



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900954553
Data Deposito	07/09/2001
Data Pubblicazione	07/03/2003

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	60	C		

Titolo

METODO E STAZIONE PER LA STIMA DELLA DEFORMAZIONE LATERALE DI UN PNEUMATICO IN ROTAZIONE.

70 2821 A00025 9

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale

di BRIDGESTONE/FIRESTONE TECHNICAL CENTER EUROPE S.P.A.

di nazionalità italiana,

con sede a 00129 ROMA, VIA DEL FOSSO DEL SALCETO, 13/15

Inventore designato: INGENITO Gennaro

\*\*\* \*\*

La presente invenzione è relativa ad un metodo per la stima della deformazione laterale di un pneumatico in rotazione.

Le stazioni di controllo note per la stima del comportamento di un pneumatico consentono di determinare sotto carico le deformazioni delle pareti laterali del pneumatico in modo statico, cioè a pneumatico fermo; tuttavia, è stato verificato che le informazioni ricavabili dalle misure statiche della deformazione non permettono di ricostruire in modo sufficientemente preciso le deformazioni dinamiche subite dalle pareti laterali, cioè le deformazioni che si verificano nelle pareti laterali quando il pneumatico ruota sotto carico ad una velocità paragonabile a quella del normale utilizzo stradale.

Scopo della presente invenzione è di fornire un metodo per la stima della deformazione laterale di un pneumatico in rotazione, il quale sia esente dagli inconvenienti sopra descritti e sia, in particolare, di facile ed economica attuazione.

In accordo con la presente invenzione viene fornito un metodo per la stima della deformazione laterale di un pneumatico in rotazione secondo quanto licitato dalla rivendicazione 1.

La presenta invenzione è, inoltre, relativa ad una stazione per la stima della deformazione laterale di un pneumatico in rotazione.

JORIO Paolo  
Iscrizione Albo nr 294/BMI

In accordo la presente invenzione viene realizzata una stazione per la stima della deformazione laterale di un pneumatico in rotazione secondo quanto licitato dalla rivendicazione 10.

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui

- la figura 1 illustra schematicamente una stazione di prova di un pneumatico realizzata in accordo con la presente invenzione;
- le figure 2 e 3 sono viste frontali di una parte della stazione di prova della figura 1 in due configurazioni operative diverse;
- la figura 4 è una sezione trasversale di un pneumatico; e
- la figura 5 è un diagramma della deformazione laterale di un pneumatico.

Nella figura 1, con 1 è indicata nel suo complesso una stazione di prova di un pneumatico 2, il quale ha una forma toroidale che si sviluppa attorno ad un asse 3 centrale e presenta un battistrada 4 sostanzialmente parallelo all'asse 3 centrale e due coppie di pareti 5 laterali sostanzialmente trasversali all'asse 3 centrale.

La stazione 1 di prova comprende un dispositivo 6 di prova di tipo noto, il quale è atto a supportare il pneumatico 2 provvisto di un rispettivo cerchio 7, è atto a mettere il pneumatico 2 sotto carico applicando al pneumatico 2 stesso un carico radiale, cioè un carico che genera una forza trasversale rispetto all'asse 3 centrale del pneumatico 2, ed è atto a portare il pneumatico 2 a ruotare attorno all'asse 3 centrale con una velocità determinata e paragonabile con le velocità del normale utilizzo stradale.

In particolare, il dispositivo 6 di prova comprende un albero 8, il quale è atto a collegarsi con il cerchio 7 per supportare il pneumatico 2, è montato folle per consentire una libera rotazione del pneumatico 2 attorno al proprio asse 3 centrale,

ed è meccanicamente collegato ad un dispositivo 9 sensore, in particolare ad un encoder, atto a determinare con precisione la posizione angolare istantanea dell'albero 7 e, quindi, del pneumatico 2. Il dispositivo 6 di prova comprende, inoltre, un tamburo 10, il quale è portato in rotazione da un motore 11 attorno ad un asse 12 parallelo all'asse 3 e venire portato a contatto del battistrada 4 con una forza F determinata per applicare al pneumatico 2 un carico radiale e per portare in rotazione il pneumatico 2 attorno all'asse 3.

La stazione 1 di prova comprende, inoltre, uno strumento 13 di misura, il quale è atto a determinare le vibrazioni assiali delle pareti 5 laterali del pneumatico 2, cioè le vibrazioni compiute dalle pareti 5 laterali lungo una direzione parallela all'asse 3 centrale del pneumatico 2; lo strumento 13 di misura è di tipo noto ed è preferibilmente del tipo di quello sviluppato dal Dipartimento di Meccanica dell'Università degli Studio di Ancona (Italia), il quale è dettagliatamente descritto con il titolo di "Vibration measurements on rolling tyres by tracking laser doppler vibrometer" negli atti del congresso "AIVELA" tenuto nel giugno 2000 presso l'Università degli Studio di Ancona.

Lo strumento 13 di misura comprende un computer 14 ed una telecamera 15 ad alta risoluzione, la quale è interfacciata con il computer 14 mediante una scheda digitalizzatrice (non illustrata) ed è disposta con il proprio asse ottico parallelo e sostanzialmente coassiale all'asse 3 centrale in modo da rilevare una immagine laterale completa del pneumatico 2 disposto nella citata posizione di controllo. Lo strumento 13 di misura comprende, inoltre, un vibrometro 16 laser a scansione controllato dal computer 14.

Secondo quanto illustrato nelle figure 1, 2 e 3, il vibrometro 16 laser a scansione è in grado di inviare un fascio di luce laser contro un punto P determinato

di una parete 5 laterale del pneumatico 2 e di rilevare il conseguente fascio di luce laser riflessa dal punto P stesso; mediante un confronto (in particolare mediante una analisi dell'effetto Doppler) tra il fascio di luce laser inviato ed il fascio di luce laser riflesso, il sensore 16 è in grado di determinare la velocità  $x'(t)$  assiale del punto P lungo una direzione assiale, cioè lungo una direzione parallela all'asse 3 centrale del pneumatico 2; integrando nel tempo il valore della velocità  $x'(t)$  assiale del punto P lungo una direzione assiale, il computer 14 è in grado di ricavare il valore dello spostamento  $x(t)$  del punto P lungo una direzione assiale. Mediante un sistema di specchi motorizzati (non illustrato) controllato dal computer 14, il fascio di luce laser inviato dal vibrometro 16 laser a scansione può venire deviato per inseguire un punto P in movimento lungo una traiettoria T di spostamento percorsa ciclicamente per effetto della rotazione impressa al pneumatico 2.

Viene di seguito descritto il funzionamento della stazione 1 di prova per stimare la deformazione laterale di un pneumatico 2 disposto nella stazione 1 di prova, ed in particolare per stimare la deformazione della parete 5 laterale affacciata allo strumento 13 di misura.

Prima di disporre il pneumatico 2 nella stazione di 1 di controllo, viene rilevato il profilo laterale del pneumatico 2 indeformato mediante un profilometro laser (noto e non illustrato); il profilo laterale del pneumatico 2 indeformato è parzialmente illustrato con linea continua nel diagramma della figura 5, nella quale l'asse x è parallelo all'asse 3 centrale del pneumatico 2 e l'asse y è perpendicolare all'asse 3 centrale del pneumatico 2.

Successivamente nella parete 5 laterale affacciata allo strumento 13 di misura vengono identificati una pluralità di punti P significativi, conoscendo il comportamento dei quali è possibile estrapolare il comportamento della intera parete

5 laterale. Nella figura 5 sono illustrati per semplicità solo tre punti P significativi indicati con P1, P2 e P3; nella realtà il numero dei punti P significativi è generalmente più elevato ed è dipendente dal grado di precisione desiderato.

Secondo quanto illustrato nelle figure 2 e 3, su ciascun punto P della superficie 5 laterale viene apposta una marcatura ottica per permettere una chiara riconoscibilità del punto P rispetto al resto della superficie 5 laterale; generalmente, la marcatura ottica consiste in un adesivo di forma circolare avente una colorazione bianca eventualmente fotoriflettente.

Nella descrizione che segue viene considerato un unico punto P significativo, in quanto per ciascun punto P1, P2 e P3 significativo vengono ripetute in istanti successivi le stesse modalità di misura.

Successivamente il pneumatico 2 viene caricato radialmente con una forza F determinata e viene portato in rotazione; in particolare nella figura 2 è illustrato il pneumatico 2 privo di un carico radiale e nella figura 3 è illustrato il pneumatico 2 caricato radialmente con la forza F.

Durante una prima fase della rilevazione, il pneumatico 2 viene portato in rotazione per consentire al computer 14 di rilevare e memorizzare la traiettoria T del punto P durante la rotazione del pneumatico 2 attraverso l'utilizzo della telecamera 15 che rileva un'immagine del pneumatico 2 stesso. In particolare, la traiettoria T viene memorizzata dal computer 14 in coordinate polari rispetto all'asse 3 centrale, cioè la traiettoria T viene memorizzata attraverso una tabella che in funzione della posizione angolare del pneumatico 2, posizione angolare rilevata dall'encoder 9, fornisce la distanza del punto P dall'asse 3 centrale. Per avere una sufficiente precisione, la traiettoria T finale memorizzata risulta essere la media di un numero relativamente elevato (almeno 10) di acquisizioni.

Una volta rilevata e memorizzata la traiettoria T del punto P, il computer 14 disattiva la telecamera 15; successivamente il computer 14 attiva il sensore 16 ed utilizzando la traiettoria T memorizzata opera in modo tale che il fascio di luce laser emesso dal sensore 16 costantemente insegue il punto P durante la rotazione del pneumatico 2, cioè mantiene il fascio di luce laser emesso dal sensore 16 costantemente incidente sul punto P. Per garantire l'inseguimento del punto P, il computer 14 rileva la posizione angolare istantanea del pneumatico 2 mediante l'encoder 9 ed in corrispondenza di tale posizione angolare determina la distanza del punto P dall'asse 3 utilizzando la traiettoria T memorizzata in precedenza; quindi, il computer 14 comanda il sistema di specchi (noto e non illustrato) del sensore 16 per deviare il fascio di luce laser emesso dal sensore 16 per incidere sulla posizione stimata del punto P. In altre parole, per ciascuna posizione angolare assunta dal pneumatico 2, il computer 14 comanda il sensore 16 in modo da puntare il fascio di luce laser emesso dal sensore 16 nella posizione del punto P memorizzata in precedenza.

Secondo quanto illustrato nella figura 4, mantenendo il fascio di luce laser emesso dal sensore 16 puntato sul punto P, il sensore 16 è in grado di determinare istante per istante la velocità  $x'(t)$  assiale, cioè la velocità lungo un asse parallelo all'asse 3 centrale, del punto P durante lo spostamento del punto P stesso lungo la traiettoria T per effetto della rotazione del pneumatico 2; integrando nel tempo il valore della velocità  $x'(t)$  assiale del punto P lungo una direzione assiale, il computer 14 è in grado di ricavare il valore dello spostamento  $x(t)$  del punto P lungo una direzione assiale. In altre parole, operando come sopra esposto risulta possibile per il computer 14 determinare con precisione ed istante per istante lo spostamento  $x(t)$  assiale del punto P mentre il punto P percorre ciclicamente la sua traiettoria T, cioè

mentre il pneumatico 2 ruota attorno al proprio asse 3 centrale.

Inoltre, utilizzando le informazioni memorizzate nella traiettoria T e conoscendo ad ogni istante di tempo la posizione angolare del pneumatico 2 mediante la lettura dell'encoder 9, il computer 14 può ricostruire istante per istante la posizione radiale  $y(t)$ , cioè la posizione lungo un asse perpendicolare all'asse 3 centrale, del punto P durante lo spostamento del punto P stesso lungo la traiettoria T per effetto della rotazione del pneumatico 2; in altre parole, il computer 14 è in grado di determinare la legge di spostamento radiale  $y(t)$  del punto P durante la rotazione del pneumatico 2.

Una volta che il computer 14 ha determinato per ciascun punto P la rispettiva legge di spostamento  $x(t)$  assiale e la rispettiva legge di spostamento  $y(t)$  radiale, risulta semplice determinare per il punto P stesso la relativa legge di spostamento  $d(t)$  complessivo in un piano  $x,y$  perpendicolare alla superficie 5 laterale come combinazione vettoriale dello spostamento  $x(t)$  assiale e dello spostamento  $y(t)$  radiale.

Come illustrato nella figura 5, dalla conoscenza dello spostamento  $d(t)$  complessivo del punto P, il computer 14 è in grado di determinare istante per istante la posizione del punto P sommando allo spostamento  $d(t)$  complessivo del punto P la posizione assunta dal punto P con il pneumatico indeformato, la quale posizione assunta dal punto P con il pneumatico indeformato è stata determinata mediante il rilievo del profilo laterale del pneumatico 2 indeformato. In altre parole risulta possibile per ogni istante di tempo applicare alla posizione di ciascun punto P della superficie 5 laterale indeformata (posizione determinata in precedenza mediante il rilievo del profilo laterale del pneumatico 2 indeformato) la rispettiva legge di spostamento  $d(t)$  complessivo per determinare la posizione del punto P in seguito

alla deformazione e, quindi, ricostruire la deformazione subita dalla superficie 5 laterale per effetto della rotazione del pneumatico 2 e per effetto del carico radiale applicato al pneumatico 2; in sintesi, al profilo indeformato del pneumatico 2 viene sommata la legge di spostamento  $d(t)$  complessivo per ricavare il profilo deformato del pneumatico 2.

JORIO Paolo  
(iscrizione Albo nr 294/BM)

## R I V E N D I C A Z I O N I

1) Metodo per la stima della deformazione (d) di una parete (5) laterale di un pneumatico (2) in rotazione attorno ad un proprio asse (3) centrale; il metodo prevedendo di determinare la deformazione assiale della parete (5) laterale del pneumatico (2) mediante una misura vibrometrica effettuata sul pneumatico (2) in rotazione, di determinare la deformazione radiale della parete (5) laterale del pneumatico (2) mediante l'analisi di una immagine laterale del pneumatico (2) in rotazione, e di stimare la deformazione della parete (5) laterale mediante la combinazione vettoriale della deformazione assiale e della deformazione radiale.

2) Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui vengono individuati un numero di punti (P) significativi appartenenti alla detta parete (5) laterale, e per ciascun punto (P) significativo viene determinata il rispettivo spostamento (x) assiale, il rispettivo spostamento (y) radiale, e, quindi, il rispettivo spostamento (d) complessivo come combinazione vettoriale dello spostamento (x) assiale e dello spostamento (y) radiale.

3) Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui ciascun punto (P) significativo viene evidenziato mediante una rispettiva marcatura ottica che è otticamente distinguibile dalla detta parete (5) laterale.

4) Metodo secondo la rivendicazione 2 o 3, in cui per ciascun detto punto (P) significativo il rispettivo spostamento (y) radiale viene determinato riconoscendo ed inseguendo il punto (P) nella immagine laterale del pneumatico (2) in rotazione e misurando istante per istante la posizione del punto (P) nella immagine stessa.

5) Metodo secondo la rivendicazione 2, 3 o 4, in cui per ciascun detto punto (P) significativo il rispettivo spostamento (x) assiale viene determinato mediante una misura vibrometrica mirata sul punto (P) significativo ed effettuata sul pneumatico

JORIO Paolo  
iscrittione Albo nr 294/BM

(2) in rotazione.

6) Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui per ciascun detto punto (P) significativo il rispettivo spostamento (x) assiale viene determinato integrando nel tempo il valore della rispettiva velocità (x') assiale, la quale viene fornita dalla detta misura vibrometrica mirata sul punto (P) significativo ed effettuata sul pneumatico (2) in rotazione.

7) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 6, in cui viene rilevato il profilo della parete (5) laterale indeformata mediante una misura effettuata sul pneumatico (2) fermo e scarico e viene ricostruito il profilo della parete (5) laterale deformata applicando al profilo della parete (5) laterale indeformata la detta deformazione (d) stimata della parete (5) laterale.

8) Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui il detto profilo del pneumatico (2) indeformato viene rilevato mediante un profilometro laser.

9) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 8, in cui in cui la detta immagine laterale del pneumatico (2) è ripresa da una telecamera (15) disposta con il proprio asse (3) ottico sostanzialmente coassiale al detto asse (3) centrale del pneumatico (2).

10) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 9, in cui la detta misura vibrometrica viene eseguita mediante uno strumento (13) di misura provvisto di un vibrometro (16) laser a scansione.

11) Stazione per la stima della deformazione di una parete (5) laterale di un pneumatico (2) in rotazione attorno ad un proprio asse (3) centrale; la stazione (1) comprendendo mezzi (6) di prova per portare in rotazione il pneumatico (2) attorno al proprio asse (3) centrale, uno strumento (13) di misura provvisto di un vibrometro (16) per determinare la deformazione assiale della parete (5) laterale del pneumatico

(2) in rotazione, una telecamera (15) per riprendere una immagine laterale del pneumatico (2) in rotazione, primi mezzi di calcolo (14) atti ad analizzare la detta immagine laterale al fine di determinare la deformazione radiale della parete (5) laterale del pneumatico (2), e secondi mezzi di calcolo (14) atti a stimare la deformazione della parete (5) laterale mediante la combinazione vettoriale della deformazione assiale e della deformazione radiale.

12) Stazione secondo la rivendicazione 11, e comprendente un profilometro per rilevare il profilo del pneumatico (2) indeformato mediante una misura effettuata sul pneumatico (2) fermo e scarico; i detti secondi mezzi di calcolo (14) essendo atti a ricostruire il profilo del pneumatico (2) deformato applicando al profilo del pneumatico (2) indeformato la detta deformazione stimata della parete (5) laterale.

13) Metodo secondo la rivendicazione 12, in cui il detto profilometro è un profilometro laser.

14) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 11 a 13, in cui la detta telecamera (15) è disposta con il proprio asse (3) ottico sostanzialmente coassiale al detto asse (3) centrale del pneumatico (2).

15) Metodo secondo una delle rivendicazioni da 11 a 14, in cui il detto vibrometro (16) è un vibrometro laser a scansione.

p.i.: BRIDGESTONE/FIRESTONE TECHNICAL CENTER EUROPE S.P.A.

JORIO Paolo  
iscrizione Albo nr 294/BMI



JORIO Paolo  
iscrizione Albo nr 294/BMI

10 2001 A00005 9

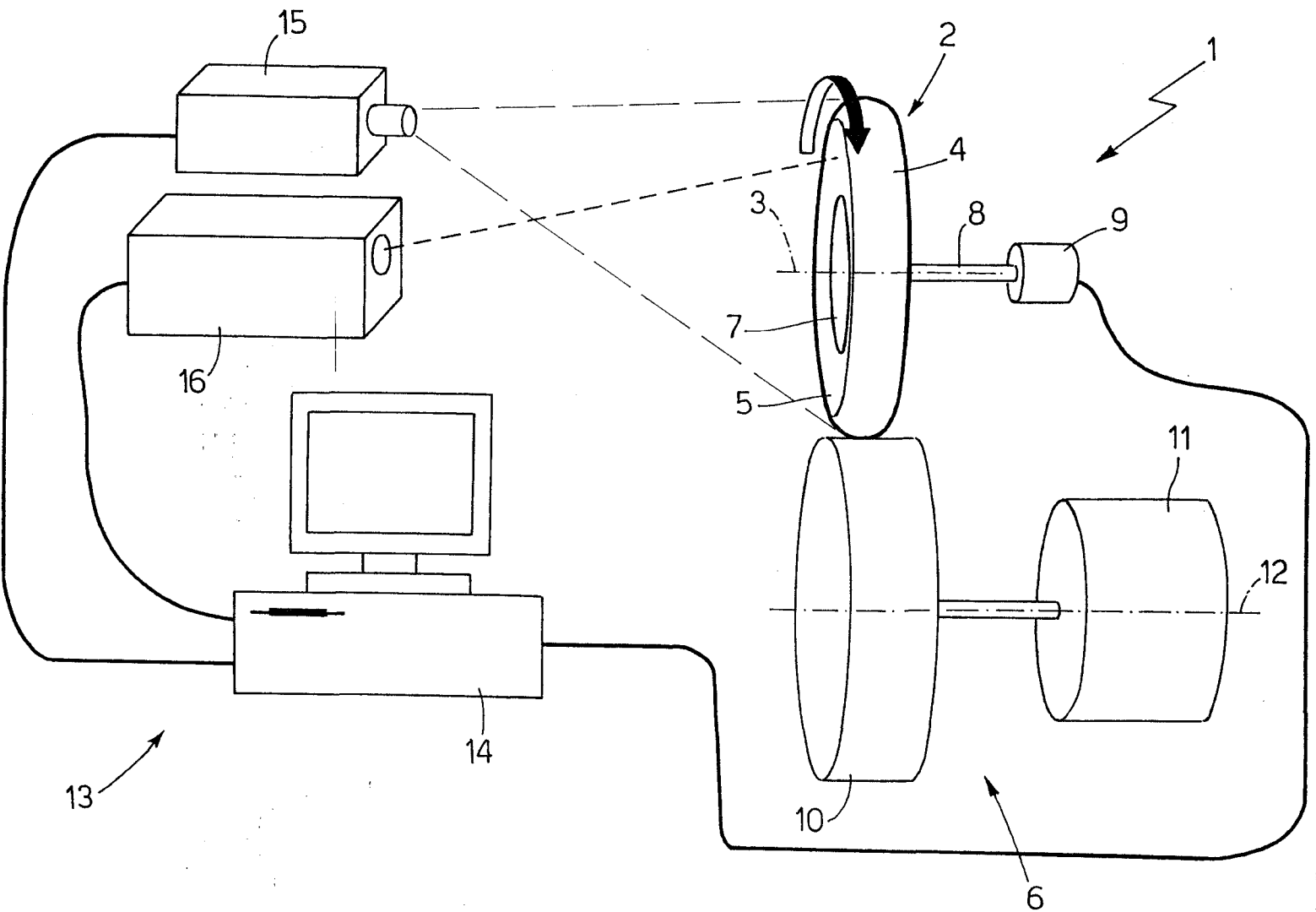


Fig.1

P.i.: BRIDGESTONE/FIRESTONE TECHNICAL CENTER EUROPE S.P.A.

ORIO BASSI  
Iscrittione Albo nr. 294/BM

10 2001 A00085 9

Caso P010281T0A

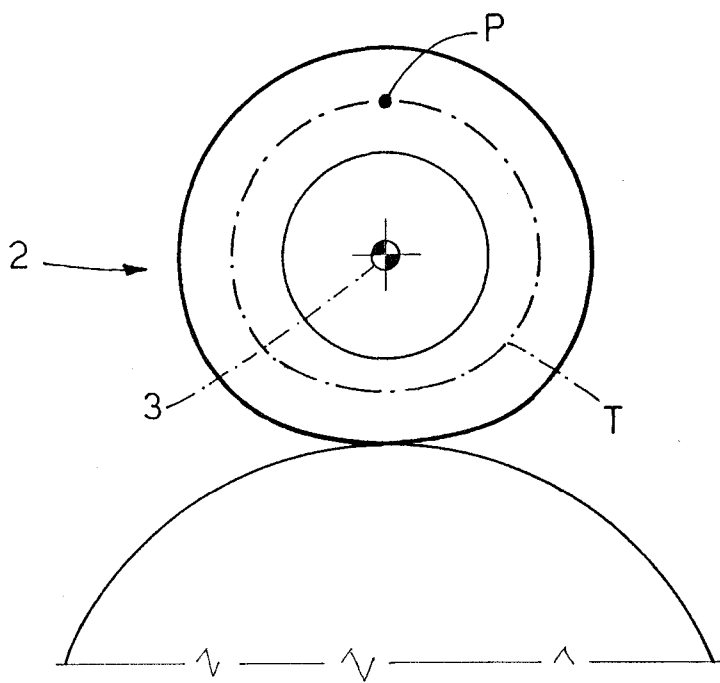


Fig.3

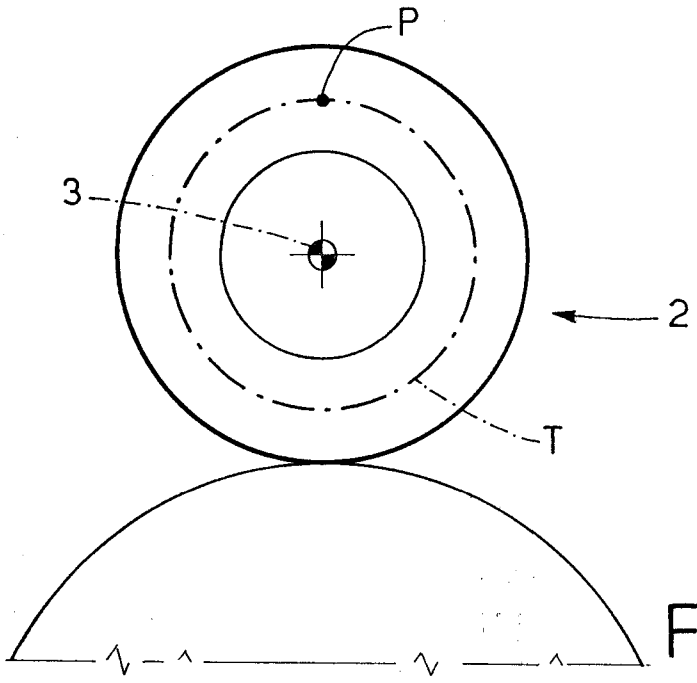


Fig.2

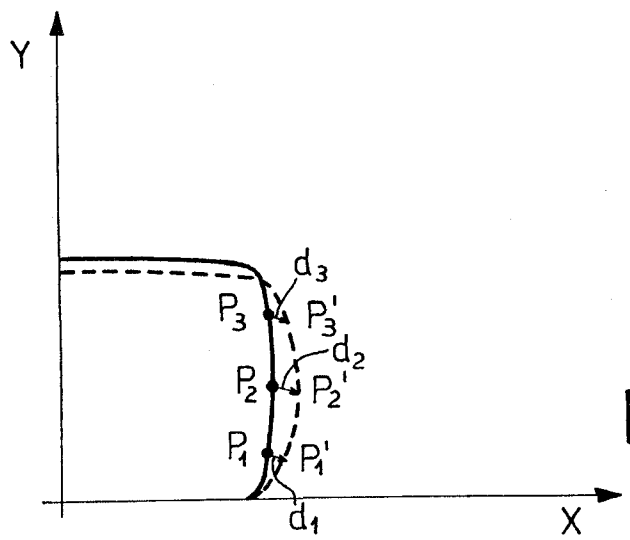


Fig.5

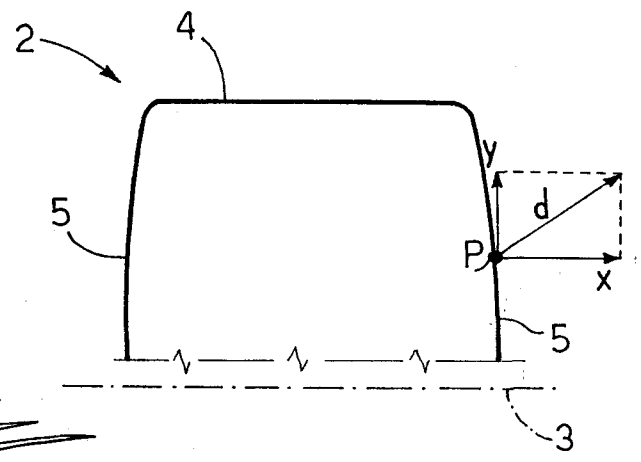


Fig.4

p.i.: BRIDGESTONE/FIRESTONE TECHNICAL CENTER EUROPE S.P.A.

JORIO Padoa  
iscrittione Albo n. 294/BMI

C.C.I.A.A.  
Torino