(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
27 août 2015 (27.08.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/124653 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C21D 8/06 (2006.01) *C21D 9/573* (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01) *C21D 1/18* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/053456

(22) Date de dépôt international :
19 février 2015 (19.02.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1451379 21 février 2014 (21.02.2014) FR

(71) Déposants : **COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN** [FR/FR]; 12, Cours Sablon, F-63000 Clermont-Ferrand (FR). **MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A.** [CH/CH]; Route Louis Braille 10, CH-1763 Granges-Paccot (CH).

(72) Inventeurs : **MORISOT, Pierre**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **FAUCHEUX, Elisabeth**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **RENAUX, Benoît**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR). **COLIN, Eric**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(74) Mandataire : **DESBORDES, Guillaume**; Manufacture Francaise des Pneumatiques Michelin, Place des Carmes-Déchaux, DGD/PI - F35/Ladoux, F-63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : FACILITY AND METHOD FOR THE HIGH-SPEED HEAT TREATMENT OF A STEEL REINFORCEMENT ELEMENT FOR TYRES

(54) Titre : INSTALLATION ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT THERMIQUE À HAUTE VITESSE D'UN ÉLÉMENT DE RENFORT EN ACIER POUR PNEUMATIQUE

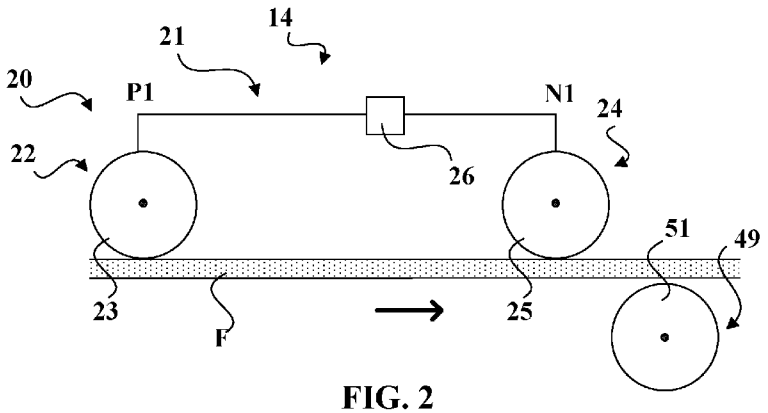


FIG. 2

(57) Abstract : The invention relates to a facility for the heat treatment of a steel reinforcement element (F) for tyres, comprising a device for heating the reinforcement element (F) to a temperature higher than, or equal to, the austenitisation temperature of the steel, comprising means (21) for supplying calories by means of the Joule effect through the reinforcement element (F).

(57) Abrégé : L'installation de traitement thermique d'un élément de renfort (F) en acier pour pneumatique comprend un dispositif de chauffage de l'élément de renfort (F) à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier comprenant des moyens (21) d'apport de calories par effet joule au travers de l'élément de renfort (F).

WO 2015/124653 A1

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

Installation et procédé de traitement thermique à haute vitesse d'un élément de renfort en acier pour pneumatique.

[001] L'invention concerne une installation et un procédé de traitement thermique d'un élément de renfort en acier pour pneumatique.

[002] On connait de l'état de la technique un procédé de fabrication d'un élément de renfort en acier pour pneumatique, par exemple un fil en acier.

[003] Le procédé de fabrication permet de fabriquer, à partir d'un fil, dit fil machine, de diamètre initial compris entre 4,5 et 7,5 mm, un fil utilisable pour le renforcement de nappes du pneumatique de diamètre compris entre 0,08 mm et 0,50 mm.

[004] Tout d'abord, on tréfile, par exemple en milieu sec, le fil machine de microstructure majoritairement perlitique de façon à réduire son diamètre initial vers un diamètre intermédiaire, par exemple égal à 1,3 mm. A l'issue de cette étape de tréfilage, l'acier du fil présente une microstructure comprenant plusieurs phases mélangées.

[005] Puis, on traite thermiquement le fil de diamètre intermédiaire de façon à modifier la microstructure de l'acier. En l'espèce, on régénère la microstructure majoritairement perlitique de l'acier.

[006] Après avoir revêtu le fil de diamètre intermédiaire d'une couche métallique, on tréfile, par exemple en milieu humide, le fil de diamètre intermédiaire revêtu de façon à réduire son diamètre vers un diamètre final, par exemple égal à 0,20 mm.

[007] On connait de US4767472 un procédé de traitement thermique du fil de diamètre intermédiaire comprenant trois étapes et réalisé au moyen d'une installation de traitement thermique.

[008] L'installation de traitement thermique comprend, dans le sens de défilement du fil, des moyens amont de stockage du fil non traité, par exemple des bobines amont, un dispositif de chauffage, un dispositif de refroidissement et des moyens avals de stockage du fil traité, par exemple des bobines avales.

[009] Lors d'une première étape, on augmente la température du fil au-delà de la température d'austénitisation de l'acier pour obtenir une microstructure majoritairement austénitique. A cet effet, l'installation de traitement thermique comprend un dispositif de chauffage du fil comprenant un four à gaz.

[010] Puis, dans une deuxième étape, on abaisse la température du fil pour obtenir une microstructure austénitique métastable au moyen d'un dispositif de refroidissement comprenant un bain d'eau. Le bain comprend de l'eau liquide pure à une température supérieure à 80°C dans lequel on fait défiler le fil.

[011] Dans une troisième étape réalisée en aval du bain, on laisse la température du fil s'abaisser à l'air ambiant ou bien dans un dispositif thermiquement isolé. Lors de cette exposition à l'air ambiant, on transforme la microstructure majoritairement austénitique en une microstructure majoritairement perlitique ou bien on poursuit cette transformation initiée préalablement dans le bain en passant par au travers du domaine de transformation perlitique.

[012] Toutefois, le four à gaz utilisé pour augmenter la température du fil est énergétiquement peu efficace et très énergivore. Ainsi, pour augmenter la température du fil à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier, on fait défiler les fils à une vitesse relativement faible inférieure ou égale à 40 $m.min^{-1}$. En effet, une vitesse de défilement trop rapide conduirait à un chauffage insuffisant et à l'obtention d'une microstructure différente de la microstructure majoritairement austénitique désirée.

[013] L'invention a pour but une installation et un procédé permettant d'obtenir un débit massique unitaire élevé.

[014] A cet effet, l'invention a pour objet une installation de traitement thermique d'un élément de renfort en acier pour pneumatique comprenant un dispositif de chauffage de l'élément de renfort à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier comprenant des moyens d'apport de calories par effet joule au travers de l'élément de renfort.

[015] Les moyens d'apport de calories par effet joule permettent un apport direct de calories à l'élément de renfort au travers de ce dernier. Ainsi, on augmente très rapidement la température ce qui permet d'utiliser une vitesse de défilement élevée et donc d'obtenir un débit massique unitaire élevé. En effet, l'apport de calories par effet joule est extrêmement efficace car réalisé au travers du fil sans convection.

[016] En outre, les moyens d'apport de calories par effet joule entrainent une dépense énergétique relativement faible et contrôlée par rapport à d'autres moyens d'apport de calories, notamment du type à convection tels que les fours à gaz.

[017] Dans la présente description, tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "entre a et b" représente le domaine de valeurs allant de plus de a à moins de b (c'est-à-dire bornes a et b exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "de a à b" signifie le domaine de valeurs allant de a jusqu'à b (c'est-à-dire incluant les bornes strictes a et b).

[018] Dans un mode de réalisation, les moyens d'apport de calories par effet joule comprennent deux bornes électriquement conductrices.

[019] Dans un mode de réalisation, chaque borne électriquement conductrice comprend une poulie rotative électriquement conductrice.

[020] Les poulies rotatives permettent à la fois la conduction électrique ainsi que le passage et le guidage de l'élément de renfort, et ce quelle que soit la vitesse de défilement de ce dernier.

[021] Dans un mode de réalisation, en aval du dispositif de chauffage, un dispositif de refroidissement de l'élément de renfort.

[022] De préférence, le dispositif de refroidissement comprend des moyens d'extraction de calories de l'élément de renfort.

[023] Avantageusement, les moyens d'extraction de calories comprennent :

- une enceinte de défilement de l'élément de renfort contenant une source froide intermédiaire agencée entre l'élément de renfort et une source froide externe,
- une enceinte de circulation de la source froide externe agencée autour de l'enceinte de défilement de l'élément de renfort.

[024] De tels moyens d'extraction sont compatibles avec une vitesse de défilement élevée. En effet, les moyens d'extraction de calories présentent un pouvoir d'extraction calorifique nettement supérieur au bain d'eau utilisé dans l'état de la technique ce qui permet d'augmenter la vitesse de défilement de l'élément de renfort.

[025] De plus, une vitesse élevée dans le bain utilisé dans l'état de la technique conduit à un écoulement turbulent de l'eau au contact du fil et donc à un abaissement insuffisant et mal contrôlé de la température du fil, entrainant alors l'apparition de défauts en surface du fil. En supprimant le bain d'eau, on supprime le problème de l'apparition de l'écoulement turbulent à haute vitesse et donc de l'apparition de défauts en surface de l'élément de renfort.

[026] En outre, les moyens d'extraction sont bien plus sûrs que les bains habituellement utilisés, qu'il s'agisse de bain d'eau, de plomb ou de sels fondus. En effet, l'enceinte de circulation permet d'isoler physiquement l'élément de renfort des opérateurs.

[027] Contrairement aux bains de plombs ou de sels fondus pouvant poser des problèmes environnementaux et de sécurité, les moyens d'extraction sont sûrs et respectueux de l'environnement. De plus, les moyens d'extraction de calories utilisés permettent d'éviter toute étape de nettoyage visant à supprimer le plomb ou les sels fondus recouvrant l'élément de renfort.

[028] De préférence, la source froide intermédiaire comprend un gaz d'échange thermique. Dans un mode de réalisation, le gaz d'échange thermique peut comprendre un ou plusieurs constituants gazeux.

[029] De préférence, la source froide externe comprend un liquide d'échange thermique.

[030] L'invention a pour autre objet un procédé de traitement thermique d'un élément de renfort en acier pour pneumatique comprenant une étape d'augmentation de la température de l'élément de renfort à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation au cours d'au moins une partie de laquelle on apporte des calories à l'élément de renfort par effet joule au travers de l'élément de renfort.

[031] L'invention s'applique à tout type de procédé de traitement thermique nécessitant une hausse de température de l'élément de renfort à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier le constituant. Ainsi, le procédé selon l'invention peut s'appliquer à un procédé de traitement thermique à refroidissement continu (en abrégé « TTRC ») tout comme à un procédé de traitement thermique isotherme (en abrégé « TTI »).

[032] Avantageusement, on fait défiler l'élément de renfort à une vitesse moyenne de défilement strictement supérieure à 40 $m.min^{-1}$, de préférence strictement supérieure à 90 $m.min^{-1}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à 200 $m.min^{-1}$ et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 300 $m.min^{-1}$.

[033] Par vitesse moyenne, il faut comprendre le rapport de la distance parcourue par un point de l'élément de renfort sur le temps mis par ce point pour parcourir cette distance.

[034] Contrairement au procédé décrit dans US4767472 et aux procédés de type TTI nécessitant nécessairement un temps de transformation relativement long, par exemple de l'ordre de plusieurs dizaine de secondes, la transformation dans un procédé de type TTRC peut être relativement courte, par exemple de l'ordre de quelques secondes, ce qui permet d'utiliser des vitesses de défilement élevées dans une installation présentant un encombrement réduit.

[035] Avantageusement, on augmente la température de l'élément de renfort à une vitesse moyenne d'augmentation allant de 100 à 1000°$C.s^{-1}$, de préférence 500 à 950°$C.s^{-1}$ et plus préférentiellement de 700 à 900°$C.s^{-1}$.

[036] De préférence, le procédé comprend une étape d'abaissement de la température de l'élément de renfort par refroidissement continu :

- depuis une température initiale d'un domaine de stabilité initial de l'acier,
- jusqu'à une température finale d'un domaine de stabilité final de l'acier,

l'étape d'abaissement de la température comprenant une transformation de la microstructure de l'acier depuis une microstructure du domaine initial vers une microstructure du domaine final.

[037] Ainsi, le procédé est relativement robuste et simple à piloter. En effet, contrairement au procédé décrit dans US4767472 et à certains procédés de traitement thermique de l'état de la technique, dits à transformation isotherme (en abrégé « TTI » pour traitement thermique isotherme), dans lesquels la transformation de l'acier se déroule à température sensiblement constante, le procédé est ici à refroidissement continu (en abrégé « TTRC » pour traitement thermique à refroidissement continu). On distingue facilement les deux types de procédés, notamment grâce aux diagrammes temps-température utilisés pour les représenter. Un procédé de type TTI utilise un diagramme TTT (temps-température-transformation) et comprend un ou plusieurs changements de vitesse lors de l'étape d'abaissement de la température. Un procédé de type TTRC utilise un diagramme TRC (transformation à refroidissement continu) et présente une vitesse continue lors de l'étape d'abaissement de la température. Ainsi, entre autres caractéristiques d'un procédé de type TTRC, on abaisse la température de l'élément de renfort pendant la transformation de la microstructure de l'acier.

[038] Dans le procédé décrit, une fois la vitesse d'abaissement de la température définie, il est alors relativement aisé de la contrôler compte tenu de sa continuité lors de l'étape d'abaissement de la température.

[039] En outre, contrairement aux procédés de type TTI dans lesquels on apporte un nombre très élevé de calories à l'élément de renfort pour le maintenir à température sensiblement constante lors de la transformation, le procédé du type TTRC, permet de réduire la consommation énergétique du procédé.

[040] Dans un mode de réalisation, la vitesse moyenne d'abaissement de la température pendant la transformation de la microstructure de l'acier est supérieure ou égale à $30°C.s^{-1}$, de préférence à $50°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $70°C.s^{-1}$.

[041] L'utilisation d'une vitesse d'abaissement moyenne trop faible ne permet pas d'effectuer rapidement la transformation de la microstructure de l'acier. Ainsi, on minimise le risque d'obtenir un acier présentant des propriétés mécaniques non désirées.

[042] Dans un mode de réalisation, la vitesse moyenne d'abaissement de la température pendant la transformation de la microstructure de l'acier est inférieure ou égale à $110°C.s^{-1}$, de préférence à $100°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $90°C.s^{-1}$.

[043] L'utilisation d'une vitesse d'abaissement trop élevée présente le risque de conduire à une trempe de l'acier qui selon les propriétés désirées de l'acier, n'est pas souhaitable.

[044] Par vitesse moyenne d'abaissement, on entend le rapport de la différence en degrés Celsius entre la température avant transformation et après transformation sur le temps mis pour effectuer la transformation.

[045] Ainsi, on pourra envisager plusieurs modes de réalisation dans lesquels la vitesse moyenne d'abaissement est comprise dans des intervalles allant de 30°C.s^{-1} à 90°C.s^{-1}, de 30°C.s^{-1} à 100°C.s^{-1}, de 30°C.s^{-1} à 110°C.s^{-1}, de 50°C.s^{-1} à 90°C.s^{-1}, de 50°C.s^{-1} à 100°C.s^{-1}, de 50°C.s^{-1} à 110°C.s^{-1}, de 70°C.s^{-1} à 90°C.s^{-1}, de 70°C.s^{-1} à 100°C.s^{-1} et de 70°C.s^{-1} à 110°C.s^{-1}.

[046] Dans un mode de réalisation, la température initiale est supérieure ou égale à 750°C, de préférence à 800°C et plus préférentiellement à 850°C.

[047] Dans un mode de réalisation, la température finale est inférieure ou égale à 650°C, de préférence à 550°C et plus préférentiellement à 450°C.

[048] Ainsi, on pourra envisager plusieurs modes de réalisation dans lesquels les couples température initiale/température finale sont 750°C/450°C, 750°C/550°C, 750°C/650°C, 800°C/450°C, 800°C/550°C, 800°C/650°C, 850°C/450°C, 850°C/550°C, 850°C/650°C.

[049] Dans un mode de réalisation, la transformation de la microstructure de l'acier a lieu dans un intervalle de température allant de 800°C à 400°C, de préférence de 750°C à 500°C et plus préférentiellement de 750°C à 600°C.

[050] Avantageusement, on abaisse la température de plus de 30°C, de préférence de plus de 50°C, plus préférentiellement de plus de 75°C et encore plus préférentiellement de plus 100°C pendant la transformation de la microstructure de l'acier.

[051] L'expression « de plus de X °C » signifie que la température est abaissée d'une amplitude thermique strictement supérieure à X°C, la valeur de X°C étant donc exclue.

[052] Dans un mode de réalisation, le domaine initial est le domaine de stabilité austénitique de l'acier. Ainsi, l'acier présente préférentiellement une microstructure initiale majoritairement austénitique.

[053] Dans un mode de réalisation, le domaine final est le domaine de stabilité perlitique de l'acier. Ainsi, dans ce domaine de stabilité perlitique, l'acier présente une microstructure finale majoritairement perlitique. L'acier peut également comprendre, en fonction de sa composition et des différents paramètres du procédé, de la bainite

et/ou de la ferrite et/ou de la martensite. Dans le cas où l'une ou plusieurs de ces microstructures sont présentes, la microstructure perlitique est préférentiellement majoritaire.

[054] Par microstructure majoritairement austénitique/perlitique, on entend, de façon connue par l'homme du métier, que l'acier comprend une phase austénitique/perlitique majoritaire par rapport aux autres phases qui composent l'acier. Par phase majoritaire, on entend que l'acier comprend, en masse, un pourcentage supérieur de cette phase par rapport à la somme des pourcentages des autres phases, c'est-à-dire plus de 50%, de préférence plus de 75%, voire plus de 95% et plus préférentiellement plus de 98% en masse de cette phase par rapport à la somme des pourcentages des autres phases.

[055] Avantageusement, l'étape d'abaissement de la température comprend un abaissement de la température de l'élément de renfort dans le domaine de stabilité initial de l'acier.

[056] Avantageusement, l'étape d'abaissement de la température comprend un abaissement de la température de l'élément de renfort dans le domaine de stabilité final de l'acier.

[057] Dans un mode de réalisation, on transforme la microstructure de l'acier par traversée d'au moins un domaine de transformation.

[058] Avantageusement, la température d'entrée dans le domaine de transformation, c'est-à-dire la température délimitant le passage entre le domaine de stabilité initial et le domaine de transformation, est supérieure ou égale à 600°C, de préférence à 650°C et plus préférentiellement à 700°C.

[059] Avantageusement, la température de sortie du domaine de transformation, c'est-à-dire la température délimitant le passage entre le domaine de transformation et le domaine de stabilité final, est supérieure ou égale à 400°C, de préférence à 500°C et plus préférentiellement à 600°C.

[060] Dans un mode de réalisation préféré, le domaine de transformation comprend le domaine de transformation ferritique.

[061] Dans un mode de réalisation préféré, le domaine de transformation comprend le domaine de transformation perlitique.

[062] Dans un mode de réalisation, préalablement à l'étape d'abaissement de la température de l'élément de renfort, le procédé comprend une étape d'augmentation de la température de l'élément de renfort à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier.

[063] En chauffant l'acier au-delà de la température d'austénitisation de l'acier, on obtient une microstructure majoritairement austénitique, voire totalement austénitique.

[064] Optionnellement, on apporte des calories à l'élément de renfort pendant au moins une partie de l'étape d'abaissement de la température de l'élément de renfort.

[065] L'apport de calories à l'élément de renfort permet de piloter l'abaissement de la température de l'élément de renfort et donc d'obtenir la microstructure désirée de l'acier. En particulier, l'apport des calories permet de ne pas abaisser trop rapidement la température ce qui conduirait à la création de phases non désirées dans la microstructure de l'acier.

[066] Contrairement à l'apport de calories d'un procédé de type TTI, l'apport de calories du procédé est relativement faible car il n'a pas pour but de maintenir la température de l'élément de renfort constante.

[067] Selon d'autres caractéristiques optionnelles du procédé :

[068] - L'élément de renfort en acier est un fil d'acier.

[069] - Le fil d'acier présente un diamètre compris allant de 0,5 à 5,5 mm, de préférence de 0,5 à 3 mm et plus préférentiellement de 1 à 2,5 mm.

[070] - L'acier comprend de 0,4 % à 1,2 %, de préférence de 0,4 % à 1 % et plus préférentiellement de 0,4% à 0,8% de carbone en masse.

[071] Un autre objet de l'invention est un élément de renfort en acier susceptible d'être obtenu par un procédé tel que décrit ci-dessus.

[072] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins dans lesquels:

- la figure 1 est un schéma d'une installation de traitement thermique selon un premier mode de réalisation de l'invention pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention;
- la figure 2 est un schéma d'un dispositif de chauffage de l'installation de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma d'un dispositif de maintien en température de l'installation de la figure 1 ;
- la figure 4 est un schéma d'un dispositif de refroidissement de l'installation de la figure 1;
- la figure 5 est une vue en coupe selon V-V du dispositif de refroidissement de la figure 4 ;

– la figure 6 est un diagramme illustrant différentes étapes d'un procédé de fabrication d'un élément de renfort comprenant des étapes d'un procédé de traitement thermique selon l'invention;

– la figure 7 est un diagramme temps-température TRC illustrant le procédé de traitement thermique de la figure 6; et

– la figure 8 est un schéma d'une installation de traitement thermique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

[073] EXEMPLE D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT THERMIQUE SELON L'INVENTION POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE SELON L'INVENTION

[074] On a représenté sur la figure 1 un premier mode de réalisation d'une installation de traitement thermique d'un élément de renfort pour pneumatique, désignée par la référence générale 10.

[075] L'installation de traitement 10 est apte à traiter des éléments de renfort F en acier, ici des fils d'acier. Les fils d'aciers F présentent un diamètre allant de 0,5 à 5,5 mm, de préférence de 0,7 à 3 mm et plus préférentiellement de 1 à 2,5 mm.

[076] L'installation 10 comprend, dans le sens du défilement de l'élément F dans l'installation 10, d'amont en aval, des moyens 12 de stockage amont de l'élément F, un dispositif 14 de chauffage de l'élément F, un dispositif 15 de maintien en température de l'élément F, un dispositif 16 de refroidissement de l'élément F et des moyens 18 de stockage avals de l'élément F traité thermiquement.

[077] Les moyens amont 12 et aval 18 de stockage comprennent chacun une bobine de stockage de l'élément F permettant respectivement de dérouler et d'enrouler l'élément F. Dans les moyens de stockage amont 12, l'élément F est alors relié au potentiel P0.

[078] On a représenté sur la figure 2 le dispositif de chauffage 14. Le dispositif 14 permet de chauffer l'élément F à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier.

[079] Le dispositif de chauffage 14 comprend des moyens 20 d'apport de calories vers l'élément F. Les moyens d'apport de calories 20 comprennent des moyens d'apport de calories 21 par effet joule au travers de l'élément F. Ces moyens d'apport de calories 21 comprennent deux bornes 22, 24 électriquement conductrices alimentées par une source de courant, ici un transformateur 26. Chaque borne 22, 24 est respectivement reliée à la phase P1 et au neutre N1. En l'espèce, chaque borne 22, 24 comprend respectivement une poulie 23, 25 rotative électriquement

conductrice. Chaque borne 22, 24 est agencée de sorte que chaque poulie 23, 25 est au contact de l'élément F lors du fonctionnement de l'installation 10.

[080] On a représenté sur la figure 3 le dispositif 15 de maintien en température. Le dispositif 15 est agencé entre le dispositif de chauffage 14 et le dispositif de refroidissement 16 et permet de maintenir la température de l'élément F à une température supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier.

[081] Le dispositif de maintien 15 comprend des moyens 31 d'apport de calories vers l'élément F. Les moyens d'apport de calories 31 comprennent des moyens d'apport de calories 33 par effet joule au travers de l'élément F. Ces moyens d'apport de calories 31 comprennent deux bornes 35, 37 électriquement conductrices alimentées par une source de courant, ici un transformateur 39. Chaque borne 35, 37 est respectivement reliée à la phase P2 et au neutre N2. En l'espèce, chaque borne 35, 37 comprend respectivement une poulie 41, 43 rotative électriquement conductrice. Chaque borne 35, 37 est agencée de sorte que chaque poulie 41, 43 est au contact de l'élément F lors du fonctionnement de l'installation 10.

[082] L'installation 10 comprend également des moyens 49 de sollicitation de l'élément F contre les bornes 24, 35 et plus précisément au contact des poulies 25, 41. Les moyens de sollicitation 49 comprennent ici une poulie rotative 51.

[083] On a représenté sur les figures 4 et 5 le dispositif de refroidissement 16.

[084] Le dispositif de refroidissement 16 comprend des moyens 30 d'apport de calories à l'élément F et des moyens 32 d'extraction de calories de l'élément F vers au moins une source froide, ici deux sources froides. La ou les sources froides sont distinctes de l'air ambiant.

[085] Les moyens d'apport de calories 30 comprennent des moyens d'apport de calories 34 par effet joule au travers de l'élément F. Les moyens d'apport de calories 34 comprennent deux bornes 36, 38 électriquement conductrices disposées respectivement en amont et en aval d'une entrée 40 et d'une sortie 42 de l'élément F du dispositif de refroidissement 16. Chaque borne 36, 38 est respectivement reliée à la phase P3 et au neutre N3, le neutre N3 étant au même potentiel que la terre T. Chaque borne 36, 38 comprend respectivement une poulie rotative 53, 55 électriquement conductrice. Les moyens d'apport de calories 34 comprennent également une source de courant, ici un transformateur 44, alimentant les deux bornes 36, 38. Chaque borne 36, 38 est agencée de sorte que chaque poulie 53, 55 est contact de l'élément F lors du fonctionnement de l'installation 10.

[086] L'installation 10 comprend également des moyens 61 de sollicitation de l'élément F contre les bornes 37, 36 et plus précisément au contact des poulies 43, 53. Les moyens de sollicitation 61 comprennent ici une poulie rotative 63.

[087] Les moyens d'extraction de calories 32 sont du type à échange par convection entre l'élément F et la ou les sources froides.

[088] Les moyens d'extraction de calories 32 comprennent une enceinte 46 de défilement de l'élément F. L'enceinte de défilement 46 forme une chemise et présente une forme générale à symétrie axiale par rapport à l'axe X de défilement de l'élément F, en l'espèce à section générale circulaire. L'enceinte de défilement 46 contient une source froide intermédiaire 48. L'échange de chaleur entre l'élément F et la source froide intermédiaire 48 se fait par convection, ici par convection forcée en raison de la circulation de la source froide intermédiaire 48 dans l'enceinte de défilement 46 d'amont en aval dans le sens de défilement de l'élément F. En variante, la source froide est dépourvue de convection forcée. Par exemple, la source froide intermédiaire 48 comprend un gaz 50 d'échange thermique. De préférence, le gaz 50 est sélectionné parmi les gaz réducteurs, les gaz neutres et les mélanges de ces gaz. Plus préférentiellement, le gaz 50 est un gaz réducteur, ici du dihydrogène H_2. En variante, le gaz 50 comprend plusieurs constituants gazeux, par exemple un mélange H_2+N_2. Dans une autre variante, le gaz 50 est du nitrogène N_2.

[089] Les moyens d'extraction de calories 32 comprennent également une enceinte 52 de circulation d'une source froide externe 54. L'enceinte de circulation 52 forme une chemise et présente une forme générale à symétrie axiale par rapport à l'axe X de défilement de l'élément F, en l'espèce à section générale circulaire. L'enceinte de circulation 52 est radialement externe par rapport à l'enceinte de défilement 46 et agencée autour de cette dernière. La source froide intermédiaire 48 est agencée entre l'élément F et la source froide externe 54. L'échange de chaleur entre la source froide intermédiaire 48 et la source froide externe 54 se fait par convection, ici par convection forcée en raison de la circulation de la source froide externe 54 dans l'enceinte de circulation 52, d'aval en amont dans le sens de défilement de l'élément F.

[090] Par exemple, la source froide externe 54 comprend un liquide 56 d'échange thermique, ici de l'eau.

[091] Les moyens d'apport de calories 30 et d'extraction de calories 32 sont agencés de sorte que la température de l'élément F à la sortie 42 est strictement inférieure à la température de l'élément F à l'entrée 40.

[092] EXEMPLE DE PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE SELON L'INVENTION

[093] Nous allons maintenant décrire un exemple de procédé de traitement thermique de l'élément de renfort en acier F pour pneumatique en référence aux figures 6 et 7 dans le cadre d'un procédé de fabrication de l'élément F.

[094] L'acier comprend par exemple de 0,4 % à 1,2 %, de préférence de 0,4 % à 1 % et plus préférentiellement de 0,4 % à 0,8 % de carbone en masse. L'acier peut également comprendre des éléments d'addition spécifiques tels que Cr, Ni, Co, V, ou divers autres éléments connus (voir par exemple *Research Disclosure* 34984 – *"Micro-alloyed steel cord constructions for tyres"* - mai 1993 ; *Research Disclosure* 34054 – *"High tensile strength steel cord constructions for tyres "* – août 1992). En l'espèce, on utilise un acier classique à 0,7% de carbone.

[095] Préalablement au procédé de traitement thermique, on tréfile, par exemple, en milieu sec, l'élément F de façon à réduire son diamètre initial égal à 5,5 mm vers un diamètre intermédiaire, ici égal à 1,3 mm dans une étape 100. A l'issue de cette étape de tréfilage 100, l'acier de l'élément F présente une microstructure comprenant plusieurs phases mélangées.

[096] On met alors en œuvre le procédé de traitement thermique dans lequel on traite thermiquement l'élément F de diamètre intermédiaire de façon à modifier la microstructure de l'acier. En l'espèce, on régénère la microstructure majoritairement perlitique.

[097] Le procédé de traitement thermique comprend une étape 200 d'augmentation de la température de l'élément F depuis une température T0 jusqu'à une température T1 supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier. Comme illustré sur la figure 7, cette étape dure de t0 jusqu'à t1 et est mise en œuvre grâce au dispositif de chauffage 14.

[098] Au cours d'au moins une partie de cette étape 200, on apporte des calories à l'élément F par effet joule au travers de l'élément F. Chaque borne 22, 24 est au contact de l'élément F lors de cette étape 200.

[099] On augmente la température de l'élément F depuis T0 jusqu'à T1 à une vitesse moyenne d'augmentation allant de 100 à 1000°C.s^{-1}, de préférence 500 à 950°C.s^{-1} et plus préférentiellement de 700 à 900°C.s^{-1}. Ici, la vitesse d'augmentation est égale à 836°C.s^{-1}.

[0100] De préférence, T0 est inférieure ou égale à 100°C et plus préférentiellement à 50°C. Ici, T0=20°C. De préférence, T1 est supérieure ou égale à 850°C et plus préférentiellement à 900°C. Ici, T1=975°C.

[0101] Le procédé comprend une étape 202 de maintien de la température de l'élément F à une température supérieure ou égale à la température T1. Comme illustré sur la figure 7, cette étape 202 dure de t1 à t2 et est mise en œuvre grâce au dispositif de maintien de la température 15.

[0102] En variante, le procédé peut ne pas comprendre d'étape 202 de maintien de la température de l'acier à la température d'austénitisation de l'acier. Ainsi, on pourra envisager un procédé sans étape de maintien en température, c'est-à-dire dans lequel on effectue consécutivement les étapes d'augmentation de la température de l'élément F depuis une température T0 jusqu'à une température T1 supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier et d'abaissement de la température décrite ci-dessous. Dans cette variante, l'installation 10 ne comprend pas de dispositif 15 agencé entre le dispositif de chauffage 14 et le dispositif de refroidissement 16.

[0103] Puis, l'élément F arrive à l'entrée 40 des moyens d'extraction de calories 32 du dispositif 16 au temps t2. Le procédé comprend alors une étape 204 d'abaissement de la température de l'élément F par refroidissement continu depuis une température initiale T2 jusqu'à une température finale T3. Comme illustré sur la figure 7, cette étape 204 dure de t2 à t3 et est mise en œuvre grâce au dispositif de refroidissement 16.

[0104] Pour abaisser la température depuis T2 jusqu'à T3, on extrait des calories de l'élément F par convection thermique au contact de la source froide intermédiaire 48, dans l'exemple grâce aux moyens d'extraction de calories 32.

[0105] On abaisse la température depuis T2 jusqu'à T3 à une vitesse moyenne d'abaissement supérieure ou égale à $30°C.s^{-1}$, de préférence à $50°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $70°C.s^{-1}$. Dans ce mode de réalisation préféré, la vitesse d'abaissement est inférieure ou égale à $110°C.s^{-1}$, de préférence à $100°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $90°C.s^{-1}$.

[0106] Dans l'exemple décrit, T2 est supérieure ou égale à 750°C, de préférence à 800°C et plus préférentiellement à 850°C. Ici, T2=T1=975°C.

[0107] Dans l'exemple décrit, T3 est inférieure ou égale à 650°C, de préférence à 550°C et plus préférentiellement à 450°C. Ici T3=400°C.

[0108] De préférence, on apporte des calories à l'élément F pendant au moins une partie de l'étape d'abaissement 204, dans l'exemple grâce aux moyens d'apport de calories 34 par effet joule au travers de l'élément F qui est alors au contact des bornes 36, 38.

[0109] L'étape 204 d'abaissement de la température est postérieure à l'étape 202 de maintien de la température qui est elle-même postérieure à l'étape 200

d'augmentation de la température.

[0110] On fait défiler l'élément F à une vitesse moyenne de défilement de préférence strictement supérieure à 40 $m.min^{-1}$, de préférence strictement supérieure à 90 $m.min^{-1}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à 200 $m.min^{-1}$ et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 300 $m.min^{-1}$. Ici, la vitesse de défilement est égale à 315 $m.min^{-1}$.

[0111] La température d'entrée de l'eau est comprise entre 20°C et 40°C, et ici sensiblement égale à 15°C. La température d'entrée du gaz est sensiblement égale à 20°C.

[0112] L'élément F arrive alors à la sortie 42 des moyens d'extraction de calories 32 du dispositif 16 au temps t3. L'élément F obtenu par le procédé présente dans cet exemple une résistance à la rupture Rm égale à 1150 MPa.

[0113] Postérieurement au procédé de traitement thermique, dans une étape 300, on revêt l'élément F de diamètre intermédiaire traité thermiquement d'une couche métallique, par exemple d'une couche de laiton.

[0114] Puis, dans une étape 400, on tréfile, par exemple, en milieu humide l'élément F de diamètre intermédiaire traité thermiquement revêtu de façon à réduire son diamètre vers un diamètre final, par exemple égal à 0,23 mm.

[0115] On pourra utiliser l'élément F ainsi obtenu en tant que fil unitaire pour le renforcement de nappes de pneumatique ou bien pour la fabrication d'un câble à couches ou bien d'un câble à toron pour le renforcement de nappes de pneumatique.

[0116] On a illustré le procédé de traitement thermique sur la figure 7 par une courbe C représentant la variation de la température de l'élément F en fonction du temps. Nous allons décrire l'étape d'abaissement 204 en référence à la figure 7.

[0117] La température initiale T2 appartient à un domaine de stabilité initial de l'acier, ici le domaine de stabilité austénitique I dans lequel l'acier présente une microstructure majoritairement austénitique.

[0118] La température finale T3 appartient à un domaine de stabilité final de l'acier, ici le domaine de stabilité perlitique IV dans lequel l'acier présente une microstructure majoritairement perlitique.

[0119] L'étape d'abaissement 204 comprend un abaissement de la température de l'élément F dans le domaine de stabilité initial, ici dans le domaine de stabilité austénitique. Cet abaissement est illustré par la partie C1 de la courbe C entre les points (t2, T2) et (t2', T2').

[0120] Puis, l'étape d'abaissement 204 comprend une transformation de la microstructure de l'acier depuis la microstructure du domaine initial, ici austénitique, vers une microstructure du domaine final, ici perlitique. On transforme la microstructure de l'acier par traversée d'au moins un domaine de transformation. En l'espèce, on traverse successivement les domaines de transformation ferritique II (partie C2 de la courbe C) et perlitique III (partie C3 de la courbe C) entre les points (t2', T2') et (t3', T3').

[0121] Cette transformation de la microstructure de l'acier a lieu dans un intervalle de températures [T2', T3'] allant de 800°C à 400°C, de préférence de 750°C à 500°C et plus préférentiellement de 750°C à 600°C. La température T2' d'entrée dans le domaine de transformation ferritique II, c'est-à-dire la température délimitant le passage entre le domaine de stabilité initial I et le domaine de transformation ferritique II, est supérieure ou égale à 600°C, de préférence à 650°C et plus préférentiellement à 700°C. La température T3' de sortie du domaine de transformation perlitique III, c'est-à-dire la température délimitant le passage entre le domaine de transformation perlitique III et le domaine de stabilité final IV, est supérieure ou égale à 400°C, de préférence à 500°C et plus préférentiellement à 600°C. En l'espèce, T2'=710°C et T3'=600°C

[0122] Pendant cette transformation de la microstructure de l'acier, on abaisse la température de l'élément F, simultanément en extrayant des calories de l'élément F par convection thermique au contact de la source froide intermédiaire 48 et en apportant des calories à l'élément F par effet joule au travers de l'élément F. Afin d'abaisser la température de l'élément F, on extrait plus de calories que l'on en apporte.

[0123] Pendant cette transformation de la microstructure de l'acier, on abaisse la température de l'élément F par exemple de plus de 30°C, de préférence de plus de 50°C, plus préférentiellement de plus de 75°C et encore plus préférentiellement de plus de 100°C. En l'espèce, on abaisse la température de 123°C.

[0124] Pendant cette transformation, la vitesse moyenne d'abaissement de la température est supérieure ou égale à $30°C.s^{-1}$, de préférence à $50°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $70°C.s^{-1}$.

[0125] Pendant cette transformation, la vitesse moyenne d'abaissement de la température est inférieure ou égale à $110°C.s^{-1}$, de préférence à $100°C.s^{-1}$ et plus préférentiellement à $90°C.s^{-1}$.

[0126] En l'espèce, la vitesse moyenne d'abaissement de la température est égale à $86°C.s^{-1}$.

[0127] Ensuite, l'étape d'abaissement 204 comprend un abaissement de la température de l'élément F dans le domaine de stabilité final, ici le domaine de stabilité perlitique. Cet abaissement est illustré par la partie C4 de la courbe C entre les points (t3', T3') et (t3, T3).

[0128] On notera que le procédé décrit est à refroidissement continu. Ainsi, comme illustré sur le diagramme TRC de la figure 7, il n'y a pas de variation brutale de la vitesse de refroidissement de l'élément F entre les températures T2 et T3. En outre, la transformation a intégralement lieu entre l'entrée 40 et la sortie 42 du dispositif de refroidissement 16. En d'autres termes, l'élément F quitte le domaine de stabilité initial en aval de l'entrée 40 et en amont de la sortie 42 et atteint le domaine de stabilité final en aval de l'entrée 40 et en amont de la sortie 42.

[0129] En transformant la microstructure de l'acier entre l'entrée 40 et la sortie 42 du dispositif de refroidissement 16, on limite, voire on évite la formation d'oxydes en surface de l'acier contrairement à un traitement thermique ayant lieu en totalité ou en partie en milieu oxydant, par exemple à l'air ambiant.

[0130] L'homme du métier est capable de distinguer les microstructures austénique, perlitique, bainitique, ferritique et martensitique précédemment décrites, notamment par observation microscopique sur des moyens connus, par exemple un microscope à balayage électronique (MEB) ou Diffraction d'électrons rétrodiffusés (EBSD). Cette observation pourra, de façon connue, être précédée d'une attaque chimique.

[0131] Les caractéristiques relatives au fonctionnement de l'installation 14, telles que l'intensité du courant dans les dispositifs 14 et 16, la température des sources froides intermédiaire 48 et externe 54, le débit de la source froide externe 54 sont notamment fonction de la taille de l'élément F, de son diamètre dans le cas d'un fil, et de la vitesse de défilement de l'élément F. Les valeurs de ces caractéristiques sont à la portée de l'homme du métier qui pourra les déterminer par essais successifs ou bien par calcul.

[0132] On a représenté sur la figure 8 un deuxième mode de réalisation d'une installation de traitement thermique d'élément de renfort pour pneumatique. Les éléments analogues à ceux représentés dans le premier mode de réalisation sont désignés par des références identiques.

[0133] A la différence du premier mode de réalisation, l'installation selon le deuxième mode de réalisation comprend plusieurs dispositifs de refroidissement 16 agencés en série en aval du dispositif de chauffage 14.

[0134] Les dispositifs de refroidissement 16 sont reliés entre eux par des conduits 58 de circulation de l'élément F. Ces conduits permettent également la circulation de la

source froide intermédiaire 48. Les dispositifs de refroidissement 16 sont également reliés entre eux par des conduits 60 de circulation de la source froide externe 54.

[0135] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits.

[0136] On pourra notamment envisager de traiter thermiquement simultanément plusieurs éléments de renfort dans un même dispositif de refroidissement. Ainsi, plusieurs éléments de renfort peuvent défiler dans les moyens d'extraction de calories ce qui permet d'augmenter davantage le débit massique total sans augmenter l'encombrement de l'installation de traitement thermique.

[0137] On pourra également envisager de superposer plusieurs installations de traitement thermique les unes au-dessus des autres afin de réduire l'encombrement au sol.

[0138] L'élément de renfort pourra être différent d'un fil, notamment différent d'un fil à section circulaire.

[0139] On pourra mettre en œuvre le procédé de traitement thermique selon l'invention dans le cadre d'un procédé de fabrication différent de celui précédemment décrit. En particulier, on pourra utiliser un procédé de fabrication comprenant deux étapes de tréfilage en milieu sec ou deux étapes de tréfilage en milieu humide.

[0140] On pourra également combiner les caractéristiques des différents modes de réalisation décrits ou envisagés ci-dessus sous réserve que celles-ci soient compatibles entre elles.

[0141] On notera la grande facilité d'exploitation du procédé ainsi que l'encombrement réduit de l'installation décrits ci-dessus contrairement aux procédé et installation de US4767472 dans lequel la valeur relativement faible de la vitesse de défilement de l'installation est compensée par le traitement simultané de plusieurs dizaines de fils qui permet d'obtenir un débit massique total élevé en dépit d'un débit massique par fil, c'est-à-dire un débit massique unitaire, faible. Toutefois, dans US4767472, lorsque les bobines amont de stockage sont vides, il est nécessaire d'abouter l'extrémité de chaque fil à un autre fil provenant d'une bobine pleine. Il est donc nécessaire d'effectuer autant d'aboutage qu'il y a de fils, ce qui rend l'exploitation de l'installation de traitement thermique de US4767472 relativement complexe et fastidieuse. En outre, il est nécessaire de disposer d'autant de bobines qu'il y a de fils ce qui rend l'installation de traitement thermique de US4767472 relativement encombrante.

REVENDICATIONS

1. Installation de traitement thermique d'un élément de renfort (F) en acier pour pneumatique, **caractérisé en ce qu**'elle comprend un dispositif de chauffage (14) de l'élément de renfort (F) à une température (T1) supérieure ou égale à la température d'austénitisation de l'acier comprenant des moyens (21) d'apport de calories par effet joule au travers de l'élément de renfort (F).

2. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle les moyens (21) d'apport de calories par effet joule comprennent deux bornes (22, 24) électriquement conductrices.

3. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle chaque borne électriquement conductrice (22, 24) comprend une poulie (23, 25) rotative électriquement conductrice.

4. Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, en aval du dispositif (14) de chauffage, un dispositif (16) de refroidissement de l'élément de renfort (F).

5. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle le dispositif (16) de refroidissement comprend des moyens (32) d'extraction de calories de l'élément de renfort (F).

6. Installation selon la revendication précédente, dans laquelle les moyens (32) d'extraction de calories comprennent :

- une enceinte (46) de défilement de l'élément de renfort (F) contenant une source froide intermédiaire (48) agencée entre l'élément de renfort (F) et une source froide externe (54),
- une enceinte (52) de circulation de la source froide externe (54) agencée autour de l'enceinte de défilement (46) de l'élément de renfort (F).

7. Installation selon la revendication 6, dans lequel la source froide intermédiaire (48) comprend un gaz (50) d'échange thermique.

8. Installation selon la revendication 6 ou 7, dans lequel la source froide externe (54) comprend un liquide (56) d'échange thermique.

9. Procédé de traitement thermique d'un élément de renfort (F) en acier pour pneumatique, **caractérisé en ce qu**'il comprend une étape (200) d'augmentation de la température de l'élément de renfort (F) à une température (T1) supérieure ou égale à la température d'austénitisation au cours d'au moins une partie de laquelle on apporte des calories à l'élément de renfort (F) par effet joule au travers de l'élément de renfort (F).

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel on fait défiler l'élément de renfort (F) à une vitesse moyenne de défilement strictement supérieure à 40 $m.min^{-1}$, de préférence strictement supérieure à 90 $m.min^{-1}$, plus préférentiellement supérieure ou égale à 200 $m.min^{-1}$ et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 300 $m.min^{-1}$.

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, dans lequel on augmente la température de l'élément de renfort (F) à une vitesse moyenne d'augmentation allant de 100 à 1000°$C.s^{-1}$, de préférence 500 à 950°$C.s^{-1}$ et plus préférentiellement de 700 à 900°$C.s^{-1}$.

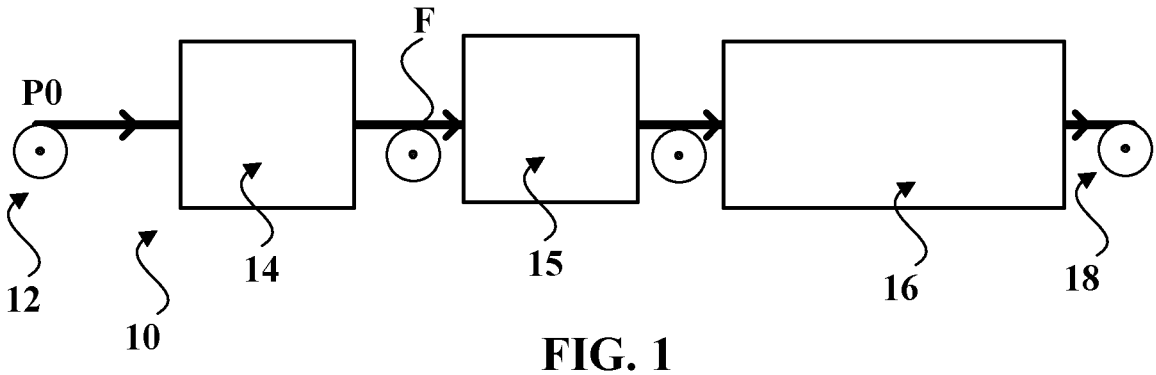


FIG. 1

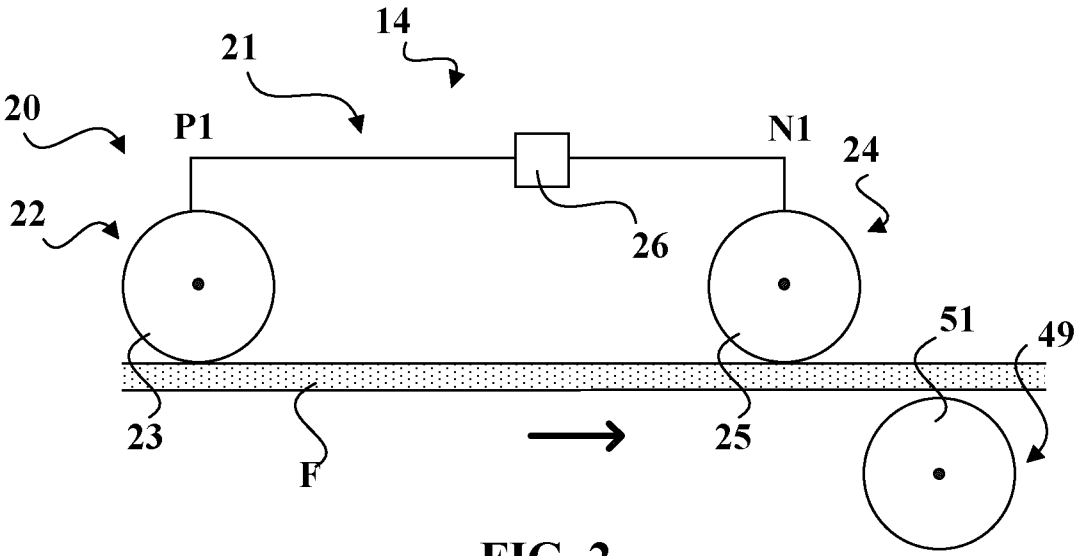


FIG. 2

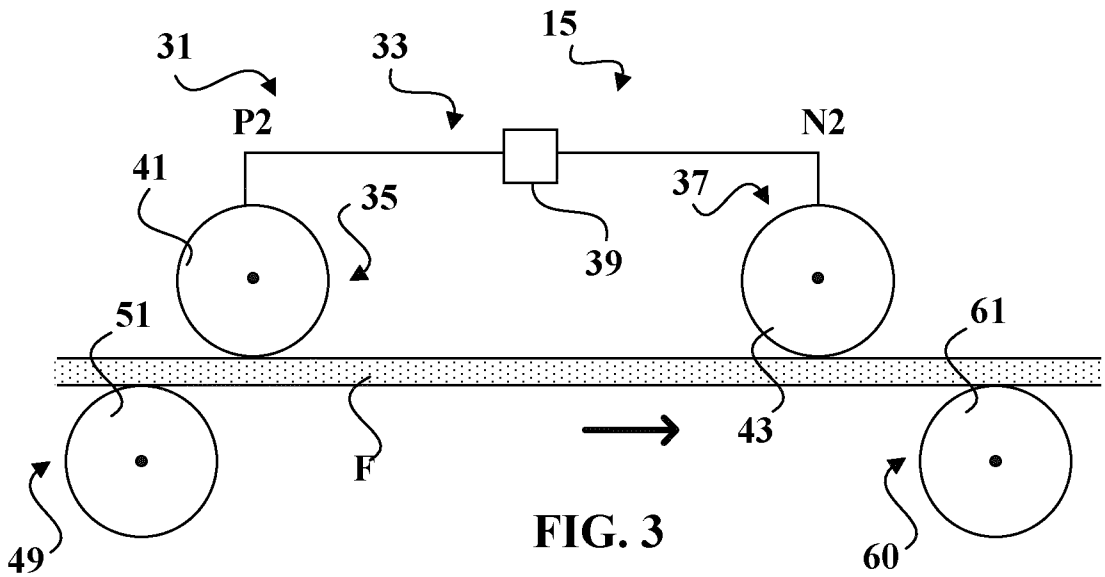


FIG. 3

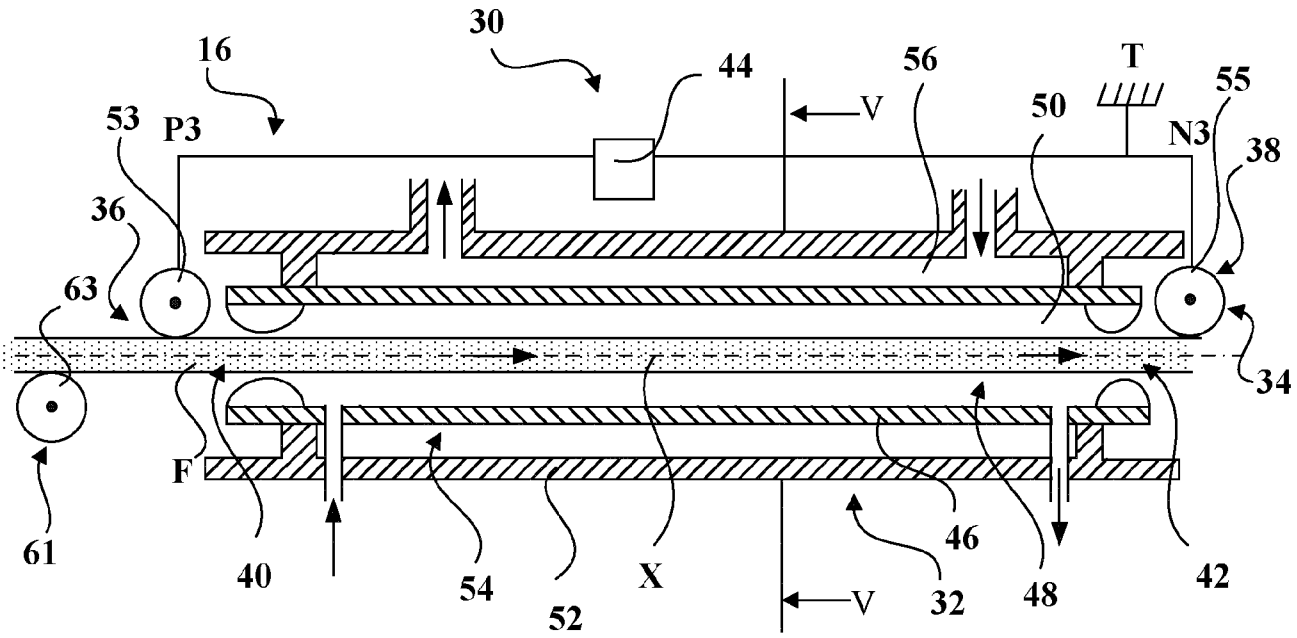


FIG. 4

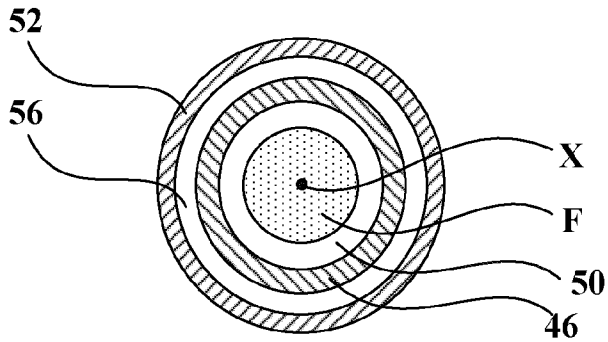


FIG. 5

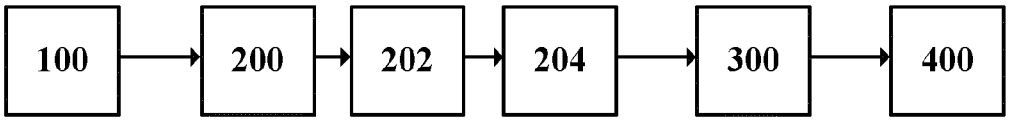


FIG. 6

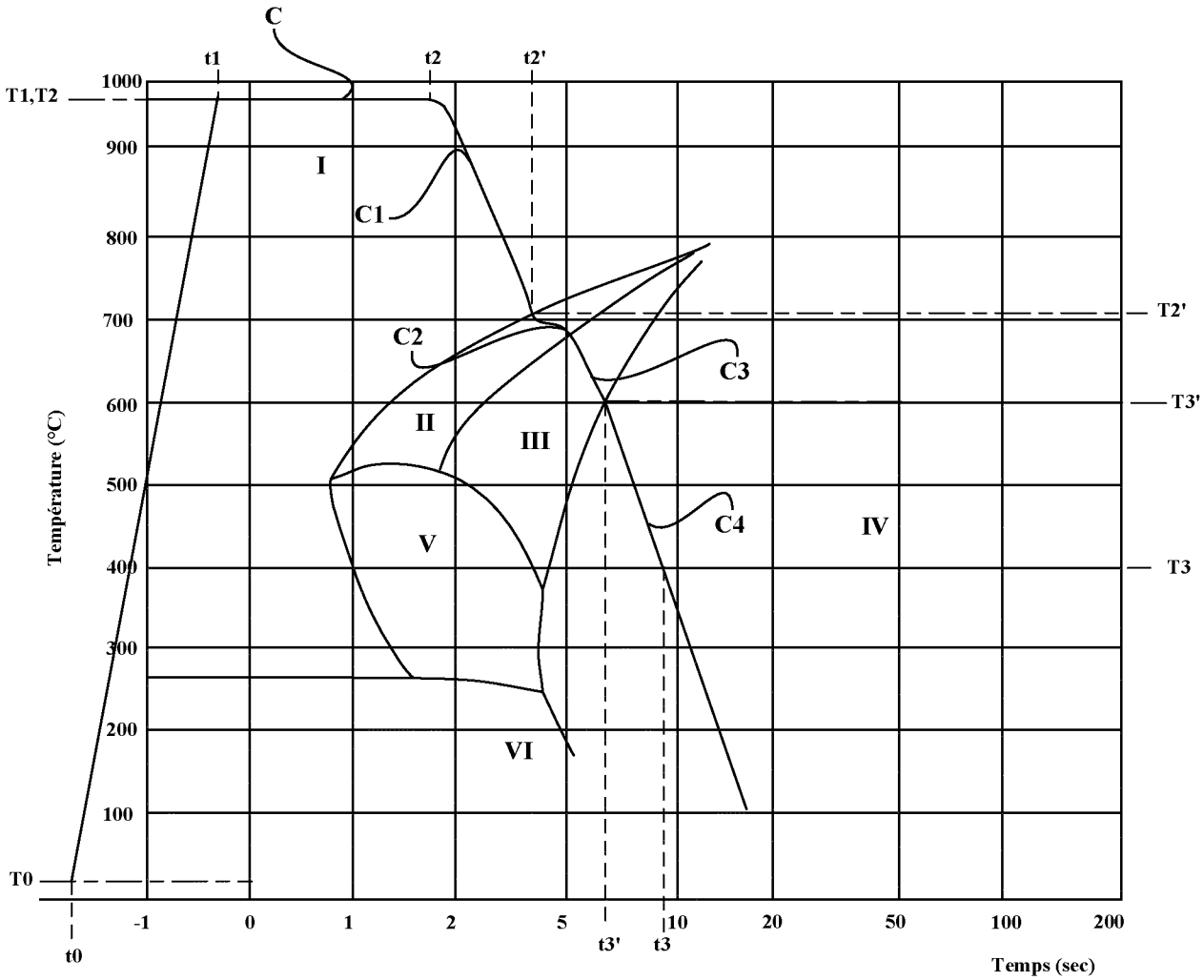

C
t1
t2
t2'
T1,T2
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
T0
I
C1
C2
C3
C4
II
III
IV
V
VI
T2'
T3'
T3
Température (°C)
-1
0
1
2
5
10
20
50
100
200
t0
t3'
t3
Temps (sec)

FIG. 7

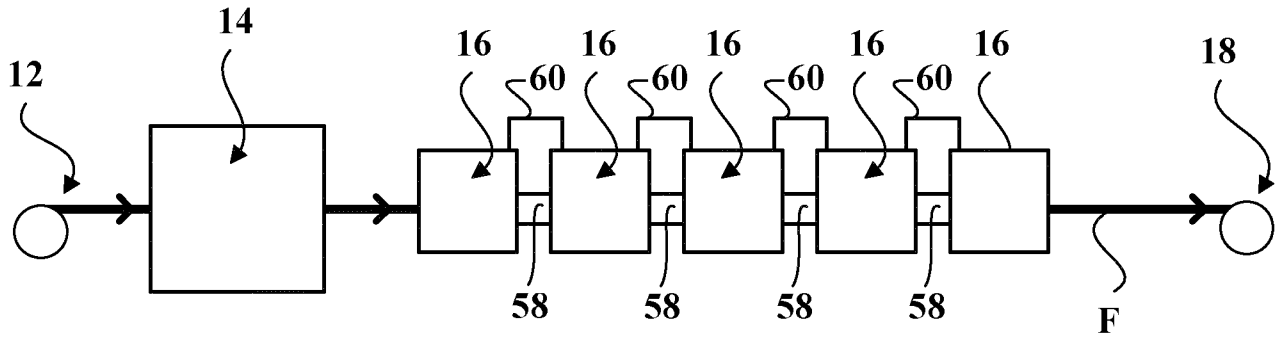

12
14
16
60
18
58
F

FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/053456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C21D8/06 C21D9/52 C21D9/573 C21D1/18
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 410 300 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 30 January 1991 (1991-01-30)	1,2,4-9
Y	page 3 - page 5; figure 2; examples 2,22	10
Y	FR 2 324 745 A1 (SIDERURGIE FSE INST RECH [FR]) 15 April 1977 (1977-04-15) page 3; figure 1	10
A	LU 69 039 A1 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES) 22 February 1974 (1974-02-22) page 4 - page 5; figure 1; example 5	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 May 2015	01/06/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Huber, Gerrit

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/053456

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0410300 A1	30-01-1991	AT 106457 T	15-06-1994
		AU 636631 B2	06-05-1993
		AU 5977790 A	31-01-1991
		BR 9003639 A	27-08-1991
		CA 2022046 A1	27-01-1991
		CN 1049868 A	13-03-1991
		DE 69009328 D1	07-07-1994
		DE 69009328 T2	29-09-1994
		EP 0410300 A1	30-01-1991
		ES 2054172 T3	01-08-1994
		FR 2650296 A1	01-02-1991
		IE 71219 B1	12-02-1997
		JP H0361332 A	18-03-1991
		OA 9219 A	30-06-1992
		US 5423924 A	13-06-1995
		US 5433420 A	18-07-1995
		ZA 9005557 A	27-05-1992
FR 2324745 A1	15-04-1977	NONE	
LU 69039 A1	22-02-1974	BE 793305 A1	16-04-1973
		LU 69039 A1	22-02-1974

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2015/053456

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C21D8/06 C21D9/52 C21D9/573 C21D1/18
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 410 300 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 30 janvier 1991 (1991-01-30)	1,2,4-9
Y	page 3 - page 5; figure 2; exemples 2,22	10

Y	FR 2 324 745 A1 (SIDERURGIE FSE INST RECH [FR]) 15 avril 1977 (1977-04-15) page 3; figure 1	10

A	LU 69 039 A1 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES) 22 février 1974 (1974-02-22) page 4 - page 5; figure 1; exemple 5	1-11

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
19 mai 2015	01/06/2015

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Huber, Gerrit

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2015/053456

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0410300 A1	30-01-1991	AT 106457 T	15-06-1994
		AU 636631 B2	06-05-1993
		AU 5977790 A	31-01-1991
		BR 9003639 A	27-08-1991
		CA 2022046 A1	27-01-1991
		CN 1049868 A	13-03-1991
		DE 69009328 D1	07-07-1994
		DE 69009328 T2	29-09-1994
		EP 0410300 A1	30-01-1991
		ES 2054172 T3	01-08-1994
		FR 2650296 A1	01-02-1991
		IE 71219 B1	12-02-1997
		JP H0361332 A	18-03-1991
		OA 9219 A	30-06-1992
		US 5423924 A	13-06-1995
		US 5433420 A	18-07-1995
		ZA 9005557 A	27-05-1992
FR 2324745 A1	15-04-1977	AUCUN	
LU 69039 A1	22-02-1974	BE 793305 A1	16-04-1973
		LU 69039 A1	22-02-1974