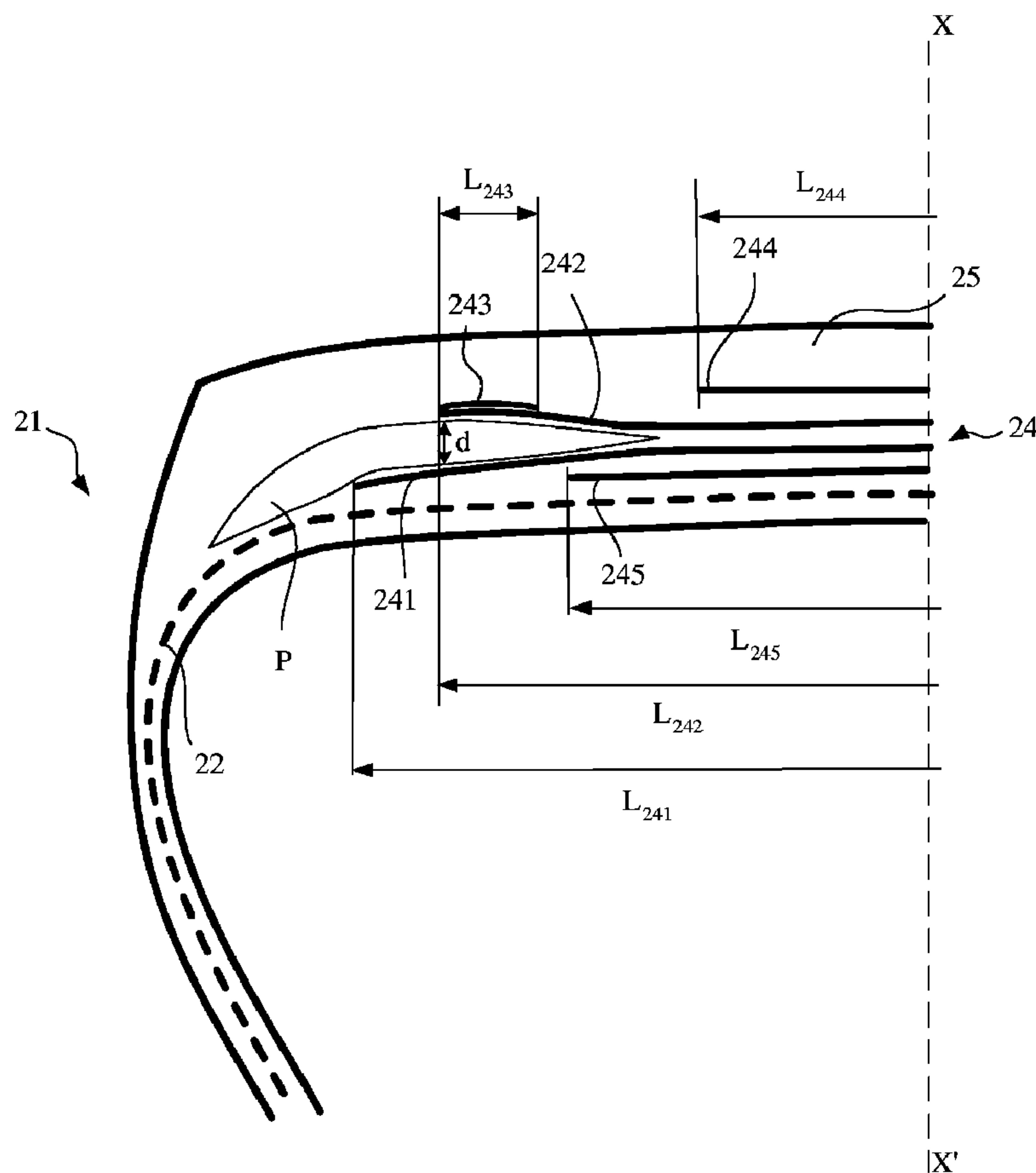




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2006/06/28  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2007/01/11  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2007/12/04  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2006/063651  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2007/003555  
(30) Priorité/Priority: 2005/06/30 (FR0506763)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B60C 9/20* (2006.01)  
(71) Demandeur/Applicant:  
MICHELIN RECHERCHE ET TECHNIQUE S.A., CH  
(72) Inventeurs/Inventors:  
NETZER, GAELLE, FR;  
COUE, JEAN, FR  
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PNEUMATIQUE POUR VEHICULES LOURDS  
(54) Title: TYRE FOR HEAVY VEHICLES



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches (241, 242) de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une nappe à l'autre en faisant



**(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs. Selon l'invention, le pneumatique comprend additionnellement au moins dans chaque épaule une couche (243) d'éléments de renforcement, parallèles entre eux dans la couche et orientés sensiblement perpendiculairement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail radialement adjacente à ladite couche additionnelle, ladite couche additionnelle étant radialement adjacente au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure, et l'extrémité axialement extérieure de ladite couche additionnelle étant située à une distance du plan équatorial du pneumatique égale à la distance séparant dudit plan l'extrémité de la couche de travail à laquelle elle est adjacente.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international

PCT

(43) Date de la publication internationale  
11 janvier 2007 (11.01.2007)(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2007/003555 A1**(51) Classification internationale des brevets :  
**B60C 9/20** (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2006/063651

(22) Date de dépôt international : 28 juin 2006 (28.06.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0506763 30 juin 2005 (30.06.2005) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf CA, MX, US)  
: Société de Technologie MICHELIN [FR/FR]; 23, Rue  
Breschet, F-63000 Clermont-Ferrand (FR).(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : MICHE-  
LIN Recherche et Technique S.A. [CH/CH]; Route Louis  
Braille 10 et 12, CH-1763 Granges-Paccot (CH).

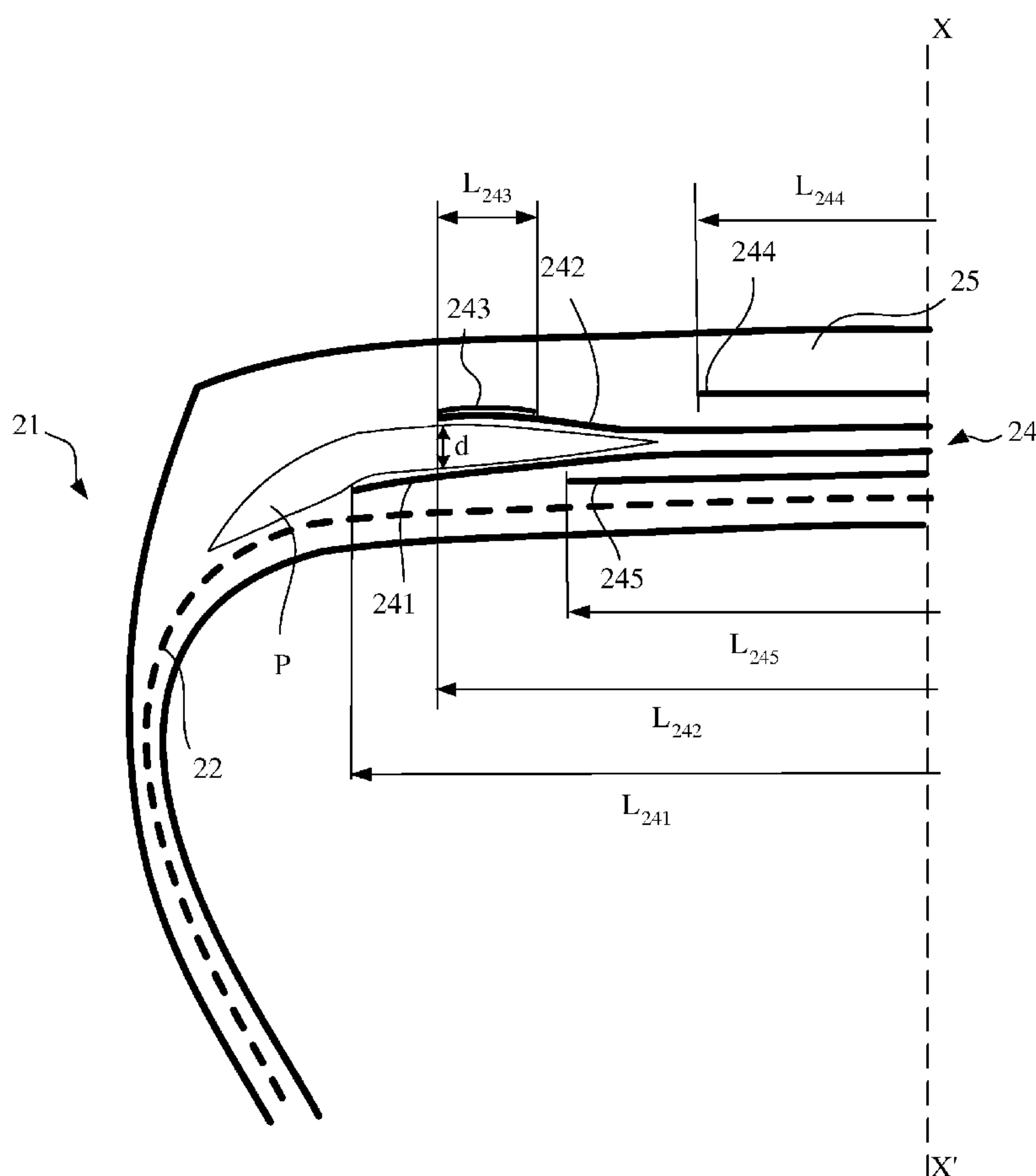
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : NETZER,  
Gaëlle [FR/FR]; 10, Rue Jules Ferry, F-63360 Gerzat (FR).  
COUE, Jean [FR/FR]; 22 Ter, Chemin de la Bouteille,  
F-63540 Romagnat (FR).(74) Mandataire : LE CAM, Stéphane; Manufacture  
Française des Pneumatiques MICHELIN, 23, Place des  
Carmes-Déchaux, SGD/LG/PI - F35 - Ladoux, F-63040  
Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: TYRE FOR HEAVY VEHICLES

(54) Titre : PNEUMATIQUE POUR VEHICULES LOURDS



(57) **Abstract:** The invention concerns a tyre with radial carcass reinforcement comprising a crown reinforcement consisting of at least two working crown plies (241, 242) of inextensible reinforcing elements, crossed from one ply to the next forming with the circumferential direction angles ranging between 10° and 45°, itself capped with a running tread, said running tread being assembled by two beads via two sidewalls. The invention is characterized in that the tyre further comprises at least in each shoulder a layer of reinforcing elements (243), mutually parallel and substantially perpendicularly oriented relative to the reinforcing elements of the working ply radially adjacent the additional layer, said additional layer being radially adjacent the edge of the radially outer working ply, and the axially inner end of said additional layer being located at a distance from the equatorial plane of the tyre equal to the distance separating from said plane the end of the working ply to which it is adjacent.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches (241, 242) de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une nappe à l'autre en faisant avec la

direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°,

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/003555 A1

**WO 2007/003555 A1**

(81) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs. Selon l'invention, le pneumatique comprend additionnellement au moins dans chaque épaule une couche (243) d'éléments de renforcement, parallèles entre eux dans la couche et orientés sensiblement perpendiculairement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail radialement adjacente à ladite couche additionnelle, ladite couche additionnelle étant radialement adjacente au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure, et l'extrémité axialement extérieure de ladite couche additionnelle étant située à une distance du plan équatorial du pneumatique égale à la distance séparant dudit plan l'extrémité de la couche de travail à laquelle elle est adjacente.



## PNEUMATIQUE POUR VEHICULES LOURDS

[0001] La présente invention concerne un pneumatique à armature de carcasse radiale et plus particulièrement un pneumatique destiné à équiper des véhicules portant de lourdes charges et roulant à vitesse soutenue, tels que, par exemple les camions, tracteurs, remorques ou bus routiers.

[0002] L'armature de renforcement ou renforcement des pneumatiques et notamment des pneumatiques de véhicules de type poids-lourds est à l'heure actuelle – et le plus souvent – constituée par empilage d'une ou plusieurs nappes désignées classiquement « nappes de carcasse », « nappes sommet », etc. Cette façon de désigner les armatures de renforcement provient du procédé de fabrication, consistant à réaliser une série de produits semi-finis en forme de nappes, pourvues de renforts filaires souvent longitudinaux, qui sont par la suite assemblées ou empilées afin de confectionner une ébauche de pneumatique. Les nappes sont réalisées à plat, avec des dimensions importantes, et sont par la suite coupées en fonction des dimensions d'un produit donné. L'assemblage des nappes est également réalisé, dans un premier temps, sensiblement à plat. L'ébauche ainsi réalisée est ensuite mise en forme pour adopter le profil toroïdal typique des pneumatiques. Les produits semi-finis dits « de finition » sont ensuite appliqués sur l'ébauche, pour obtenir un produit prêt pour la vulcanisation.

[0003] Un tel type de procédé "classique" implique, en particulier pour la phase de fabrication de l'ébauche du pneumatique, l'utilisation d'un élément d'ancrage (généralement une tringle), utilisé pour réaliser l'ancrage ou le maintien de l'armature de carcasse dans la zone des bourrelets du pneumatique. Ainsi, pour ce type de procédé, on effectue un retournement d'une portion de toutes les nappes composant l'armature de carcasse (ou d'une partie seulement) autour d'une tringle disposée dans le bourrelet du pneumatique. On crée de la sorte un ancrage de l'armature de carcasse dans le bourrelet.

[0004] La généralisation dans l'industrie de ce type de procédé classique, malgré de nombreuses variantes dans la façon de réaliser les nappes et les assemblages, a conduit l'homme du métier à utiliser un vocabulaire calqué sur le procédé ; d'où la terminologie

généralement admise, comportant notamment les termes «nappes», «carcasse», «tringle», «conformation» pour désigner le passage d'un profil plat à un profil toroïdal, etc.

[0005] Il existe aujourd'hui des pneumatiques qui ne comportent à proprement parler pas de «nappes» ou de «tringles» d'après les définitions précédentes. Par exemple, le document EP 0 582 196 décrit des pneumatiques fabriqués sans l'aide de produits semi-finis sous forme de nappes. Par exemple, les éléments de renforcement des différentes structures de renfort sont appliqués directement sur les couches adjacentes de mélanges caoutchouteux, le tout étant appliqué par couches successives sur un noyau toroïdal dont la forme permet d'obtenir directement un profil s'apparentant au profil final du pneumatique en cours de fabrication. Ainsi, dans ce cas, on ne retrouve plus de «semi-finis», ni de «nappes», ni de «tringle». Les produits de base tels les mélanges caoutchouteux et les éléments de renforcement sous forme de fils ou filaments, sont directement appliqués sur le noyau. Ce noyau étant de forme toroïdale, on n'a plus à former l'ébauche pour passer d'un profil plat à un profil sous forme de tore.

[0006] Par ailleurs, les pneumatiques décrits dans ce document ne disposent pas du "traditionnel" retournement de nappe carcasse autour d'une tringle. Ce type d'ancrage est remplacé par un agencement dans lequel on dispose de façon adjacente à ladite structure de renfort de flanc des fils circonférentiels, le tout étant noyé dans un mélange caoutchouteux d'ancrage ou de liaison.

[0007] Il existe également des procédés d'assemblage sur noyau toroïdal utilisant des produits semi-finis spécialement adaptés pour une pose rapide, efficace et simple sur un noyau central. Enfin, il est également possible d'utiliser un mixte comportant à la fois certains produits semi-finis pour réaliser certains aspects architecturaux (tels que des nappes, tringles, etc.), tandis que d'autres sont réalisés à partir de l'application directe de mélanges et/ou d'éléments de renforcement.

[0008] Dans le présent document, afin de tenir compte des évolutions technologiques récentes tant dans le domaine de la fabrication que pour la conception de produits, les termes classiques tels que «nappes», «tringles», etc., sont avantageusement remplacés par des termes neutres ou indépendants du type de procédé utilisé. Ainsi, le terme «renfort de type carcasse» ou «renfort de flanc» est valable pour désigner les éléments de renforcement d'une nappe



carcasse dans le procédé classique, et les éléments de renforcement correspondants, en général appliqués au niveau des flancs, d'un pneumatique produit selon un procédé sans semi-finis. Le terme «zone d'ancrage» pour sa part, peut désigner tout autant le "traditionnel" retournement de nappe carcasse autour d'une tringle d'un procédé classique, que l'ensemble formé par les éléments de renforcement circonférentiels, le mélange caoutchouteux et les portions adjacentes de renfort de flanc d'une zone basse réalisée avec un procédé avec application sur un noyau toroïdal.

[0009] D'une manière générale dans les pneumatiques de type poids-lourds, l'armature de carcasse est ancrée de part et d'autre dans la zone du bourrelet et est surmontée radialement par une armature de sommet constituée d'au moins deux couches, superposées et formées de fils ou câbles parallèles dans chaque couche. Elle peut également comprendre une couche de fils ou câbles métalliques à faible extensibilité faisant avec la direction circonférentielle un angle compris entre  $45^{\circ}$  et  $90^{\circ}$ , cette nappe, dite de triangulation, étant radialement située entre l'armature de carcasse et la première nappe de sommet dite de travail, formées de fils ou câbles parallèles présentant des angles au plus égaux à  $45^{\circ}$  en valeur absolue. La nappe de triangulation forme avec au moins ladite nappe de travail une armature triangulée, qui présente, sous les différentes contraintes qu'elle subit, peu de déformations, la nappe de triangulation ayant pour rôle essentiel de reprendre les efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.

[0010] L'armature de sommet comprend au moins une couche de travail ; lorsque ladite armature de sommet comporte au moins deux couches de travail, celles-ci sont formées d'éléments de renforcement métalliques inextensibles, parallèles entre eux dans chaque couche et croisés d'une couche à la suivante en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre  $10^{\circ}$  et  $45^{\circ}$ . Lesdites couches de travail, formant l'armature de travail, peuvent encore être recouvertes d'au moins une couche dite de protection et formée d'éléments de renforcement avantageusement métalliques et extensibles, dits élastiques.

[0011] Dans le cas des pneumatiques pour véhicules "Poids-Lourds", une seule couche de protection est habituellement présente et ses éléments de protection sont, dans la plupart des cas, orientés dans la même direction et avec le même angle en valeur absolue que ceux des éléments de renforcement de la couche de travail radialement la plus à l'extérieur et donc

radialement adjacente. Dans le cas de pneumatiques de Génie Civil destinés aux roulages sur sols plus ou moins accidentés, la présence de deux couches de protection est avantageuse, les éléments de renforcement étant croisés d'une couche à la suivante et les éléments de renforcement de la couche de protection radialement intérieure étant croisés avec les éléments de renforcement inextensibles de la couche de travail radialement extérieure et adjacente à ladite couche de protection radialement intérieure.

[0012] Des câbles sont dits inextensibles lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à 10% de la force de rupture un allongement relatif au plus égal à 0,2%.

[0013] Des câbles sont dits élastiques lorsque lesdits câbles présentent sous une force de traction égale à la charge de rupture un allongement relatif au moins égal à 4%.

[0014] La direction circonférentielle du pneumatique, ou direction longitudinale, est la direction correspondant à la périphérie du pneumatique et définie par la direction de roulement du pneumatique.

[0015] La direction transversale ou axiale du pneumatique est parallèle à l'axe de rotation du pneumatique.

[0016] La direction radiale est une direction coupant l'axe de rotation du pneumatique et perpendiculaire à celui-ci.

[0017] L'axe de rotation du pneumatique est l'axe autour duquel il tourne en utilisation normale.

[0018] Un plan radial ou méridien est un plan qui contient l'axe de rotation du pneumatique.

[0019] Le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, est un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneu et qui divise le pneumatique en deux moitiés.

[0020] Certains pneumatiques actuels, dits "routiers", sont destinés à rouler à grande vitesse et sur des trajets de plus en plus longs, du fait de l'amélioration du réseau routier et de la croissance du réseau autoroutier dans le monde. L'ensemble des conditions, sous lesquelles un tel pneumatique est appelé à rouler, permet sans aucun doute un accroissement du nombre



de kilomètres parcourus, l'usure du pneumatique étant moindre ; par contre l'endurance de ce dernier et en particulier de l'armature de sommet s'en trouve pénalisée.

[0021] Il existe en effet des contraintes au niveau de l'armature de sommet et plus particulièrement des contraintes de cisaillement entre les couches de sommet, alliées à une élévation non négligeable de la température de fonctionnement au niveau des extrémités de la couche de sommet axialement la plus courte, qui ont pour conséquence l'apparition et la propagation de fissures de la gomme au niveau desdites extrémités.

[0022] Afin d'améliorer l'endurance de l'armature de sommet du type de pneumatique étudié, des solutions relatives à la structure et qualité des couches et/ou profilés de mélanges caoutchouteux qui sont disposés entre et/ou autour des extrémités de nappes et plus particulièrement des extrémités de la nappe axialement la plus courte ont déjà été apportées.

[0023] Le brevet FR 1 389 428, pour améliorer la résistance à la dégradation des mélanges de caoutchouc situés au voisinage des bords d'armature de sommet, préconise l'utilisation, en combinaison avec une bande de roulement de faible hystérésis, d'un profilé de caoutchouc couvrant au moins les côtés et les bords marginaux de l'armature de sommet et constitué d'un mélange caoutchouteux à faible hystérésis.

[0024] Le brevet FR 2 222 232, pour éviter les séparations entre nappes d'armature de sommet, enseigne d'enrober les extrémités de l'armature dans un matelas de caoutchouc, dont la dureté Shore A est différente de celle de la bande de roulement surmontant ladite armature, et plus grande que la dureté Shore A du profilé de mélange caoutchouteux disposé entre les bords de nappes d'armature de sommet et armature de carcasse.

[0025] La demande française FR 2 728 510 propose de disposer, d'une part entre l'armature de carcasse et la nappe de travail d'armature de sommet, radialement la plus proche de l'axe de rotation, une nappe axialement continue, formée de câbles métalliques inextensibles faisant avec la direction circonférentielle un angle au moins égal à 60°, et dont la largeur axiale est au moins égale à la largeur axiale de la nappe de sommet de travail la plus courte, et d'autre part entre les deux nappes de sommet de travail une nappe additionnelle formée d'éléments métalliques, orientés sensiblement parallèlement à la direction circonférentielle.

[0026] Les roulages prolongés des pneumatiques ainsi construits ont fait apparaître des ruptures de fatigue des câbles de la nappe additionnelle et plus particulièrement des bords de ladite nappe, que la nappe dite de triangulation soit présente ou non.

[0027] Pour remédier à de tels inconvénients et améliorer l'endurance de l'armature de sommet de ces pneumatiques, la demande française WO 99/24269 propose, de part et d'autre du plan équatorial et dans le prolongement axial immédiat de la nappe additionnelle d'éléments de renforcement sensiblement parallèles à la direction circonférentielle, de coupler, sur une certaine distance axiale, les deux nappes de sommet de travail formées d'éléments de renforcement croisés d'une nappe à la suivante pour ensuite les découpler par des profilés de mélange de caoutchouc au moins sur le restant de la largeur commune aux dites deux nappes de travail.

[0028] Un but de l'invention est de fournir des pneumatiques pour véhicules « Poids-Lourds » dont les performances d'endurance sont encore améliorées par rapport aux pneumatiques usuels.

[0029] Ce but est atteint selon l'invention par un pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une nappe à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre  $10^\circ$  et  $45^\circ$ , elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, ledit pneumatique comprenant additionnellement dans chaque épaule au moins une couche d'éléments de renforcement, parallèles entre eux dans la couche et orientés sensiblement perpendiculairement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail radialement adjacente à ladite couche additionnelle, ladite couche additionnelle étant radialement adjacente au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure et l'extrémité axialement extérieure de ladite couche additionnelle étant située à une distance du plan équatorial du pneumatique égale à la distance séparant dudit plan l'extrémité de la couche de travail à laquelle elle est adjacente.

[0030] Selon une variante préférée de réalisation de l'invention, la couche additionnelle est radialement extérieure au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure.



[0031] Des éléments de renforcement orientés sensiblement perpendiculairement par rapport à des éléments de renforcement d'une couche de travail correspondent au sens de l'invention à des angles formés entre les directions de ces différents éléments compris entre 70 et 90° et de préférence supérieurs à 80 °.

[0032] Les largeurs axiales des couches d'éléments de renforcement ou positions axiales des extrémités desdites couches sont mesurées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0033] Les essais réalisés avec des pneumatiques ainsi définis selon l'invention ont mis en évidence que les performances en terme d'endurance du pneumatique sont améliorées par rapport à des pneumatiques de conception plus traditionnelles ne comportant pas les couches additionnelles telles que décrites selon l'invention. Une interprétation de ces résultats peut être de constater que la couche additionnelle, et plus exactement les éléments de renforcement de la couche additionnelle, permet de limiter la propagation d'éventuelles amorces de fissures à l'extrémité de la couche de travail à laquelle elle est adjacente. Une telle action peut éventuellement être la conséquence d'un renforcement des masses caoutchouteuses de calandrage entre les éléments de renforcement de ladite couche de travail par les éléments de renforcement de la couche additionnelle.

[0034] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, une couche P de mélanges caoutchouteux cohésifs est disposée entre au moins les extrémités des couches de sommet de travail, et l'extrémité axialement extérieure de ladite couche P est axialement extérieure à l'extrémité de la couche de sommet de travail axialement la plus large.

[0035] La couche P ainsi définie conduit à un découplage des couches de sommet de travail contribuant en soi à l'amélioration de l'endurance du pneumatique et d'autre part va pouvoir contribuer à assurer une distance minimale supérieure à 1.5 mm entre la couche additionnelle et notamment l'extrémité de la couche de sommet de travail à laquelle ladite couche additionnelle n'est pas adjacente.

[0036] Il faut entendre par nappes couplées des nappes dont les éléments de renforcement respectifs sont séparés radialement d'au plus 1,5 mm, ladite épaisseur de caoutchouc étant mesurée radialement entre les génératrices respectivement supérieure et inférieure desdits éléments de renforcement.



[0037] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, le rapport du module d'élasticité de la couche P sur le module d'élasticité de la couche de calandrage de la couche de travail adjacente à la couche additionnelle est compris entre 0.5 et 1. La couche de calandrage considérée est la couche de caoutchouc qui sépare les éléments de renforcements de la couche de travail de la couche P.

[0038] On entend par « module d'élasticité » d'un mélange caoutchouteux, un module sécant d'extension à 10 % de déformation et à température ambiante.

[0039] Les mesures de module sont effectuées en traction selon la norme AFNOR-NFT-46002 de septembre 1988 : on mesure en seconde élongation (i.e., après un cycle d'accommodation) le module sécant nominal (ou contrainte apparente, en MPa) à 10% d'allongement (conditions normales de température et d'hygrométrie selon la norme AFNOR-NFT-40101 de décembre 1979).

[0040] Selon ce mode de réalisation de l'invention, le rapport des modules d'élasticité prévu permet notamment d'obtenir un découplage des couches de travail avec une moindre dissipation thermique et donc des échauffements moindres dans cette zone du pneumatique.

[0041] De préférence encore, la largeur axiale D de la couche P comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche P et l'extrémité de la nappe de sommet de travail axialement la moins large est telle que :

$$3.\phi_2 \leq D \leq 20.\phi_2$$

avec  $\phi_2$ , diamètre des éléments de renforcement de la nappe de sommet de travail axialement la moins large. Une telle relation définit une zone d'engagement entre la couche P de mélanges caoutchouteux et la nappe de travail axialement la moins large. Un tel engagement en dessous d'une valeur égale à trois fois le diamètre des éléments de renforcement de la nappe de travail radialement extérieure peut ne pas être suffisant pour obtenir un découplage des nappes de travail pour notamment obtenir une atténuation des sollicitations en extrémité de la nappe de travail axialement la moins large. Une valeur de cet engagement supérieure à vingt fois le diamètre des éléments de renforcement de la nappe de travail axialement la moins large peut conduire à une diminution trop importante de la rigidité de dérive de l'armature de sommet du pneumatique.

[0042] De préférence, la largeur axiale D de la couche de mélange caoutchouteux cohésif P comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche de mélange caoutchouteux cohésif P et l'extrémité axialement extérieure de la couche de sommet de travail axialement la moins large est supérieure à 5 mm.

[0043] L'invention prévoit encore de préférence que la couche P, à l'extrémité axialement extérieure de la nappe de sommet de travail axialement la moins large, présente une épaisseur telle que la distance radiale d entre les deux nappes de sommet de travail, séparées par ladite couche P, vérifie la relation :

$$3/5.\phi_2 < d < 5.\phi_2$$

avec  $\phi_2$ , diamètre des éléments de renforcement de la nappe de sommet de travail axialement la moins large.

[0044] La distance d est mesurée de câble à câble, c'est-à-dire entre le câble d'une première nappe de travail et le câble d'une seconde nappe de travail. En d'autres termes, cette distance d englobe l'épaisseur de la couche P et les épaisseurs respectives des mélanges caoutchouteux de calandrage, radialement extérieure aux câbles de la nappe de travail radialement intérieure et radialement intérieure aux câbles de la nappe de travail radialement extérieure.

[0045] Les différentes mesures d'épaisseur sont effectuées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant donc dans un état non gonflé.

[0046] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la couche de sommet de travail axialement la plus large est radialement à l'intérieur des autres couches de sommet de travail.

[0047] De préférence encore, la différence entre la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large et la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la moins large est comprise entre 5 et 30 mm.

[0048] Selon une variante de réalisation avantageuse de l'invention, l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement des couches de sommet de travail est inférieur à 30° et de préférence inférieur à 25°.



[0049] Selon une variante de réalisation de l'invention, les couches de sommet de travail comportent des éléments de renforcement, croisés d'une nappe à l'autre, faisant avec la direction circonférentielle des angles variables selon la direction axiale, lesdits angles étant supérieurs sur les bords axialement extérieurs des couches d'éléments de renforcement par rapport aux angles desdits éléments mesurés au niveau du plan médian circonférentiel. Une telle réalisation de l'invention permet d'augmenter la rigidité circonférentielle dans certaines zones et au contraire de la diminuer dans d'autres, notamment pour diminuer les mises en compression de l'armature de carcasse.

[0050] Une réalisation préférée de l'invention prévoit encore que l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une couche supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement dits élastiques, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre  $10^{\circ}$  et  $45^{\circ}$  et de même sens que l'angle formé par les éléments inextensibles de la couche de travail qui lui est radialement adjacente.

[0051] La couche de protection peut avoir une largeur axiale inférieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large. Ladite couche de protection peut aussi avoir une largeur axiale supérieure à la largeur axiale de la couche de travail la moins large, telle qu'elle recouvre les bords de la couche de travail la moins large. La couche de protection formée d'éléments de renforcement élastiques peut, dans le dernier cas cité ci-dessus, être d'une part éventuellement découplée des bords de ladite couche de travail la moins large par des profilés, et avoir d'autre part une largeur axiale inférieure ou supérieure à la largeur axiale de la couche de sommet la plus large.

[0052] Lorsque la couche de protection est axialement plus étroite que la couche de sommet de travail axialement la moins large, que ladite couche de sommet de travail est radialement la couche de travail la plus à l'extérieur, l'invention prévoit avantageusement que le bord de la couche de protection est radialement adjacent et de préférence radialement extérieur à au moins le bord axialement intérieur de la couche additionnelle.

[0053] En comparaison des variantes précédentes de l'invention, pour obtenir une telle réalisation de l'invention, selon laquelle le bord de la couche de protection est radialement adjacente et extérieure à la couche additionnelle, soit l'extrémité de la couche de protection est axialement plus à l'extérieur, soit l'extrémité axialement intérieure de la couche



additionnelle est axialement plus à l'intérieur. En d'autres termes, soit la couche de protection est axialement plus large, soit la couche additionnelle est axialement plus large en étant allongée axialement vers l'intérieur.

[0054] Selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention évoqué précédemment, l'armature de sommet peut encore être complétée, par exemple radialement entre l'armature de carcasse et la couche de travail radialement la plus à l'intérieur, par une couche de triangulation constituée d'éléments de renforcement inextensibles faisant, avec la direction circonférentielle, un angle supérieur à  $40^\circ$  et de préférence de même sens que celui de l'angle formé par les éléments de renforcement de la couche radialement la plus proche de l'armature de carcasse.

[0055] Selon une première variante de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement de la couche additionnelle sont des éléments de renforcement métalliques.

[0056] Selon une autre variante de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement de la couche additionnelle sont des éléments de renforcement textiles.

[0057] Un mode de réalisation avantageux de l'invention prévoit que l'armature de sommet du pneumatique comporte en outre au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels dont la largeur axiale est de préférence inférieure à la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large.

[0058] Les largeurs axiales des couches continues d'éléments de renforcement sont mesurées sur une coupe transversale d'un pneumatique, le pneumatique étant dans un état non gonflé.

[0059] La présence dans le pneumatique selon l'invention d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels peut permettre de contribuer à l'obtention de rayons de courbures axiales quasi-infinis des différentes couches de renforcement dans une zone centrée sur le plan médian circonférentiel, ce qui contribue aux performances d'endurance du pneumatique.

[0060] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les éléments de renforcement d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels

sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

[0061] Selon une réalisation préférée, le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 100 GPa et supérieur à 20 GPa, de préférence compris entre 30 et 90 GPa et de préférence encore inférieur à 80 GPa.

[0062] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence encore inférieur à 120 GPa.

[0063] Les modules exprimés ci-dessus sont mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement.

[0064] Les modules des mêmes éléments de renforcement peuvent être mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement. La section globale de l'élément de renforcement est la section d'un élément composite constitué de métal et de caoutchouc, ce dernier ayant notamment pénétré l'élément de renforcement pendant la phase de cuisson du pneumatique.

[0065] Selon cette formulation relative à la section globale de l'élément de renforcement, les éléments de renforcement d'au moins une couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 5 et 60 GPa et un module tangent maximum inférieur à 75 GPa.

[0066] Selon une réalisation préférée, le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 50 GPa et supérieur à 10 GPa, de préférence compris entre 15 et 45 GPa et de préférence encore inférieure à 40 GPa.



[0067] De préférence également, le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 65 GPa et de préférence encore inférieur à 60 GPa.

[0068] Selon un mode de réalisation préféré, les éléments de renforcements d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement relatif ayant des faibles pentes pour les faibles allongements et une pente sensiblement constante et forte pour les allongements supérieurs. De tels éléments de renforcement de la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont habituellement dénommés éléments "bi-module".

[0069] Selon une réalisation préférée de l'invention, la pente sensiblement constante et forte apparaît à partir d'un allongement relatif compris entre 0,1% et 0,5%.

[0070] Les différentes caractéristiques des éléments de renforcement énoncées ci-dessus sont mesurées sur des éléments de renforcement prélevés sur des pneumatiques.

[0071] Des éléments de renforcement plus particulièrement adaptés à la réalisation d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels selon l'invention sont par exemple des assemblages de formule 21.23, dont la construction est  $3 \times (0.26 + 6 \times 0.23)$  4.4/6.6 SS ; ce câble à torons est constitué de 21 fils élémentaires de formule  $3 \times (1+6)$ , avec 3 torons tordus ensembles chacun constitué de 7 fils, un fil formant une âme centrale de diamètre égal à 26/100 mm et 6 fils enroulés de diamètre égal à 23/100 mm. Un tel câble présente un module sécant à 0,7% égal à 45 GPa et un module tangent maximum égal à 98 GPa, mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement. Sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, ce câble de formule 21.23 présente un module sécant à 0,7% égal à 23 GPa et un module tangent maximum égal à 49 GPa.



[0072] De la même façon, un autre exemple d'éléments de renforcement est un assemblage de formule 21.28, dont la construction est  $3 \times (0.32 + 6 \times 0.28)$  6.2/9.3 SS. Ce câble présente un module sécant à 0,7% égal à 56 GPa et un module tangent maximum égal à 102 GPa, mesurés sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 20 MPa ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section de métal de l'élément de renforcement. Sur une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement déterminée avec une précontrainte de 10 MPa ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, la contrainte de traction correspondant à une tension mesurée ramenée à la section globale de l'élément de renforcement, ce câble de formule 21.28 présente un module sécant à 0,7% égal à 27 GPa et un module tangent maximum égal à 49 GPa.

[0073] L'utilisation de tels éléments de renforcement dans au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels permet notamment de conserver des rigidités de la couche satisfaisante y compris après les étapes de conformation et de cuisson dans des procédés de fabrication usuels.

[0074] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels d'une couche continue peuvent être formés d'éléments métalliques inextensibles et coupés de manière à former des tronçons de longueur très inférieure à la circonférence de la couche la moins longue, mais préférentiellement supérieure à 0,1 fois ladite circonférence, les coupures entre tronçons étant axialement décalées les unes par rapport aux autres. De préférence encore, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible. Un tel mode de réalisation permet de conférer, de manière simple, à la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels un module pouvant facilement être ajusté (par le choix des intervalles entre tronçons d'une même rangée), mais dans tous les cas plus faible que le module de la couche constituée des mêmes éléments métalliques mais continus, le module de la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels étant mesuré sur une couche vulcanisée d'éléments coupés, prélevée sur le pneumatique.

[0075] Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, les éléments de renforcement circonférentiels d'une couche continue sont des éléments métalliques ondulés, le rapport  $a/\lambda$  de l'amplitude d'ondulation sur la longueur d'onde étant au plus égale à 0,09. De préférence, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible

[0076] Les éléments métalliques sont préférentiellement des câbles d'acier.

[0077] Selon une variante de réalisation de l'invention, au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels est disposée radialement entre deux couches de sommet de travail.

[0078] Selon cette dernière variante de réalisation, la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels permet de limiter de manière plus importante les mises en compression des éléments de renforcement de l'armature de carcasse qu'une couche semblable mise en place radialement à l'extérieur des autres couches de sommet de travail. Elle est préférentiellement radialement séparée de l'armature de carcasse par au moins une couche de travail de façon à limiter les sollicitations desdits éléments de renforcement et ne pas trop les fatiguer.

[0079] Avantageusement encore dans le cas d'une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels disposée radialement entre deux couches de sommet de travail, les largeurs axiales des couches de sommet de travail radialement adjacentes à la couche d'éléments de renforcement circonférentiels sont supérieures à la largeur axiale de ladite couche d'éléments de renforcement circonférentiels.

[0080] D'autres détails et caractéristiques avantageux de l'invention ressortiront ci-après de la description des exemples de réalisation de l'invention en référence aux figures 1 à 5 qui représentent :

- figure 1, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un mode de réalisation de l'invention,
- figure 2, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,



- figure 3, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un troisième mode de réalisation de l'invention,
- figure 4, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un quatrième mode de réalisation de l'invention,
- figure 5, une vue méridienne d'un schéma d'un pneumatique selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

[0081] Les figures ne sont pas représentées à l'échelle pour en simplifier la compréhension. Les figures ne représentent qu'une demi-vue d'un pneumatique qui se prolonge de manière symétrique par rapport à l'axe XX' qui représente le plan médian circonférentiel, ou plan équatorial, d'un pneumatique.

[0082] Sur la figure 1, le pneumatique 1, de dimension 295/60 R 22.5 X, a un rapport de forme H/S égal à 0,60, H étant la hauteur du pneumatique 1 sur sa jante de montage et S sa largeur axiale maximale. Ledit pneumatique 1 comprend une armature de carcasse radiale 2 ancrée dans deux bourrelets, non représentés sur la figure. L'armature de carcasse est formée d'une seule couche de câbles métalliques. Cette armature de carcasse 2 est frettée par une armature de sommet 4, formée radialement de l'intérieur à l'extérieur :

- d'une première couche de travail 41 formée de câbles métalliques inextensibles 11.35 non frettés, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à  $18^\circ$ ,
- d'une seconde couche de travail 42 formée de câbles métalliques inextensibles 11.35 non frettés, continus sur toute la largeur de la nappe, orientés d'un angle égal à  $18^\circ$  et croisés avec les câbles métalliques de la couche 41 ; la couche 42 est axialement plus petite que la couche 41,
- d'une couche additionnelle 43 formée de câbles orientés sensiblement perpendiculairement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail 42 ; les câbles présentent un angle de  $72^\circ$  avec la direction circonférentielle et de  $90^\circ$  avec les éléments de renforcement de la couche 42. la couche 43 est radialement extérieure et adjacente à la couche de travail radialement extérieure 42 et s'étend axialement jusqu'à l'extrémité axialement extérieure de la couche 42. Des



essais ont été réalisés d'une part avec des câbles métalliques 4.23 et d'autre part avec des câbles textile PET 144x2.

[0083] La largeur axiale  $L_{41}$  de la première couche de travail 41 est égale à 234 mm.

[0084] La largeur axiale  $L_{42}$  de la deuxième couche de travail 42 est égale à 216 mm.

[0085] La couche additionnelle 43 d'éléments de renforcement orientés radialement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail 42 présente une largeur égale à 18 mm.

[0086] L'armature de sommet est elle-même coiffée d'une bande de roulement 5.

[0087] Une couche caoutchouteuse P, radialement entre et au contact des couches de sommet de travail 41 et 42, dite gomme de découplage, recouvre l'extrémité de ladite couche de travail 41 et s'étend au-delà de l'extrémité axialement extérieure de ladite couche 41. La couche P de mélange caoutchouteux assure notamment un découplage entre la couche de travail 41 et l'extrémité de la couche de travail 42 radialement extérieure. La zone d'engagement de la couche P entre les deux couche de travail 41 et 42 est définie par son épaisseur ou plus précisément la distance radiale d entre l'extrémité de la couche 42 et la couche 41 et par sa largeur axiale D comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche P et l'extrémité de la couche de sommet de travail radialement extérieure. La distance radiale d est égale à 3.5 mm. La distance axiale D est égale à 20 mm, soit environ 13.3 fois le diamètre  $\phi_2$  des éléments de renforcement de la nappe de travail 42, le diamètre  $\phi_2$  étant égal à 1.5 mm.

[0088] Les modules d'élasticité de la couche P et de la couche de calandrage de la couche 42 sont identiques et égaux à 10MPa ; le rapport desdits modules est donc égal à 1.

[0089] Sur la figure 2, le pneumatique 21 diffère de celui représenté sur la figure 1 en ce qu'il comporte en outre :

- une couche de protection 244 formée de câbles métalliques élastiques 18x23 dont la largeur axiale est égale à 160 mm, et
- une couche d'éléments de renforcement complémentaire 245, dite de triangulation, de largeur sensiblement égale à 200 mm formée de câbles métalliques inextensibles

9x28. Les éléments de renforcement de cette couche 245 forment un angle d'environ 60° avec la direction circonférentielle et sont orientés dans le même sens que les éléments de renforcement de la couche de travail 241. Cette couche 245 permet notamment de contribuer à la reprise des efforts de compression transversale dont est l'objet l'ensemble des éléments de renforcement dans la zone du sommet du pneumatique.

[0090] Sur la figure 3, le pneumatique 31 diffère de celui représenté sur la figure 1 en ce qu'il comporte une couche additionnelle 343 qui s'insère entre les deux couches de travail 341, 342. La couche 343 est en effet radialement adjacente et intérieure à la couche 342. Selon d'autres réalisations conformes à l'invention mais non représentées sur les figures, la couche additionnelle 343 peut encore être radialement adjacente à la couche 341 de manière extérieure ou intérieure à ladite couche de travail 341.

[0091] La figure 4 illustre une variante de réalisation d'un pneumatique 41 conformément à l'invention qui comparée à la réalisation de la figure 2 comporte en outre une couche continue 446 d'éléments de renforcement circonférentiels intercalée entre les couches de travail 441 et 442. Cette couche continue 446 présente une largeur  $L_{446}$  égale à 196 mm, inférieure aux largeurs des couches de travail 441 et 442.

[0092] La figure 5 illustre encore une autre variante de réalisation d'un pneumatique 51 selon l'invention qui comparée à la réalisation de la figure 2 présente une couche de protection 544 radialement adjacente et extérieure à la couche additionnelle 543. Selon ce mode de réalisation l'extrémité axialement intérieure de la couche additionnelle 543 est ainsi radialement entre la couche de travail 542 et la couche de protection 544 sur une largeur axiale de 10 mm.

[0093] Sur la figure 5, la couche de protection a été élargie par rapport à celles des autres figures comportant une telle couche de protection ; un résultat similaire et non représenté sur les figures peut être obtenu avec une couche additionnelle plus large et dont l'extrémité axialement intérieure est plus à l'intérieur pour obtenir un chevauchement avec une couche de protection axialement plus étroite que celle de la figure 5.

[0094] Des essais ont été réalisés avec le pneumatique réalisé selon l'invention conformément à la représentation de la figure 2 et comparés avec un pneumatique de



référence identique mais réalisé selon une configuration usuelle. Les essais ont été réalisés d'une part avec des éléments de renforcement de la couche additionnelle métalliques de type 4.23 et d'autre part avec des éléments de renforcement textiles de type PET 144x2.

[0095] Le pneumatique usuel ne comporte pas les couches additionnelles 43. Ils comportent par contre des couches de protection et de triangulation.

[0096] Les premiers essais d'endurance ont été réalisés en équipant des véhicules identiques avec chacun des pneumatiques et en faisant suivre des parcours en ligne droite à chacun des véhicules, les pneumatiques étant soumis à des charges supérieures à la charge nominale pour accélérer ce type de test.

[0097] Le véhicule de référence comportant les pneumatiques usuels est associé à une charge par pneumatique de 3600 Kg en début de roulage et évolue pour atteindre une charge de 4350 Kg en fin de roulage.

[0098] Le véhicule comportant les pneumatiques selon l'invention est associé à une charge par pneumatique de 3800 Kg en début de roulage et évolue pour atteindre une charge de 4800 Kg en fin de roulage.

[0099] Les essais sont stoppés lorsque le pneumatique est endommagé et/ou ne fonctionne plus de façon normale.

[00100] Les essais ainsi réalisés ont montré que le véhicule équipé de pneumatiques selon l'invention avec les éléments de renforcement métalliques a parcouru une distance supérieure de 56 % à la distance parcourue par les véhicules de référence et que le véhicule équipé de pneumatiques selon l'invention avec les éléments de renforcement textiles a parcouru une distance équivalente à la distance parcourue par les véhicules de référence. Il apparaît donc que les pneumatiques selon l'invention sont nettement plus performants que les pneumatiques de référence alors qu'ils sont soumis à des contraintes de charge supérieure.

[00101] D'autres essais d'endurance ont été réalisés sur une machine de tests en alternant des séquences de virage à gauche, à droite puis de roulage en ligne droite dans des conditions de charge variant de 60 à 200 % de la charge nominale et de poussée variant de 0 à 0.35 fois

la charge appliquée. La vitesse est comprise entre 30 et 70 km/h. Les essais sont stoppés lorsque le pneumatique est endommagé et/ou ne fonctionne plus de façon normale.

[00102] Les résultats obtenus montrent des gains en distances parcourues par les pneumatiques selon l'invention avec les éléments de renforcement métalliques supérieurs à 42 % par rapport à la distance parcourue par les pneumatiques de référence et des gains en distances parcourues par les pneumatiques selon l'invention avec les éléments de renforcement textiles supérieurs à 54 % par rapport à la distance parcourue par les pneumatiques de référence.



## REVENDICATIONS

1 - Pneumatique à armature de carcasse radiale comprenant une armature de sommet formée d'au moins deux couches de sommet de travail d'éléments de renforcement inextensibles, croisés d'une nappe à l'autre en faisant avec la direction circonférentielle des angles compris entre 10° et 45°, elle-même coiffée radialement d'une bande de roulement, ladite bande de roulement étant réunie à deux bourrelets par l'intermédiaire de deux flancs, caractérisé en ce qu'il comprend additionnellement dans chaque épaule au moins une couche d'éléments de renforcement, parallèles entre eux dans la couche et orientés sensiblement perpendiculairement par rapport aux éléments de renforcement de la couche de travail radialement adjacente à ladite couche additionnelle, en ce que ladite couche additionnelle est radialement adjacente au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure, et en ce que l'extrémité axialement extérieure de ladite couche additionnelle est située à une distance du plan équatorial du pneumatique égale à la distance séparant dudit plan l'extrémité de la couche de travail à laquelle elle est adjacente.

2 - Pneumatique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche additionnelle est radialement extérieure au bord de la couche de sommet de travail radialement extérieure.

3 - Pneumatique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'est disposée, entre au moins les extrémités des couches de sommet de travail, une couche P de mélanges caoutchouteux cohésifs et en ce que l'extrémité axialement extérieure de la couche P est axialement extérieure à l'extrémité de la couche de sommet de travail axialement la plus large.

4 - Pneumatique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le rapport du module d'élasticité de la couche P sur le module d'élasticité de la couche de calandrage de la couche de travail adjacente à la couche additionnelle est compris entre 0.5 et 1.

5 - Pneumatique selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que la largeur axiale D de la couche P comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche P et l'extrémité de la nappe de sommet de travail axialement la moins large est telle que :

$$3.\phi_2 \leq D \leq 20.\phi_2$$

avec  $\phi_2$ , diamètre des éléments de renforcement de la nappe de sommet de travail radialement extérieure.

6 - Pneumatique selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que la largeur axiale de la couche de mélange caoutchouteux cohésif P comprise entre l'extrémité axialement intérieure de ladite couche de mélange caoutchouteux cohésif P et l'extrémité axialement extérieure de la couche de sommet de travail axialement la moins large est supérieure à 5 mm.

7 - Pneumatique selon l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que la couche P, à l'extrémité axialement extérieure de la nappe de sommet de travail axialement la moins large, présente une épaisseur telle que la distance d radiale entre les deux nappes de sommet de travail, séparées par ladite couche P, vérifie la relation :

$$3/5.\phi_2 < d < 5.\phi_2$$

avec  $\phi_2$ , diamètre des éléments de renforcement de la nappe de sommet de travail radialement extérieure.

8 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche de sommet de travail axialement la plus large est radialement à l'intérieur des autres couches de sommet de travail.

9 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la différence entre la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large et la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la moins large est comprise entre 5 et 30 mm.

10 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'angle formé avec la direction circonférentielle par les éléments de renforcement des couches de sommet de travail est inférieur à 30° et de préférence inférieur à 25°.

11 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les couches de sommet de travail comportent des éléments de renforcement, croisés d'une nappe à l'autre, faisant avec la direction circonférentielle des angles variables selon la direction axiale.

12 - Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'armature de sommet est complétée radialement à l'extérieur par au moins une nappe



supplémentaire, dite de protection, d'éléments de renforcement dits élastiques, orientés par rapport à la direction circonférentielle avec un angle compris entre  $10^{\circ}$  et  $45^{\circ}$  et de même sens que l'angle formé par les éléments inextensibles de la nappe de travail qui lui est radialement adjacente.

13 – Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'armature de sommet comporte une couche de triangulation formée d'éléments de renforcement métalliques faisant avec la direction circonférentielle des angles supérieurs à  $40^{\circ}$ .

14 – Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments de renforcement de ladite couche additionnelle sont des éléments de renforcement métalliques.

15 – Pneumatique selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que les éléments de renforcement de ladite couche additionnelle sont des éléments de renforcement textiles.

16 – Pneumatique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'armature de sommet comporte au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels.

17 - Pneumatique selon la revendication 16, caractérisé en ce que la largeur axiale d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels est inférieure à la largeur axiale de la couche de sommet de travail axialement la plus large.

18 - Pneumatique selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce qu'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels est disposée radialement entre deux couches de sommet de travail.

19 - Pneumatique selon la revendication 18, caractérisé en ce que les largeurs axiales des couches de sommet de travail radialement adjacentes à la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont supérieures à la largeur axiale de ladite couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels.

20 - Pneumatique selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que les éléments de renforcement d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels

sont des éléments de renforcement métalliques présentant un module sécant à 0,7 % d'allongement compris entre 10 et 120 GPa et un module tangent maximum inférieur à 150 GPa.

21 – Pneumatique selon la revendication 20, caractérisé en ce que le module sécant des éléments de renforcement à 0,7 % d'allongement est inférieur à 100 GPa, de préférence supérieur à 20GPa et de préférence encore compris entre 30 et 90 GPa.

22 – Pneumatique selon l'une des revendications 20 ou 21, caractérisé en ce que le module tangent maximum des éléments de renforcement est inférieur à 130 GPa et de préférence inférieur à 120 GPa.

23 – Pneumatique selon l'une des revendications 16 à 22, caractérisé en ce que les éléments de renforcement d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques présentant une courbe contrainte de traction en fonction de l'allongement relatif ayant des faibles pentes pour les faibles allongements et une pente sensiblement constante et forte pour les allongements supérieurs.

24 - Pneumatique selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que les éléments de renforcement d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques coupés de manière à former des tronçons de longueur inférieure à la circonférence de la nappe la moins longue, mais supérieure à 0,1 fois ladite circonférence, les coupures entre tronçons étant axialement décalées les unes par rapport aux autres, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels étant de préférence inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

25 - Pneumatique selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce que les éléments de renforcement d'au moins une couche continue d'éléments de renforcement circonférentiels sont des éléments de renforcement métalliques ondulés, le rapport  $a/\lambda$  de l'amplitude d'ondulation  $a$  sur la longueur d'onde  $\lambda$  étant au plus égale à 0,09, le module d'élasticité à la traction par unité de largeur de la couche continue d'éléments de renforcement



circonférentiels étant de préférence inférieur au module d'élasticité à la traction, mesuré dans les mêmes conditions, de la couche de sommet de travail la plus extensible.

1/5

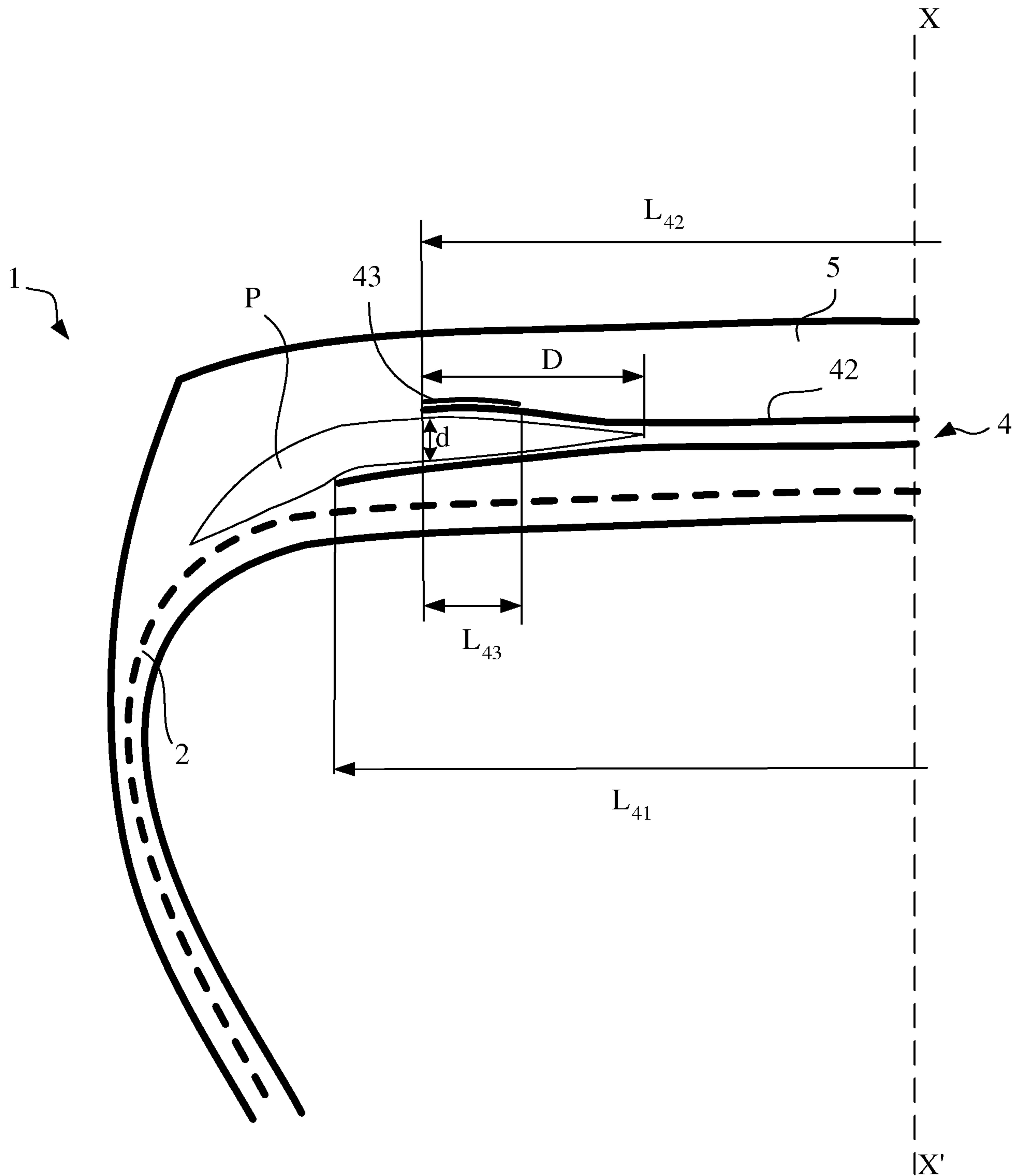


FIG.1



2/5

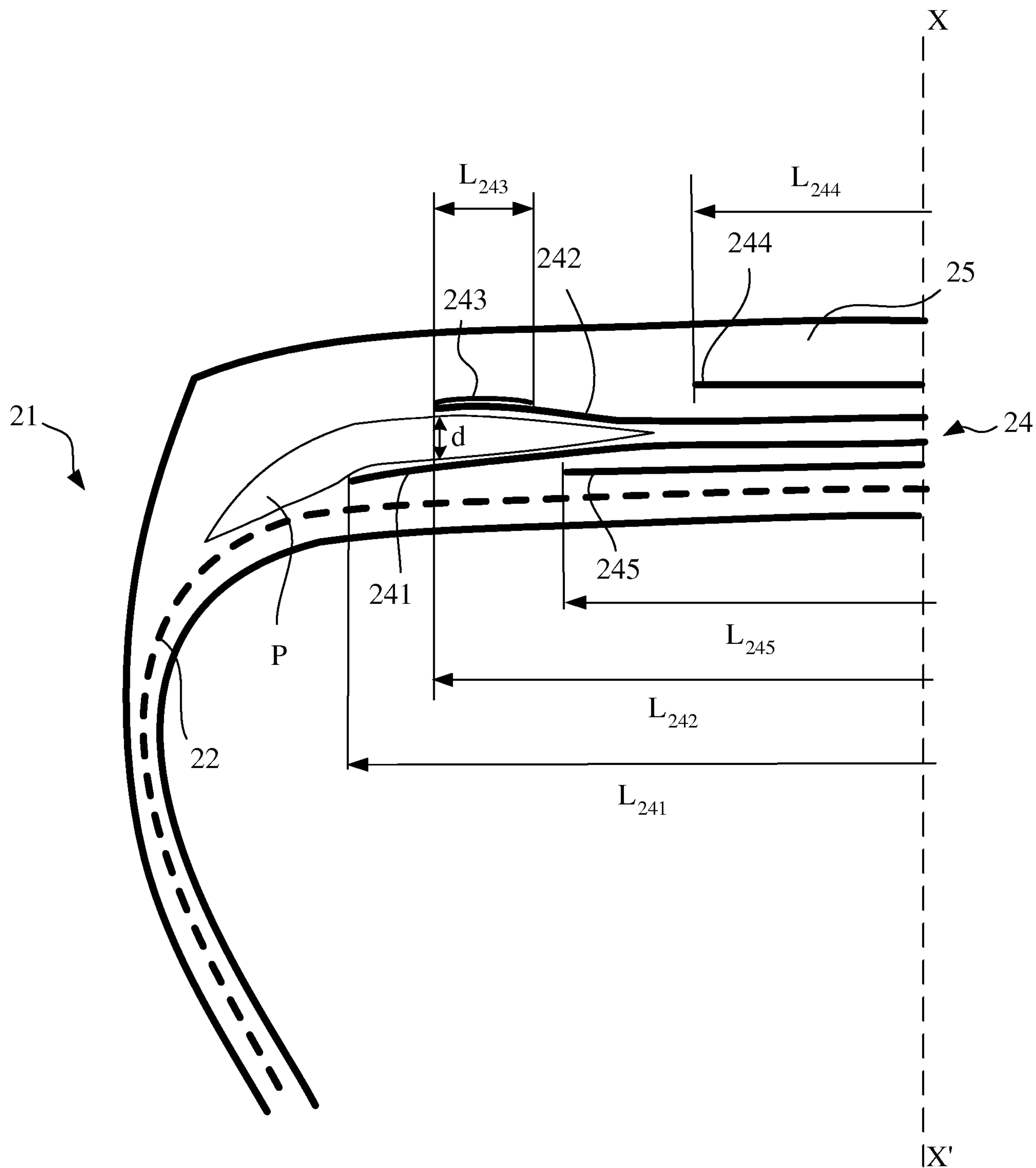


FIG.2

3/5

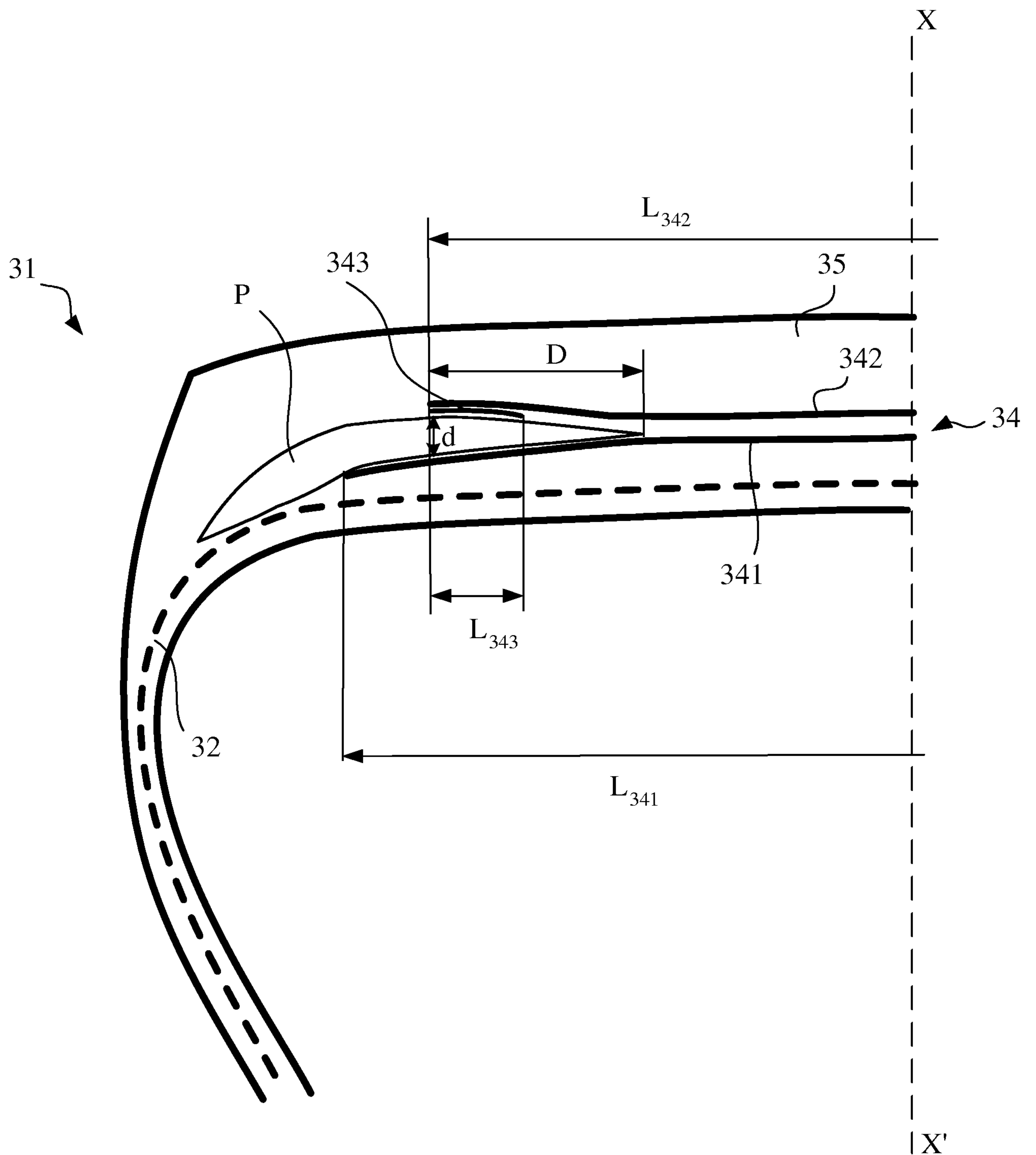


FIG.3



4/5

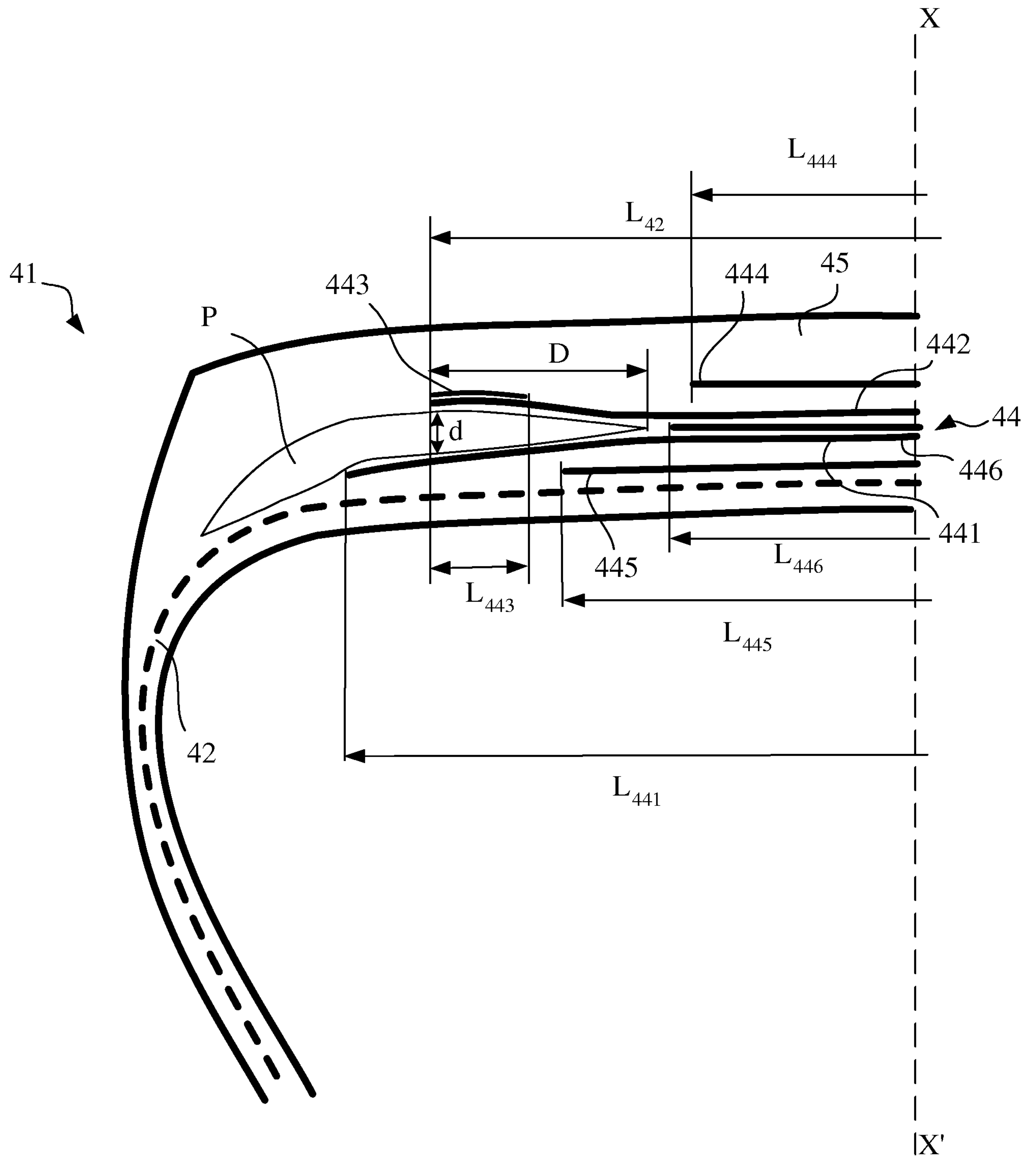


FIG.4

5/5

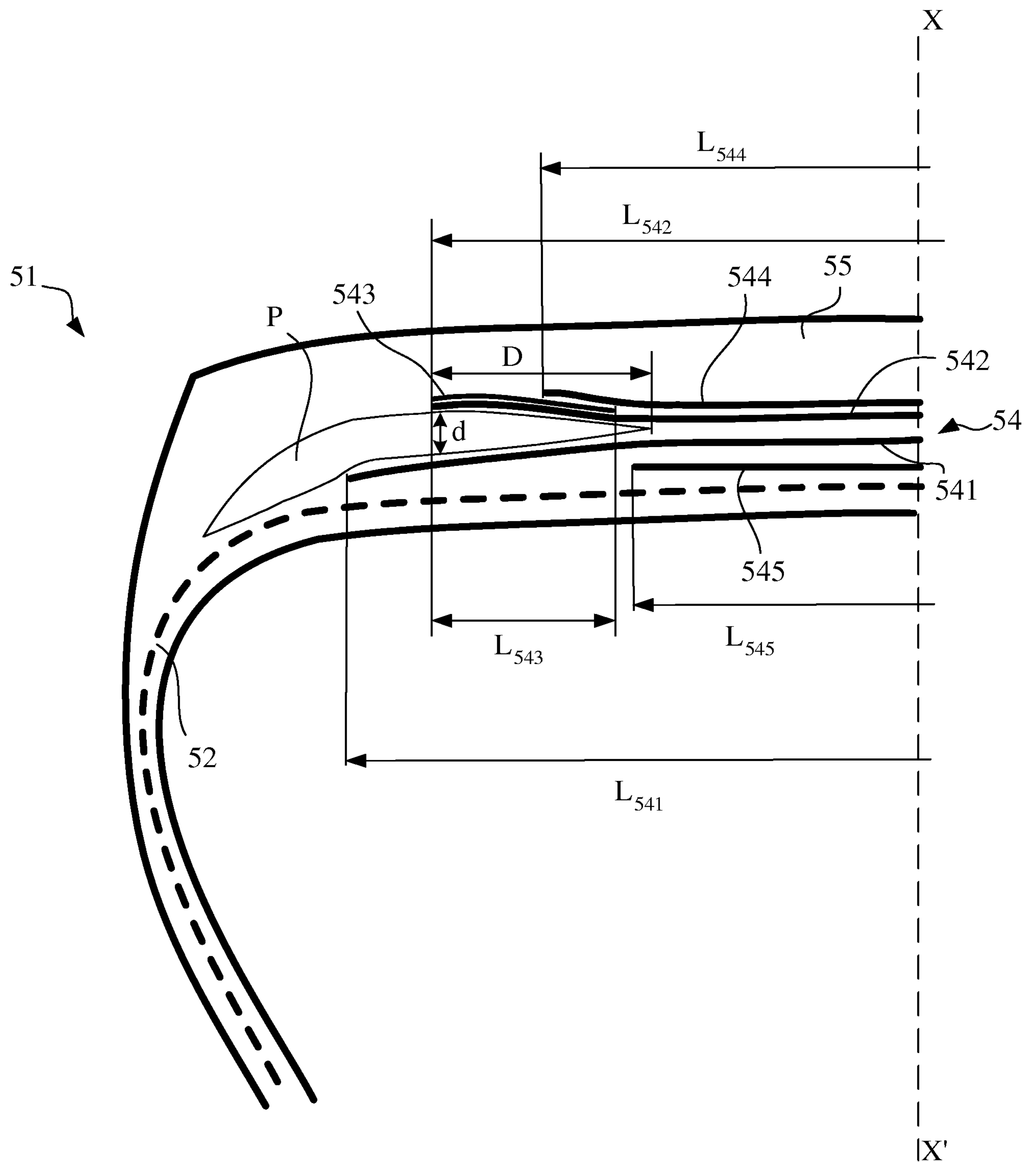


FIG.5



