensateur (411), et la tension appliquée à la bobine d'induction (412) est sinusoïdale.

10

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, comprenant en outre l'étape d'entraîner le fil (50') à une vitesse constante prédéterminée en passant l'élément par l'intérieur de la bobine d'induction (412).

15           8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant en outre l'étape de réaliser un traitement de surface du fil (50') par plasma avant l'étape de déposer une couche de la solution de polymère sur la surface du fil (50').

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant en  
20 outre l'étape de créer un vide partiel pendant l'étape de chauffer le fil (50').

10. Système (10') de régulation de la température de fils en mouvement qui effectue un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le système comprend :

25           une installation d'imprégnation (300) qui effectue un processus continu de déposition uniforme de la solution de polymère sur la surface du fil (50') ; et  
            une installation de chauffage (400) qui effectue un processus de chauffage comprenant le chauffage du fil (50') et la régulation de sa température.

30           11. Système (10') de la revendication 10, comprenant en outre :  
            une installation de déroulage et réglage (100) qui réalise des processus de déroulage et réglage du fil (50') ;  
            un système d'entraînement (500) qui entraîne le fil (50') à une vitesse constante donnée ; et

une installation de rembobinage et réglage (600) qui réalise un processus de rembobinage et réglage de la tension du fil (50').

12. Système (10') de la revendication 10 ou la revendication 11, comprenant  
5 en outre une installation de traitement par plasma (200) qui effectue un traitement par plasma de surface du fil (50').

13. Un fil (50') formé par un système selon l'une quelconque des revendications 10 à 12.

10

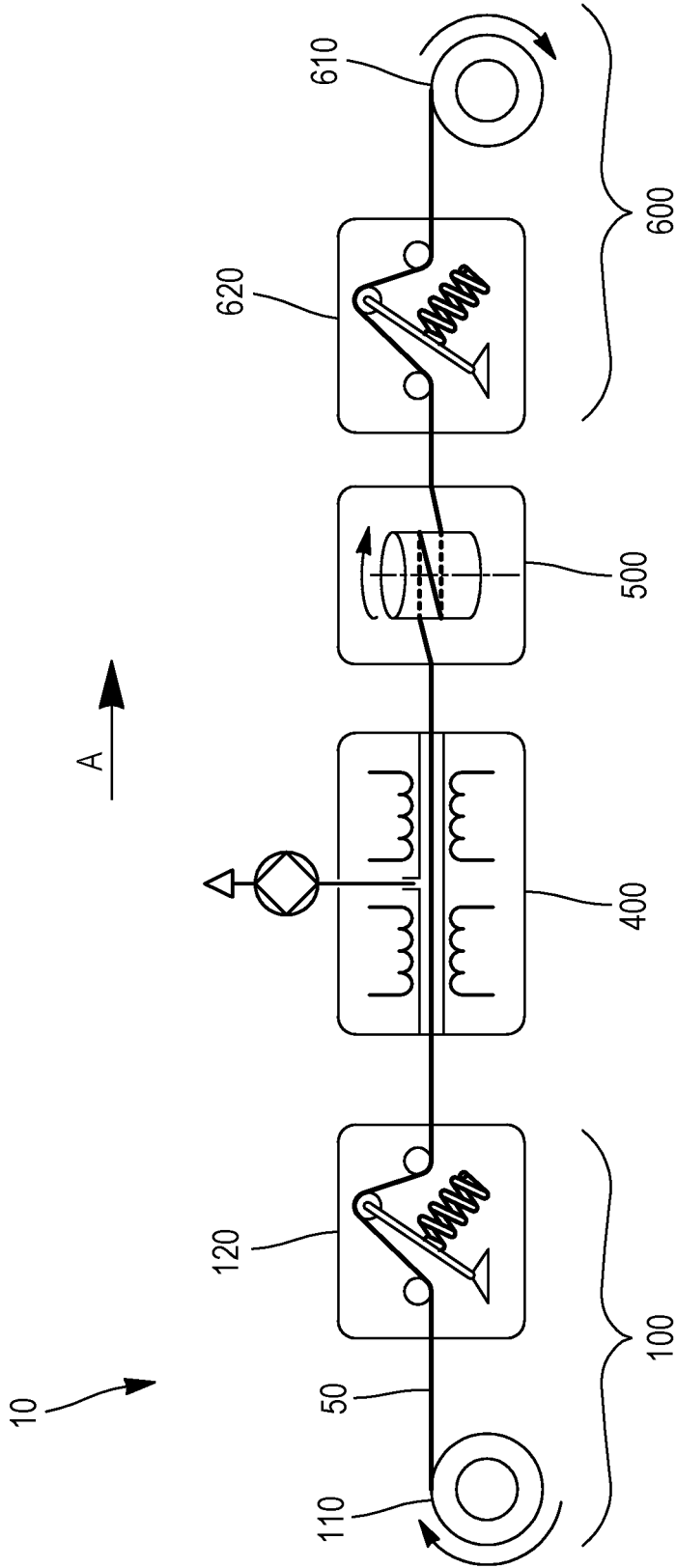


FIG. 1



2 / 5

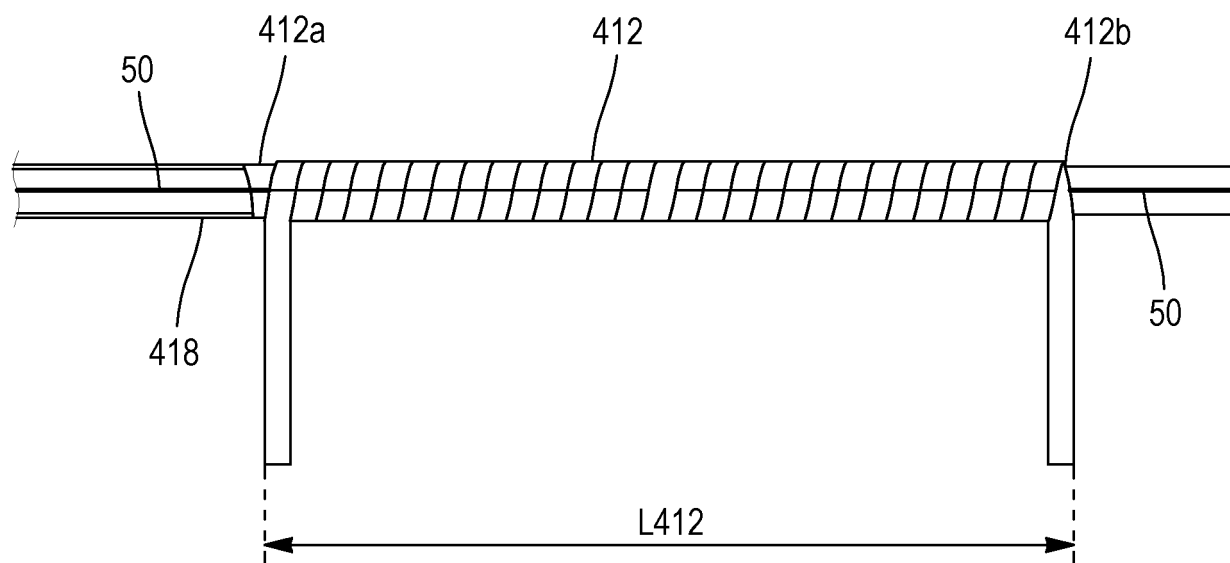


FIG. 2

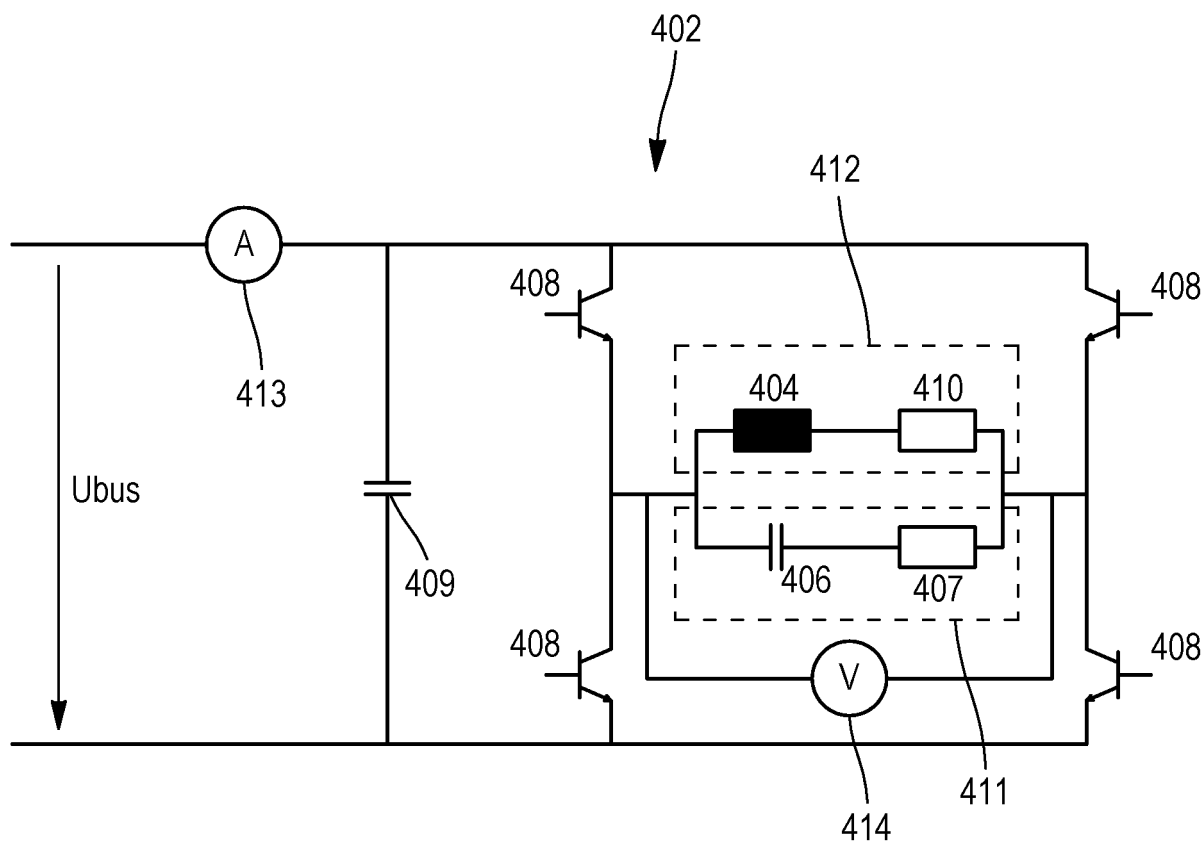


FIG. 3

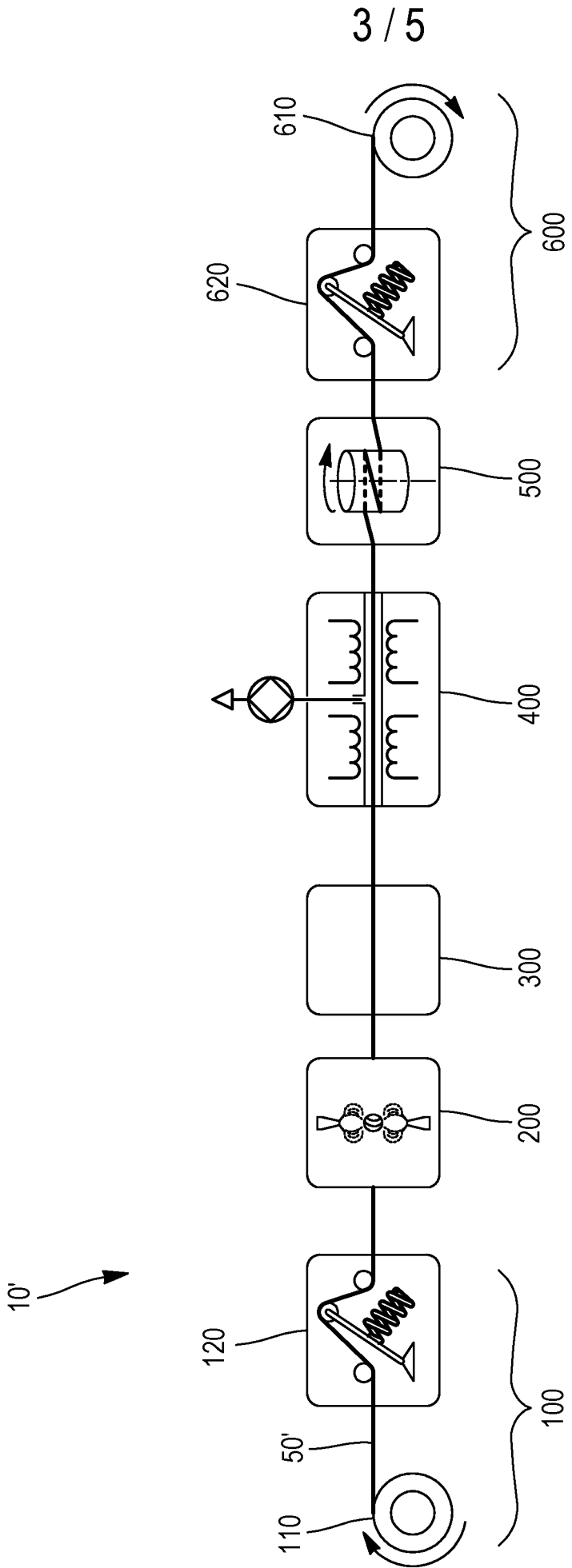


FIG. 4

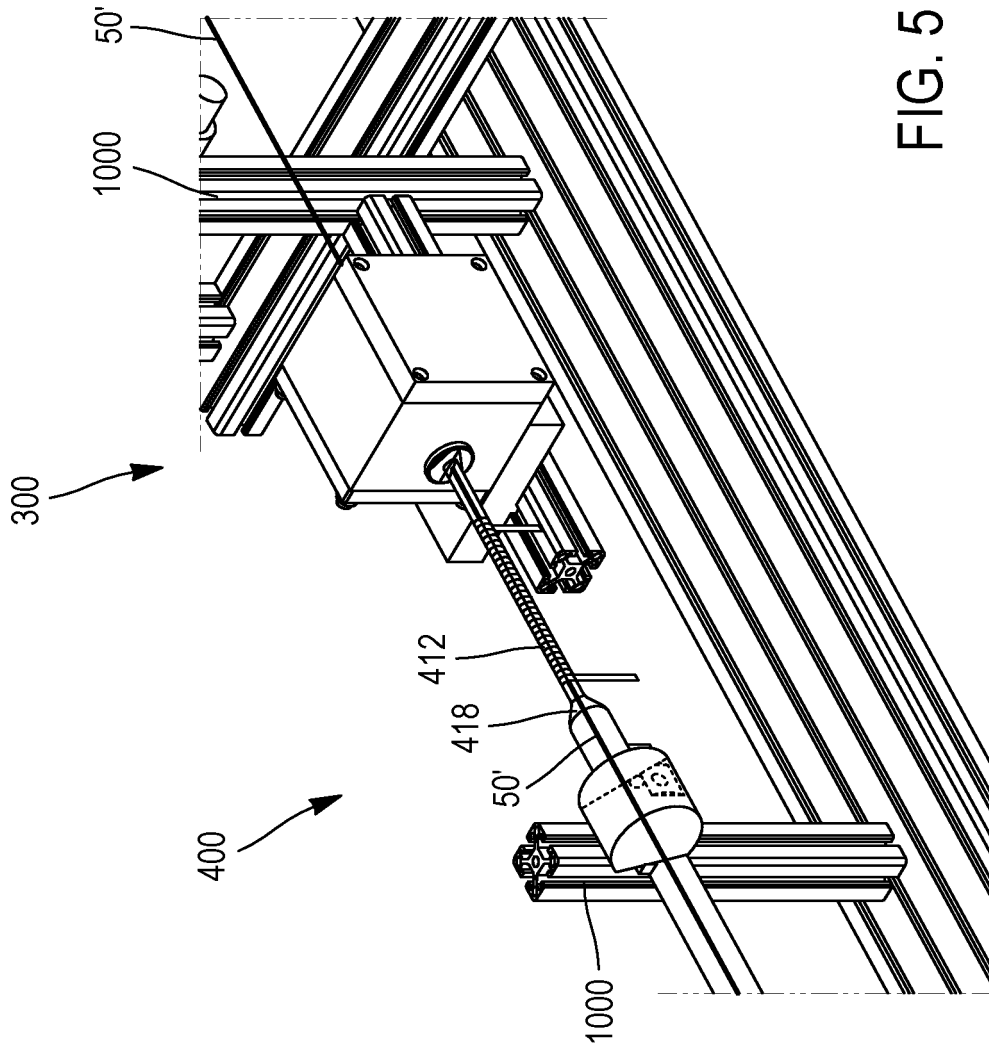


FIG. 5

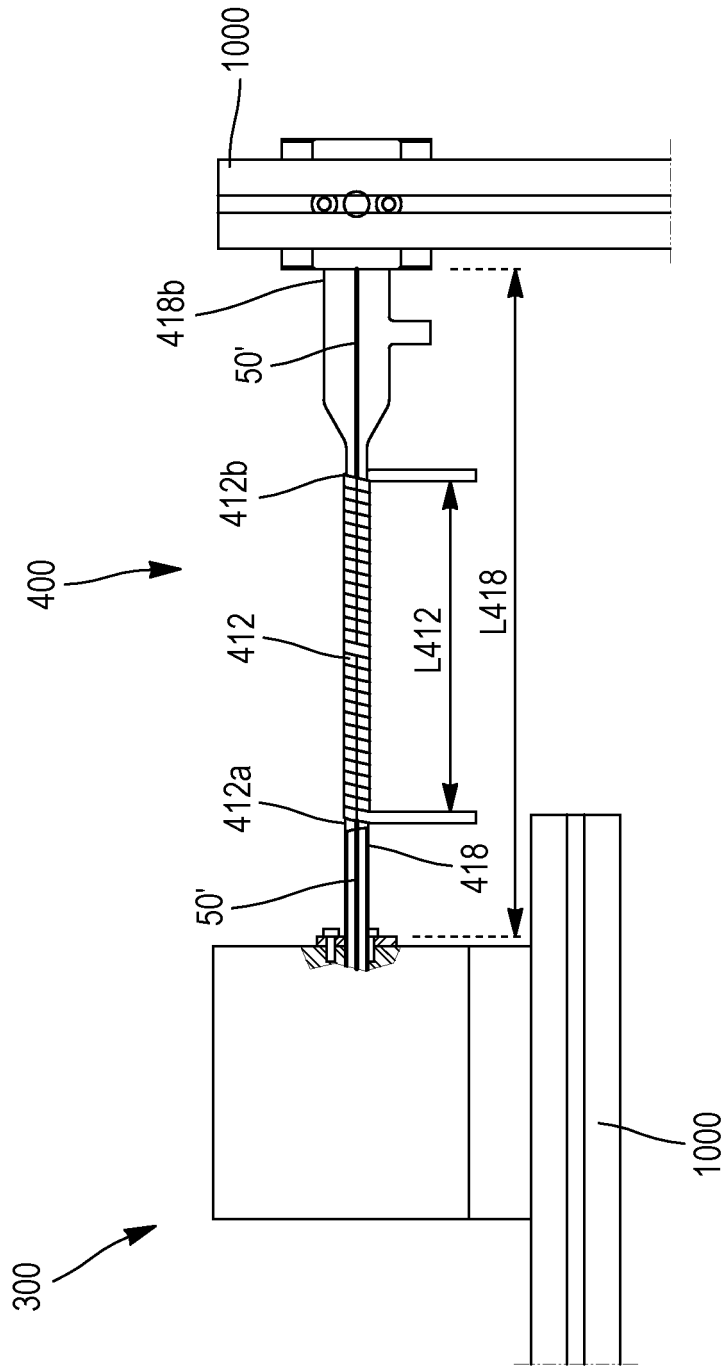


FIG. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 833397  
FR 1661199

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 3 650 798 A (CASE JOHN S ET AL) 21 mars 1972 (1972-03-21)	1,10,11, 13	B05D1/28 B05D7/20 H01B13/16 H01B7/17
Y	* colonne 1, ligne 55 - ligne 70 * * revendications *	2-5,7	
X	DE 10 2013 216415 A1 (MEP OLBO GMBH [DE]) 19 février 2015 (2015-02-19) * alinéas [0040], [0069]; revendications; figures; exemples *	1,8, 11-13	
Y	EP 0 113 704 A1 (SAPHYMO STEL [FR]) 18 juillet 1984 (1984-07-18) * page 1, ligne 13 - ligne 19 * * page 6, ligne 19 - page 7, ligne 29 * * figures; exemples *	2-5,7	
X	US 3 619 231 A (JOHNSON WILLIAM B) 9 novembre 1971 (1971-11-09) * colonne 1, ligne 50 - ligne 75 *	1,10,11, 13	
X	US 5 291 670 A (SURRA RENATO [IT] ET AL) 8 mars 1994 (1994-03-08) * revendications; figures *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	FR 1 276 775 A (THOMSON HOUSTON COMP FRANCAISE) 24 novembre 1961 (1961-11-24) * revendications *	1,10,11, 13	B05D H05B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 juillet 2017		Brothier, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1661199 FA 833397**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-07-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3650798	A	21-03-1972	AUCUN	
-----				
DE 102013216415	A1	19-02-2015	AUCUN	
-----				
EP 0113704	A1	18-07-1984	EP 0113704 A1	18-07-1984
			ES 8407640 A1	16-12-1984
			FR 2539265 A1	13-07-1984
-----				
US 3619231	A	09-11-1971	AUCUN	
-----				
US 5291670	A	08-03-1994	AUCUN	
-----				
FR 1276775	A	24-11-1961	CH 383840 A	31-10-1964
			FR 1276775 A	24-11-1961
			GB 990873 A	05-05-1965
			OA 180 A	15-03-1966
			US 3265033 A	09-08-1966
-----				