

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 149 539

21 N° d'enregistrement national : 23 05798

51 Int Cl⁸ : B 29 D 30/30 (2023.01), G 01 B 11/14, G 06 V 10/40

12

DEMANDE DE CERTIFICAT D'UTILITE

A3

22 Date de dépôt : 08.06.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.12.24 Bulletin 24/50.

56 Les certificats d'utilité ne sont pas soumis à la procédure de rapport de recherche.

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.

72 Inventeur(s) : AUGER Nicolas et PONCHON François.

73 Titulaire(s) : COMPAGNIE GENERALE DES ETABLISSEMENTS MICHELIN Société en commandite par actions.

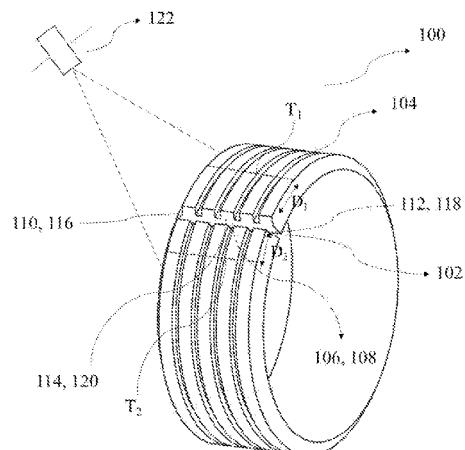
74 Mandataire(s) : MANUFACTURE FRANCAISE DES PNEUMATIQUES MICHELIN.

54 Système d'inspection permettant de contrôler des extrémités de jonction d'un produit en feuille.

57 Système d'inspection permettant de contrôler des extrémités de jonction d'un produit en feuille

L'invention concerne un système d'inspection 100 permettant de contrôler une distance entre des extrémités de jonction 102 d'un produit en feuille 104 présentant des paramètres de longueur, de largeur et d'épaisseur prédéterminés. Une unité de marquage imprime des marques transversales (T1, T2) sur une première extrémité 106 et une seconde extrémité 108 à une distance prédéterminée (D1, D2) de premières parties de bord (110, 116), de secondes parties de bord (112, 118) et de parties centrales (114, 120). Une unité de détection acquiert des images formées de pixels associés à la distance entre les marques transversales (T1, T2). Une unité de traitement applique un maillage géométrique sur des surfaces du produit en feuille 104 représentant des nœuds identifiant la première extrémité 106, la seconde extrémité 108, les premières parties de bord (110, 116), les secondes parties de bord (112, 118) et les parties centrales (114, 120). Une jonction est définie sur la base de distances calculées (C1, C2, C3, C4) entre des points nodaux (T1.1, T1.2, T1.3, T1.4) sur la marque transversale T1 et des points nodaux (T2.1, T2.2, T2.3, T2.4) sur la marque transversale T2.

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



FR 3 149 539 - A3



Description

Titre de l'invention : Système d'inspection permettant de contrôler des extrémités de jonction d'un produit en feuille

Domaine technique

[0001] L'invention concerne un système d'inspection permettant de contrôler des extrémités de jonction d'un produit en feuille et, en particulier, de contrôler une distance entre les extrémités de jonction du produit en feuille afin d'identifier des défauts de jonction en association avec des caractéristiques de matériau.

Contexte

[0002] Il existe plusieurs moyens connus dans l'état actuel de la technique pour contrôler des extrémités de jonction d'un produit en feuille, par exemple, en mesurant le caoutchouc disponible entre les extrémités d'une bande de roulement avant de joindre les extrémités. Le caoutchouc disponible définit un écart, un chevauchement ou une jonction parfaite entre les extrémités. Le contrôle peut également être effectué en mesurant des différences de hauteur en épaisseur entre des extrémités de jonction de la bande de roulement afin d'éviter une jonction décalée. Par conséquent, pour une jonction parfaite de la bande de roulement, il est important d'avoir des extrémités symétriques avec des caractéristiques géométriques comprenant une concordance d'épaisseur, de largeur et de profil afin d'éviter des écarts, des chevauchements ou des décalages entre les extrémités de la bande de roulement.

[0003] Lors de la fabrication de pneumatiques, la caractérisation de la géométrie des produits caoutchouteux (tels que la bande de roulement dans un état cru ou non vulcanisé) peut poser des difficultés. En effet, ses propriétés plastiques à l'état cru ne permettent pas facilement de prédire les caractéristiques du matériau en fonction des caractéristiques géométriques précises. La difficulté d'une caractérisation précise des extrémités de jonction découle de la déformation plastique et irrégulière des extrémités lors de la découpe. Cette caractérisation diffère également d'une taille de pneumatique à une autre étant donné que le profil de la bande de roulement (notamment son épaisseur et sa largeur) varie considérablement. Il est, de ce fait, difficile d'automatiser la caractérisation de la jonction avec les défauts d'écart, de chevauchement et de décalage. Par conséquent, la caractérisation de l'expansion ou de la compression de la bande de roulement autour de la région de jonction est essentielle pour mesurer l'écart ou le chevauchement de défauts de décalage. L'expansion ou la compression du caoutchouc à l'état cru résulte principalement de propriétés de mélange comprenant le temps d'élaboration pour préparer un mélange, de facteurs environnementaux comprenant la température et l'humidité, et de diverses étapes de traitement mécanique

au cours de la définition de la forme de la bande de roulement.

[0004] Des marques transversales ou des incisions de marquage sont parfois ajoutées sur des extrémités de jonction de la bande de roulement afin de déterminer si la jonction est acceptable une fois que la bande a été enroulée sur un tambour de confection de pneumatique (voir, par exemple, US10913229, JP4537624 et KR10-0746109). En outre, la détection d'une position précise de la bande de roulement peut être effectuée avant la jonction des extrémités en utilisant des capteurs de position sur une surface circulaire extérieure d'un tambour de confection de pneumatique (voir, par exemple, US2017/0074645).

[0005] Selon la présente invention, la conformité d'une jonction est améliorée au moyen d'un système d'inspection qui contrôle une distance entre les marques transversales et les extrémités de jonction d'une bande de roulement en tenant compte de propriétés de matériau, notamment l'expansion et la compression du caoutchouc dans un état cru (c'est-à-dire non vulcanisé). La variation de ces propriétés de matériau, en particulier dans un état plastique en raison de déformations irrégulières, est détectée à l'aide d'un système de vision artificielle employant des réseaux de neurones et/ou des outils d'intelligence artificielle.

Résumé de l'invention

[0006] L'invention concerne un système d'inspection permettant de contrôler une distance entre des extrémités de jonction d'un produit en feuille présentant un profil défini par des paramètres d'une longueur prédéterminée, d'une largeur prédéterminée et d'une épaisseur prédéterminée, les extrémités de jonction incluant une première extrémité, une seconde extrémité, des premières parties de bord, des secondes parties de bord et des parties centrales définissant des surfaces d'extrémité des extrémités de jonction le long d'un axe longitudinal, le système d'inspection comprenant :

[0007] - au moins une unité de marquage configurée pour imprimer des marques transversales (T_1 , T_2) sur la première extrémité et la seconde extrémité à une distance prédéterminée (D_1 , D_2) des premières parties de bord, des secondes parties de bord et des parties centrales ;

[0008] - au moins une unité de détection configurée pour acquérir une ou plusieurs images afin d'identifier les marques transversales (T_1 , T_2) sur le produit en feuille, les images étant formées de pixels associés à la distance des marques transversales (T_1 , T_2) relativement aux premières parties de bord, aux secondes parties de bord et aux parties centrales ;

[0009] - au moins une unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation configurés pour traiter les images du produit en feuille avec un maillage géométrique permettant de définir un ou plusieurs points

nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 sur la première extrémité et un ou plusieurs points nodaux ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$, $E_{1,3}$, $E_{1,4}$) sur la première partie de bord, la seconde partie de bord et la partie centrale de la première extrémité ;

- [0010] - au moins une unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation configurés avec un maillage géométrique permettant de définir un ou plusieurs points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 sur la seconde extrémité et un ou plusieurs points nodaux ($E_{2,1}$, $E_{2,2}$, $E_{2,3}$, $E_{2,4}$) sur la première partie de bord, la seconde partie de bord et la partie centrale de la seconde extrémité ; et
- [0011] - l'unité de traitement étant configurée pour définir une jonction sur la base de distances calculées (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité.
- [0012] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, la jonction définie est une jonction parfaite (P) sans défauts, si les distances calculées (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité sont égales à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [0013] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut d'écart (G), si les distances calculées (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité sont supérieures à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [0014] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut de chevauchement (O), si les distances calculées (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité sont inférieures à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [0015] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut de décalage (J), si les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$, $E_{1,3}$, $E_{1,4}$) sur les parties de bord de la première extrémité ne sont pas alignés avec les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 et les points nodaux ($E_{2,1}$, $E_{2,2}$, $E_{2,3}$, $E_{2,4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité.
- [0016] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, la jonction définie est

une jonction imparfaite en raison d'une combinaison d'au moins un des défauts d'écart (G), des défauts de chevauchement (O), de la jonction parfaite (P) ou des défauts de décalage (J).

[0017] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, l'unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation est entraînée pour prédire une qualité de jonctions ultérieures ou anticiper des défauts sur la base de défauts identifiés comprenant au moins l'un de défauts d'écart (G), de défauts de chevauchement (O), de défauts de décalage (J) ou la jonction parfaite (P).

[0018] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images mettant en œuvre un ou plusieurs modèles de transformation définis comme détection d'objets sous forme de points basée sur l'architecture de réseau de neurones CenterNet.

[0019] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images mettant en œuvre un ou plusieurs modèles de transformation comprenant un encodeur-décodeur configuré pour adapter les images acquises à une résolution inférieure ou supérieure.

[0020] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images configuré pour appliquer une correction géométrique afin de compenser une non-planéité d'une région de mesure.

[0021] Dans certains modes de réalisation du système d'inspection, un capteur de distance est placé à un niveau de l'unité de détection pour mesurer une distance entre l'unité de détection et la surface du produit en feuille afin de convertir une aire de pixel en distance avec une adaptation à la variation de diamètre des surfaces du produit en feuille.

Brève description des dessins

[0022] La nature et les divers avantages de l'invention deviendront plus apparents à la lecture de la description détaillée suivante en association avec les dessins joints, dans lesquels les mêmes références numériques dénotent des parties identiques dans tous les dessins, et dans lesquels :

[0023] La [Fig.1] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'un système d'inspection, selon la présente invention.

[0024] La [Fig.2] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction parfaite, selon la présente invention.

[0025] La [Fig.3] représente une vue en perspective d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans un état de jonction parfaite de la [Fig.2], selon la présente invention.

[0026] La [Fig.4] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'un défaut d'écart, selon la présente

invention.

- [0027] La [Fig.5] représente une vue en perspective d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'un défaut d'écart de la [Fig.4], selon la présente invention.
- [0028] La [Fig.6] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'un défaut de chevauchement, selon la présente invention.
- [0029] La [Fig.7] représente une vue en perspective d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'un défaut de chevauchement de la [Fig.6], selon la présente invention.
- [0030] La [Fig.8] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'une combinaison de défaut d'écart, de défaut de chevauchement et de jonction parfaite, selon la présente invention.
- [0031] La [Fig.9] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'extrémités de jonction dans une jonction imparfaite en raison d'un défaut de décalage, selon la présente invention.
- [0032] La [Fig.10] représente une vue schématique d'un mode de réalisation d'un pneumatique servant à illustrer une correction géométrique afin de compenser une non-planéité d'une région de mesure, selon la présente invention.

Description détaillée

- [0033] La présente invention concerne un système d'inspection qui contrôle une distance entre des extrémités de jonction d'une bande de roulement. Le système d'inspection est propre à contrôler divers profils de produits présentant différentes épaisseurs et largeurs, tout en tenant compte de propriétés de matériau comprenant l'expansion et la compression du caoutchouc, découlant en particulier de propriétés plastiques ou de déformations irrégulières du caoutchouc à l'état cru ou non vulcanisé. Les propriétés plastiques du caoutchouc à l'état cru ne permettent pas facilement de prédire les caractéristiques de matériau en prenant en considération uniquement la géométrie des extrémités de jonction ou uniquement le profil de la bande de roulement. L'expansion ou la compression du caoutchouc à l'état cru résulte principalement de propriétés de mélange comprenant le temps d'élaboration pour préparer un mélange, de facteurs environnementaux (comprenant la température et l'humidité), et de diverses étapes de traitement mécanique au cours de la définition de la forme de la bande de roulement. Ceci diffère également d'une taille de pneumatique à une autre étant donné que le profil de la bande de roulement (notamment son épaisseur et sa largeur) varie considérablement au cours de la production. Dans plusieurs exemples, le produit en feuille peut être une bande de roulement d'un pneumatique, des chenilles en caoutchouc, ou

des produits en feuille de nature similaire. Dans le cadre de la présente invention, le produit en feuille peut être appelé bande de roulement, toutefois on comprendra que l'invention ne se limite pas aux bandes de roulement d'un pneumatique. Le procédé d'inspection de l'invention permet de joindre des extrémités de bande de roulement de manière efficace et avec une qualité satisfaisante.

[0034] Le système d'inspection divulgué contrôle deux extrémités de jonction d'une bande de roulement formant une bande de roulement jointe. Généralement, les bandes de roulement sont des parties longitudinales d'une surface de roulement destinée à être appliquée à une carcasse de pneumatique, la bande de roulement présentant une longueur prédéterminée, une largeur prédéterminée et une épaisseur prédéterminée. La bande de roulement peut comprendre une bande de roulement dotée d'un motif de bande de roulement sur une face de la bande de roulement venant en contact avec le sol. Le motif de bande de roulement peut comprendre n'importe quelles caractéristiques de bande de roulement connues, comprenant par exemple des pavés et/ou des nervures séparés par des rainures et/ou des lamelles. Les extrémités de jonction d'une bande de roulement unique peuvent être jointes pour former une bande de roulement continue. À titre d'exemple supplémentaire, des bandes de roulement séparées (c.à.d., des segments, des sections ou des longueurs de bande de roulement) peuvent être jointes pour former une seule bande de roulement d'un seul tenant comprenant de multiples segments joints de bande de roulement. Bien que la présente invention concerne une bande de roulement à l'état cru, il pourrait également être possible de l'appliquer à une bande de roulement qui serait au moins partiellement vulcanisée.

[0035] Chaque extrémité de jonction de la bande de roulement comprend une surface d'extrémité (ou « surface d'extrémité de jonction ») qui forme l'extrémité de la bande de roulement. La surface d'extrémité de jonction comprend une surface en section transversale de la bande de roulement s'étendant latéralement sur la largeur de la bande de roulement et présentant une hauteur qui s'étend sur l'épaisseur de la bande de roulement. La surface d'extrémité de jonction peut s'étendre sur la largeur de la bande de roulement dans une direction normale à la direction longitudinale de la bande de roulement ou à un quelconque autre angle oblique par rapport à la direction longitudinale. En outre, la surface d'extrémité de jonction peut s'étendre latéralement suivant un trajet linéaire ou non linéaire. De même, la hauteur de la surface d'extrémité de jonction peut s'étendre sur l'épaisseur de la bande de roulement dans une direction quelconque, y compris par exemple une direction normale à la direction longitudinale de la bande de roulement, et suivant un quelconque trajet linéaire ou non linéaire. Étant donné que la bande de roulement peut comprendre un motif de bande de roulement s'étendant dans l'épaisseur de la bande de roulement, la surface d'extrémité de la bande de roulement peut comprendre des vides disposés dans l'épaisseur de la bande de

roulement et disposés vers l'intérieur par rapport à un profil extérieur en section transversale.

[0036] L'emplacement longitudinal où est formée l'extrémité de jonction le long de chaque partie de bande de roulement est choisi pour donner une extrémité de jonction présentant un profil qui concorde généralement avec le profil de l'autre extrémité de jonction à laquelle elle va être jointe. Par exemple, il est possible de sélectionner et de former, ou de réaliser autrement, des extrémités de jonction qui concordent de façon générale (c.à.d. que leurs sections transversales, leurs profils et/ou leurs périmètres concordent de façon générale). Ceci donne une jonction de bande de roulement qui est cohérente avec des parties ou détails adjacents de la bande de roulement jointe, et avec le motif d'ensemble de bande de roulement de la bande de roulement jointe. Autrement dit, en formant les extrémités de jonction de telle sorte qu'elles concordent de façon générale, la bande de roulement jointe ou assemblée peut comprendre un motif de bande de roulement qui n'est pas sensiblement perturbé au niveau de la jonction où les détails de bande de roulement d'extrémités de jonction opposées sont généralement alignés par rapport à une hauteur (c.à.d. une épaisseur) et à une largeur de la bande de roulement.

[0037] L'agencement des extrémités de jonction donne une bande de roulement jointe ou assemblée dans laquelle les parties jointes de bande de roulement s'étendent généralement dans la même direction longitudinale, qui peut s'étendre linéairement comme un ruban de bande de roulement ou de manière annulaire sous la forme de la bande de roulement. En variante, la détermination de l'emplacement, le long d'une quelconque longueur de bande de roulement, où former l'extrémité de jonction, peut être sélectionné non seulement pour concorder généralement avec l'extrémité de jonction de la bande de roulement à joindre, mais également pour sélectionner un emplacement permettant à la bande de roulement de se raccorder correctement.

[0038] En se référant à la [Fig.1], un système d'inspection 100 selon la présente invention est représenté. Le système d'inspection 100 permet de contrôler une distance entre des extrémités de jonction 102 d'une bande de roulement 104. Les extrémités de jonction 102 de la bande de roulement 104 comprennent une première extrémité 106 et une seconde extrémité 108 de paramètres de profil prédéterminés comprenant, sans s'y limiter, la longueur, la largeur et l'épaisseur. En outre, chacune parmi la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 de la bande de roulement 104 comprend des surfaces d'extrémité définissant des premières parties de bord (110, 116), des secondes parties de bord (112, 118) et des parties centrales (114, 120). Le système d'inspection 100 comprend au moins une unité de marquage configurée pour imprimer des marques transversales (T_1 , T_2) sur la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 à une distance prédéterminée (D_1 , D_2) des premières parties de bord (110, 116), des secondes

parties de bord (112, 118) et des parties centrales (114, 120) après fabrication et découpe de la bande de roulement 104 (voir la [Fig.2]). En outre, la bande de roulement 104 peut comprendre un ou plusieurs segments de bande de roulement.

[0039] Les marques transversales (T_1 , T_2) peuvent être imprimées le long de la largeur entière de la bande de roulement 104 comme représenté dans la [Fig.1]. La distance prédéterminée (D_1 , D_2) entre les marques transversales (T_1 , T_2) et les extrémités de jonction 102 sont fixées par une lame de coupe et l'unité de marquage. L'unité de marquage peut comprendre un ou plusieurs rouleaux de marquage configurés pour appliquer des marques transversales (T_1 , T_2) à la distance prédéterminée (D_1 , D_2) entre les marques transversales (T_1 , T_2) avant la découpe en segments de la bande de roulement 104 par la lame de coupe. Bien que deux marques transversales (T_1 , T_2) apparaissent sur la bande de roulement 104, l'homme du métier comprend que de multiples marques transversales ou linéaires peuvent être formées à des fins d'interprétation de la distance entre les marques et les extrémités de jonction (102).

[0040] Le système d'inspection 100 comprend, en outre, une unité de détection 122 qui emploie un ou plusieurs capteurs (non illustrés) qui acquièrent des informations concernant l'environnement physique autour de la bande de roulement. Dans la description qui suit, les termes « capteur », « équipement photographique », « caméra » et « capteur optique » peuvent être utilisés de manière interchangeable et peuvent désigner un ou plusieurs équipements configurés pour détecter des images bidimensionnelles (2D) et/ou tridimensionnelles (3D), pour réaliser une perception de relief 3D et/ou d'autres types de détection de l'environnement physique. Dans un exemple, les capteurs de l'unité de détection 122 peuvent être n'importe quelle caméra RGB-D disponible dans le commerce dotée d'une résolution de trame de 1920×1080 atteignant une cadence de vues de 30 fps ou vues par seconde. Dans un autre exemple, le ou les capteurs peuvent être un profilomètre à laser. Les capteurs de l'unité de détection 122 peuvent être incorporés à distance de la bande de roulement 104, fixés soit à un support stationnaire, soit à un support mobile couvrant le champ de vision du système d'inspection 100. En outre, les capteurs de l'unité de détection 122 peuvent être alignés avec un centre d'un tambour de confection de pneumatique et/ou avec le centre des extrémités de jonction 102.

[0041] Le ou les capteurs de l'unité de détection 122 du système d'inspection 100 détectent la présence d'un agencement de la bande de roulement 104 dans le champ de vision du capteur, ce qui déclenche l'acquisition par le capteur de l'image de la bande de roulement 104 ainsi que de ses paramètres de profil. Dans certains modes de réalisation du système d'inspection 100, le capteur se déclenche lorsque la bande de roulement 104 entre dans le champ de vision sur le fond de l'image acquise. Les images acquises sont formées de pixels associés à la distance des marques transversales (T_1 , T_2) rela-

tivement aux premières parties de bord (110, 116), aux secondes parties de bord (112, 118) et aux parties centrales (114, 120). Les capteurs de l'unité de détection 122 envoient les paramètres de profil acquis de la bande de roulement 104 représenté dans la [Fig.1].

- [0042] Dans un mode de réalisation de la présente invention, le système d'inspection 100 comprend un capteur de distance propre à être placé au niveau de l'objectif de la caméra de l'unité de détection 122 pour mesurer une distance entre la caméra et une surface de la bande de roulement 104. L'unité de traitement peut ensuite adapter un taux de conversion d'un pixel en distance, par exemple en mm. Ce principe des capteurs de distance, de la longueur focale de la caméra de l'unité de détection 122, de la hauteur d'un pixel permet au système d'inspection 100 de s'adapter à une variation du diamètre des surfaces de la bande de roulement 104 résultant d'une dispersion de fabrication ou d'une variation dimensionnelle.
- [0043] Les capteurs de l'unité de détection 122 sont configurés pour acquérir une ou plusieurs images de la bande de roulement 104 comprenant les marques transversales (T_1, T_2) et les distances (D_1, D_2) relativement aux extrémités de jonction 102. L'image ou les images acquises sont transférées et enregistrées comme images acquises dans la mémoire d'une unité de traitement. L'unité de traitement, qui exécute les instructions d'un module de traitement d'image de l'unité de traitement, analyse l'image afin de déterminer un ou plusieurs paramètres de la bande de roulement 104 objet de l'imagerie. Le terme « processeur » (ou en variante le terme « circuit logique programmable ») fait référence à un ou plusieurs dispositifs capables de traiter et d'analyser des données et comprenant un ou plusieurs ensembles logiciels destinés à les traiter (par exemple, un ou plusieurs circuits intégrés connus de l'homme de l'art comme étant inclus dans un ordinateur, un ou plusieurs contrôleurs, un ou plusieurs microcontrôleurs, un ou plusieurs microordinateurs, un ou plusieurs automates programmables (ou « PLC »), un ou plusieurs circuits intégrés spécifiques à une application, un ou plusieurs réseaux neuronaux et/ou un ou plusieurs autres circuits programmables équivalents connus). L'unité de traitement comprend un logiciel permettant de traiter les données acquises par les sous-systèmes associés au système d'inspection 100 (et les données correspondantes obtenues) ainsi qu'un logiciel permettant d'identifier et de localiser des variances et à identifier leurs sources en vue d'une correction.
- [0044] L'unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels, algorithmes et/ou modèles est configurée pour traiter les images de la bande de roulement 104 en commençant avec un maillage géométrique des images acquises de la bande de roulement 104 à l'aide de techniques de pointe. Dans un mode de réalisation de la présente invention (voir les Figures 2 et 3), le maillage géométrique permet de définir des points nodaux ($T_{1,1}, T_{1,2}, T_{1,3}, T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 sur la première

extrémité 102. En outre, des points nodaux ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$, $E_{1,3}$, $E_{1,4}$) sont définis sur les parties de bord de la première extrémité 106. De manière similaire, le maillage géométrique permet de définir des points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 sur la seconde extrémité 108. En outre, des points nodaux ($E_{2,1}$, $E_{2,2}$, $E_{2,3}$, $E_{2,4}$) sont définis sur les parties de bord de la seconde extrémité 108. Bien que l'unité de traitement définisse 16 points nodaux selon un exemple de la présente invention, l'homme du métier peut comprendre qu'un nombre N de points nodaux peuvent être définis sur la base du profil de la bande de roulement 104 ou à l'aide de techniques de traitement utilisant divers logiciels ou algorithmes ou modèles.

[0045] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans les Figures 2 et 3, la jonction entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 est appelée jonction parfaite P si les distances calculées (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité 106 et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité 108 sont égales à une somme de la distance prédéterminée ($D_1 + D_2$) définie après fabrication et découpe en segments de la bande de roulement 104. En outre, les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$, $E_{1,3}$, $E_{1,4}$) sur les parties de bord de la première extrémité 106 sont alignés avec les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{2,1}$, $E_{2,2}$, $E_{2,3}$, $E_{2,4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité 108. Dans cette jonction parfaite P , il y a une quantité adéquate de caoutchouc disponible entre la première extrémité et la seconde extrémité sans expansion ni compression du caoutchouc de sorte qu'il n'y a pas de défauts d'écart, de défauts de chevauchement ou de défauts de décalage. Dans un exemple, si la distance prédéterminée D_1 et D_2 des marques transversales (T_1 , T_2) est de 75 mm respectivement, à la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108, alors la distance calculée (C_1, C_2, C_3, C_4) entre les points nodaux sur les marques transversales T_1 et T_2 est de 150 mm, de sorte qu'il n'y a pas d'écart ni de chevauchement entre les extrémités de jonction 102.

[0046] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans les Figures 4 et 5, la jonction entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 est appelée jonction imparfaite en raison d'un défaut d'écart G si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité 106 et les points nodaux ($T_{2,1}$, $T_{2,2}$, $T_{2,3}$, $T_{2,4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité 108 sont supérieures à une somme de la distance prédéterminée ($D_1 + D_2$) définie après fabrication et découpe en segments de la bande de roulement 104. En outre, les points nodaux ($T_{1,1}$, $T_{1,2}$, $T_{1,3}$, $T_{1,4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{1,1}$, $E_{1,2}$, $E_{1,3}$, $E_{1,4}$)

sur les parties de bord de la première extrémité 106 sont alignés avec les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{2.1}, E_{2.2}, E_{2.3}, E_{2.4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité 108. Dans cette jonction imparfaite, il n'y a pas suffisamment de caoutchouc disponible entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108, ce qui se traduit par un défaut d'écart G. Le défaut d'écart G découle principalement de propriétés plastiques du caoutchouc entraînant une expansion du caoutchouc et, par conséquent, un écart entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108. Dans un exemple, si la distance prédéterminée D_1 et D_2 des marques transversales T_1 et T_2 est de 75 mm relativement, respectivement, à la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108, alors les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) entre les points nodaux sur les marques transversales T_1 et T_2 est de 154 mm, de sorte qu'il n'y a un écart entre les extrémités de jonction 102.

[0047] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans les Figures 6 et 7, la jonction entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 est appelée jonction imparfaite en raison d'un défaut de chevauchement O si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité 106 et les points nodaux $T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$ sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité 108 sont inférieures à une somme de la distance prédéterminée ($D_1 + D_2$) définie après fabrication et découpe en segments de la bande de roulement 104. En outre, les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{1.1}, E_{1.2}, E_{1.3}, E_{1.4}$) sur les parties de bord de la première extrémité 106 sont alignés avec les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{2.1}, E_{2.2}, E_{2.3}, E_{2.4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité 108. Dans cette jonction imparfaite, il y a un excès de caoutchouc disponible entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108, ce qui se traduit par un défaut de chevauchement O. Le défaut de chevauchement O découle principalement de propriétés plastiques du caoutchouc entraînant une compression du caoutchouc et, par conséquent, un chevauchement entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108. Dans un exemple, si la distance prédéterminée D_1 et D_2 des marques transversales (T_1, T_2) est de 75 mm relativement, respectivement, à la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108, alors la distance calculée (C_1, C_2, C_3, C_4) entre les points nodaux sur les marques transversales T_1 et T_2 est de 148 mm du fait d'une jonction à chevauchement entre les extrémités de jonction 102.

[0048] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans la [Fig.8], la jonction entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 est également appelée jonction imparfaite en raison d'une combinaison d'au moins un du défaut d'écart G, du défaut de chevauchement O ou de la jonction parfaite P. Il est

déterminé qu'une jonction est cette jonction imparfaite si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale T_1 de la première extrémité 106 et les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité 108 sont supérieures, inférieures ou égales à la somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2) en raison d'une expression ou une compression inégale du caoutchouc au niveau de plusieurs points nodaux sur les marques transversales (T_1, T_2).

[0049] Dans cet exemple spécifique du présent mode de réalisation tel que représenté dans la [Fig.8] illustrant une combinaison de défauts, si la distance calculée C_1 entre les points nodaux $T_{1.1}$ et $T_{2.1}$ est supérieure à la somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2), il peut en découler un défaut d'écart G. En outre, si les distances calculées (C_2, C_3) entre les points nodaux ($T_{1.2}, T_{1.3}$) et ($T_{2.2}, T_{2.3}$) sont égales à la somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2), on obtient la jonction parfaite P sans défauts. Dans l'exemple similaire, si la distance calculée C_4 entre les points nodaux $T_{1.4}$ et $T_{2.4}$ est inférieure à la somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2), il peut en découler un défaut de chevauchement O. Dans cette jonction imparfaite en raison d'une combinaison de défauts, il y a un excès de caoutchouc, une quantité insuffisante de caoutchouc ou une quantité adéquate de caoutchouc disponible entre peu de points nodaux ($E_{1.1}, E_{1.2}, E_{1.3}, E_{1.4}$) sur les parties de bord de la première extrémité 106 sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{2.1}, E_{2.2}, E_{2.3}, E_{2.4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité 108.

[0050] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans la [Fig.9], la jonction entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 est également appelée jonction imparfaite en raison d'un désalignement des points nodaux sur les extrémités de jonction 102. Si les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale T_1 et les points nodaux ($E_{1.1}, E_{1.2}, E_{1.3}, E_{1.4}$) sur les parties de bord de la première extrémité 106 ne sont pas alignés avec les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale T_2 et les points nodaux ($E_{2.1}, E_{2.2}, E_{2.3}, E_{2.4}$) sur les parties de bord de la seconde extrémité 108. La jonction imparfaite entre la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 se traduit par une jonction décalée J. Cette jonction imparfaite peut découler d'une variation d'épaisseur de la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 du fait de propriétés plastiques du caoutchouc entraînant une expansion ou une expression.

[0051] Dans un mode de réalisation de la présente invention, en cas de jonction non conforme ou imparfaite en raison d'au moins un du défaut d'écart G, du défaut de chevauchement O ou du défaut de décalage J, l'opération de jonction est interrompue et un technicien peut être alerté. En fonction du défaut, le technicien peut réparer la jonction imparfaite si cela est possible ou la bande de roulement 104 défectueuse peut être remplacée par une nouvelle bande de roulement 104. L'unité de traitement comprenant

un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation peut être entraînée sur la base des défauts identifiés comprenant le défaut d'écart G, le défaut de chevauchement O, le défaut de décalage J ou de la jonction parfaite pour prédire une qualité de jonctions ultérieures ou anticiper des défauts. Cette technique d'apprentissage peut développer une optimisation ou une régulation pour l'algorithme pour changer des paramètres d'une machine de jonction afin d'anticiper ou de corriger les performances.

- [0052] Le module de traitement d'images peut mettre en œuvre un ou plusieurs modèles d'apprentissage automatique en utilisant les paramètres acquis de la bande de roulement 104 provenant des capteurs pour identifier des extrémités de jonction 102 de la bande de roulement 104. Bien que les modes de réalisation soient décrits ici par rapport à l'utilisation de réseaux neuronaux (et spécifiquement de réseaux neuronaux convolutifs (CNN)) en tant que modèle d'apprentissage automatique, d'autres types de modèles d'apprentissage automatique peuvent être utilisés. Ceux-ci comprennent, sans s'y limiter, des modèles employant la régression linéaire, la régression logistique, les arbres de décision, les machines à vecteurs de support, les modèles bayésiens naïfs, les K plus proches voisins (kNN), où K signifie un regroupement, la forêt aléatoire, les algorithmes de réduction de dimensionnalité, les algorithmes de gradient, les réseaux neuronaux (par exemple les auto-encodeurs, les CNN, les RNN, les perceptrons, la mémoire à court terme logarithmique (LSTM), Hopfield, Boltzmann, les réseaux de croyances profonds, la déconvolution, les réseaux antagonistes génératifs (GAN), etc.) ainsi que leurs compléments et équivalents.
- [0053] Dans un mode de réalisation de la présente invention, le module de traitement d'images de l'unité de traitement peut comprendre des modèles de transformation configurés pour identifier les marques transversales (T_1 , T_2) sur la bande de roulement 104. Dans un exemple, un modèle de transformation de Hough peut être appliqué pour détecter des lignes ou des marques dans des images acquises de la bande de roulement 104.
- [0054] Dans le mode de réalisation préféré de la présente invention, le module de traitement d'images peut mettre en œuvre un ou plusieurs modèles d'apprentissage automatique basés sur une architecture de réseau de neurones définie comme une détection d'objets sous forme de points, proposée sous l'appellation CenterNet en 2014. Le modèle « CenterNet : Objets sous forme de points » a été l'un des tournants dans les algorithmes de détection d'objets « anchor-free ». La détection d'objets « anchor-free » est une technique pour prédire directement une boîte englobante d'une image par rapport à une référence fixe dans l'image. Un objet est modélisé sous la forme du point central de sa boîte englobante. La taille de la boîte englobante et d'autres propriétés d'objet sont obtenues par inférence ou régression à partir d'un point d'intérêt au centre

(voir <https://arxiv.org/pdf/1904.07850.pdf>).

- [0055] Sous un aspect de la présente invention, le modèle CenterNet comprend un encodeur-décodeur pour traiter les images en entrée de la bande de roulement 104. L'encodeur est configuré pour réduire de manière itérative une résolution des images acquises et peut augmenter une profondeur de l'image. Dans un exemple spécifique, si la résolution de l'image acquise est 1024x1024x3 (Image RGB => 3), l'encodeur peut réduire de manière itérative une dimension spatiale à 16x16 mais augmenter la profondeur à 1024 à l'aide d'une opération de convolution. L'opération de convolution est définie comme une application de filtre pour conserver des éléments d'intérêt dans l'image acquise. Cette « image » à résolution inférieure spéciale est appelée « carte de points d'intérêt ». Un décodeur est configuré pour augmenter le format de la carte de points d'intérêt avec une convolution transposée. Afin de réduire le coût de calcul, le format de la carte de points d'intérêt peut être augmenté à la moitié de la résolution (512 x 512). En outre, le maillage géométrique peut être appliqué avec une résolution de taille de la moitié de l'image acquise en entrée.
- [0056] Dans un mode de réalisation selon la présente invention, étant donné qu'il n'y a qu'un seul objet par image, des têtes de détection de centre, et des têtes de détection associées peuvent ne pas être requises. La tête de détection de centre est définie comme une identification de point d'intérêt au niveau d'un centre de chacun de multiples objets de l'image. La tête de détection associée est définie comme N points d'intérêt qui sont liés au point d'intérêt de centre. En outre, le modèle CenterNet peut contenir deux têtes, à savoir une tête de profondeur pour 16 points d'intérêt nodaux ($T_{1,1}, T_{1,2}, T_{1,3}, T_{1,4}, E_{1,1}, E_{1,2}, E_{1,3}, E_{1,4}, T_{2,1}, T_{2,2}, T_{2,3}, T_{2,4}, E_{2,1}, E_{2,2}, E_{2,3}, E_{2,4}$), et une tête de prédiction de décalage pour 32 points, le double du nombre de points d'intérêt, permettant de prédire le décalage associé à une réduction de la résolution du fait d'un sous-échantillonnage au sein du réseau de neurones, et peut être nécessaire en raison de contraintes de mémoire.
- [0057] L'unité de traitement peut configurer le système d'inspection 100 sur un ou plusieurs paramètres des extrémités de jonction 102 de la bande de roulement 104 qui sont calculés par le module de traitement d'images. L'unité de traitement peut également se reporter à une référence (par exemple, un tableau de tailles pour des bandes de roulement diverses) afin de procéder à une détermination finale du ou des paramètres de bande de roulement cible. La référence peut comprendre des paramètres connus de bande de roulement correspondant à une pluralité de bandes de roulement connues disponibles dans le commerce. Par exemple, après que le module de traitement d'images a calculé un ou plusieurs paramètres de bande de roulement, l'unité de traitement peut comparer les paramètres de bande de roulement calculés aux paramètres connus de bande de roulement enregistrés dans la référence. Le module de traitement d'images

peut également être entraîné par une technique d'augmentation de données consistant à augmenter artificiellement un ensemble d'apprentissage en créant des copies modifiées d'un ensemble de données à l'aide de données existantes. Ceci comprend l'application de changements mineurs à l'ensemble de données ou l'utilisation d'un apprentissage profond pour générer de nouveaux points de données. Dans la présente invention, les images de la bande de roulement 104 peuvent être transformées par des transformations géométriques incluant un retournement, un rognage, une rotation, une translation et des filtres Kernel pour augmenter ou réduire la netteté d'une image et des transformations d'espace colorimétrique incluant des changements des canaux de couleur RVB, l'intensification d'une couleur quelconque, un changement de la luminosité. L'emploi de techniques d'augmentation de données permet d'entraîner l'algorithme et de le rendre plus robuste aux variations d'environnement.

[0058] L'identification des extrémités de jonction 102 de la bande de roulement 104 est pertinente pour la représentation et peut être déterminée par un post-traitement d'une segmentation générée précédemment de la bande de roulement 104. Par exemple, un procédé peut être utilisé pour déterminer si un pixel est un candidat pour les zones des extrémités de jonction 102 comprenant la première extrémité 106, la seconde extrémité 108, les premières parties de bord (110, 116), les secondes parties de bord (112, 118) et les parties centrales (114, 120). Par exemple, des modèles de contour actif peuvent être appliqués, accompagnés d'une planification de trajet et de transformations de distance, afin d'extraire les parties de la bande de roulement 104. Un modèle d'ensembles de niveaux basé sur la morphologie peut être utilisé pour effectuer l'extraction de zones de la bande de roulement 104 en apprenant les motifs structuraux d'un objet ressemblant à une bande de roulement cible 104 et en estimant les extrémités de jonction 102 de l'objet en tant que trajet. L'invention tire donc parti des procédés et outils basés sur l'intelligence artificielle (ou « IA ») pour compléter une information partielle fournie par la perception.

[0059] Dans un mode de réalisation de la présente invention tel que représenté dans la [Fig.10], le module de traitement d'images est configuré pour appliquer une correction géométrique afin de compenser une non-planéité d'une région de mesure. La distance calculée mesurée entre les marques transversales (T_1 , T_2) sur la première extrémité 106 et la seconde extrémité 108 peut être incurvée du fait du rayon de la bande de roulement 104. Étant donné que les images acquises détectées sur l'image prise par la caméra sont plates, il est nécessaire d'appliquer la correction géométrique.

[0060] Comme représenté dans la [Fig.10], prenons 3 surfaces A_0, A_3 et A_4 ayant la relation $A_0 = A_3 + A_4$

[0061] $A_0 = (D + R).C$

[0062] $A_3 = R.Cos(\text{Alpha}).C$

- [0063] $A_4 = (D + r) \cdot C$
- [0064] $C = \text{Corde}/2$
- [0065] Par conséquent, avec la relation $A_0 = A_3 + A_4$
- [0066] $(D + R) \cdot C = R \cdot \text{Cos}(\text{Alpha}) \cdot C + (D + r) \cdot C$
- [0067] $r = R \cdot (1 - R \cdot \text{Cos}(\text{Alpha}))$ - (Équation 1)
- [0068] Contraintes relatives à la Corde (C) :
- [0069] $(D + r) \cdot \text{Tan}(\text{Thêta}) = R \cdot \text{Sin}(\text{Alpha})$ - (Équation 2)
- [0070] En remplaçant r de l'Équation 1 dans l'Équation 2
- [0071] $(D + R \cdot (1 - R \cdot \text{Cos}(\text{Alpha}))) \cdot \text{Tan}(\text{Thêta}) = R \cdot \text{Sin}(\text{Alpha})$
- [0072] $(D + r) \cdot \text{Tan}(\text{Thêta}) = R \cdot \text{Sin}(\text{Alpha}) + R \cdot \text{Cos}(\text{Alpha}) \cdot \text{Tan}(\text{Thêta})$ - (Équation 3)
- [0073] En multipliant par Cos (Thêta) dans l'Équation 3
- [0074] $(D + r) \cdot \text{Sin}(\text{Thêta}) = R \cdot \text{Sin}(\text{Alpha}) \cdot \text{Cos}(\text{Thêta}) + R \cdot \text{Cos}(\text{Alpha}) \cdot \text{Sin}(\text{Thêta})$ - (Équation 4)
- [0075] Avec la formule Sin (a+b) dans le terme droit de l'Équation 4
- [0076] $(D + r) \cdot \text{Sin}(\text{Thêta}) = R \cdot \text{Sin}(\text{Alpha} + \text{Thêta})$ - (Équation 5)
- [0077] Par conséquent,
- [0078] $\text{Alpha} = \text{Arcsin}(((D+R)/R) \cdot \text{Sin}(\text{Thêta})) - \text{Thêta}$ - (Équation 6)
- [0079] $Y_{\text{Image}} = D \cdot \text{Tan}(\text{Thêta})$ - (Équation 7)
- [0080] $Y_{\text{Pneumatique}} = R \cdot [(((D+R)/R) \cdot \text{Sin}(\text{Thêta})) - \text{Thêta}]$ - (Équation 7)
- [0081] Par conséquent, équation finale
- [0082] $Y_{\text{Pneumatique}} = R \cdot [\text{Arcsin}(((D+R)/R) \cdot \text{Sin}(\text{Arctan}(Y_{\text{Image}}/D))) - \text{Arctan}(Y_{\text{Image}}/D)]$ - (Équation 8)
- [0083] Bien que des modes de réalisation de l'appareil divulgué aient été illustrés et décrits, on comprendra que divers changements, ajouts et modifications peuvent être apportés sans s'éloigner de l'esprit ou de la portée de la présente description. Par conséquent, aucune limitation ne devrait être imposée à la portée de l'invention décrite à l'exception de celles présentées dans les revendications annexées.

Revendications

[Revendication 1]

Système d'inspection (100) permettant de contrôler une distance entre des extrémités de jonction (102) d'un produit en feuille (104) présentant un profil défini par des paramètres d'une longueur prédéterminée, d'une largeur prédéterminée et d'une épaisseur prédéterminée, les extrémités de jonction (102) incluant une première extrémité (106), une seconde extrémité (108), des premières parties de bord (110, 116), des secondes parties de bord (112, 118) et des parties centrales (114, 120) définissant des surfaces d'extrémité des extrémités de jonction (102) le long d'un axe longitudinal, le système d'inspection (100) comprenant :

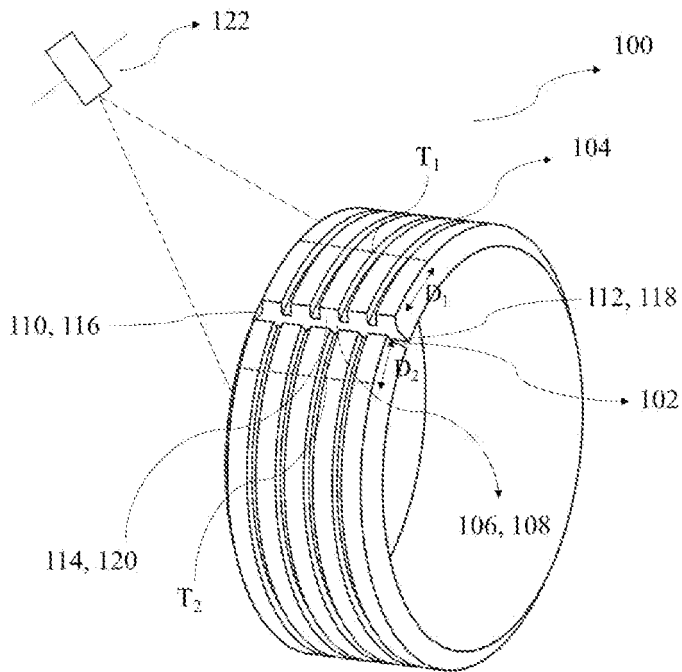
- au moins une unité de marquage configurée pour imprimer des marques transversales (T_1, T_2) sur la première extrémité (106) et la seconde extrémité (108) à une distance prédéterminée (D_1, D_2) des premières parties de bord (110, 116), des secondes parties de bord (112, 118) et des parties centrales (114, 120) ;
- au moins une unité de détection (122) configurée pour acquérir une ou plusieurs images afin d'identifier les marques transversales (T_1, T_2) sur le produit en feuille (104), les images étant formées de pixels associés à la distance des marques transversales (T_1, T_2) relativement aux premières parties de bord (110, 116), aux secondes parties de bord (112, 118) et aux parties centrales (114, 120) ;
- au moins une unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation configurés pour traiter les images du produit en feuille (104) avec un maillage géométrique permettant de définir un ou plusieurs points nodaux ($T_{1,1}, T_{1,2}, T_{1,3}, T_{1,4}$) sur la marque transversale (T_1) sur la première extrémité (106) et un ou plusieurs points nodaux ($E_{1,1}, E_{1,2}, E_{1,3}, E_{1,4}$) sur la première partie de bord (110), la seconde partie de bord (112) et la partie centrale (114) de la première extrémité (106) ;
- au moins une unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation configurés avec un maillage géométrique permettant de définir un ou plusieurs points nodaux ($T_{2,1}, T_{2,2}, T_{2,3}, T_{2,4}$) sur la marque transversale (T_2) sur la seconde extrémité (108) et un ou plusieurs points nodaux ($E_{2,1}, E_{2,2}, E_{2,3}, E_{2,4}$) sur la première partie de bord (116), la seconde partie de bord (118) et la partie centrale (120) de la seconde extrémité (108) ; et
- l'unité de traitement étant configurée pour définir une jonction sur la

base de distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale (T_1) de la première extrémité (106) et les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale T_2 de la seconde extrémité (108).

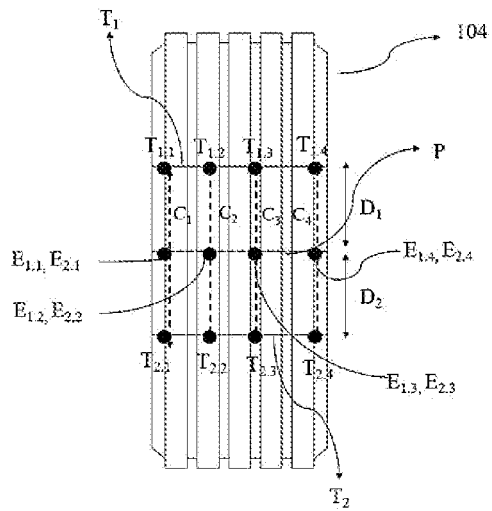
- [Revendication 2] Système d'inspection (100) selon la revendication 1, dans lequel la jonction définie est une jonction parfaite (P) sans défauts, si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale (T_1) de la première extrémité (106) et les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale (T_2) de la seconde extrémité (108) sont égales à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [Revendication 3] Système d'inspection (100) selon la revendication 1, dans lequel la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut d'écart (G), si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale (T_1) de la première extrémité (106) et les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale (T_2) de la seconde extrémité (108) sont supérieures à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [Revendication 4] Système d'inspection (100) selon la revendication 1, dans lequel la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut de chevauchement (O), si les distances calculées (C_1, C_2, C_3, C_4) par l'unité de traitement entre les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale (T_1) de la première extrémité (106) et les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale (T_2) de la seconde extrémité (108) sont inférieures à une somme de la distance prédéterminée (D_1+D_2).
- [Revendication 5] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 4, dans lequel la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'un défaut de décalage (J), si les points nodaux ($T_{1.1}, T_{1.2}, T_{1.3}, T_{1.4}$) sur la marque transversale (T_1) et les points nodaux ($E_{1.1}, E_{1.2}, E_{1.3}, E_{1.4}$) sur les parties de bord (110, 112, 114) de la première extrémité (106) ne sont pas alignés avec les points nodaux ($T_{2.1}, T_{2.2}, T_{2.3}, T_{2.4}$) sur la marque transversale (T_2) et les points nodaux ($E_{2.1}, E_{2.2}, E_{2.3}, E_{2.4}$) sur les parties de bord (110, 112, 114) de la seconde extrémité (108).
- [Revendication 6] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 5, dans lequel la jonction définie est une jonction imparfaite en raison d'une combinaison d'au moins l'un des défauts d'écart (G), des défauts de chevauchement (O), des défauts de décalage (J) ou de la jonction parfaite (P).

- [Revendication 7] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 6, l'unité de traitement comprenant un ou plusieurs logiciels ou algorithmes ou modèles de transformation et étant entraînée pour prédire une qualité de jonctions ultérieures ou anticiper des défauts sur la base de défauts identifiés comprenant au moins l'un des défauts d'écart (G), des défauts de chevauchement (O), de la jonction parfaite (P) ou des défauts de décalage (J).
- [Revendication 8] Système d'inspection (100) selon la revendication 1 ou 6, dans lequel l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images mettant en œuvre un ou plusieurs modèles de transformation définis comme détection d'objets sous forme de points basée sur l'architecture de réseau de neurones CenterNet.
- [Revendication 9] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 7, dans lequel l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images mettant en œuvre un ou plusieurs modèles de transformation comprenant un encodeur-décodeur configuré pour adapter les images acquises à une résolution inférieure ou supérieure.
- [Revendication 10] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 8, dans lequel l'unité de traitement comprend un module de traitement d'images configuré pour appliquer une correction géométrique afin de compenser une non-planéité d'une région de mesure.
- [Revendication 11] Système d'inspection (100) selon les revendications 1 à 9, dans lequel un capteur de distance est placé à un niveau de l'unité de détection (122) pour mesurer une distance entre l'unité de détection (122) et la surface du produit en feuille (104) afin de convertir une aire de pixel en distance avec une adaptation à la variation de diamètre des surfaces du produit en feuille (104).

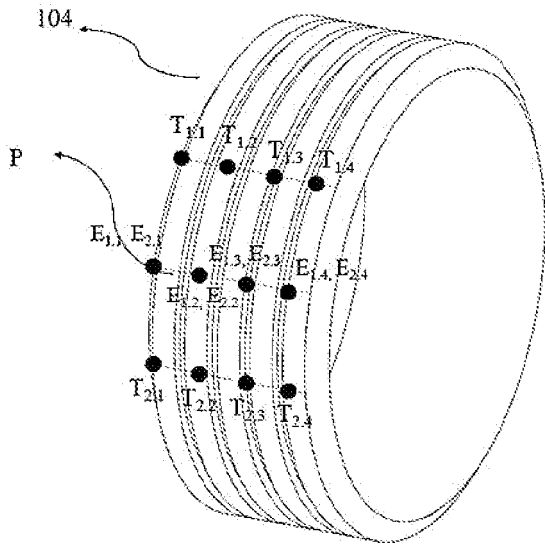
[Fig. 1]



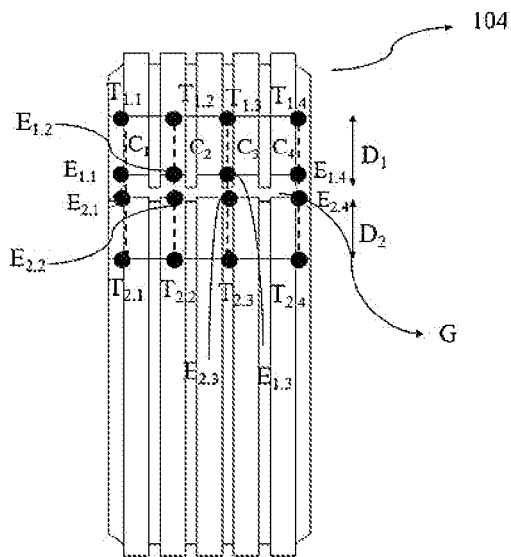
[Fig. 2]



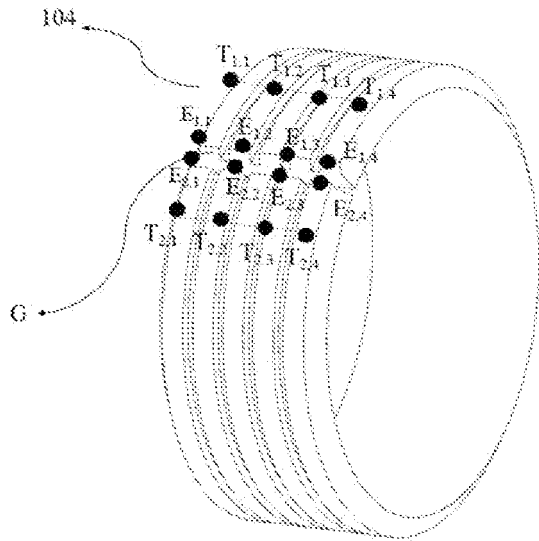
[Fig. 3]



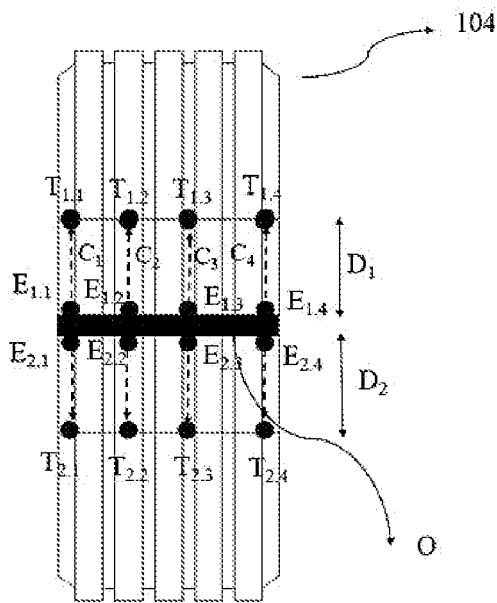
[Fig. 4]



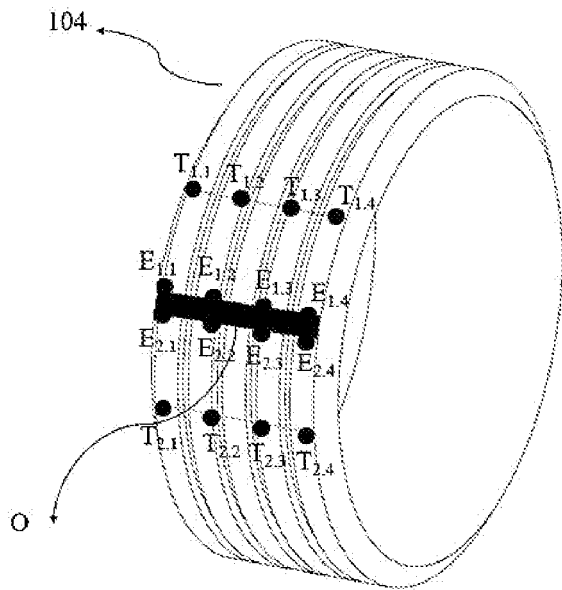
[Fig. 5]



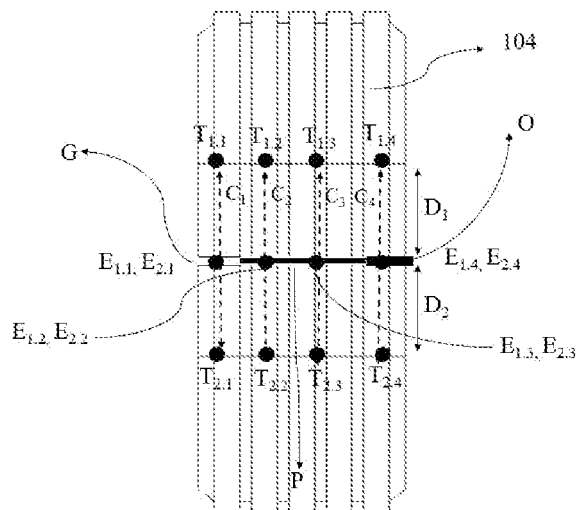
[Fig. 6]



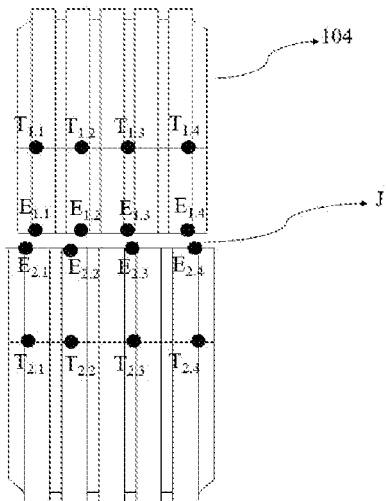
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]

