ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901901714A1

Publication Date

20120623

Applicant

PIRELLI TYRE S.P.A

Title

METODO E SISTEMA PER STIMARE LA PRESSIONE DI GONFIAGGIO DI UN PNEUMATICO

Front page automatically generated by WIPO

Titolo: Metodo e sistema per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico

..*.*.*

DESCRIZIONE

L'invenzione riguarda un metodo ed un sistema per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico.

L'incorporazione di dispositivi elettronici di monitoraggio all'interno di pneumatici sta assumendo un'importanza crescente al fine di aumentare la sicurezza dei veicoli. Tali dispositivi possono, ad esempio, includere sensori ed altri componenti adatti ad ottenere informazioni riguardanti varie grandezze di un pneumatico quali, ad esempio, temperatura, pressione, accelerazione, numero di giri del pneumatico, velocità del veicolo, carico agente sul pneumatico e simili.

H. Holscher at al. ("Modeling of Pneumatic Tires by a Finite Element Model for the Development a Tire Friction Remote Sensor", preprint submitted to Computers and Structures, pages 1-17, 28 October 2004) descrivono un sensore di curvatura di un pneumatico per determinare il carico effettivo di un pneumatico per una data pressione o per determinare se la pressione di un pneumatico è corretta per il carico effettivo.

La Richiedente si è posta il problema tecnico di ridurre il numero di sensori utilizzati da un dispositivo

di monitoraggio di un pneumatico. Ciò al fine di ridurre i costi, l'ingombro ed i consumi di energia del dispositivo di monitoraggio.

In questo contesto, la Richiedente ha osservato che un sensore di pressione del tipo diretto è tipicamente dotato di una membrana esposta all'aria, la quale comporta problemi di assemblaggio, robustezza e affidabilità del dispositivo di monitoraggio.

La Richiedente si è pertanto posta il problema tecnico di eliminare il sensore di pressione di gonfiaggio del pneumatico così da semplificare l'assemblaggio del dispositivo di monitoraggio e realizzare un dispositivo di monitoraggio sigillato, robusto ed affidabile.

La Richiedente ha osservato che, in generale, un pneumatico su una superficie di rotolamento subisce una deformazione per effetto del carico agente sul pneumatico e per il fatto che il pneumatico è formato da materiale elasticamente deformabile.

La Richiedente ha osservato che il pneumatico si deforma in corrispondenza di una prima regione di deformazione, sostanzialmente corrispondente all'area di impronta, e di una seconda regione di deformazione circonferenzialmente più ampia, comprendente la prima regione.

La Richiedente ha trovato che da dati rappresentativi della deformazione del pneumatico è possibile ottenere due grandezze distinte, rispettivamente rappresentative dell'entità della deformazione nella prima regione e dell'entità della deformazione nella seconda regione, che dipendono entrambe dalla pressione di gonfiaggio del pneumatico e che, in condizioni di carico e pressione di gonfiaggio diverse, sono (seppure correlate) non direttamente proporzionali tra loro.

La Richiedente ha trovato che a partire dalle suddette grandezze è possibile stimare la pressione di gonfiaggio del pneumatico e che tale stima può essere vantaggiosamente effettuata senza la necessità di conoscere esplicitamente il carico agente sul pneumatico.

In un suo primo aspetto la presente invenzione riguarda pertanto un metodo per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico, detto metodo comprendendo:

- ottenere dati rappresentativi della deformazione cui è sottoposto il pneumatico su una superficie di rotolamento;
- elaborare i dati ottenuti in modo da ottenere una prima grandezza β rappresentativa dell'entità della deformazione all'interno di una prima regione di deformazione sostanzialmente corrispondente all'area di

impronta tra il pneumatico e la superficie di rotolamento ed una seconda grandezza σ, distinta dalla prima grandezza, rappresentativa dell'entità della deformazione in una seconda regione di deformazione, detta seconda regione comprendendo la prima regione di deformazione ed avendo un'estensione circonferenziale maggiore dell'estensione circonferenziale della prima regione di deformazione, la seconda grandezza σ essendo ottenuta a partire da almeno una parte dei dati ottenuti che corrisponde ad una porzione di detta seconda regione di deformazione che è esterna all'area di impronta;

- stimare la pressione sulla base della prima grandezza β e della seconda grandezza σ così ottenute.

In un suo secondo aspetto la presente invenzione riguarda anche un sistema per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico, detto sistema comprendendo almeno un'unità di elaborazione atta a:

- ottenere dati rappresentativi della deformazione cui è sottoposto il pneumatico su una superficie di rotolamento;
- elaborare i dati ottenuti in modo da ottenere una prima grandezza β rappresentativa dell'entità della deformazione all'interno di una prima regione di deformazione sostanzialmente corrispondente all'area di

impronta tra il pneumatico e la superficie di rotolamento ed una seconda grandezza σ, distinta dalla prima grandezza, rappresentativa dell'entità della deformazione in una seconda regione di deformazione, detta seconda regione comprendendo la prima regione di deformazione ed avendo un'estensione circonferenziale maggiore dell'estensione circonferenziale della prima regione di deformazione, la seconda grandezza σ essendo ottenuta a partire da almeno una parte dei dati ottenuti che corrisponde ad una porzione di detta seconda regione di deformazione che è esterna all'area di impronta;

- stimare la pressione sulla base della prima grandezza β e della seconda grandezza σ così ottenute.

Nella presente descrizione e successive rivendicazioni:

- l'espressione "carico agente su un pneumatico" è usata per indicare una forza agente sul pneumatico perpendicolarmente alla superficie di rotolamento;

- l'espressione "porzione di corona" di un pneumatico è usata per indicare una porzione del pneumatico che si estende tra i fianchi dello stesso secondo una direzione laterale del pneumatico;

- l'espressione "grandezze β e σ non direttamente proporzionali tra loro" è usata per indicare che $\beta \neq$

$k^*\sigma$, dove k è una costante;

- i termini "laterale" e "lateralmente" sono usati per indicare grandezze misurate in direzione parallela all'asse di rotazione del pneumatico;

- i termini "radiale" e "radialmente" sono usati per indicare grandezze misurate in direzione perpendicolare all'asse di rotazione del pneumatico;

- i termini "longitudinale", "longitudinalmente", "circonferenziale" e "circonferenzialmente" sono usati per indicare grandezze misurate tangenzialmente al pneumatico e perpendicolarmente alla direzione laterale.

La presente invenzione in almeno uno dei suddetti aspetti può presentare almeno una delle caratteristiche preferite che seguono.

In una forma di realizzazione, la prima grandezza β è rappresentativa dell'estensione circonferenziale di detta prima regione di deformazione.

In un'altra forma di realizzazione, la prima grandezza β è rappresentativa di una variazione di posizione subita all'interno dell'area di impronta da una porzione di corona prefissata, rispetto ad un punto di riferimento prestabilito.

In una forma di realizzazione, la seconda grandezza σ è rappresentativa dell'estensione circonferenziale di detta seconda regione di

deformazione.

I dati rappresentativi di detta deformazione possono essere selezionati dal gruppo comprendente: dati rappresentativi di una componente di accelerazione cui è sottoposta una porzione di corona prefissata, dati rappresentativi di una componente di velocità di una porzione di corona prefissata e dati rappresentativi di una variazione di posizione di una porzione di corona prefissata rispetto ad un punto di riferimento prestabilito.

Vantaggiosamente, i dati rappresentativi della deformazione vengono ottenuti facendo ruotare il pneumatico sulla superficie di rotolamento.

In una forma di realizzazione, il sistema per stimare la pressione di gonfiaggio comprende anche il pneumatico.

Vantaggiosamente, il sistema comprende anche un dispositivo di monitoraggio operativamente associato al pneumatico, detto dispositivo di monitoraggio essendo atto ad ottenere i dati rappresentativi di detta deformazione.

Il dispositivo di monitoraggio è vantaggiosamente privo di un sensore diretto di pressione.

In una forma di realizzazione, il dispositivo di monitoraggio comprende un accelerometro fissato su una

porzione di corona del pneumatico.

Vantaggiosamente, i dati rappresentativi di detta deformazione sono ottenuti mediante detto accelerometro.

In una forma di realizzazione, il dispositivo di monitoraggio comprende un sensore adatto a determinare la posizione di una porzione di corona prefissata rispetto ad un punto di riferimento prestabilito. Vantaggiosamente, i dati rappresentativi di detta deformazione sono ottenuti mediante detto sensore di posizione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione verranno resi chiari dalla seguente descrizione dettagliata di alcune forme di realizzazione esemplificative della stessa, fornite unicamente a titolo di esempi non limitativi, descrizione che verrà effettuata facendo riferimento ai disegni allegati, in cui:

- la figura 1 mostra schematicamente un pneumatico deformato;

- la figura 2 mostra una curva rappresentativa di un esempio di componente radiale di accelerazione cui è sottoposta una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico;

- la figura 3 mostra due curve rappresentative di due funzioni di interpolazione che possono essere

utilizziate per determinare le grandezze β e σ mostrate in figura 2;

- la figura 4 mostra una curva rappresentativa di un esempio di componente radiale di velocità di una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico;

- la figura 5 mostra una curva rappresentativa di un esempio di variazione di posizione, secondo una direzione radiale del pneumatico, cui è sottoposta una porzione di corona prefissata rispetto al centro del pneumatico, durante almeno un giro di pneumatico;

- la figura 6 mostra una curva rappresentativa di una componente tangenziale di velocità di una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico;

- la figura 7 mostra schematicamente una porzione di pneumatico comprendente un dispositivo di monitoraggio.

La figura 1 mostra schematicamente un pneumatico 2 su una superficie di rotolamento 20 (ad esempio una superficie stradale).

Il pneumatico 2 è montato su un cerchio 3 e può essere montato su qualunque tipo di veicoli (non mostrati), come per esempio autovetture, veicoli adibiti al trasporto merci, quali autotreni o autocarri etc.

In virtù del carico agente sul pneumatico (ad

esempio una volta che esso è montato su un veicolo) e del fatto che il pneumatico 2 è formato da materiale elasticamente deformabile, il pneumatico 2 subisce una deformazione.

In figura 1 il carico è rappresentato dalla freccia Fz perpendicolare alla superficie di rotolamento 20.

Come schematicamente mostrato in figura 1, tale deformazione interessa una regione circonferenziale 24 del pneumatico 2, definita tra due estremità circonferenziali 24a, 24b, in cui la forma del pneumatico si discosta da una forma sostanzialmente circolare (mostrata in tratteggio in figura 1).

La regione circonferenziale 24 è posizionata in una porzione inferiore del pneumatico 2 rivolta verso la superficie di rotolamento 20. La regione circonferenziale 24 comprende l'area di impronta 22, definita tra due estremità circonferenziali 22a, 22b, e due regioni 26 esterne all'area di impronta 22, rispettivamente definite tra due estremità circonferenziali 24a, 22a e 22b, 24b.

La Richiedente ha osservato che da dati rappresentativi della deformazione subita dal pneumatico è possibile individuare due regioni di deformazione: una prima regione di deformazione sostanzialmente corrispondente all'area di impronta 22 ed una seconda

regione di deformazione circonferenzialmente più ampia, comprendente l'area di impronta 22, corrispondente ad almeno parte della regione circonferenziale 24.

La Richiedente ha inoltre trovato che da dati rappresentativi della deformazione subita dal pneumatico è possibile ottenere due grandezze β e σ distinte, rispettivamente rappresentative dell'entità della deformazione all'interno della prima regione di deformazione e dell'entità della deformazione all'interno della seconda regione di deformazione, che dipendono entrambe dalla pressione di gonfiaggio del pneumatico 2 e dal carico agente sul pneumatico 2 e che, in diverse condizioni di carico e pressione di gonfiaggio, sono (seppure correlate) non direttamente proporzionali tra loro.

In particolare, la Richiedente ha trovato che le due grandezze β e σ risultano essere non direttamente proporzionali tra loro quando la seconda grandezza σ viene ottenuta a partire da almeno una parte dei dati rappresentativi della deformazione che corrisponde ad una porzione della seconda regione di deformazione che è esterna all'area di impronta 22.

A partire da queste osservazioni, la Richiedente ha trovato che la pressione di gonfiaggio del pneumatico può essere stimata sulla base delle due grandezze β e σ e

che tale stima può essere vantaggiosamente effettuata senza la necessità di conoscere il carico agente sul pneumatico.

La Richiedente osserva che le grandezze β e σ possono rappresentare l'entità della deformazione in termini, ad esempio, di estensione circonferenziale della prima e della seconda regione di deformazione. Ad esempio, l'estensione circonferenziale può essere determinata in termini di estensione angolare (vedi, ad esempio, gli angoli α e γ di figura 1), in termini di lunghezza di corda sottesa (vedi, ad esempio, le lunghezze L1 e L2 di figura 1) o in termini di lunghezza presa lungo il profilo circonferenziale del pneumatico. L'angolo α può essere compreso tra 5° e 40° mentre l'angolo γ sarà tipicamente minore o uguale a 180°.

Le grandezze β e σ possono rappresentare l'entità della deformazione anche in termini di variazione di posizione (determinata rispetto ad un pneumatico non deformato) subita, all'interno di una delle due regioni, da una porzione di corona prefissata del pneumatico 2, rispetto ad un punto di riferimento prestabilito. Ad esempio, la variazione di posizione può essere determinata in termini di variazione di distanza radiale tra la porzione di corona prefissata al centro del pneumatico, rispetto ad un pneumatico non deformato.

I dati rappresentativi della deformazione subita dal pneumatico 2 possono essere ottenuti durante il rotolamento del pneumatico 2 mediante un apposito sensore. Tale sensore può essere, ad esempio, un accelerometro o un sensore di posizione. Il sensore di posizione può essere un dispositivo ottico o magnetico adatto a determinare la posizione di una porzione di corona prefissata rispetto ad un punto di riferimento prestabilito (come, ad esempio la distanza radiale tra la porzione di corona ed il centro del pneumatico, o un punto prefissato del cerchio su cui è montato il pneumatico), durante il rotolamento del pneumatico.

La figura 7 mostra una porzione di un pneumatico 2 che può essere utilizzato in un sistema per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico secondo la presente invenzione. Il pneumatico 2 comprende un dispositivo di monitoraggio 28 che a sua volta comprende il suddetto sensore, indicato con il numero di riferimento 1.

In figura 7, le lettere "R", "L" e "A" indicano rispettivamente una direzione radiale, una direzione longitudinale (detta anche tangenziale o circonferenziale) ed una direzione laterale (detta anche assiale) del pneumatico.

Il pneumatico 2 è montato su un cerchio 3. Esso

può essere montato su qualunque tipo di veicoli, come per esempio autovetture, veicoli adibiti al trasporto merci, quali autotreni o autocarri, etc.

Il pneumatico 2 è preferibilmente predisposto ad essere impiegato su veicoli provvisti di dispositivi elettronici installati a bordo, atti a cooperare ed interagire con il dispositivo di monitoraggio 28.

Il pneumatico 2 comprende una struttura di carcassa 4, non illustrata in dettaglio, conformata secondo una configurazione sostanzialmente toroidale ed impegnata, tramite i suoi bordi circonferenziali opposti, a due strutture anulari di ancoraggio (usualmente identificati con il nome di "cerchietti"), ciascuna delle quali risulta collocata in una regione 5 usualmente identificata con il nome di "tallone".

Sulla struttura di carcassa 4 è applicata, in posizione circonferenzialmente esterna, una struttura di cintura 6 comprendente una o più strisce di cintura.

Alla struttura di cintura 6 è sovrapposta, in posizione circonferenzialmente esterna, una fascia battistrada 7 sulla quale sono tipicamente sagomati incavi longitudinali e/o trasversali, disposti a definire un desiderato disegno battistrada.

Il pneumatico 2 comprende altresì una coppia di cosiddetti fianchi 8 applicati lateralmente da parti

opposte sulla struttura di carcassa 4.

Il numero di riferimento 9 indica una porzione di corona del pneumatico 2 che si estende tra i fianchi 8, secondo una direzione laterale del pneumatico.

La superficie interna del pneumatico è tipicamente rivestita da uno strato di tenuta, o cosiddetto "liner", comprendente uno o più strati di materiale elastomerico impermeabile all'aria atto a garantire la tenuta ermetica del pneumatico stesso.

Vantaggiosamente, come illustrato in figura 7, il dispositivo di monitoraggio 28 è fissato in corrispondenza di una porzione di corona 9, preferibilmente sul liner del pneumatico 2, mediante un apposito elemento di fissaggio (non mostrato). Preferibilmente, il dispositivo di monitoraggio 28 è disposto sostanzialmente in corrispondenza del piano equatoriale del pneumatico 2.

L'elemento di fissaggio è vantaggiosamente atto a conformarsi alle deformazioni subite dalla struttura del pneumatico durante il rotolamento, al fine di mantenere stabile nel tempo il fissaggio al liner del dispositivo di monitoraggio 28.

Vantaggiosamente, oltre al sensore 1, il dispositivo di monitoraggio 28 può comprendere anche altri sensori (non mostrati) atti a misurare grandezze

fisiche di interesse del pneumatico quali, ad esempio, la temperatura.

Grazie all'invenzione, il dispositivo di monitoraggio 28 può essere vantaggiosamente privo di un sensore diretto di pressione.

Vantaggiosamente, il dispositivo di monitoraggio 28 comprende anche un trasmettitore a radio-frequenza (non mostrato). Il trasmettitore a radio-frequenza è atto a trasmettere, attraverso un'antenna (non mostrata), dati relativi alle grandezze fisiche misurate, ad un ricevitore (non mostrato) esterno al pneumatico 2. Il ricevitore può essere situato sul veicolo su cui viene montato il pneumatico.

I dati provenienti dal sensore 1 vengono vantaggiosamente elaborati (eventualmente con iniziale filtraggio e/o conversione in forma digitale) da almeno un'unità di elaborazione (ovvero una o più unità di elaborazione), che può essere compresa nel dispositivo di monitoraggio 28 e/o nel ricevitore esterno al pneumatico 2, in modo da determinare la pressione di gonfiaggio del pneumatico.

Detta almeno un'unità di elaborazione comprende moduli hardware e/o software atti ad implementare il metodo di stima di pressione di gonfiaggio del pneumatico secondo l'invenzione. In particolare tali moduli sono

vantaggiosamente atti ad elaborare i dati rappresentativi della deformazione provenienti dal sensore 1 in modo da ottenere le grandezze β e σ e stimare la pressione di gonfiaggio del pneumatico sulla base di tali grandezze.

Ad esempio, nel caso il sensore 1 comprenda un accelerometro triassiale, le grandezze β e σ possono essere ottenute elaborando:

- dati rappresentativi di almeno una tra componente radiale e componente longitudinale dell'accelerazione misurata dall'accelerometro;

- dati rappresentativi di almeno una tra componente radiale e componente longitudinale della velocità di una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico, ottenibili elaborando (ad esempio integrando) il segnale misurato dall'accelerometro; e/o

- dati rappresentativi della variazione, durante almeno un giro di pneumatico, di almeno una tra posizione radiale e longitudinale di una porzione di corona prefissata rispetto al centro del pneumatico o altro punto di riferimento prestabilito, anch'essi ottenibili elaborando (ad esempio integrando due volte) il segnale misurato dall'accelerometro, o mediante un sensore di posizione.

A titolo di esempio, la figura 2 mostra un

esempio di componente radiale di accelerazione ottenuta, durante un giro di pneumatico, filtrando il segnale misurato da un accelerometro montato su una porzione di corona di un pneumatico (sul liner, sostanzialmente in corrispondenza del piano equatoriale), in funzione della posizione angolare dell'accelerometro rispetto al centro dell'area di impronta (θ=0 indica una posizione angolare dell'accelerometro in corrispondenza del centro dell'area di impronta, θ>0 indica posizioni angolari dopo il centro dell'area di impronta, θ<0 indica posizioni angolari prima del centro dell'area di impronta, $\theta=\pm 180°$ indica una posizione angolare dell'accelerometro diametralmente opposta al centro dell'area di impronta).

La curva si riferisce ad un pneumatico Pzero Rosso™ 225/50 R17 prodotto dalla Richiedente, montato sulla ruota anteriore destra di una Alfa Romeo, Alfa 159 viaggiante in rettilineo ad una velocità di 60 km/h su asfalto asciutto.

A loro volta, le figure 4-6 mostrano rispettivamente esempi di: una curva di componente radiale di velocità di una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico, ottenuta integrando la curva di figura 2; una curva di variazione di posizione radiale di una porzione di corona prefissata rispetto al centro del pneumatico durante almeno un giro

di pneumatico, ottenuta integrando la curva di figura 4; ed una curva di una componente tangenziale (ovvero longitudinale) di velocità di una porzione di corona prefissata durante almeno un giro di pneumatico, ottenuta elaborando la componente di accelerazione tangenziale misurata dall'accelerometro 1. Anche le curve di figure 4-6 sono rappresentate in funzione della posizione angolare θ dell'accelerometro rispetto al centro dell'area di impronta. In figura 5 la variazione di posizione radiale viene fornita rispetto alla posizione radiale assunta dalla porzione di corona prefissata in una regione non deformata del pneumatico (la variazione di posizione è pertanto nulla a grande distanza dall'area di impronta, ad esempio nella metà di pneumatico superiore, rivolta verso il veicolo).

Come si può notare, tutte le curve delle figure 2, 4-6 presentano una regione con andamento pressoché costante ed una regione con andamento variabile. La regione con andamento pressoché costante corrisponde alla situazione in cui l'accelerometro (e la porzione di corona su cui è posizionato) si trova molto distante dall'area di impronta, dove il pneumatico è sostanzialmente indeformato. La regione con andamento variabile corrisponde alla situazione in cui l'accelerometro si avvicina, entra, transita, esce e si

allontana dall'area di impronta. Tale regione sostanzialmente corrisponde alla regione circonferenziale 24 (si veda figura 1) in cui il pneumatico subisce la deformazione dovuta al contatto con la superficie di rotolamento ed allo schiacciamento imposto dal carico.

Le curve di figure 2, 4-6 sono pertanto rappresentative della deformazione del pneumatico.

A partire da tali curve, le grandezze β e σ possono ad esempio essere determinate come estensioni angolari di una prima regione, sostanzialmente corrispondente all'area d'impronta 22, e di una seconda regione più ampia, comprendente l'area di impronta 22 (corrispondente ad almeno una porzione della regione circonferenziale 24). La prima regione sarà tipicamente compresa tra le posizioni angolari -20° e +20° mentre la seconda regione sarà tipicamente compresa tra le posizioni angolari -90° e +90°. In pratica, tali grandezze β e σ possono essere ottenute fissando delle soglie opportune (selezionate in modo da individuare la prima e la seconda regione) e calcolando la distanza tra gli angoli in corrispondenza dei quali le curve intercettano le soglie fissate.

Esempi di grandezze β e σ e di soglie a^{th2}, a^{th1} sono mostrati nelle figure 2, 4-6.

In particolare, come mostrato in figura 2 nel

caso di curva di accelerazione radiale, la soglia a^{th1} può essere una frazione di un valore della componente radiale di accelerazione lontano dell'area di impronta (che è circa uguale all'accelerazione centrifuga del pneumatico ed è indicato in figura con una linea di riferimento S) mentre la soglia a^{th2} può essere un valore maggiore di quello della componente radiale di accelerazione lontano dell'area di impronta e comunque minore del massimo (in valore assoluto) raggiunto dalla componente radiale di accelerazione. Ad esempio, la soglia a^{th2} può essere calcolata come frazione prefissata del massimo (in valore assoluto) raggiunto dall'accelerazione radiale. In alternativa alle due soglie si può utilizzare anche una soglia unica (ad esempio uguale alla soglia a^{th2} mostrata in figura 2). In tal caso la grandezza β potrà essere determinata come distanza angolare tra i due punti più interni in cui la curva intercetta la soglia a^{th2} mentre la grandezza σ potrà essere determinata come distanza angolare tra i due punti esterni in cui la curva intercetta la soglia a^{th2}.

Nel caso della curva di velocità radiale di figura 4, la grandezza β può essere vantaggiosamente determinata come distanza angolare tra il valor minimo ed il valor massimo della curva, mentre la grandezza σ può essere determinata utilizzando una soglia a^{th2} che può

essere, ad esempio, una frazione predefinita del valor minimo o del valor massimo della curva.

Nel caso della curva di figura 5, la soglia a^{th1} da utilizzare per il calcolo della grandezza β può essere uguale ad una frazione (ad esempio ½) del massimo (in valore assoluto) della curva. A sua volta, la grandezza σ può essere determinata come distanza angolare tra i due massimi locali della curva a destra e a sinistra del centro dell'area d'impronta.

Nel caso della curva di figura 6, si applicano considerazioni analoghe a quelle fatte per la figura 2.

Come detto sopra, oltre che in termini di estensione angolare, le grandezze β e σ possono rappresentare l'entità della deformazione del pneumatico anche in termini di variazione di posizione (ad esempio secondo una direzione radiale) subita da una porzione di corona prefissata del pneumatico 2 rispetto ad un punto di riferimento prestabilito (ad esempio il centro del pneumatico), durante almeno un giro di pneumatico.

Ciò è illustrato, ad esempio, in figura 5 in cui si mostra che la grandezza rappresentativa dell'entità di deformazione all'interno dell'area di impronta 22 può anche essere ottenuta determinando (in valore assoluto) il massimo di variazione di posizione (indicato in figura 5 con il simbolo β') o la distanza tra un massimo ed un

minimo locali della curva (indicata in figura 5 con il simbolo β").

Inoltre, nel caso della curva di figura 2, osserviamo che la grandezza β può essere rappresentata da un parametro correlato con la ripidezza di transizione della curva di componente radiale di accelerazione in corrispondenza dell'ingresso e/o all'uscita dall'area di impronta. La ripidezza di transizione della curva di componente radiale di accelerazione è descritta in dettaglio nella domanda di brevetto italiano No. MI2010A001789 (depositata dalla stessa Richiedente e qui incorporata per riferimento).

Secondo una variante, invece che con l'utilizzo di opportune soglie, una o entrambe le grandezze β e σ possono essere determinate mediante una procedura di interpolazione che utilizza una funzione parametrica del tipo

$$f = f(\vartheta \mid p_1 \ldots p_n)$$

dove θ rappresenta la posizione angolare θ della porzione di corona durante un giro completo di pneumatico e p_1 … p_n sono parametri di cui almeno uno è β e/o σ.

Secondo la procedura di interpolazione, giro dopo giro, vengono determinati (ad esempio implementando un algoritmo dei minimi quadrati) i valori dei parametri p_1 … p_n della funzione di interpolazione che consentono di

meglio approssimare, mediante tale funzione di interpolazione, i dati rappresentativi della deformazione del pneumatico.

Ad esempio, quando i dati rappresentativi della deformazione sono ottenuti dalla componente radiale di accelerazione misurata dall'accelerometro e le grandezze β e σ rappresentano le estensioni angolari mostrate in figura 2, si possono utilizzare le seguenti funzioni di interpolazione:

$$y_1(\vartheta \mid \sigma) \approx e^{-\frac{\vartheta^2}{2\sigma^2}}$$

$$y_2(\vartheta \mid \nu, \beta) \approx e^{-|\beta\vartheta|^{\nu}}$$

dove, come mostrato in figura 3, y_1 è una funzione con andamento gaussiano mentre y_2 è una funzione con andamento esponenziale di una potenza della posizione angolare θ che assume un valore pressoché nullo al di fuori dell'area di impronta (definita da β). La procedura di interpolazione permette di trovare i valori di β e σ che forniscono, mediante le funzioni y_1 e y_2 sopra indicate, la migliore approssimazione dei dati ottenuti dal sensore (mostrati in figura 3 dalla curva Y_3).

Si osserva che, vantaggiosamente, i dati ottenuti dall'accelerometro possono essere normalizzati secondo una procedura di normalizzazione.

Considerato che l'accelerazione è tipicamente

legata al segnale elettrico fornito dall'accelerometro 1 (ad esempio la tensione V) per mezzo di una relazione del tipo:

$$a = GV + V_{offset}$$

dove G è il guadagno e V_{offset} l'offset, la normalizzazione può essere vantaggiosamente effettuata in modo da rendere i valori di accelerazione (o di velocità o di variazione di posizione) indipendenti dall'offset (mediante un'operazione di sottrazione) e dal guadagno (mediante un'operazione di divisione) dell'accelerometro 1.

Ciò è molto vantaggioso perché evita di dover effettuare laboriose operazioni di calibrazione dell'accelerometro.

Una volta determinate le grandezze β e σ, la pressione di gonfiaggio p del pneumatico può essere stimata mediante uno sviluppo di Fourier, ovvero mediante una combinazione (ad esempio, lineare o, preferibilmente, quadratica) delle grandezze β e σ. Un esempio di combinazione quadratica è il seguente:

$$p = b_{21} + b_{22}\sigma + b_{23}\beta + b_{24}\sigma\beta + b_{25}\sigma^2 + b_{26}\beta^2 \qquad (1)$$

Vantaggiosamente, considerato che le grandezze β e σ sono correlate anche con il carico agente sul pneumatico, esse possono essere utilizzate anche per stimare il carico F_z effettuando uno sviluppo di Fourier,

ovvero effettuando una combinazione (ad esempio, lineare o, preferibilmente, quadratica) delle grandezze β e σ. Un esempio di combinazione quadratica è il seguente:

$$F_z = b_{11} + b_{12}\sigma + b_{13}\beta + b_{14}\sigma\beta + b_{15}\sigma^2 + b_{16}\beta^2 \qquad (2)$$

I coefficienti b_{ij} possono essere determinati una tantum, per ogni determinata specifica di pneumatico, in modo da riprodurre al meglio valori di riferimento noti.

Ad esempio, i coefficienti b_{ij} possono essere ottenuti:

- determinando (sperimentalmente o mediante simulazioni numeriche) una pluralità di coppie di valori di β e σ in corrispondenza di una pluralità di condizioni note di pressione e carico, e
- determinando, mediante una procedura di interpolazione (ad esempio implementando un algoritmo dei minimi quadrati), i valori dei parametri b_{ij} che consentono di meglio approssimare, mediante le funzioni (1) e (2) sopra menzionate, la pluralità di condizioni note di pressione, carico e grandezze β e σ.

La Richiedente ha implementato tale procedura mediante simulazioni FEA (Finite Element Analysis) su un pneumatico Pirelli P7 Cinturato™ 225/50 R17 ed ha ottenuto i seguenti valori dei parametri b_{ij}:

b_{11} = 2017

b_{12} = 2263

b_{13} = 1497

b_{14} = -1219

b_{15} = 4706

b_{16} = 3024

b_{21} = -2.37

b_{22} = -8.08

b_{23} = 13.23

b_{24} = -54.95

b_{25} = 30.62

b_{26} = 37.75

per 25 combinazioni diverse dei seguenti valori di carico e pressione:

Fz = 170, 337, 505, 675, 1015 kg;

p = 1.2, 1.7, 2.1, 2.5, 3.0 bar.

Nelle simulazioni, si è considerato un pneumatico viaggiante in rettilineo ad una velocità di 100 km/h in condizioni di free rolling (ovvero in condizioni di rotolamento stazionarie) su strada piatta. Le grandezze β e σ sono state determinate da una curva di componente radiale di accelerazione. La grandezza β è stata ottenuta utilizzando una soglia mentre la grandezza σ è stata ottenuta mediante una procedura di interpolazione utilizzante una funzione gaussiana, tipo la funzione y_1 mostrata in figura 3.

Una volta ottenuti i suddetti valori dei

parametri b_{ij}, al fine di valutare le prestazioni dell'invenzione, la Richiedente ha effettuato delle simulazioni FEA in cui valori di pressione (P_{est}) e carico (Fz_{est}) sono stati stimati determinando le grandezze β e σ come appena descritto ed utilizzando le funzioni (1) e (2) sopra menzionate.

I risultati di tali simulazioni sono mostrati nella tabella sottostante dove: le prime due colonne indicano i valori di pressione e carico di riferimento noti (P_{ref} e Fz_{ref}), la terza e la quarta colonna mostrano i valori di pressione e carico stimati (P_{est} e Fz_{est}) utilizzando il metodo dell'invenzione e le ultime due colonne indicano la differenza (ΔP e ΔFz) tra valori di riferimento noti e valori stimati.

P_{ref} [bar]	Fz_{ref} [kg]	P_{est} [bar]	Fz_{est} [kg]	ΔP [bar]	ΔFz [kg]
2,10	337	2,15	320	-0,05	17
2,10	505	2,19	526	-0,09	-21
2,10	675	2,22	704	-0,12	-29
2,50	337	2,38	319	0,12	18
2,50	505	2,51	504	-0,01	1
2,50	675	2,53	691	-0,03	-16
2,73	255	2,68	228	0,05	27
2,73	400	2,71	370	0,02	30
2,73	526	2,86	530	-0,13	-4
2,73	603	2,83	620	-0,10	-17
2,73	880	2,75	895	-0,02	-15
3,00	337	2,77	304	0,23	33
3,00	505	2,95	502	0,05	3
3,00	675	3,10	686	-0,10	-11

Come si può notare dai risultati delle simulazioni, il

metodo dell'invenzione consente di stimare la pressione di gonfiaggio ed il carico agente sul pneumatico con buona approssimazione.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico, detto metodo comprendendo:

- ottenere dati rappresentativi della deformazione cui è sottoposto il pneumatico su una superficie di rotolamento;
- elaborare i dati ottenuti in modo da ottenere una prima grandezza β rappresentativa dell'entità della deformazione all'interno di una prima regione di deformazione sostanzialmente corrispondente all'area di impronta tra il pneumatico e la superficie di rotolamento ed una seconda grandezza σ, distinta dalla prima grandezza, rappresentativa dell'entità della deformazione in una seconda regione di deformazione, detta seconda regione comprendendo la prima regione di deformazione ed avendo un'estensione circonferenziale maggiore dell'estensione circonferenziale della prima regione di deformazione, la seconda grandezza σ essendo ottenuta a partire da almeno una parte dei dati ottenuti che corrisponde ad una porzione di detta seconda regione di deformazione che è esterna all'area di impronta;
- stimare la pressione sulla base della prima grandezza β e della seconda grandezza σ così ottenute.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la

prima grandezza β è rappresentativa dell'estensione circonferenziale di detta prima regione di deformazione.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la prima grandezza β è rappresentativa di una variazione di posizione subita all'interno dell'area di impronta da una porzione di corona prefissata, rispetto ad un punto di riferimento prestabilito.

4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, in cui la seconda grandezza σ è rappresentativa dell'estensione circonferenziale di detta seconda regione di deformazione.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui in cui i dati rappresentativi di detta deformazione sono selezionati dal gruppo comprendente: dati rappresentativi di una componente di accelerazione cui è sottoposta una porzione di corona prefissata, dati rappresentativi di una componente di velocità di una porzione di corona prefissata e dati rappresentativi di una variazione di posizione di una porzione di corona prefissata rispetto ad un punto di riferimento prestabilito.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui i dati rappresentativi della deformazione vengono ottenuti facendo ruotare il pneumatico sulla superficie di rotolamento.

7. Sistema per stimare la pressione di gonfiaggio di un pneumatico, detto sistema comprendendo almeno un'unità di elaborazione atta a:

- ottenere dati rappresentativi della deformazione cui è sottoposto il pneumatico su una superficie di rotolamento;
- elaborare i dati ottenuti in modo da ottenere una prima grandezza β rappresentativa dell'entità della deformazione all'interno di una prima regione di deformazione sostanzialmente corrispondente all'area di impronta tra il pneumatico e la superficie di rotolamento ed una seconda grandezza σ, distinta dalla prima grandezza, rappresentativa dell'entità della deformazione in una seconda regione di deformazione, detta seconda regione comprendendo la prima regione di deformazione ed avendo un'estensione circonferenziale maggiore dell'estensione circonferenziale della prima regione di deformazione, la seconda grandezza σ essendo ottenuta a partire da almeno una parte dei dati ottenuti che corrisponde ad una porzione di detta seconda regione di deformazione che è esterna all'area di impronta;
- stimare la pressione sulla base della prima grandezza β e della seconda grandezza σ così ottenute.

8. Sistema secondo la rivendicazione 7,

comprendente anche il pneumatico.

9. Sistema secondo la rivendicazione 8, comprendente anche un dispositivo di monitoraggio operativamente associato al pneumatico, detto dispositivo di monitoraggio essendo atto ad ottenere i dati rappresentativi di detta deformazione.

10. Sistema secondo la rivendicazione 9, in cui il dispositivo di monitoraggio è privo di un sensore diretto di pressione.

11. Sistema secondo la rivendicazione 9 o 10, in cui detto dispositivo di monitoraggio comprende un accelerometro fissato su una porzione di corona del pneumatico.

12. Sistema secondo la rivendicazione 11, in cui i dati rappresentativi di detta deformazione sono ottenuti mediante detto accelerometro.

13. Sistema secondo la rivendicazione 9 o 10, in cui detto dispositivo di monitoraggio comprende un sensore adatto a determinare la posizione di una porzione di corona prefissata rispetto ad un punto di riferimento prestabilito.

CLAIMS

1. Method for estimating the inflation pressure of a tire, said method comprising:

- obtaining data representative of the deformation undergone by the tire on a rolling surface;
- processing the obtained data in order to obtain a first quantity β representative of the extent of the deformation within a first deformation region substantially corresponding to the footprint between the tire and the rolling surface and a second quantity σ, different from the first quantity, representing the extent of the deformation in a second deformation region, said second region comprising the first deformation region and having a circumferential extension greater than the circumferential extension of the first deformation region, the second quantity σ being obtained starting from at least a part of the obtained data, which corresponds to a portion of said second deformation region which is external to the footprint;
- estimating the pressure on the basis of the first quantity β and of the second quantity σ thus obtained.

2. Method according to claim 1, wherein the first quantity β is representative of the circumferential extension of said first deformation region.

3. Method according to claim 1, wherein the first quantity β is representative of a change of position undergone within the footprint by a prefixed crown portion, with respect to a predetermined point of reference.

4. Method according to any one of claims 1 to 3, wherein the second quantity σ is representative of the circumferential extension of said second deformation region.

5. Method according to any one of claims 1 to 4, wherein the data representative of said deformation are selected from the group comprising: data representative of an acceleration component to which a prefixed crown portion is subjected, data representative of a speed component of a predetermined crown portion and data representative of a change of position of a prefixed crown portion with respect to a predetermined point of reference.

6. Method according to any one of claims 1 to 5, wherein the data representative of the deformation are obtained by causing rotation of the tire on the rolling surface.

7. System for estimating the inflation pressure of a tire, said system comprising at least one processing unit adapted to:

- obtain data representative of the deformation undergone by the tire on a rolling surface;

- process the obtained data in order to obtain a first quantity β representative of the deformation extent within a first deformation region substantially corresponding to the footprint between the tire and the rolling surface and a second quantity σ, different from the first quantity, representative of the deformation extent in a second deformation region, said second region comprising the first deformation region and having a circumferential extension greater than the circumferential extension of the first deformation region, the second quantity σ being obtained starting from at least a part of the obtained data, which corresponds to a portion of said second deformation region which is external to the footprint;
- estimate the pressure on the basis of the first quantity β and the second quantity σ thus obtained.

8. System according to claim 7, also comprising the tire.

9. System according to claim 8, also comprising a monitoring device operatively associated with the tire, said monitoring device being adapted to obtain the data representative of said deformation.

10. System according to claim 9, wherein the monitoring device is devoid of a direct pressure sensor.

11. System according to claim 9 or 10, wherein said monitoring device comprises an accelerometer fixed on a

crown portion of the tire.

12. System according to claim 11, wherein the data representative of said deformation are obtained by said accelerometer.

13. System according to claim 9 or 10, wherein said monitoring device comprises a sensor adapted to determine the position of a prefixed crown portion with respect to a predetermined point of reference.

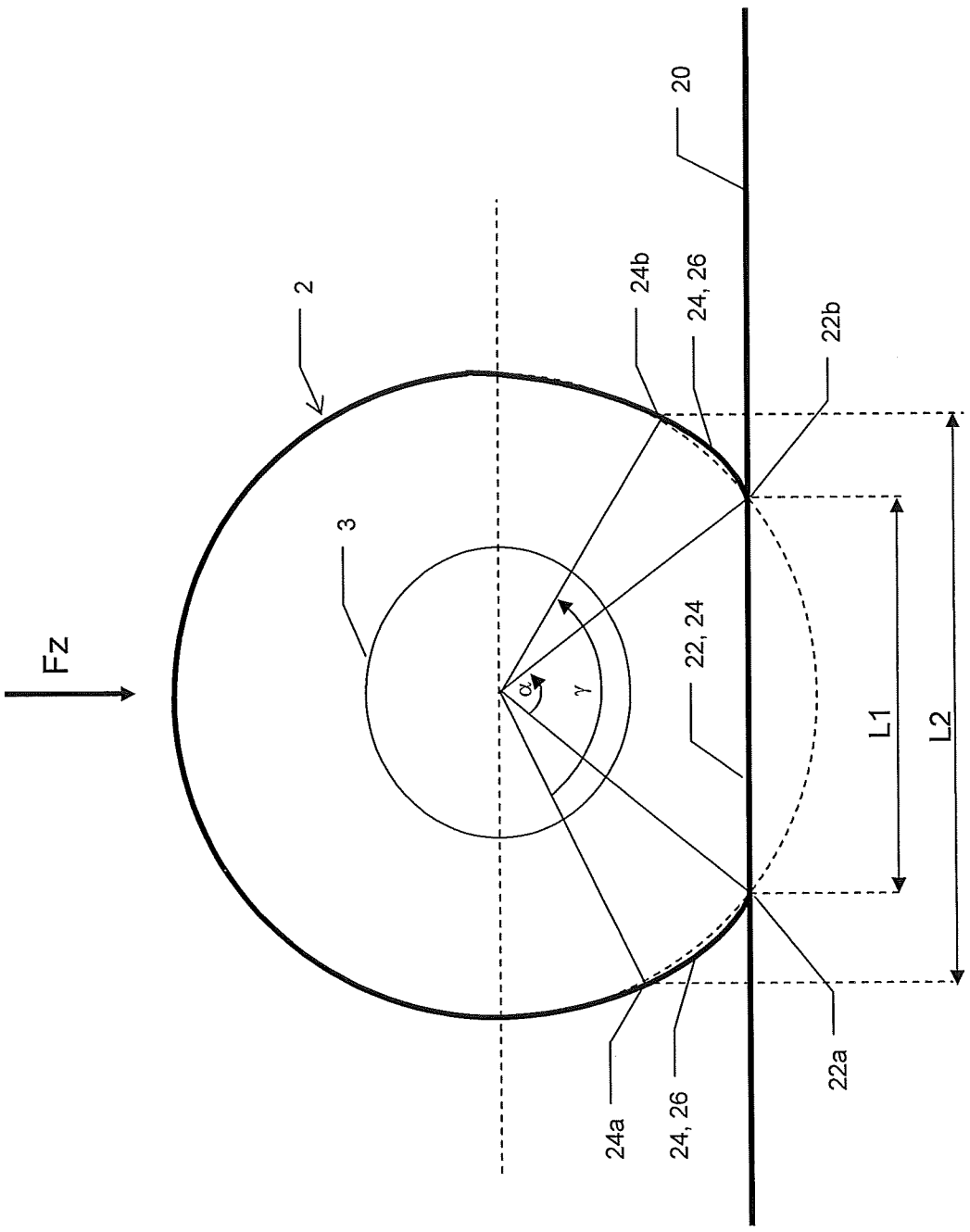


Fig. 1

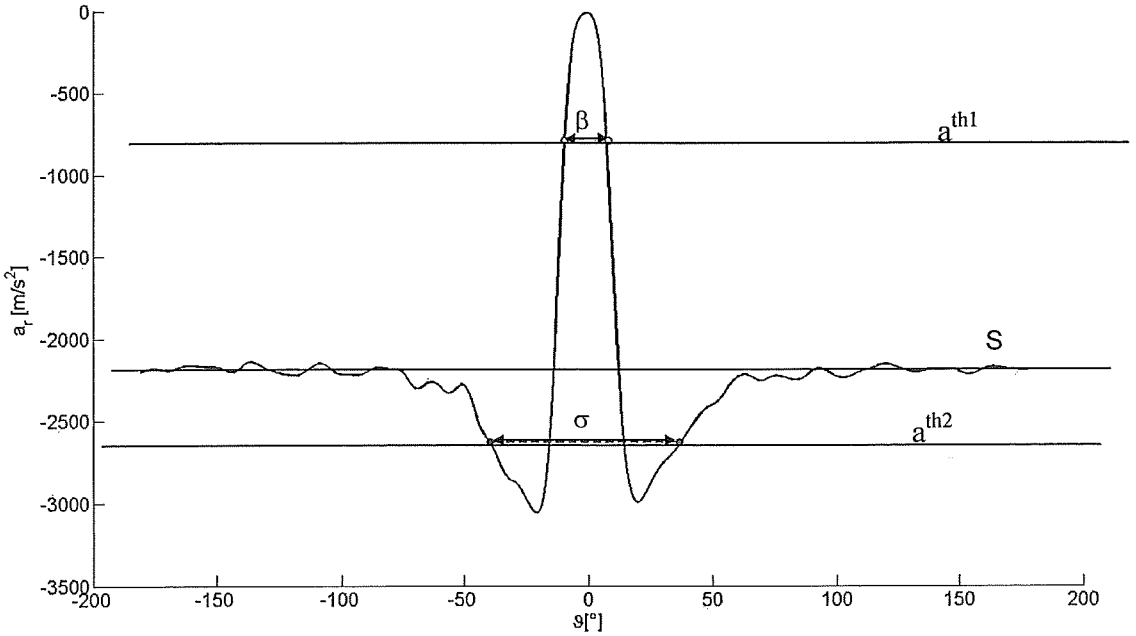

0
-500
-1000
-1500
-2000
-2500
-3000
-3500
a_r [m/s^2]
β
a^{th1}
S
σ
a^{th2}
-200
-150
-100
-50
0
50
100
150
200
ϑ[°]

Fig. 2

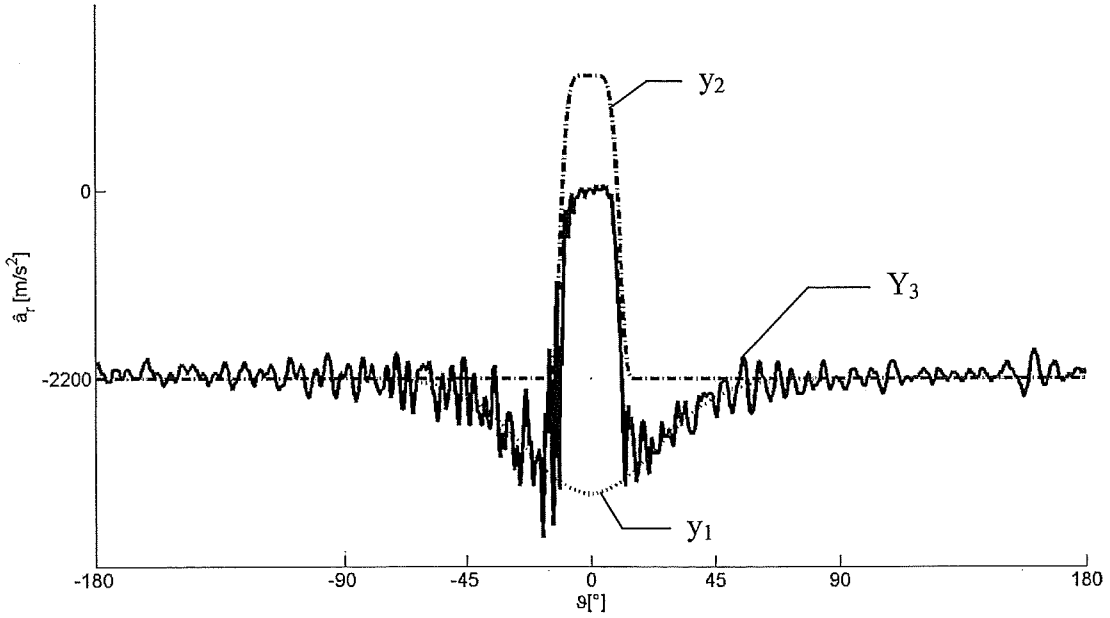

y_2
0
Y_3
-2200
a_r [m/s^2]
y_1
-180
-90
-45
0
45
90
180
ϑ[°]

Fig. 3

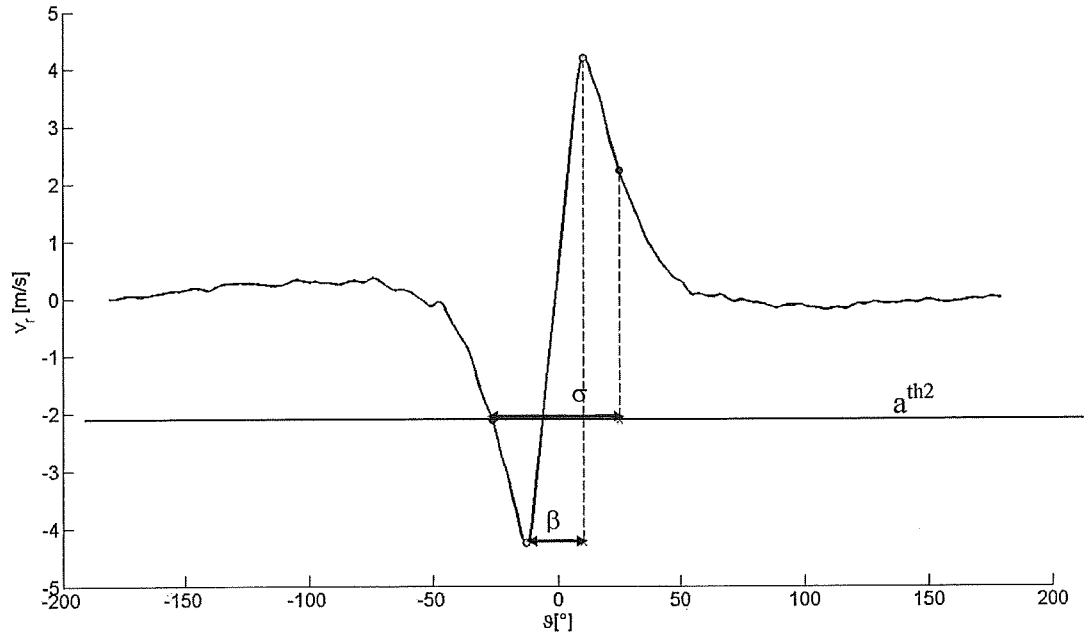


Fig. 4

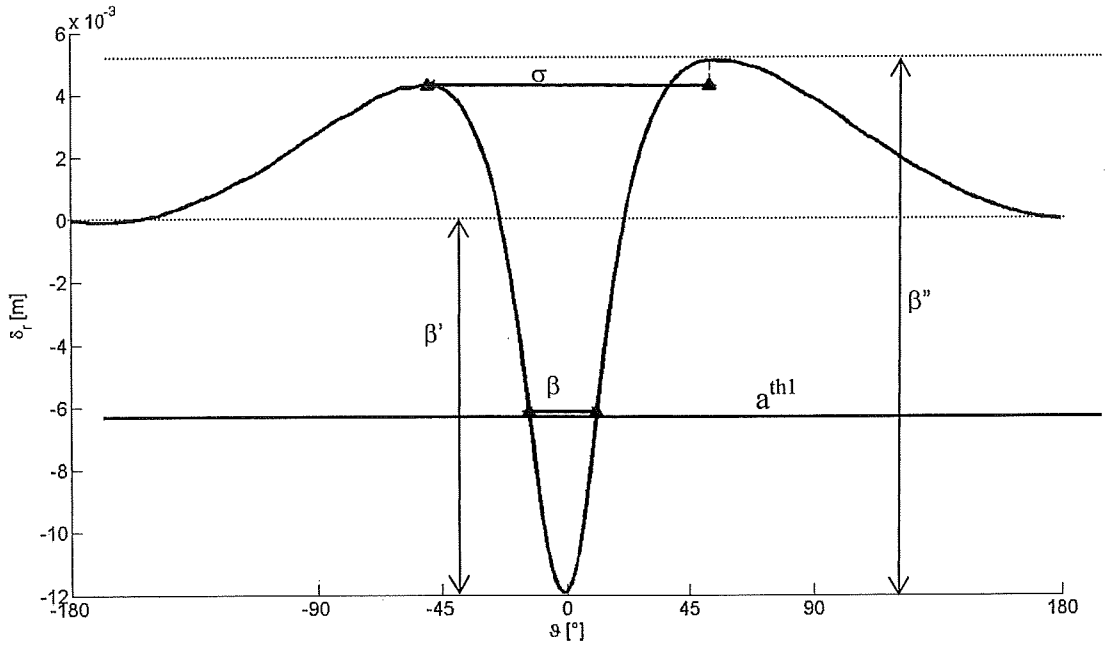


Fig. 5

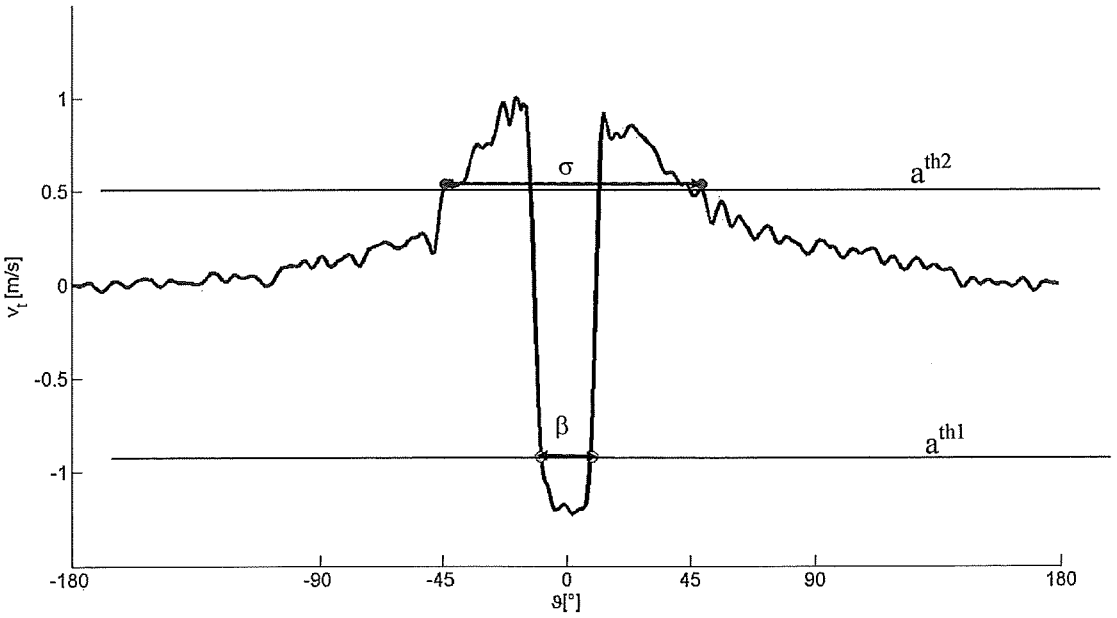


Fig. 6

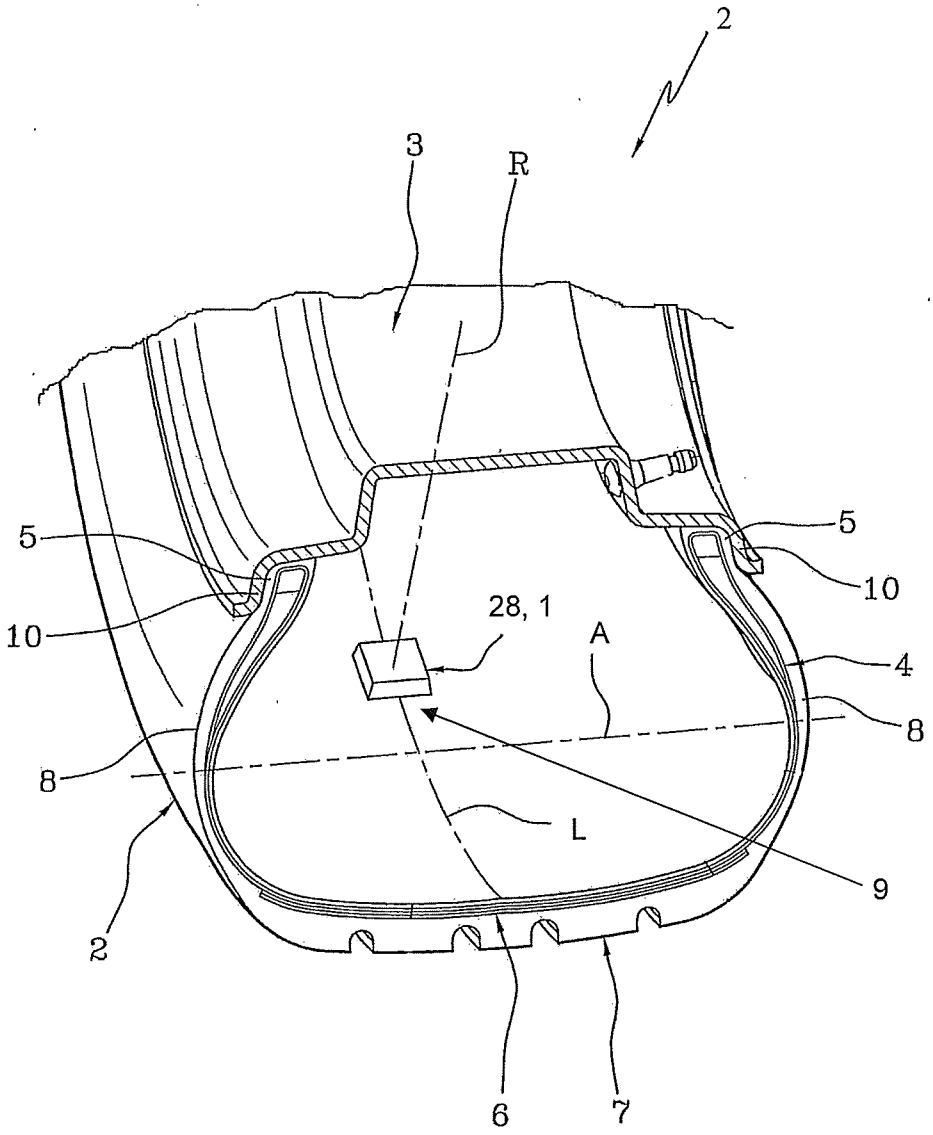


Fig. 7